

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Směrová orientace ptactva při příjmu potravy na
Berounsku se zaměřením na možné rozdíly
způsobené pohlavím a vlivem cirkadiánních rytmů**

Bakalářská práce

Autor práce: Štěpánka Sybolová

Vedoucí práce: Ing. Petra Nováková, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Štěpánka Sybolová

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Směrová orientace ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiánních rytmů

Název anglicky

Directional orientation of birds during food intake in the area of Beroun focusing on possible differences caused by sex and influence of circadian rhythms

Cíle práce

Formou rešerše shrnout výsledky publikovaných studií se zaměřením na magnetorecepci ptáků. V experimentální části otestovat, zda existují rozdíly ve směrové orientaci mezi samci a samicemi ptactva při příjmu potravy. Dále se zaměřit na rozdíly způsobené vlivem cirkadiánních rytmů.

Metodika

Bude vypracována podrobná literární rešerše o magnetorecepci živočichů se zaměřením na ptactvo. Praktická část práce bude věnována experimentu, ve kterém bude sledována směrová orientace semenožravého ptactva na kulatých nekovových krmítkách (min. průměr 30 cm) pomocí fotopastí. Z pořízených fotografií budou vyhodnocovány směry těl jedinců při sběru potravy ve stupních, samci a samice zvlášť. Získaná data budou statisticky vyhodnocena v programu Oriana.

Harmonogram zpracování