

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Vyhodnocení chování během prostorové orientace v lesním
prostředí na příkladu loveckých psů**

Diplomová práce

Bc. Štěpánka Kovářiková

Ing. Kateřina Benediktová, Ph.D

2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Štěpánka Kovářiková

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Vyhodnocení chování během prostorové orientace v lesním prostředí na příkladu loveckých psů

Název anglicky

Evaluation of behaviour during spatial orientation in forested areas on the example of hunting dogs

Cíle práce

S využitím poznatků o prostorové orientaci loveckých psů a dat získaných v rámci bakalářské práce analyzovat chování psů během jejich samostatného pohybu v lesních terénech se zaměřením na chování známé jako „Head scanning“.

Metodika

Z dostupné literatury budou popsány způsoby prostorové orientace savců v lesním prostředí a jejich navigační strategie se zaměřením na chování známé jako „Head scanning“. V experimentální části budou analyzovány a porovnány audio-video záznamy tras psů (min. 3 jedinci jezevčíků a min. 3 jedinci teriérů) získaných během jejich samostatné práce v lese. Každý videozáznam trasy útěku psa bude zpracován pomocí programu Matlab, s jehož pomocí bude identifikováno předem definované chování psa se zaměřením na Head scanning. Způsoby chování psa budou rozřazeny do kategorií a jednotlivé kategorie budou dále analyzovány ve vztahu k různým návratovým strategiím loveckých psů. 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. Zjištění budou porovnána s výsledky publikovanými ve vědeckých časopisech.

Formální úprava bakalářské 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. 06. 2021

Analýza zpracovaných záznamů: do 30. 10. 2021

Odevzdání rešeršní části práce a kapitoly Metodika: do 31. 8. 2021

Statistické vyhodnocení dat: do 31. 12. 2021

Sepsání a okomentování výsledků: do 28.2.2022

Kompletní rukopis práce bude předložen nejpozději 31. 3. 2022.

Bakalářská 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

head scanning, lovecký pes, prostorová orientace, video data, zastávky

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>
- Dupret, D., & Csicsvari, J. (2014). Turning heads to remember places. *Nature Neuroscience*, 17(5), 643–644. <https://doi.org/10.1038/nn.3700>
- 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>
- 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>
- Kabadayi, C., Bobrowicz, K., & Osvath, M. (2018, January 12). The detour paradigm in animal cognition. *Animal Cognition*, Vol. 21, pp. 21–35. <https://doi.org/10.1007/s10071-017-1152-0>
- 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>
- Monaco, J. D., Rao, G., Roth, E. D., & Knierim, J. J. (2014). Attentive scanning behavior drives one-trial potentiation of hippocampal place fields. *Nature Neuroscience*, 17(5), 725–731. <https://doi.org/10.1038/nn.3687>
- Mueller, T., Fagan, W. F., & Grimm, V. (2011). Integrating individual search and navigation behaviors in mechanistic movement models. *Theoretical Ecology*, 4(3), 341–355. <https://doi.org/10.1007/s12080-010-0081-1>
- Nahm, M. (2015). Mysterious Ways : the Riddle of the Homing Ability. *Journal of the Society for Psychological Research*, 79(920), 140–155.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Kateřina Benediktová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 21. 9. 2021

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vyhodnocení chování během prostorové orientace v lesním prostředí na příkladu loveckých psů " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího 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 dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 05.04.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mé vedoucí diplomové práce Ing. Kateřině Benediktové, Ph.D za její rady a pomoc při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a blízkým přátelům za jejich velkou podporu a trpělivost.

Vyhodnocení chování během prostorové orientace v lesním prostředí na příkladu loveckých psů

Souhrn

Tato práce byla zaměřena na chování loveckých psů během prostorové orientace v lesním prostředí. Cílem práce bylo analyzovat chování psů během jejich samostatného pohybu v lesních terénech se zaměřením na chování známé jako „Head scanning“. Bylo nasbíráno 261 tras od 6 psů (3 psi, 3 feny). Ve studii byly sledovány skupiny plemen jezevčků a teriérů. Trasy byly nasbírané v dřívější bakalářské práci autorky od dvou psů, ostatní data byla dodána od Katedry myslivosti a zoologie na Fakultě lesnické a dřevařské v Praze. Trasy a audio-video data byly zpracovány v softwaru MatlabR2018a a v softwaru The Observer XT 16. Statistická analýza proběhla v programu MS Excel 2010.

Software The Observer XT 16 zaznamenal během kódování chování psů 1726 zastavení typu head scanning. Zde psi využívali 11 typů pohybů hlavou. Head scanning byl srovnáván mezi chování v rámci pohlaví a v rámci skupin plemen. Bylo zjištěno, že chování psů a fen není nijak rozdílné. Ve srovnání mezi skupinami plemen jezevčků a teriérů bylo zjištěno, že skupina jezevčků využívá ve větší míře oproti teriérům typ pohybu hlavy 0. Tento pohyb znamená zastavení psa a po různorodé časově době vyběhnutí stejným směrem.

Během head scanningu byly zkoumány návratové strategie psů. Bylo zjištěno, že psi nejvíce využívají návratovou strategii scouting, kdy pes se vrací k majiteli zcela jinou trasou, nekopíruje odchozí trasu během svého útěku. Byly měřeny i zastávky v odchozí a příchozí fázi útěku, zde nedošlo k žádným rozdílům mezi použitím typů zastávek outbound – odchozí fáze a inbound – příchozí fáze.

Tato práce poukazuje na využívání typu chování head scanning u psů. Žádné předchozí studie na toto chování nebyly zkoumány na psech.

Klíčová slova: head scanning, lovecký pes, prostorová orientace, video data, zastávky

Evaluation of behaviour during spatial orientation in forested areas on the example of hunting dogs

Summary

This work focused on the behaviour of hunting dogs during spatial orientation in a forest environment. The aim of the work was to analyze the behavior of dogs during their independent movement in forest terrains, focusing on the behavior known as "Head scanning". 261 traces were collected from 6 dogs (3 males, 3 females). Groups of dachshund and terrier breeds were tracked in the study. The traces were collected in an earlier undergraduate thesis of the author from two dogs, the other data were supplied by the Department of Hunting and Zoology at the Faculty of Forestry and Wood Technology in Prague. The tracks and audio-video data were processed in MatlabR2018a and The Observer XT 16 software. Statistical analysis was performed in MS Excel 2010.

The Observer XT 16 software recorded 1726 stops of head scanning types during the coding of dog behaviour. Here, dogs used 11 types of head movements. Head scanning was compared between behaviors within sexes and within breed groups. It was found that there was no difference in behaviour between males and females. In a comparison between the Dachshund and Terrier breed groups, it was found that the Dachshund group used head movement type 0 to a greater extent compared to the Terriers. This movement means stopping the dog and then running off in the same direction after varying amounts of time.

During head scanning, the return strategies of the dogs were investigated. It was found that dogs mostly use the scouting return strategy, where the dog returns to the owner from the cell by a different route, not copying the outgoing route during its escape. Stops during the outbound and inbound phases of the escape were also measured, here there were no differences between the use of the outbound – outbound phase and inbound – inbound phase stop types.

This work highlights the use of head scanning behaviour types in dogs. No previous studies on this behaviour have been investigated in dogs.

Keywords: head scanning, hunting dog, spatial orientation, video dates, stops

Obsah

1	Seznam obrázků, tabulek a grafů	11
2	Úvod	12
3	Cíl práce	13
4	Literární rešerše	14
4.1	Prostorová orientace.....	14
4.2	Homing.....	14
4.2.1	Integrace cest	15
4.2.2	Tracking – sledování stop	15
4.2.3	Pilotování.....	16
4.2.4	Kompasy	16
4.2.5	Mapy.....	17
4.2.5.1	Kognitivní mapa.....	17
4.2.5.2	Magnetická mapa	18
4.3	Paměť.....	18
4.4	Navigace	19
4.5	Smyslové vnímání	20
4.5.1	Zrakový systém.....	20
4.5.2	Sluchový systém	21
4.5.3	Čichový systém	21
4.6	Magnetické pole Země	23
4.7	Head scanning.....	25
4.8	Lovečtí psi.....	27
4.8.1	Skupina norníků.....	27
5	Metodika	28

5.1	Sběr dat	28
5.2	Zkoumaní psi.....	29
5.3	Zpracování video záznamů	29
5.4	Zpracování GPS tras – bod návratu	30
5.5	Kódování chování psa.....	31
5.6	Návratové strategie psů	31
5.7	Statistická analýza.....	32
6	Výsledky.....	33
7	Diskuse	41
8	Závěr.....	44
9	Zdroje	45

1 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázky

OBRÁZEK 1- NASTAVENÍ TESTU. MAJITEL VEDE VLKA KOLEM 4 MISEK, Z JEDNÉ Z NICH JE UKRYTO SYROVÉ MASO.....	22
OBRÁZEK 2- VYBAVENÍ HOLUBA. (A) GPS ZÁZNAMNÍK, MIKROPOČÍTAČ, MICRO-SD KARTA A BATERIE (VLEVO; K NOŠENÍ V BATOHU) PŘIPOJENÉ K INERCIÁLNÍ MĚŘICÍ JEDNOTCE (IMU) NAMONTOVANÉ NA MASCE NA MÍRU (VPRAVO; K NOŠENÍ NA HLAVĚ). (B, C) HOLUB V MASCE A ZÁZNAMNÍK.....	26
OBRÁZEK 3- PROGRAM VIRB EDIT 4. 2. 3. HLADKOSRSTÝ FOXTERIÉR PRONÁSLEDUJE JELENÍ ZVĚŘ.....	28
OBRÁZEK 4- PROGRAM BASECAMP 4.7.1.0 A OZNAČENÁ TRASA ÚTĚKU PSA.....	28
OBRÁZEK 5- MATLABR2018A A ZJIŠTĚNÍ BODU NÁVRATU.....	30

Grafy

GRAF 1- TYPY CHOVÁNÍ PSŮ BĚHEM KÓDOVÁNÍ.....	33
GRAF 2 - ROZDĚLENÍ ZASTÁVEK BĚHEM CHOVÁNÍ HEAD SCANNING.....	34
GRAF 3- VYUŽITÍ CHOVÁNÍ HEAD SCANNINGU V RÁMCI POHLAVÍ PSŮ A FEN.....	35
GRAF 4 - VYUŽITÍ CHOVÁNÍ HEAD SCANNINGU V RÁMCI PLEMEN.....	36
GRAF 5- TYPY ZASTÁVEK BĚHEM ÚTĚKŮ.....	36
GRAF 6 - VYUŽITÍ ZASTÁVEK V PŘÍCHOZÍ A ODCHOZÍ FÁZE V RÁMCI POHLAVÍ.....	37
GRAF 7- VYUŽITÍ ZASTÁVEK V PŘÍCHOZÍ A ODCHOZÍ FÁZE V RÁMCI SKUPIN PLEMEN.....	37
GRAF 8 – NÁVRATOVÉ STRATEGIE PSŮ. TRACKING (NÁVRAT PO VLASTNÍ STOPĚ) - PES SE VRACÍ PO SVOJÍ STOPĚ. SCOUTING (NÁVRAT JINOU TRASOU) - PES SE VRACÍ NA MÍSTO STARTU ÚTĚKU JINOU TRASOU, NEKOPÍRUJE SVOJI STOPU. NADBÍHÁNÍ – PES PŘI NÁVRATU NADBĚHL MAJITELE. NÁVRAT K AUTU / DOMŮ – PES SE Z BODU NÁVRATU VRÁTIL K AUTU ČI K DOMOVU.....	38
GRAF 9 - NÁVRATOVÉ STRATEGIE PSŮ A FEN BĚHEM ÚTĚKU.....	38
GRAF 10 - NÁVRATOVÉ STRATEGIE U SKUPINY JEZEVCÍKŮ A TERIÉRŮ.....	39

Tabulky

TABULKA 1 SLEDOVÁNÍ PSI V PRÁCI. PLEMENA = JDRS – JEZEVCÍK DRSNOSRSTÝ STANDARD, NLT – NĚMECKÝ LOVECKÝ TERIÉR, JDRT – JEZEVCÍK DRSNOSRSTÝ TRPASLIČÍ, FHX – FOXTERIÉR HLADKOSRSTÝ. ZKUŠENOST = 1- ZAČÁTEČNÍK (PRVNÍ LOVECKÁ SEZÓNA JEDINCE), 2- POKROČILÝ (DRUHÁ LOVECKÁ SEZÓNA JEDINCE), 3 – ZKUŠENÝ (TŘETÍ LOVECKÁ SEZÓNA JEDINCE). ZKOUŠKY = ZN – ZKOUŠKA NOVÁČKŮ Z BEZKONTAKTNÍHO NOROVÁNÍ, ZV – ZKOUŠKY VLOH, KZV – KLUBOVÉ ZKOUŠKY VLOH, BZ – BARVÁŘSKÉ ZKOUŠKY, LZ – LESNÍ ZKOUŠKY, BZH – BARVÁŘSKÉ ZKOUŠKY HONIČŮ, HZ – HONIČSKÉ ZKOUŠKY.....	29
TABULKA 2 – POČET TRAS U SKUPINY PLEMEN JEZEVCÍKŮ A TERIÉRŮ.....	33
TABULKA 3- POČET TRAS ROZDĚLEN V RÁMCI POHLAVÍ.....	33
TABULKA 4 - POČET ZASTÁVEK, U KTERÝCH BYLO ZAZNAMENÁNO CHOVÁNÍ HEAD SCANNING V RÁMCI ČASOVÉHO Odstupu dvou sekund.....	40

2 Úvod

Pes doprovází člověka už několik tisíc let. Předchůdci psa, vlci, pomáhali lidem lovit a postupem času se domestikovali a přizpůsobili se lidem. V dnešní době jsou psi využíváni v mnoha pracovních oblastech jako je záchranářství, vyhledávání drog či výbušnin, v lékařském odvětví, kde prokázali schopnost detekovat mnohá onkologická onemocnění, pomáhají v odvětví terapie a patří k nedílné součásti při lovu. Během lovu psi využívají svoje schopnosti, při kterých využívají orientaci v terénu.

Zvířata se pomocí prostorové orientace zvládají orientovat i v takovém prostředí, které dokonale neznají. Schopnost orientovat se je pro ně klíčová při hledání potravy, partnerů a úkrytů. Jde o schopnost, která jim umožní dostat se na místa pro ně důležitá. S orientací úzce souvisí i navigace, při které tato zvířata dokážou určovat správný směr, zapojují i paměť, smyslové vnímání, kompas a mapu. Všechny tyto procesory ovlivňují orientaci a chování během ní u zvířat.

Chování zvířat už dlouhá léta zkoumá mnoho vědců a snaží se jej pochopit. Díky dnešním technologiím jako jsou GPS, video kamery a mnoho dalších můžeme lépe porozumět, jak se zvířata orientují a přemýšlí v různých prostředích.

V rámci pozorování zvířat bylo zaznamenáno chování „Head scanning“, které využívá mnoho hlodavců, stěhovaví ptáci, ale prozatím je velmi málo studií o větších savcích. Další výzkumy by mohly odhalit, jak se zvířata vracejí z větších dálek a zodpovědět další otázky ohledně orientace.

3 Cíl práce

S využitím poznatků o prostorové orientaci loveckých psů a dat získaných v rámci bakalářské práce analyzovat chování psů během jejich samostatného pohybu v lesních terénech se zaměřením na chování známé jako „Head scanning“.

4 Literární řešerše

4.1 Prostorová orientace

Pohyb organismů je definovaný jako změna prostorového umístění daného jedince v čase, patří k základní charakteristice života, je řízen několika procesy, na které působí prostor a čas (shrnuto Nathan et al., 2008). Výzkum pohybů zvířat je velmi rozsáhlý (Holyoak et al., 2008). Zvířata se každý den pohybují, aby hledala potravu, vyhnula se predátorům, našla partnera a přemísťovala se mezi oblastmi pro ně důležitými k přežití (Åkesson & Hedenström, 2007).

Pojmy orientace a navigace se v průběhu času často používaly v poněkud odlišném významu. Termín orientace odkazuje na vzájemnou orientaci částí těla, může se vztahovat k orientaci těla v prostoru na základě vnitřních nebo vnějších informací. Able (2001) navrhuje používat pojem orientaci jako synonymum pro směrovaný pohyb nebo orientaci podle kompasu (Åkesson et al., 2014). Avšak do zvířecích orientačních schopností patří další funkce jako je pátrací chování (potrava, partner, domov) a homing. Ten se poté rozděluje na procesory integrace cest, tracking, pilotování, kompas a mapy.

4.2 Homing

Schopnost zvířat vracet se do domova z velké vzdálenosti je již nějakou dobu fascinující nejen pro laiky, ale i vědce. Navzdory úsilí vědců není známo, proč třeba ptáci dokáží určit svou polohu na zeměkouli a najít svůj domov z neznámého místa a vrátit se zpět. Stejně záhadná se zdá být i schopnost homingu u suchozemských živočichů, vzhledem k jejich poměrně omezenému zornému poli a relativně pomalému způsobu pohybu (Nahm, 2015).

Mnoho studií prokázalo, že zvířata, která byla vysídlena mimo svoje území, úspěšně našla domov i přes velké vzdálenosti. Například medvěd černý (*Ursus americanus*) byl převezen až 61 km a vrátil se zpět do svého teritoria (Rogers, 1986) a následující studie ukázala, že samice medvěda zvládla ujít cestu až 389 km (Andriault et al., 2006). Další výzkum byl proveden i s jezevcem lesním (*Meles meles*), s ohledem na jeho sousedské okrsky (Bodin et al., 2006).

Příklad homingu u psů prokázal jako jeden z prvních plukovník Richardson (1921), tato strategie byla využita v 1. světové válce, kde byly vycvičeny stovky psů jako „britští poslíčci“, kteří museli najít cestu zpět ke svým majitelům přes neznámý terén a na velkou vzdálenost. Richardson tvrdil, že způsob návratu psa nedokáže vysvětlit jejich sluch, zrak a čich. Zrak psa může být vyloučen, jelikož pes se zvládne dostat ke svému majiteli i ve tmě.

S dalším experimentem se zabýval vědec Schmid (1932). Ten pozoroval chování tří psů, kteří byli přemístěni na neznámé místo vzdálené 4-5 km vzdušnou čarou od místa, kam se měli vrátit. V tomto případě vědce zaujalo chování psů, ti při návratu použili zvednutou hlavu. Tento jev byl definován jako „absolutní smysl pro orientaci“, shrnuto v článku od Nahm (2015).

4.2.1 Integrace cest

Integrace cesty je proces, díky kterému zvíře aktualizuje svůj směr a vzdálenost výchozího bodu své cesty k jeho vlastní současné poloze se zpracováním informací založených na trase, tj. informace shromážděné během cesty o změnách polohy (Benhamou & Séguinot, 1995).

Integrace cest můžeme rozdělit na alotetickou a idiotickou. Alotetická integrace cest je založená na vnějších informacích, zatím co idiotická získává informace pomocí vestibulárního systému (rovnováha hlavy a těla) nebo počítáním (Wehner, 1998).

Mnoho studií proběhlo na hmyzu (Müller & Wehner, 1988), hlodavcích (Allen et al., 2014; Benhamou, 1997), ptácích (Von Saint Paul, 1982), netopýrech (Aharon et al., 2017), krtcích (Kimchi et al., 2004) a psech (Séguinot et al., 1998).

4.2.2 Tracking – sledování stop

Schopnost určit a sledovat směr stopy byla a je pro zvířata důležitá. Pro predátory má význam při lovu kořisti. Tuto schopnost si zachovalo i mnoho plemen psů a byla zdokonalována šlechtěním a výcvikem (Thesen et al., 1993).

Čichové schopnosti psů jsou využívány mnoha organizacemi, při hledání a záchraně (Fenton, 1992), zvládnou lokalizovat mrtvá těla (Rebmann & David, 2000), detekují drogy (Lorenzo et al., 2003) a mnoho dalších. Není však známo jaké proměnné mohou ovlivnit schopnost psa určit správný směr pachové stopy (Wells & Hepper, 2003).

Obecně existují dva typy pachů, které pes může použít ke sledování pachové stopy. Jako první typ je individuální pach (kůže, parfém, prací prášek), druhý typ lze nazvat jako kontaktní pach. Jedná se o dopad stopy jedince na povrchu, tento pach může být určen z místa povrchu nebo ze vzduchu, pokud je zápach nestálý (Hepper & Wells, 2005).

Byla provedena studie na loveckých psech. Zde bylo sledováno, zda pes po návratu ze svého útěku se vrátí ke svému majiteli po pachové stopě (tracking), či využije skutečnou navigaci a k majiteli se vrátí, aniž by se spoléhal na orientační body nebo získané informace,

toto chování bylo nazýváno scouting. Studie byla provedena na 27 loveckých psech, kteří byli vybaveni GPS obojkem a akční kamerou. Bylo sesbíráno 622 tras od roku 2014–2017. V 399 případech byla využita strategie tracking, ve 233 případech strategie scouting. V 50 případech psi kombinovali strategie (Benediktová et al., 2020).

4.2.3 Pilotování

Pilotování se používá mnoho různými způsoby. Jako první se o pilotování zmínil Griffin v roce 1952, ten definoval orientaci tohoto procesu jako spoléhání na vizuální značky v rámci známého území a určitý typ systematického vyhledávání nebo náhodného putování, dokud se v neznámém prostředí nenarazí na známé oblasti. Schmidt – Koenig v roce 1965 definoval pilotování jako schopnost najít cíl s odkazem na známé orientační body využívané k nalezení cíle (shrnutí Able, 2001).

Pilotování by se mělo používat pro označení orientace zaměřené na cíl, který je založen na sledování sekvence známých orientačních bodů jakéhokoliv typu. Rozhodujícím kritériem je, že orientační body samy o sobě poskytují cestu k cíli, neurčují polohu zvířete vzhledem k cíli jako směr kompasu. Pořadí orientačních značek používaných při pilotování může být naučeno během cesty, nebo se paměť orientačních značek může nahromadit a pamatovat si je delší dobu (Able, 2001).

4.2.4 Kompasy

Stěhovaví živočichové, kteří jsou schopni pohybu k určitému místu a přemístění na neznámé území, mají kompas pro udržování směru cesty a smysl pro tvoření map, která jim umožňuje znát polohu vzhledem k cíli (Able, 2001).

Kompasy jsou založeny na ekologických podnětech, jako jsou hvězdy, slunce a magnetismus (Gould, 1998; Wiltschko & Wiltschko, 2023). První výzkum orientačního mechanismu začal v roce 1950 vědci Kramerem a Karlem von Frischem, byl popsán jako sluneční kompas. Slunce je široce využíváno při hledání správného směru. Tento kompas využívají převážně plazy a hmyz (shrnutí Wiltschko & Wiltschko, 2022).

Dále byl popsán hvězdný kompas, který byl popsán u ptáků, kteří migrují v noci. Ti mohou hvězdy používat jako kompas. Tento mechanismus můžeme zařadit jako naučený, byl prokázán pouze u několika druhů pěvců, kteří migrují v noci (Wiltschko & Wiltschko,

2023). Magnetické pole Země poskytuje zvířatům zdroj polohových nebo mapových informací, které mohou zvířata využít k posouzení polohy (Lohmann et al., 2022).

Magnetický kompas označuje, že směry lze určovat pomocí magnetického pole. Během orientačních experimentů bylo pozorováno, že zvíře reaguje na posun magnetického severu s odpovídající změnou svého směru, určovacím znakem je používání magnetického kompasu. Používání magnetického kompasu je u zvířat celkem rozšířený (Wiltschko & Wiltschko, 2005).

4.2.5 Mapy

Pomocí map zvířata definují svoji polohu pouze na základě informacích vnímaných od vzdálených bodů, jedná se o navigaci na základě mapy. Například poštovní holub, který je přepravován v boxu, nezná vnější prostředí během přepravy, poté je vypuštěn z neznámého místa bez přímého kontaktu s domovem a musí se navrátit domů. Při plnění tohoto úkolu holub potřebuje určit svou polohu vzhledem k cíli a pak zvolit správný směr (Åkesson et al., 2014). Mapy můžeme rozdělit na dva typy a) mozaikové a b) gradientní mapy.

Mozaikové mapy mohou být založeny na pozemních orientačních bodech například v lese nebo ve městě, ale mohou se také vztahovat k mozaice geografických vzdálených a lokálně stejných pachů (Wallraff & Andreae, 2000).

Gradientní mapa je založena na jednom nebo více sklonech, které se mění v různých zeměpisných směrech. Výhodou použití těchto map je, že jejich rozšíření může probíhat v celém prostoru, mapa gradientů je neomezena ve svém rozsahu. Zvíře si může zapamatovat zeměpisné směry, v nichž se gradienty mění (Åkesson et al., 1996; Boström et al., 2012).

4.2.5.1 Kognitivní mapa

Kognitivní mapa je totéž jako mentální reprezentace prostorových vztahů mezi lokalitami a jsou zapamatovány ve spojení se směrem a vzdáleností (Tolman, 1948).

Použití kognitivní mapy zvíře používá zkratky mezi místy. Kognitivní mapa ve smyslu propojené alocentrické reprezentace známého prostoru je vnímána jako schopnost jít zkratkou nebo neotřelou cestou za podmínek, v nichž lze vyloučit integraci cest, piloting. Pojem kognitivní mapa byl tedy často používán pro označení vnitřních prostorových reprezentací, které organizují prostorové znalosti o různých místech (Wiener et al., 2011). Umožňují vytváření cest, které dosud nebyly podniknuty, a plánování cest k místům, která

jsou současně nepropustná. Několik forem lokalizace a navigace nevyžaduje kognitivní mapy bohaté na informace a existence kognitivních map je někdy zpochybňována (Poulter et al., 2018).

4.2.5.2 Magnetická mapa

Magnetická mapa je používána jako termín zahrnující veškeré využití geomagnetických informací o poloze zvířete, tato mapa nenese žádné předpoklady o vnitřní prostorové reprezentaci zvířete, pokud nějakou má (Gould, 2014; Lohmann et al., 2007). Informace o magnetické mapě mohou být naučené nebo zděděné, specifické nebo velmi obecné a mohou být využité k různým účelům. Živočichové díky ní mohou určit, zda dorazili do bodu na trase, kde mají změnit směr, že se vrátili do domovského okrsku nebo zda se nachází přibližně na sever nebo na jih od domova. Objev magnetické mapy způsobil revoluci ve studiu zvířecí navigace a změnil chápání toho, jak se zvíře orientuje, zejména na dlouhé vzdálenosti (Lohmann et al., 2022).

4.3 Paměť

Paměť lze definovat mnoha způsoby, ale můžeme ji vymežit na získání, kódování a vyhledávání informací (Baddeley, 2004). Získání určité paměti může být genetické (zděděné) nebo získané během svého života jedince. Zakódováním a uložením se rozumí zpracování získaných informací, které často zahrnuje jejich redukci i fixaci (Craik & Lockhart, 1972).

Prostorové poznání zvířat souvisí s otázkou „kde?“. Toto chování považujeme jako projev přirozené zvědavosti, získávání informací o subjektech, novém prostředí a podnětů (shrnuto v Paul et al., 2009). Prostorovou paměť lze definovat jako funkci mozku, která rozpoznává, ukládá a obnovuje prostorové informace o uspořádání objektů a specifických tras (Kessels et al., 2001). Prostorová paměť využívá různé nervové mechanismy, jako jsou vědomé a nevědomé, rozlišujeme krátkodobou a dlouhodobou paměť k tomu, aby bylo dosaženo vlastního cíle (Paul et al., 2009a).

Rozlišování mezi pamětí a dalšími podobnými procesy (tracking, pilotování) je velmi náročné. Například zapamatované informace mohou být použité k odvozování, když zvíře usuzuje aktuální polohu lokality na základě zapamatovaných informací z předešlých cest. (Fagan et al., 2013). Paměť můžeme rozdělit jako egocentrickou (na místě nezávislou) a

alocentrickou (na místě závislou). Alocentrická paměť umožňuje zvířeti zapamatovat si polohu cíle ve vztahu k prostorovému uspořádání okolí (Paul et al., 2009b).

Prostorová paměť patří do kognitivních procesů, které dokáží ovlivnit pohyb a navigaci (Fagan et al., 2013).

4.4 Navigace

Zvířata zaznamenávají, kde se nacházejí, mají vrozené informace o tom, kam se mají v určitém okamžiku vydat. Proto jejich navigační schopnosti včetně využívání různých vnějších signálů mají tak velký význam v evoluci pohybu zvířat (Åkesson et al., 2014).

Obecnou definici pro navigaci doporučil Able (2001) omezit na takovou, kterou navrhl Schöne (1984), a to, že navigace je teorie a praxe určování směru ke vzdálenému cíli (Able, 2001).

Navigaci můžeme rozdělit na vektorovou a skutečnou. Vektorová navigace je charakterizována schopností živočicha udržovat určenou orientaci, obvykle směr kompasu. Lze ji označit jako pohyb jedním směrem. Zvířata mohou využívat různé nebeské signály stejně jako magnetické pole Země, aby zaujala a udržela směr. Skutečná navigace je schopnost zvířete cestovat k přesnému cíli na značnou vzdálenost bez potřeby známých orientačních bodů. K tomu zvířata používají většinou mapu, která ukazuje, kde se nachází vzhledem ke svému cíli (Bingman & Cheng, 2005; Putman, 2021). Zvíře je schopné „skutečné navigace“, pokud si po přemístění vybere správný směr, aby se vrátilo do svého cíle. To je v kontrastu s „vektorovou navigací“, ve které se využívá hledání, integrace cest nebo pilotování (Bingman & Cheng, 2005).

Navigaci též lze rozdělit na pojmy prostorová a efektivní. Prostorová navigace závisí na vnímání, jednání, paměti, uvažování a řešení problémů. Efektivní navigace závisí na schopnostech kombinovat informace z více prostorových podnětů k odhadu vlastní pozice a umístění cílů (McNamara & Chen, 2022).

4.5 Smyslové vnímání

Smyslové vnímání, které je výsledkem souhry jednotlivých smyslových orgánů, umožňuje aktivaci procesů spojených s orientací v prostoru. Jeho dokonalost je pro funkční orientaci a navigaci velice důležitá.

4.5.1 Zrakový systém

Často je pokládána otázka, jak psi vidí. Zrakové schopnosti přímo ovlivňují schopnost psa zapojit se do vysoce výkonných, vizuálně orientovaných činností jako je například vodění nevidomých. Psi vnímají svět jinak než lidé. Za základní aspekty vidění se obecně považuje schopnost vnímat světlo a pohyb (Miller & Murphy, 1995). Za to mohou tyčinky a čípky v sítnici oka. Tyčinky jsou senzitivní na změnu intenzity světla, zachycení tvaru a pohybu a napomáhají vidění v horších světelných podmínkách (Collins, 2019). Psi jsou citliví na různé světelné podmínky, může to ovlivnit jejich zotavení k vystavení jasnému světlu. Regenerace z fotopického ke skotopickému účinku rodopsinu je u psů delší (přes hodinu) než u lidí (přibližně 30 minut). To znamená, že když pes a člověk vstoupí dovnitř poté, co byli venku, je doba zotavení u psů dvakrát delší než u lidí (Byosiere et al., 2018).

Čípky vnímají zase barvy a rozliší detaily (Collins, 2019). Schopnost psa rozlišovat různé barvy zůstává kontroverzní. Lidé mají tři typy čípkových fotoreceptorových buněk – dlouhovlnné (červené), středněvlnné (zelené) a krátkovlnné (modré). Psi mají pouze dvě, které se téměř shodují, a to krátkovlnné a dlouhovlnné (Neitz et al., 1989). Proto je pro psy obtížné rozeznat různé odstíny (Collins, 2019). Nedávná studie podporuje přítomnost dichromatického vidění u psů, to naznačuje, že barevné podněty jsou důležité pro psy během jejich normálních aktivit za přirozených světelných podmínek. Barva pro psa se ukázala být informativnější než jas, když si psi vybírají mezi podněty lišícími se jak jasem, tak odstínem (Kasparson et al., 2013).

Psi oproti lidem mají za sítnici odrazovou vrstvu nazývanou *tapetum lucidum*, zvyšuje množství světla, které mohou buňky oka využít. Tato vrstva způsobuje, že psům „svítí“ oči zeleně (Collins, 2019).

Další roli hrají faktory jako zraková perspektiva, zorné pole, vnímání hloubky a zraková ostrost (Miller & Murphy, 1995).

4.5.2 Sluchový systém

Sluch je dalším dobře vyvinutým smyslem (Hanzal, 2016). Anatomická struktura psího ucha se nikterak neliší od lidského, až na jeden faktor. Psi mají vnější svalovou strukturu, pomocí ní mají extrémně pohyblivé ucho a dokážou poslouchat zvuky z okolí. Člověk má 6 svalů, pes 18 svalů, kterými pohybuje ušní boltce. Psí ušní boltce se dokáží pohybovat zvláště, pes může přijímat více zvuků najednou (Collins, 2019). Existují 3 kategorie ušních boltců a) vzpřímený (husky, německý ovčák) b) polovzpřímený (teriéři, chrti) c) spadlý (jezevčáci, ohaři). Zatím neexistuje žádné hodnocení zesilovacích účinků u různých tvarů ušních boltců u psů. Lze však předpokládat, že psi s většími ušima jsou obzvláště dobří v lokalizaci vzdálených zvuků (shrnutí v Barber et al., 2020).

Zvuk, který pes zachytí svým boltcem postupuje do ústí zvukovodu, k ušnímu bubínku, kde začíná střední ucho. Bubínek přenese zvuk pomocí vibrací na zvukové kůstky (kladívko, kovádlíka, třmínek). Vibrace pokračují k hlemýždi, zde se vibrace mění na nervové impulzy. Ty dále pokračují do mozku na zpracování (Collins, 2019).

Citlivost ucha u člověka je 20 kHz, zatímco u psa je 35 kHz, pes dokáže vnímat ultrazvuky (Hanzal, 2016).

Lidé často předpokládají, že psí sluchové schopnosti jsou podobné jejich vlastním a snaží se s nimi komunikovat verbálně, stejně jako s ostatními lidmi (Barber et al., 2020). Avšak pes reaguje na tón řeči, gest a mimiky (Hanzal & Vochozka, 2000).

4.5.3 Čichový systém

Čich hraje v životě psů důležitou roli. Vnímání pachů u většiny savců je přímo ovlivněno stavbou samotného čichového orgánu. Skládá se ze dvou hlavní částí, čichového systému a systému odpovědného za detekci semiochemických látek, jedná se o komunikaci mezi jedinci stejného druhu nebo odlišnými druhy, nazývané také jako Jacobsonův orgán (Dzięcioł et al., 2020; Salazar et al., 2013). U psů je vzduch směřován do nosu dvěma oddělenými proudy – dýchacím proudem a čichovým proudem (Horowitz et al., 2013). V čenichu psa se nachází tkáň pokrytá drobnými receptory, každý receptor má chloupky, ty zachytávají molekuly a zadržují je. Rozdíl čichu mezi člověkem a psem je několikanásobně citlivější. Lidský nos má kolem 6 milionů smyslových receptorů, čenich bigla přes 300 milionů. Psi mají více genů, kteří dokáží zakódovat čichové buňky a rozeznat více vůní (Horowitz, 2014).

To, že psi mají vynikající čich je dobře známo, proto jsou ve velké míře využíváni jako pracovníci v rolích, které vyžadují, aby používali svůj čenich – detekce drog, výbušnin (Horowitz et al., 2013), nemocí jako je třeba rakovina (Willis et al., 2004) a mnoho dalších.

Různá plemena mají i různě vyvinutý čich, avšak zatím neexistuje standartní test pro hodnocení čichových schopností u psů. Byl proveden výzkum, kde bylo cílem vytvořit jednoduchý postup pro měření rozdílů v čichové kapacitě. Byly určeny 4 skupiny (1) psi určené k práci na stopě (baset, bígl, německý ohař, drátosrstá vizsla, bracco Italiano, grand baset, grifonek, transylvánský chrt) (2) psi, kteří nepracují na stopě (bišon, čínský chocholatý pes, anglický chrt, maďarský chrt, whippet, afgánský chrt, husky, malý pinč, kříženec chrta) (3) krátkonosá plemena (kavalír king charles španěl, bostonský teriér, boxer, americký buldok, bulmastif, anglický buldok, mops) (4) socializovaní šedí vlci (8 psů a 4 feny).

Jako motivaci pro psy a vlky bylo syrové maso schované pod 4 miskami (Obrázek 1), test byl rozdělen na 5 obtížností (víčka s různými otvory). Výsledky ukázaly, že plemena vyšlechtěna pro pachové práce vykazovali vyšší čichovou ostrost než plemena, která pro takovou práci vybrána nebyla. Psi pro pachovou práci byli úspěšní ve všech obtížnostech (Polgár et al., 2016).



Obrázek 1- nastavení testu. Majitel vede vlka kolem 4 misek, z jedné z nich je ukryto syrové maso.

4.6 Magnetické pole Země

V magnetickém poli Země vznikl život. Přestože geomagnetické pole v průběhu času narůstalo, sláblo a posunovalo se, bylo přítomno nepřetržitě po celou dobu existence organismů. Vzhledem k jeho přítomnosti není tak překvapivé, že se u mnoha zvířat vyvinula schopnost detekovat magnetické pole Země a použít jej k vedení svých pohybů. Zvířata mohou odvodit dva druhy informací z magnetického pole. Magnetický kompas (kapitola Kompasů 4.2.4), pro udržení směru a využití magnetického pole jako zdroj informací o poloze, zvířata s tou schopností mají magnetickou mapu (Lohmann et al., 2007).

Magnetorecepce je rozšířená, ačkoliv záhadná smyslová schopnost. Naše znalosti o magnetické orientaci se však u různých druhů liší. Magnetické vyrovnání těla s ohledem na magnetické siločáry bylo prokázáno u živočichů, nejvíce probádanou skupinou jsou ptáci, poté mořské želvy (Wiltschko & Wiltschko, 2005). Proběhlo i pár studií na hlodavce (Kimchi et al., 2001; Muheim et al., 2006), netopýrech (Holland et al., 2006), ale je poměrně málo studií provedených u větších savců. Proběhl výzkum na pasoucím se skotu, jelenech a srnčí zvěři (Begall et al., 2008; Burda et al., 2009). Jedna z dalších studií prokázala, že lišky preferovaly zarovnaní těla při lovu severovýchodním směrem (Červený et al., 2011).

Jeden z prvních výzkumů na psech provedl Hart (2013), který zkoumal magnetické zarovnaní psů během jejich defekace a močení po dobu dvou let. Probíhalo měření směrové osy těla u 70 psů 37 plemen. Psi preferovali směr těla orientovaný podél osy sever – jih během jejich vylučování. Díky této studii byla prokázána magnetická citlivost u psů (Hart et al., 2013). Další magnetické zarovnaní osy psů potvrdila Adámková (2017) během laterality. Byli testováni psi v České republice (12 psů) a v Německu (13 psů) na 23 lokalitách. Psi si vybírali mezi stejnými miskami s potravou, které byly umístěny vlevo a vpravo, v různých směrech kompasu (sever a východ, východ a jih, jih a západ, západ a sever) ve vzdálenosti 2–6 m, podle velikosti psa tak, aby se nemohl podívat do misky z jeho výchozího bodu. Při zkouškách s výběrem misky bylo 6 psů identifikováno jako levostranných, 5 psů jako pravostranných a 14 psů bylo oboustranných na základě rozhodnutí při přibližování k miskám. Upřednostňovala se miska umístěna na sever ve srovnání s miskou umístěnou východně od psa (Adámková et al., 2017).

Jedna z nejnovějších prací zkoumala návratové strategie loveckých psů během homingu, tato studie potvrdila magnetorecepce u psů. Během návratu psi, kteří se vraceli z lesa, sledovali svoji stopu nebo zvolili úplně novou trasu. Zde byl zjištěn jev, při kterém psi začínají krátkým během (20 m), který byl nazván běh podle kompasu, ten byl většinou

proveden při podél severojižní osy bez ohledu na skutečný směr návratu (Benediktová et al., 2020). Zarovnání psů podél severojižní osy v první fázi návratu byl potvrzen během návratové strategie zvané scouting i v bakalářské práci autorky (Kováříková, 2020).

4.7 Head scanning

Chování zvířat je částečně vyvoláno v reakci na vnější prostředí, ale pochopení toho, jak zvíře vnímá prostředí a poté činí rozhodnutí, které toto chování vyvolávají, je náročné (Wilson et al., 2020).

Zvířata často zapojují chování během zkoumání prostředí, při kterém využívají skenování hlavou (head scanning). Skenování hlavy během průzkumu je potencionálním mechanismem pro rychlé spojení informací o vnějším světě s reprezentací aktuální polohy zvířete na vnitřní kognitivní mapě. Například veverky se vzpínají a skenují okolí, když si zahrabávají potravu, aby se ujistily, že ho později naleznou. V poslední době se zájem soustředí na další typy vzorců chování například pokud jsou zvířata vystavena novému prostředí (Monaco et al., 2014). Toto chování bylo zaznamenáno i u potkanů v bludišti, kde se zvíře zastaví, aby se rozhodlo, kterým směrem se vydá (Tolman, 1948).

Jakmile je umístěn hlodavec do nového prostředí, zvíře se zastaví a provede (skenovací) pohyby jako čichání nebo rozhlédnutí. Typ pohybu, rychlost a počet skenování (pohybů) pravděpodobně určuje množství informací shromážděných zvířetem v daném prostředí (Sinnamon et al., 1999). Pohyby hlavou zkoumali i vědci z ČVUT, kteří zkonstruovali speciální zařízení s pohyblivou plošinou spojenou se softwarem Matlab a kamerovým systémem. Tato pohyblivá plošina je vhodná k provádění měření reakce těla u menších živočichů, při testech vědci měřili pohyby hlavy při změnách orientace celého těla u obojživelníků/plazů. Tento systém umožňuje diagnostikovat patologické příznaky v postoji zvířat. Ačkoli ve studii byla metoda zkoumána na obojživelnících, dá se předpokládat její efektivita i v případě větších zvířat (Kutílek et al., 2017).

U hlodavců zastavení z velké části znamená skenování hlavou, sken zahrnuje hlavu a krk a trvá kratší dobu než sken zahrnující celé tělo (Drai et al., 2001). V roce 1999 byla provedena studie, která zjistila, že potkani před lokomocí používají skenovací pohyby hlavy. Snímání pohybů hlavy a lokomoční iniciaci odráží vzájemné procesy (Sinnamon et al., 1999).

Skenování hlavy používají i stěhovaví ptáci k určení směru magnetického pole Země. Vědec Henrik Mouritsen a kolektiv (2004) pozorovali chování 35 nočních stěhovavých pěnic slavíkových *Sylvie borin*. V jednotlivých klecích byla umístěna pěníce, která byla testována v přirozeném a nulovém magnetickém poli. Videozáznamy naznačovaly, že ptáci kromě svého migračního neklidného chování (skákání a mávání křídly na bidlu) provádějí opakované skenování hlavy. Pozorovatel spočítal počet skenů hlavy, které provedla

jednotlivá pěníce během 1 hodiny. V některých případech pták provádí skenování hlavy na jednu stranu, jindy po jednom skenu bezprostředně následuje další sken hlavy v opačném směru. Výsledky výzkumu naznačují, že chování při skenování hlavy je přímo zapojeno do procesu snímání geomagnetického referenčního směru potřebného pro orientaci magnetického kompasu. Skutečnost, že skenování hlavy zřejmě využívají zpěvní ptáci k zjištění směru geomagnetického pole podle kompasu, potvrzuje, že jejich magnetický senzor by měl být umístěn v hlavě (Mouritsen et al., 2004).

Další příklad, kdy došlo k využití skenování hlavy (head scanning), byl zaznamenán u poštovních holubů. Ti byli vybaveni lehkým záznamníkem na zakázku vybaveným jednotkou IMU (inerciální měřicí jednotka) a GPS (Obrázek 2). Pomocí tohoto vybavení byly sledovány pohyby hlavy a letová trajektorie volně létajících poštovních holubů. Holubi mají omezený rozsah pohybu očí a jejich oko se pohybuje v koordinaci s hlavou sakadickým způsobem (rychlý pohyb očí a zaostření předmětu). V této studii bylo využito 22 holubů různého věku (1–11 let). Všichni holubi měli již zkušenosti s návratem do holubníku z míst vzdálených až 10 km, ale nebyli vypuštěni z blízkosti současného místa holubníku. Byli vybaveni maskou a batohem na míru, přivykání na vybavení trvalo zhruba 7 dní. Lety byly vzdáleny 3, 82 km do místa nového holubníku, každý pták letěl 8 letů sólo, největší efekty učení trasy jsou pozorovány u prvních 4 až 6 letů, osmým letem se ptáci usadili na preferovaných trasách i podle dalších studií (Pettit et al., 2013; Taylor et al., 2017), poté proběhly párové lety.

Ptáci pohybovali hlavou více než bylo nutné při manévrovacích letech, což naznačuje, že aktivně využívali skenování prostředí. Pohyb hlavy byl snížen při sólo letech nad vyznačenými orientačními body (hlavní silnice a železniční trať), a také když létali ve dvojicích. Snížení pohybu hlavy poukázalo na změnu zaměření pozornosti ptáků. Dle výzkumu je sledování pohybu hlavy létajících ptáků slibnou metodou pro zkoumání jejich zrakové pozornosti během přirozených úkolů (Kano et al., 2018). Ale žádné studie zatím nejsou provedeny na větších savcích.



Obrázek 2- vybavení holuba. (A) GPS záznamník, mikropočítač, micro-SD karta a baterie (vlevo; k nošení v batohu) připojené k inerciální měřicí jednotce (IMU) namontované na masce na míru (vpravo; k nošení na hlavě). (B, C) Holub v masce a záznamník.

4.8 Lovečtí psi

Pes je zdaleka prvním druhem, který byl domestikován. K tomu došlo v mladém paleolitu, kde lidé žili v těsném kontaktu s vlky (Galibert et al., 2011). Lidé pravděpodobně používali psy, aby jim pomáhali při lovu po dobu 8000 až 9000 let (Grimm, 2017).

Lovečtí psi se používají k vystavování, vyhánění, přinášení, slídění k práci na stopě a mnoho dalších prací v terénu. Lovecká plemena byla šlechtěna po několik staletí až tisíciletí. Psi oplývají dostatkem energie, intenzivním postupem a vytrvalostí (Ridgway, 2021).

4.8.1 Skupina norníků

Do této početné skupiny zařazujeme dvě plemena – jezevčíky a teriéry. Jak se dá předpokládat již z názvu, jejich hlavní pracovní naplní je práce pod zemí – norování. Tito psi jsou známí pro svoji vytrvalost, ostrost, svým loveckým pudem a samostatnost. Zvěř dokáží štvát jako honiči nebo postupovat na barvě jako barváři (Hanzal, 2016).

V této práci bylo použito plemeno jezevčík standard drsnosrstý, jezevčík trpasličí standard, německý lovecký teriér a hladkosrstý foxteriér.

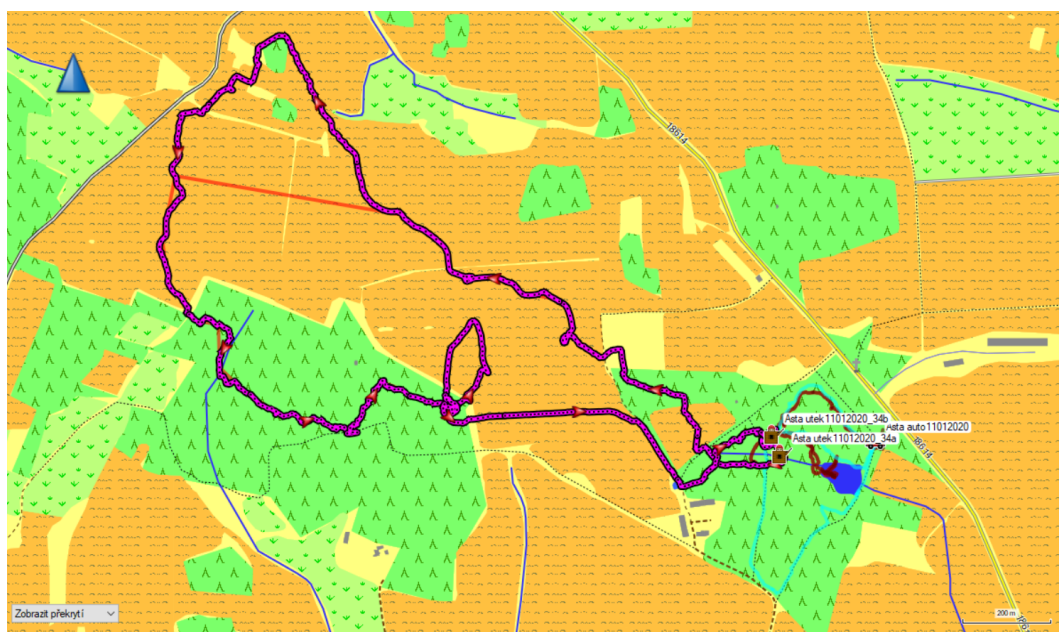
5 Metodika

5.1 Sběr dat

Sběr audio-video záznamů proběhl již při vypracování bakalářské práce autorky v roce 2019-2020. Trasy byly zpracované v programu BaseCamp 4.7.1.0 a video záznamy v programu VIRB Edit 4. 2. 3 (Garmin International Ltd.). V rámci bakalářské práce byla nasbírána data psů Bárta a Asty. Další data ostatních psů byla získána pomocí Katedry myslivosti a zoologie na Lesnické a dřevařské fakultě v Praze. Celkově bylo zkoumáno 6 psů.



Obrázek 3- Program VIRB Edit 4. 2. 3. Hladkosrstý foxteriér pronásleduje jelení zvěř.



Obrázek 4- Program BaseCamp 4.7.1.0 a označená trasa útěku psa.

5.2 Zkoumaní psi

Tabulka 1 sledování psi v práci. Plemena = JDRS – jezevčík drsnosrstý standard, NLT – německý lovecký teriér, JDRT – jezevčík drsnosrstý trpasličí, FHX – foxteriér hladkosrstý. Zkušenost = 1- začátečník (první lovecká sezóna jedince), 2- pokročilý (druhá lovecká sezóna jedince), 3 – zkušený (třetí lovecká sezóna jedince). Zkoušky = ZN – zkouška nováčků z bezkontaktního norování, ZV – zkoušky vloh, KZV – klubové zkoušky vloh, BZ – barvářské zkoušky, LZ – lesní zkoušky, BZH – barvářské zkoušky honičů, HZ – honičské zkoušky.

	Asta	Bárt	Benda	Bessy	Hard	Punťa
Plemeno	JDRS	NLT	JDRT	FXH	FHX	JDRT
Pohlaví	fena	pes	fena	fena	pes	pes
Věk	9	9	1	7	1	3
Zkušenost	3	3	1	3	1	2
Znalost terénu	ano	ne	ne	ne	ne	ne
Zkoušky	ZN	ZV, KZV, ZN, BZ, LZ	ZN	ZV, BZ, LZ, BZH, HZ, ZN	ZV, ZN	ZV, ZN

5.3 Zpracování video záznamů

Veškeré video záznamy byly zpracovány v softwaru MatlabR2018a (The MathWorks, Inc.) Software byl rozdělen na tři skripty pro vytvoření různých záznamů. Do prvního skriptu byly nahrány dva soubory, původní video vystřižené v programu VIRB Edit a soubor gpx. Ve skriptu byl nastaven počet videí ke zpracování. Po uplynutí doby videí byl proveden největší výřez obrazu videa bez statických prvků. Výsledkem prvního skriptu byl soubor audio a video. Tyto soubory byly použity v druhém skriptu, kde probíhalo označení zastávek. Po spuštění softwaru se zobrazil graf, kde byly označeny zastávky. Ty byly označené při poklesu na hodnotu na 0.1 na ose Y, což znamenalo zpomalení pohybu psa. Kromě pohybu byl sledován i pokles zvuku. Po ukončení skriptu byla vytvořena složka cuts se souborem cut. Jako poslední skript následoval vytvoření výřezu zastávek. Zpracovávalo se zde pět souborů – původní video, audio, video, gpx, cut. Všechny tyto soubory byly nahrány do složky spolu se skriptem. Během zpracování posledního skriptu bylo důležité nastavit délku výřezu zastávky, obvyklá délka zastávek byla 5–10 sekund. V posledním kroku vznikl soubor video cuts a figure.

5.5 Kódování chování psa

Pro zpracování chování byl použit software The Observer XT 16 pro výzkum chování. Kóduje chování na časové ose a odhaluje sled událostí. V softwaru bylo přednastaveno chování, které se kódovalo.

Nejdříve byl zkontrolován soubor cuts, kde byly označeny zastávky psa. Časy zastávek byly zapisovány a zkontrolovány v softwaru v The Observer XT 16 během samotného kódování.

Jako první krok byl nahrán soubor mp4. Dále bylo zapsáno jméno psa, pohlaví a číslo trasy. Po nahrání začalo kódování trasy. Zaznamenán byl pohyb (moving), otevřená (open) a zavřená (close) morda před a během zastávky u head scanningu, případně mohlo dojít k tomu, že čočka kamery nebyla dobře viditelná (nepříznivé počasí, slecho, krk psa), tato možnost byla zadána jako nerozpoznatelná (not recognizable).

Zastávka head scanning byla rozdělena na možnosti 0 - pes se zastavil a poté vyběhl rovně stejným směrem, 1L – pes se zastavil a vyběhl doleva, 1LC – pes se zastavil, podíval se doleva, zpět na střed a vyrazil, 1R – pes se zastavil, podíval se doprava a vyběhl, 1 RC – pes se zastavil, podíval se doprava, vrátil se zpět na střed a vyběhl, 2 L – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava a vyběhl, 2 LC – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava, na střed a vyběhl, 2 R – pes se zastavil, pohlédl doprava, doleva a vyběhl, 2 RC – pes se zastavil, pohlédl doprava, doleva, na střed a vyběhl, 3 L - pes se zastavil, pohlédl více jak 3x doleva, poté vyběhl 3 R - pes se zastavil pohlédl více jak 3x doprava, poté vyběhl.

Jako další zastávky byly zaznamenány čichání objektu (sniffing object), větření (sniffing air), oklepání (shaking), pití (drinking) a ostatní (other), například pes byl v buření, hlásil nebo plaval.

5.6 Návrátové strategie psů

V rámci bakalářské práce autorky (Kováříková, 2020) byly zkoumány návratové strategie psů. Tato práce se zabývá 4 návratovými strategiemi.

1. Tracking (návrat po vlastní stopě) - pes se vrací po svojí stopě, případně po stopě majitele psa.
2. Scouting (návrat jinou trasou) - pes se vrací na místo startu útěku jinou trasou, nekopíruje svoji stopu.
3. Nadbíhání – pes při návratu nadběhl majitele.
4. Návrat k autu / domů – pes se z bodu návratu vrátil k autu či k domovu.

5.7 Statistická analýza

Základní statistika byla provedena v programu MS Excel 2010. Chování head scanning mezi skupinami plemen byl proveden na webové stránce replit.com, v programu R.

6 Výsledky

Celkově bylo nasbíráno 261 tras u 6 psů (3 psi a 3 feny). Trasy byly počítány u skupin rozdělené na plemena (Tabulka 2) a pohlaví (Tabulka 3).

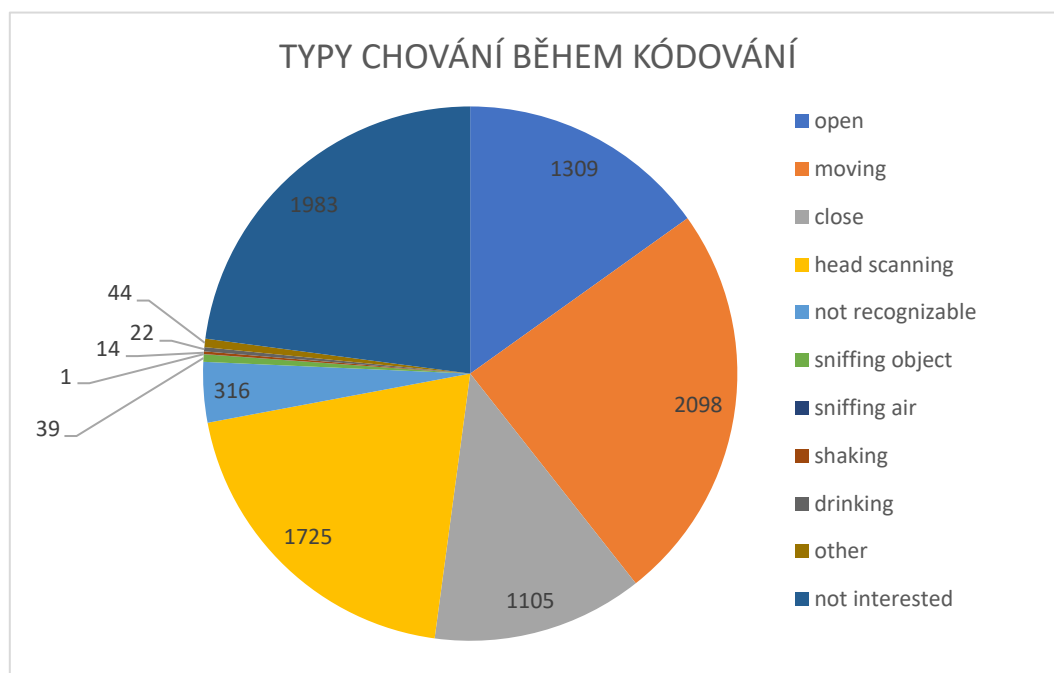
Tabulka 2 – počet tras u skupiny plemen jezevčků a teriérů.

Skupina jezevčků	počet tras	Skupina teriérů	počet tras
Asta	36	Bárt	44
Benda	32	Bessy	43
Punťa	44	Hard	62
Celkem	112	Celkem	149

Tabulka 3- počet tras rozdělen v rámci pohlaví.

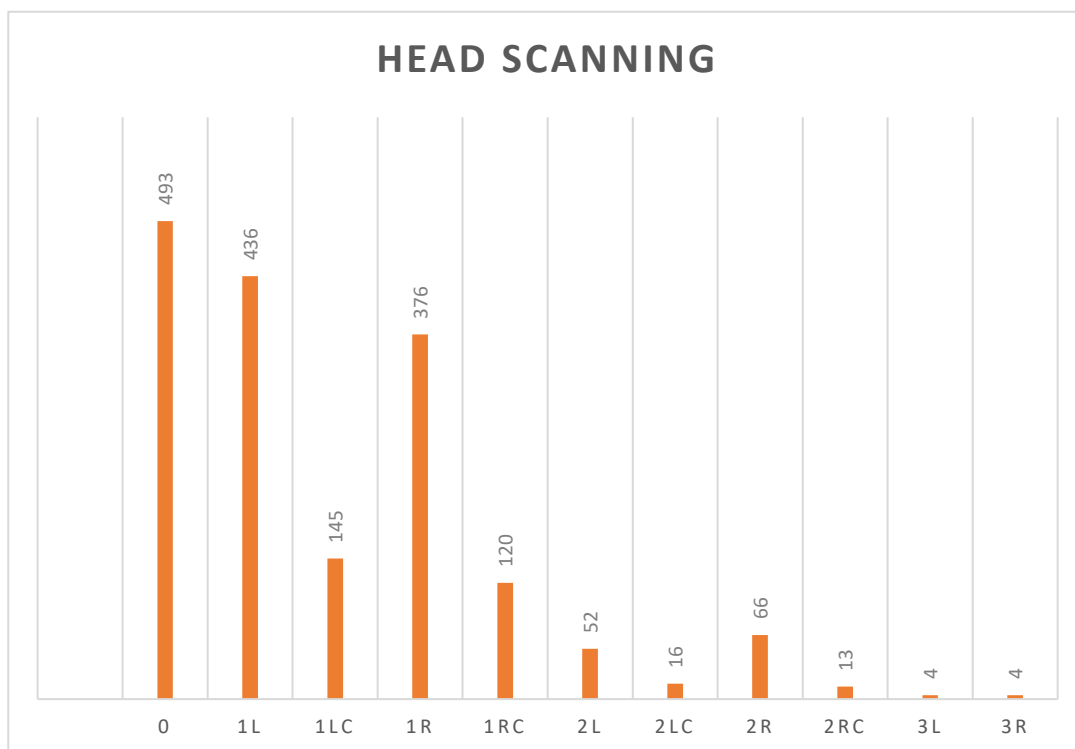
Skupina fen	počet tras	Skupina psů	počet tras
Asta	36	Bárt	44
Benda	32	Hard	62
Bessy	43	Punťa	44
Celkem	111	Celkem	150

Během zpracování tras bylo zaznamenáno 8656 kódování chování u psů (Graf 1). Zaznamenáno bylo otevření (open) a zavření mordy (close). Pokud byla morda psa na videu špatně rozpoznatelná volila se možnost not recognizable. Dále byl zaznamenáván pohyb psa (moving), chování head scanning, čichání objektu (sniffing object), větření (sniffing air), oklepání (shaking), pití (drinking), ostatní (other) bylo zapsáno, pokud pes plaval, hlásil nebo byl v buřeni, not interested bylo zadáno pro pokračování kódování.



Graf 1- Typy chování psů během kódování.

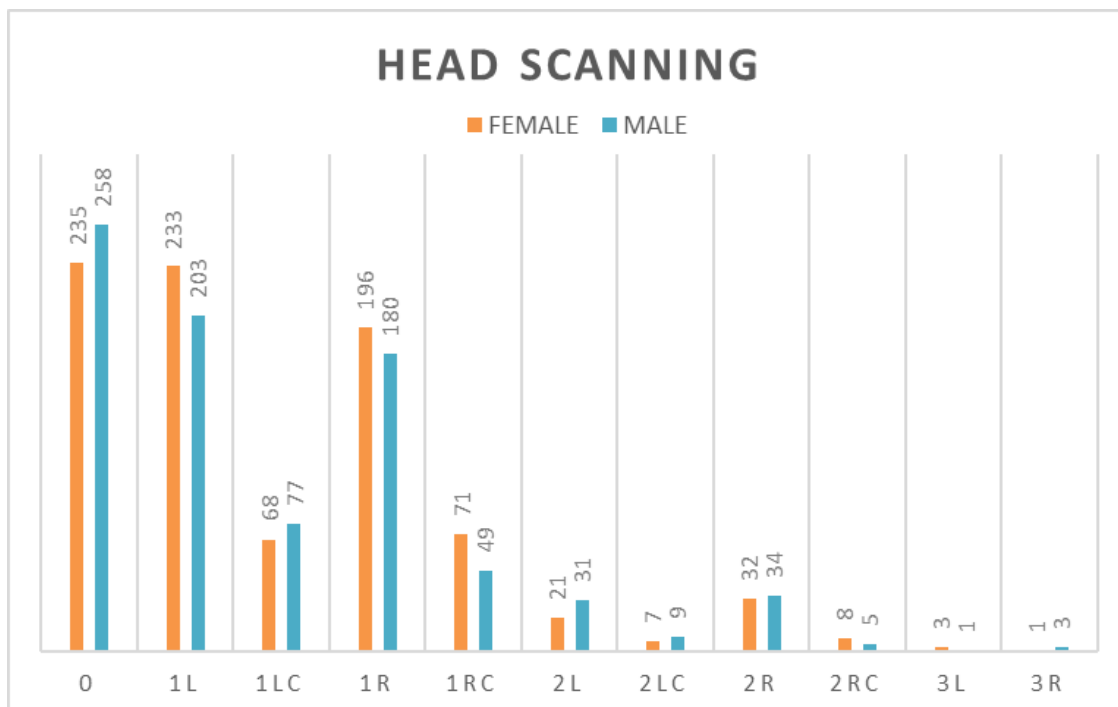
Během kódování bylo zapsáno 1725 zastávek chování typu head scanning (Graf 2). Nejvíce byly využity zastávky 0, kdy se pes zastavil a vyběhl rovně stejným směrem. Tato možnost byla použita ve 493 případech (28 %).



Graf 2 - Rozdělení zastávek během chování head scanning.

0 - pes se zastavil a poté vyběhl rovně stejným směrem, 1L – pes se zastavil, podíval se doleva a vyběhl doleva, 1LC – pes se zastavil, podíval se doleva, zpět na střed a vyrazil, 1R – pes se zastavil, podíval se doprava a vyběhl, 1RC – pes se zastavil, podíval se doprava, vrátil se zpět na střed a vyběhl, 2L – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava a vyběhl, 2LC – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava, na střed a vyběhl, 2R – pes se zastavil, pohlédl doprava, doleva a vyběhl, 2RC – pes se zastavil, pohlédl doprava, doleva, na střed a vyběhl, 3L - pes se zastavil, pohlédl více jak 3x doleva, poté vyběhl 3R - pes se zastavil pohlédl více jak 3x doprava, poté vyběhl

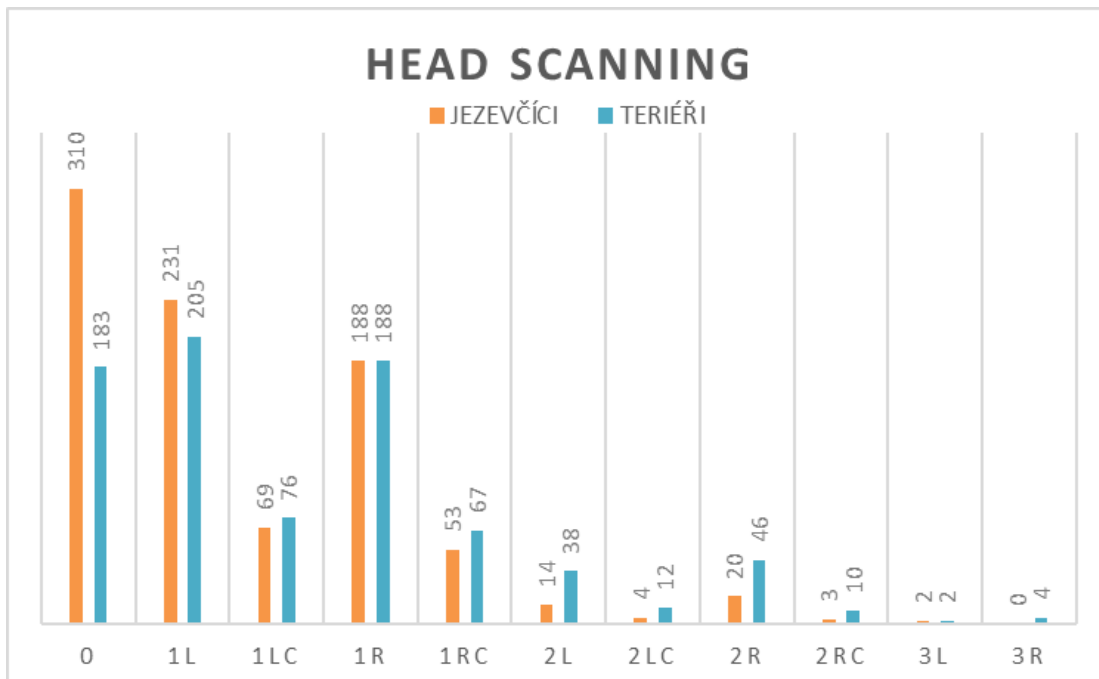
Rozdíly chování head scanningu bylo zkoumáno v rámci pohlaví, jak u psů, tak fen (Graf 3). Dle grafu mezi pohlavími nebyla patrná změna v chování. Obě pohlaví využívali podobně všechny možnosti chování.



Graf 3- Využití chování head scanningu v rámci pohlaví psů a fen.

Dále byl pozorován rozdíl mezi skupinou plemen jezevčků a teriérů (Graf 4). Skupina jezevčků využívala typ chování 0 - pes se zastavil a poté vyběhl rovně stejným směrem ve 310 zastávek (34,7 %), za to teriéři tento typ využili pouze ve 180 případech (22 %) zastávek. Skupina teriérů naopak ve větší míře využívala typ 2L, kdy se pes zastavil, pohlédl doleva, doprava a vyběhl. Toto chování využili v 38 případech, skupina jezevčků pouze ve 14 případech. Tento jev se objevil i v chování typu 2R – pes se zastavil pohlédl doprava, doleva a vyběhl, u skupiny teriérů ve 46 případech, u skupiny jezevčků ve 20 případech. U chování 1R – pes se zastavil, pohlédl doprava a vyběhl byl stejný počet zastávek u obou skupin plemen.

V rámci chování mezi skupinami plemen byly výsledky analyzovány na webové stránce replit.com, v programu R proveden jako chí-kvadrát test. Výsledek vyšel 67.11498. Závěr je, že distribuce se signifikantně liší.



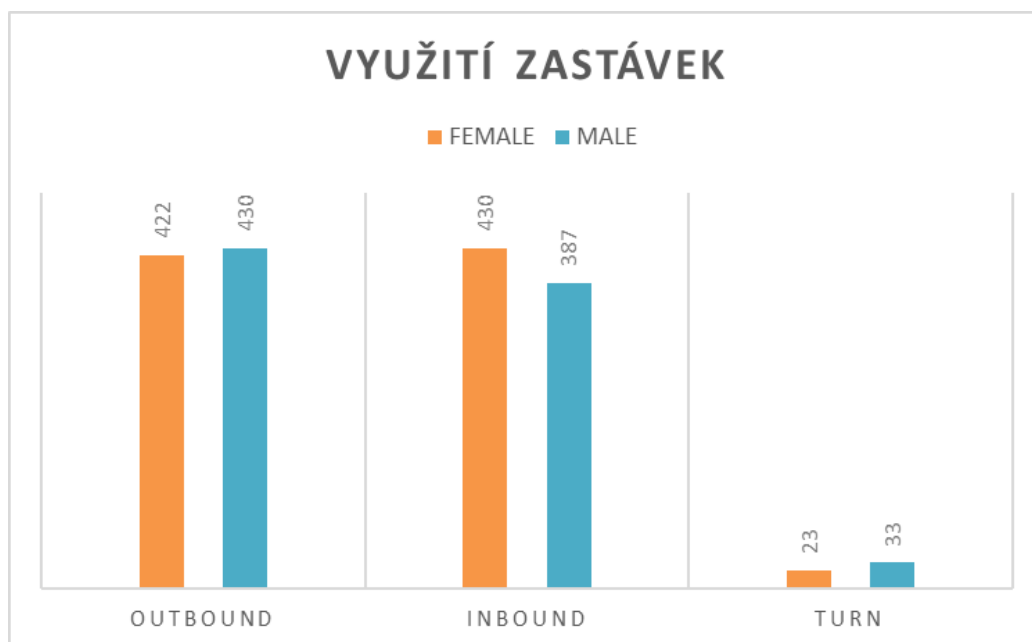
Graf 4 - Využití chování head scanningu v rámci plemen.

Během chování head scanning byly počítány zastávky v příchozí a odchozí fázi útěku (Graf 5). Tyto zastávky byly rozděleny na outbound – pes běží pryč od majitele, zastávka inbound – pes běží k majiteli, domů či k autu a zastávka turn – pes se zastavil v bodě návratu.



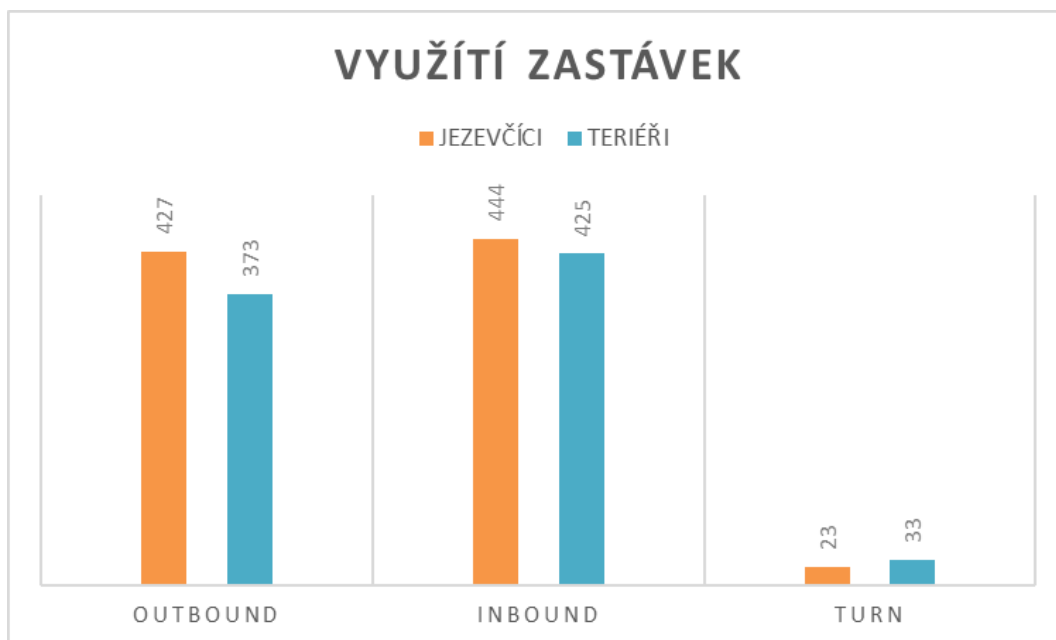
Graf 5- Typy zastávek během útěků.

V případě rozdílů zastávek nedošlo mezi pohlavím k větším početním rozdílům v počtu zastávek v příchozí a odchozí fázi (Graf 6).



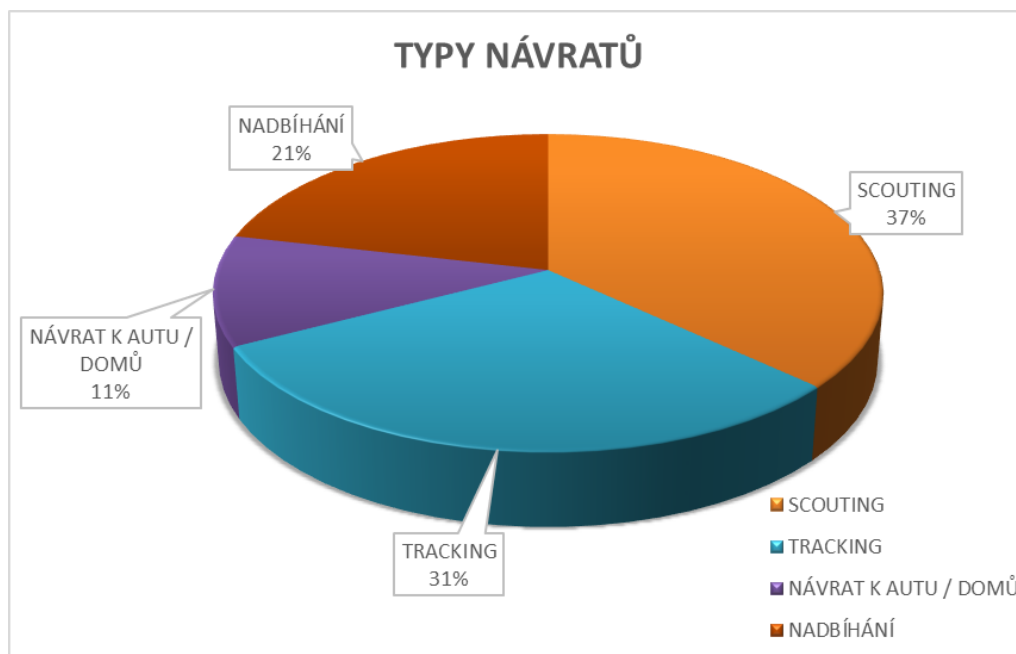
Graf 6 - Využití zastávek v příchozí a odchozí fázi v rámci pohlaví.

Při porovnání rozdílů mezi skupinami jezevčků a teriérů se rozdíly objevily. Skupina jezevčků ve 427 případech využila zastávku outbound, což je zastávka směrem od majitele, teriéři využili zastávku outbound ve 373 případech. Skupina teriérů více využívala zastávku inbound, směrem k majiteli, a to ve 425 případech.



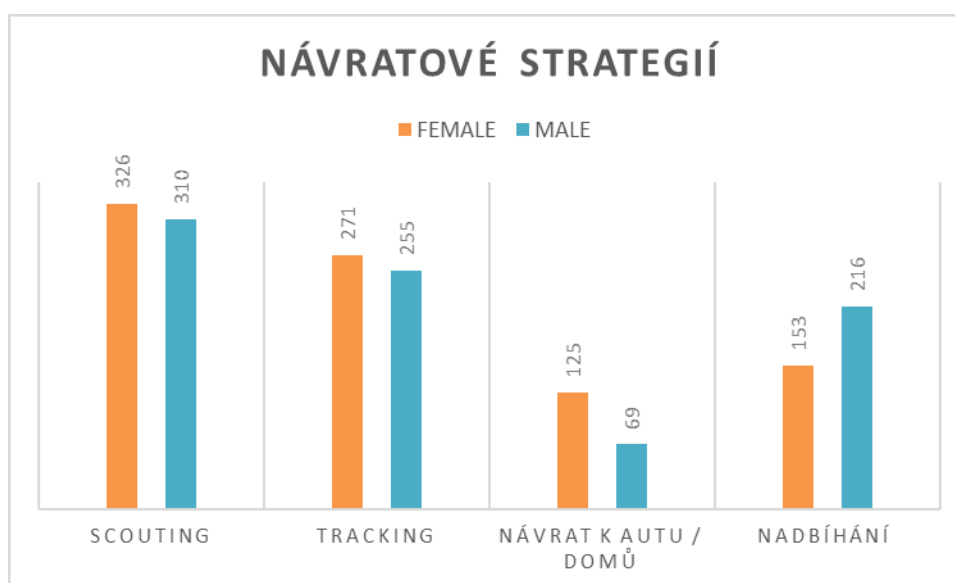
Graf 7- Využití zastávek v příchozí a odchozí fázi v rámci skupin plemen.

Během útěků byly zkoumány 4 návratové strategie. Z nejvíce využitých strategií byl scouting, kdy se pes vrací jinou trasou na začátek útěku, a to v 37 %.



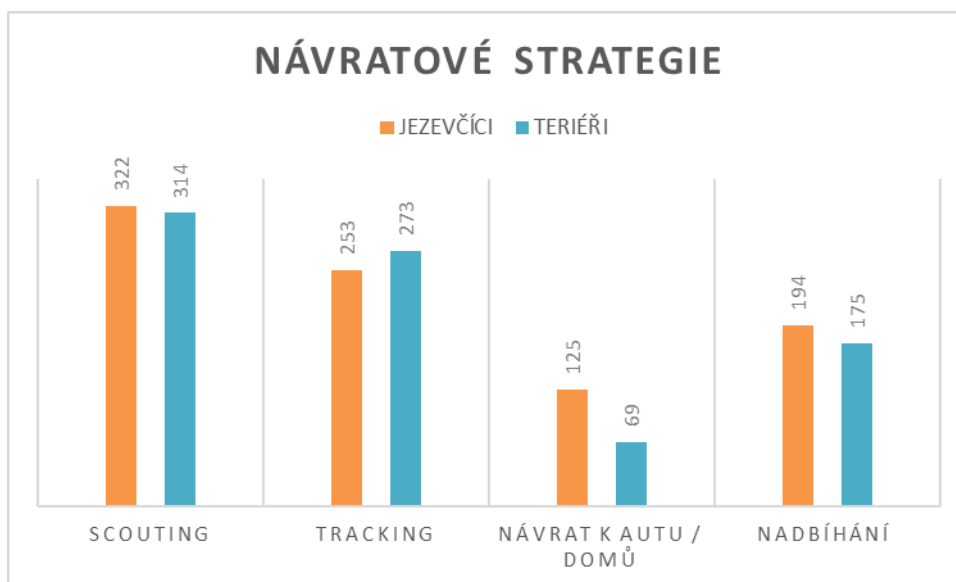
Graf 8 – Návratové strategie psů. Tracking (návrat po vlastní stopě) - pes se vrací po svojí stopě. Scouting (návrat jinou trasou) - pes se vrací na místo startu útěku jinou trasou, nekopíruje svoji stopu. Nadbíhání – pes při návratu nadběhl majitele. Návrat k autu / domů – pes se z bodu návratu vrátil k autu či k domovu.

Návratové strategie byly srovnávány v rámci pohlaví jak u psů, tak fen (Graf 9). Psi se oproti fenám vraceli k majiteli častěji nadbíháním. Feny více využívaly návrat k autu či k domovu. Avšak mezi pohlavím nebyl pozorován až tak radikální rozdíl.



Graf 9 - Návratové strategie psů a fen během útěku.

Dále byl prováděn výzkum návratových strategií u plemen skupiny jezevčků a teriérů. V tomto případě nebyly žádné viditelné rozdíly dle grafu (Graf 10). Obě skupiny využívaly podobný počet návratových strategií.



Graf 10 - Návratové strategie u skupiny jezevčků a teriérů.

Při srovnání návratových strategií jak u zkoumaných plemen, tak i u pohlaví, bylo zjištěno, že skupina jezevčků a skupina fen využila naprosto identický počet v rámci návratové strategie – návrat k autu či domů, a to ve 125 případech (Graf 9, Graf 10).

Tento jev se objevil i v rámci skupiny teriérů a pohlaví psů, kdy návrat k autu či domů využili v 69 případech.

Během chování head scanning bylo zakódováno 1726 zastávek. Zastávky byly rozděleny podle délky jejich trvání (Tabulka 4). Nejvíce bylo zastávek trvajících od dvou do čtyř sekund (763 zastavení),

Zastávek s dobou trvání do dvou sekund bylo v počtu 519 zastavení. Nejmenší počet zastavení byl zaznamenán v časovém rozmezí dvanácti až čtrnácti sekund, v této četnosti bylo zapsáno 12 zastavení. Nejdelší zastavení trvalo 48 sekund u feny hladkosrstého foxteriéra Bessy.

Tabulka 4 - Počet zastávek, u kterých bylo zaznamenáno chování head scanning v rámci časového odstavu dvou sekund.

Délka zastávky [s]	Počet zastávek [-]
0-2	519
2-4	763
4-6	262
6-8	99
8-10	34
10-12	19
12-14	12
nad 14	18
Celkem	1726

7 Diskuse

Pro účely této práce bylo nasbíráno 261 tras samostatných útěků psů s následným spontánním návratem zpět k majiteli. Bylo sledováno 6 různých psů plemen jezevčík drsnosrstý standardní a trpasličí, německý lovecký teriér a hladkosrstý foxteriér. Psi byli vybaveni GPS obojkem a audio-vizuální kamerou. Veškeré trasy byly upraveny a vyhodnoceny v programu BaseCamp 4.7.1.0 a video záznamy v programu VIRB Edit 4. 2. 3. Dále byl použit software pro kódování chování The Observer XT 16 a MatlabR2018a pro další zpracování video záznamů a zjištění bodu návratu.

Na základě bakalářské práce autorky (Kováříková, 2020) bylo zjištěno, že psi během homingu pravděpodobně využívají chování zvané head scanning. Na toto chování jako jeden z prvních upozornil již E. Tolman (Tolman, 1948). Ve své práci studoval chování potkanů. Ti se rozhodovali v bludišti, jakým směrem se mají vydat pomocí skenovacích pohybů hlavy. Nedávné studie byly provedeny na dalších hlodavcích (Monaco et al., 2014), obojživelnících (Kutílek et al., 2017), pěvcích (Mouritsen et al., 2004) a holubech (Kano et al., 2018; Taylor et al., 2017). Výše zmíněná studie na obojživelnících byla též analyzována v softwaru Matlab, který byl využit i pro analýzu dat v práci autorky.

Avšak doposud nebyl uskutečněn žádný výzkum na větších savcích, a tedy ani na psech.

Tato problematika zaujala autorku již v bakalářské práci. Po analýze sesbíraných dat v navazující diplomové práci bylo zaznamenáno 1726 případů, kdy se pes během svého útěku, ať už v příchozí nebo odchozí fázi, krátce zastavil (2-4 sekund) a ve většině případů se rozhlédl. Toto chování psů bylo podobné chování head scanning popsané v předchozích studiích, proto bylo determinováno jako chování head scanning. Pohyby hlavou umožňují zvířatům vytvořit si ucelenou informaci o okolním prostředí, kde se v daný moment nacházejí, a to i v případě, že dané prostředí je pro ně neznámé (Monaco et al., 2014). Dle Sinnamona et al. (1999) bylo zjištěno, že množství informací shromážděných zvířetem v prostředí je závislé na typu jeho pohybu, rychlosti a počtu zastávek.

Během chování head scanningu v práci bylo detekováno několik typů pohybů hlavy: typ 0 - pes se zastavil a poté pokračoval stejným směrem, 1L – pes se zastavil, podíval se doleva a vyběhl doleva, 1LC – pes se zastavil, podíval se doleva, zpět na střed a vyrazil, 1R – pes se zastavil, podíval se doprava a vyběhl doprava, 1 RC – pes se zastavil, podíval se doprava, vrátil se zpět na střed a vyběhl, 2 L – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava a vyběhl, 2 LC – pes se zastavil, pohlédl doleva, doprava, na střed a vyběhl, 2 R – pes se zastavil,

pohlédl doprava, doleva a vyběhl, 2 RC – pes se zastavil, pohlédl doprava, doleva, na střed a vyběhl, 3 L - pes se zastavil, pohlédl více jak 3x doleva, poté vyběhl 3 R - pes se zastavil pohlédl více jak 3x doprava, poté vyběhl. Tyto pohyby hlavou byly srovnávány mezi pohlavím (psi a feny) a skupinami plemen (jezevčáci, teriéři). Skupina jezevčáků z 894 zastavení využila 310 (35 %) případů zastavení typ pohybu hlavy 0, což znamenalo, že pes se zastavil a po různých časových intervalech opět vyběhl stejným směrem jako před zastavením, teriéři tento typ pohybu hlavy využili ve 183 případech (22 %).

Studie na téma head scanning byly provedeny i na druhu pěnic slavíkových (*Sylvie borin*). Práce potvrdila, že stěhovaví ptáci skenování hlavou využívají k zjištění směru geomagnetického pole podle kompasu (Mouritsen et al., 2004). Orientační mechanismy jako kompas a mapa hrají během orientace a navigace důležitou roli. Působení magnetického pole Země poskytuje zvířatům informace o své poloze (Lohmann et al., 2022).

Toto potvrdili svými výzkumy Hart et al. (2013), Adámková et al. (2017; 2021) a Benediktová et al. (2020) a i dřívější bakalářská práce (Kováříková, 2020). I v této práci sehrály pohyby hlavou podstatnou roli během orientace. Je pravděpodobné, že chování head scanning má určitou spojitost s působením magnetického pole. V práci Benediktová et al. (2020) a Kováříková (2020) bylo zjištěno, že psi se zarovnávali podél severojižní osy v první fázi návratu během návratové strategie homing.

V rámci prostorové orientace živočichů je důležitá navigace, paměť, kompas, mapa a neméně důležité je i zapojení smyslového vnímání jako zrak, čich a sluch. Tyto smysly mají velký vliv na specifické chování head scanning, pomocí nich si zvířata rámují prostředí, ve kterém se nacházejí a získávají informace (Wilson et al., 2020).

Benediktová et al. (2020) provedli výzkum na loveckých psech, kde během homingu srovnávali pravděpodobnost, se kterou psi využili strategie tracking (návrat po vlastní stopě) či scouting (návrat jinou trasou). V jejich práci lovečtí psi upřednostnili návratovou strategii tracking, a to v 399 případech (64 %) ze 622 tras. V diplomové práci psi využívali 4 návratové strategie – tracking (návrat po vlastní stopě), scouting (návrat jinou trasou), nadbíhání (pes při návratu nadběhl majitele), návrat k autu / domů (pes se z bodu návratu vrátil k autu či k domovu). Z 261 tras psi využili při svém návratu v 37 % scouting, 31 % tracking, ve 21 % nadbíhání a v 11 % návrat k autu / domů.

Dále byly měřeny zastávky v příchozí, odchozí fázi a v bodě návratu. Zastávky byly rozděleny na outbound – zastávka směrem od majitele, turn – zastávka v bodě návratu a inbound – zastávka při návratu k majiteli, domů či k autu. Při porovnání skupina jezevčáků

ve 427 případech (48 %) využila zastávku outbound, zatímco teriéři využili tento typ zastavení ve 373 případech (45 %). Teriéři využili ve větším počtu oproti zastávce outbound zastávku inbound, směrem k majiteli, a to ve 425 případech (51 %), u jezevčků ve 444 případech (49 %). V celkovém počtu nejvíce zastávek proběhlo, když pes odbíhal od majitele, a to v 50 %. Při návratu psi využili zastavení inbound ve 47 %, ve 3 % bylo využité zastavení v bodu návratu. Délka zastavení trvala v 763 případech (44 %) 2 až 4 sekundy, zastavení do 2 sekund proběhlo v 519 případech (30 %), zastavení 4 až 6 sekund v 262 případech (15 %). Je zřejmé, že počet zastavení má vliv na sběr informací ohledně prostředí (Sinnamon et al., 1999).

8 Závěr

Cílem práce bylo s využitím poznatků o prostorové orientaci loveckých psů a dat získaných v rámci bakalářské práce analyzovat chování psů během jejich samostatného pohybu v lesních terénech se zaměřením na chování známé jako „Head scanning“. Toto chování bylo zaznamenáno v 1726 případech, z 261 nasbíraných tras od 6 psů.

Výsledky byly srovnávány mezi pohlavím a skupinou plemen jezevčků a teriérů. V práci nebyl prokázán žádný rozdíl mezi pohlavím fen a psů. Počty zastavení během head scanningu byly téměř identické. Rozdíl počtů zastávek vyšel mezi skupinami plemen jezevčků a teriérů. Skupina jezevčků využila v 310 případech (35 %) typ pohybů hlavy 0, tento typ pohybů hlavy použili teriéři ve 183 případech (22 %).

Psi při svém návratu využili ze 4 návratových strategií nejvíce ve 37 % návratovou strategii scouting. Útěk psů byl rozdělen na zastávky v příchozí a odchozí fázi. V obou porovnáních mezi pohlavím a skupinou plemen nebyl zjištěn žádný patrný rozdíl. Délka nejpočetnějších zastávek trvala 2 až 4 sekundy.

Je možné, že psi během zastavení kontrolují správný směr ke svému majiteli, k autu či domů. Nejnovější studie potvrzují, že psi používají navigaci s využitím k magnetického pole Země.

Díky dnešním digitálním technologiím, programům a softwarům poznáváme různá nová chování během prostorové orientace zvířat. Více odborných průzkumů provedených na zvířatech nám může přinést odpovědi na otázky, kterými si mnoho vědců zaobírá několik let.

9 Zdroje

- Able, K. P. (2001). The concepts and terminology of bird navigation. *Journal of Avian Biology*, 32(2), 174–183. <https://doi.org/10.1034/j.1600-048X.2001.320211.x>
- Adámková, J., Benediktová, K., Svoboda, J., Bartoš, L., Vynikalová, L., Nováková, P., Hart, V., Painter, M. S., & Burda, H. (2021). Turning preference in dogs: North attracts while south repels. *PLoS ONE*, 16(1 January), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245940>
- Adámková, J., Svoboda, J., Benediktová, K., Martini, S., Nováková, P., Tůma, D., Kučerová, M., Divišová, M., Begall, S., Hart, V., & Burda, H. (2017). Directional preference in dogs: Laterality and “pull of the north.” *PLOS ONE*, 12(9), e0185243. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185243>
- Aharon, G., Sadot, M., & Yovel, Y. (2017). Bats Use Path Integration Rather Than Acoustic Flow to Assess Flight Distance along Flyways. *Current Biology*, 27(23), 3650–3657.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.10.012>
- Akesson, S., Alerstam, T., & Hedenstrom, A. (1996). Flight Initiation of Nocturnal Passerine Migrants in Relation to Celestial Orientation Conditions at Twilight. *Journal of Avian Biology*, 27(2), 95. <https://doi.org/10.2307/3677138>
- Åkesson, S., Boström, J., Liedvogel, M., & Muheim, R. (2014). Animal navigation. In *Animal Movement Across Scales* (Vol. 14, Issue 6, pp. 151–178). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199677184.003.0009>
- Åkesson, S., & Hedenström, A. (2007). How Migrants Get There: Migratory Performance and Orientation. *BioScience*, 57(2), 123–133. <https://doi.org/10.1641/B570207>
- Allen, K., Gil, M., Resnik, E., Toader, O., Seeburg, P., & Monyer, H. (2014). Impaired path integration and grid cell spatial periodicity in mice lacking GluA1-containing AMPA receptors. *Journal of Neuroscience*, 34(18), 6245–6259. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4330-13.2014>

- Andriault, L. J. L., All, M. N. H., Amr, J. H., & Allory, F. F. M. (2006). Long-range Homing by an Adult Female Black Bear , *Ursus americanus*. *Canadian Field-Naturalist*, *120*(1), 57–60.
- Baddeley, A. D. (2004). *The Psychology of Memory. The Essent*, 1–14. <https://elmirmohammedmemorypsy.files.wordpress.com/2014/12/the-psychology-of-memory-baddeley.pdf>
- Barber, A. L. A., Wilkinson, A., Montealegre-Z, F., Ratcliffe, V. F., Guo, K., & Mills, D. S. (2020). A comparison of hearing and auditory functioning between dogs and humans. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, *15*, 45–94. <https://doi.org/10.3819/ccbr.2020.150007>
- Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtěch, O., & Burda, H. (2008). Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(36), 13451–13455. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803650105>
- Benediktová, K., Adámková, J., Svoboda, J., Painter, M. S., Bartoš, L., Nováková, P., Vynikalová, L., Hart, V., Phillips, J., & Burda, H. (2020). Magnetic alignment enhances homing efficiency of hunting dogs. *ELife*, *9*, 1–19. <https://doi.org/10.7554/eLife.55080>
- Benhamou, S. (1997). Path integration by swimming rats. *Animal Behaviour*, *54*(2), 321–327. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0464>
- Benhamou, S., & Séguinot, V. (1995). How to find one's way in the labyrinth of path integration models. *Journal of Theoretical Biology*, *174*(4), 463–466. <https://doi.org/10.1006/jtbi.1995.0112>.
- Bingman, V. P., & Cheng, K. (2005). Mechanisms of animal global navigation: Comparative perspectives and enduring challenges. *Ethology Ecology and Evolution*, *17*(4), 295–318. <https://doi.org/10.1080/08927014.2005.9522584>

- Bodin, C., Benhamou, S., & Poulle, M. (2006). What do European badgers (*Meles meles*) know about the spatial organisation of neighbouring groups? *Behavioural Processes*, 72(1), 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2006.01.001>
- Boström, J. E., Åkesson, S., & Alerstam, T. (2012). Where on earth can animals use a geomagnetic bi-coordinate map for navigation? *Ecography*, 35(11), 1039–1047. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07507.x>
- Burda, H., Begall, S., Červený, J., Neef, J., & Němec, P. (2009). Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 5708–5713. <https://doi.org/10.1073/pnas.0811194106>
- Byosiére, S.-E., Chouinard, P. A., Howell, T. J., & Bennett, P. C. (2018). What do dogs (*Canis familiaris*) see? A review of vision in dogs and implications for cognition research. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(5), 1798–1813. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1404-7>
- Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P., & Burda, H. (2011). Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*, 7(3), 355–357. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1145>
- Collins, S. (2019). Inteligentní pes: poznáváme psy a jejich schopnosti. Euromedia Group, a. s. ISBN 978-80-7549-983-7
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of Processing : A Framework for Memory *Research* 1. 684, 671–684. http://wixtedlab.ucsd.edu/publications/Psych218/Craik_Lockhart_1972.pdf
- Drai, D., Kafkafi, N., Benjamini, Y., Elmer, G., & Golani, I. (2001). Rats and mice share common ethologically relevant parameters of exploratory behavior. *Behavioural Brain Research*, 125(1–2), 133–140. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(01\)00290-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(01)00290-X)

- Dzięcioł, M., Podgórski, P., Stańczyk, E., Szumny, A., Woszczyło, M., Pieczewska, B., Nizański, W., Nicpoń, J., & Wrzosek, M. A. (2020). MRI Features of the Vomeronasal Organ in Dogs (*Canis Familiaris*). *Frontiers in Veterinary Science*, 7(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00159>
- Fagan, W. F., Lewis, M. A., Auger-Méthé, M., Avgar, T., Benhamou, S., Breed, G., LaDage, L., Schlägel, U. E., Tang, W., Papastamatiou, Y. P., Forester, J., & Mueller, T. (2013). Spatial memory and animal movement. *Ecology Letters*, 16(10), 1316–1329. <https://doi.org/10.1111/ele.12165>
- Fenton, V. (1992). The use of dogs in search, rescue and recovery. *Journal of Wilderness Medicine*, 3(3), 292–300. <https://doi.org/10.1580/0953-9859-3.3.292>
- Galibert, F., Quignon, P., Hitte, C., & André, C. (2011). Toward understanding dog evolutionary and domestication history. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.12.011>
- Gould, J. L. (1998). Sensory bases of navigation. *Current Biology*, 8(20), R731–R738. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(98\)70461-0](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(98)70461-0)
- Gould, J. L. (2014). Animal Navigation: A Map for All Seasons. *Current Biology*, 24(4), R153–R155. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.030>
- Grimm, D. (2017). Oldest images of dogs show hunting, leashes. *Science*, 358(6365), 854–854. <https://doi.org/10.1126/science.358.6365.854>
- Hanzal, V. (2016). *Myslivost I*. (I. vydání). Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo spol, s. r. o., ISBN 978-80-87668-23-8
- Hanzal, V., & Vochozka, V. (2000). *Lovečtí psi: výchova a výcvik* (2. vydání). Dona. ISBN 80-86136-74-4

- 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. (2013). Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology*, *10*(1), 80. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-10-80>
- Hepper, P. G., & Wells, D. L. (2005). How Many Footsteps Do Dogs Need to Determine the Direction of an Odour Trail? *Chemical Senses*, *30*(4), 291–298. <https://doi.org/10.1093/chemse/bji023>
- Holland, R. A., Thorup, K., Vonhof, M. J., Cochran, W. W., & Wikelski, M. (2006). Bat orientation using Earth's magnetic field. *Nature*, *444*(7120), 702–702. <https://doi.org/10.1038/444702a>
- Holyoak, M., Casagrandi, R., Nathan, R., Revilla, E., & Spiegel, O. (2008). Trends and missing parts in the study of movement ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(49), 19060–19065. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800483105>
- Horowitz, A. (2014). Uvnitř psa: co psi vidí, čenichají a vědí. Práh., ISBN 9788072525140
- Horowitz, A., Hecht, J., & Dedrick, A. (2013). Smelling more or less: Investigating the olfactory experience of the domestic dog. *Learning and Motivation*, *44*(4), 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2013.02.002>
- Kano, F., Walker, J., Sasaki, T., & Biro, D. (2018). Head-mounted sensors reveal visual attention of free-flying homing pigeons. *Journal of Experimental Biology*, *221*(17), 1–13. <https://doi.org/10.1242/jeb.183475>
- Kasparson, A. A., Badridze, J., & Maximov, V. V. (2013). Colour cues proved to be more informative for dogs than brightness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *280*(1766), 20131356. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1356>

- Kessels, R. P. C., de Haan, E. H. F., Kappelle, L. J., & Postma, A. (2001). Varieties of human spatial memory: a meta-analysis on the effects of hippocampal lesions. *Brain Research Reviews*, 35(3), 295–303. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(01\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(01)00058-3)
- Kimchi, T., Etienne, A. S., & Terkel, J. (2004). A subterranean mammal uses the magnetic compass for path integration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(4), 1105–1109. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307560100>
- Kimchi, T., Terkel, J., Wise, G. S., & Sciences, L. (2001). *MAGNETIC COMPASS ORIENTATION IN THE BLIND MOLE RAT SPALAX EHRENBERGI*. 758, 751–758.
- Kutílek, P., Škoda, D., Hýbl, J., Černý, R., Frynta, D., Landová, E., Frýdlová, P., Kurali, A., Doskočil, R., & Křivánek, V. (2017). PLATFORM WITH CAMERA SYSTEM FOR MEASUREMENT OF COMPENSATORY MOVEMENTS OF SMALL ANIMALS. *Acta Polytechnica*, 57(5), 321–330. <https://doi.org/10.14311/AP.2017.57.0321>
- Lohmann, K. J., Goforth, K. M., Mackiewicz, A. G., Lim, D. S., & Lohmann, C. M. F. (2022). Magnetic maps in animal navigation. *Journal of Comparative Physiology A*, 208(1), 41–67. <https://doi.org/10.1007/s00359-021-01529-8>
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. F., & Putman, N. F. (2007). Magnetic maps in animals : nature ' s GPS. 3697–3705. <https://doi.org/10.1242/jeb.001313>
- Lorenzo, N., Wan, T., Harper, R. J., Hsu, Y.-L., Chow, M., Rose, S., & Furton, K. G. (2003). Laboratory and field experiments used to identify *Canis lupus* var. familiaris active odor signature chemicals from drugs, explosives, and humans. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 376(8), 1212–1224. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2018-7>
- McNamara, T. P., & Chen, X. (2022). Bayesian decision theory and navigation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 29(3), 721–752. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01988-9>
- Miller, P. E., & Murphy, C. J. (1995). Vision in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 207(12), 1623–1634.

- Monaco, J. D., Rao, G., Roth, E. D., & Knierim, J. J. (2014). Attentive scanning behavior drives one-trial potentiation of hippocampal place fields. *Nature Neuroscience*, *17*(5), 725–731. <https://doi.org/10.1038/nn.3687>
- Mouritsen, H., Feenders, G., Liedvogel, M., & Kropp, W. (2004). Migratory Birds Use Head Scans to Detect the Direction of the Earth's Magnetic Field. *Current Biology*, *14*(21), 1946–1949. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.10.025>
- Muheim, R., Edgar, N. M., Sloan, K. A., & Phillips, J. B. (2006). *Magnetic compass orientation in C57BL / 6J mice*. *34*(4), 366–373.
- Müller, M., & Wehner, R. (1988). Path integration in desert ants, *Cataglyphis fortis* . *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *85*(14), 5287–5290. <https://doi.org/10.1073/pnas.85.14.5287>
- Nahm, M. (2015). Mysterious Ways : the Riddle of the Homing Ability. *Journal of the Society for Psychological Research*, *79*(920), 140–155.
- Nathan, R., Getz, W. M., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D., & Smouse, P. E. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(49), 19052–19059. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Neitz, J., Geist, T., & Jacobs, G. H. (1989). Color vision in the dog. *Visual Neuroscience*, *3*(2), 119–125. <https://doi.org/10.1017/S0952523800004430>
- Paul, C.-M., Magda, G., & Abel, S. (2009a). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural Brain Research*, *203*(2), 151–164. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.05.022>
- Paul, C.-M., Magda, G., & Abel, S. (2009b). Spatial memory: Theoretical basis and comparative review on experimental methods in rodents. *Behavioural Brain Research*, *203*(2), 151–164. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.05.022>

- Pettit, B., Perna, A., Biro, D., & Sumpter, D. J. T. (2013). Interaction rules underlying group decisions in homing pigeons. *Journal of the Royal Society Interface*, *10*(89). <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0529>
- Polgár, Z., Kinnunen, M., Újváry, D., Miklósi, Á., & Gácsi, M. (2016). A Test of Canine Olfactory Capacity: Comparing Various Dog Breeds and Wolves in a Natural Detection Task. *PLOS ONE*, *11*(5), e0154087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154087>
- Poulter, S., Hartley, T., & Lever, C. (2018). The Neurobiology of Mammalian Navigation. *Current Biology*, *28*(17), R1023–R1042. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.050>
- Putman, N. F. (2021). Animal navigation: What is truth? *Current Biology*, *31*(7), R330–R332. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.02.054>
- Rebmann & David. (2000). Cadaver dog handbook: forensis training and tactics for the recovery of human remains. *CRC Press*. https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=WTXuc7BjA-QC&oi=fnd&pg=PA1&ots=XUCOOCEHxb&sig=KHMdyVFAD6npbq1H6oWcDqXpAHg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Ridgway, M. (2021). Hunting Dogs. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, *51*(4), 877–890. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.04.006>
- Rogers, L. (1986). Homing by radio-collared black bears (*Ursus americanus*) in Minnesota. *The Canadian Field-Naturalist*, *100*(3), 350–353.
- Salazar, I., Cifuentes, J. M., & Sánchez-Quinteiro, P. (2013). Morphological and Immunohistochemical Features of the Vomeronasal System in Dogs. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, *296*(1), 146–155. <https://doi.org/10.1002/ar.22617>
- Séguinot, V., Cattet, J., & Benhamou, S. (1998). Path integration in dogs. *Animal Behaviour*, *55*(4), 787–797. <https://doi.org/10.1006/anbe.1997.0662>

- Sinnamon, H. M., Karvosky, M. E., & Ilch, C. P. (1999). Locomotion and head scanning initiated by hypothalamic stimulation are inversely related. *Behavioural Brain Research*, 99(2), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(98\)00106-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(98)00106-5)
- Taylor, L. A., Portugal, S. J., & Biro, D. (2017). Homing pigeons (*Columba livia*) modulate wingbeat characteristics as a function of route familiarity. *Journal of Experimental Biology*, 220(16), 2908–2915. <https://doi.org/10.1242/jeb.154039>
- Thesen, A., Steen, J. B., & Døving, K. B. (1993). Behaviour of Dogs During Olfactory Tracking. *Journal of Experimental Biology*, 180(1), 247–251. <https://doi.org/10.1242/jeb.180.1.247>
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior*, 27–50. <https://doi.org/10.4324/9780203789155-11>
- von Saint Paul, U. (1982). Do Geese Use Path Integration for Walking Home? *1*, 298–307. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68616-0_30
- Wallraff, H. G., & Andreae, M. O. (2000). Spatial gradients in ratios of atmospheric trace gases: a study stimulated by experiments on bird navigation. *Tellus B*, 52(4), 1138–1157. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1034/j.1600-0889.2000.00099.x?saml_referrer
- Wehner R. (1998). Navigation in Context : Grand Theories and Basic Mechanisms. *Journal of Avian Biology*, 29(4), 370–386. <https://www.jstor.org/stable/3677156%0AJSTOR>
- Wells, D. L., & Hepper, P. G. (2003). Directional tracking in the domestic dog, *Canis familiaris*. *Applied Animal Behaviour Science*, 84(4), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.009>
- Wiener, J., Shettleworth, S., Bingman, V. P., Cheng, K., Healy, S., Jacobs, L. F., Jeffery, K. J., Mallot, H. A., Menzel, R., & Newcombe, N. S. (2011). Animal navigation: A synthesis. *Animal Thinking: Contemporary Issues in Comparative Cognition*, 51–76. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9187.003.0008>

- Willis, C. M., Church, S. M., Guest, C. M., Cook, W. A., McCarthy, N., Bransbury, A. J., Church, M. R. T., & Church, J. C. T. (2004). Olfactory detection of human bladder cancer by dogs: proof of principle study. *BMJ*, *329*(7468), 712. <https://doi.org/10.1136/bmj.329.7468.712>
- Wilson, R. P., Williams, H. J., Holton, M. D., di Virgilio, A., Börger, L., Potts, J. R., Gunner, R., Arkwright, A., Fahlman, A., Bennett, N. C., Alagaili, A., Cole, N. C., Duarte, C. M., & Scantlebury, D. M. (2020). An “orientation sphere” visualization for examining animal head movements. *Ecology and Evolution*, *10*(10), 4291–4302. <https://doi.org/10.1002/ece3.6197>
- Wiltschko, R., & Wiltschko, W. (2023). Animal navigation: how animals use environmental factors to find their way. *The European Physical Journal Special Topics*, *232*(2), 237–252. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-022-00610-w>
- Wiltschko, & Wiltschko. (2005). Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A*, *191*(8), 675–693. <https://doi.org/10.1007/s00359-005-0627-7>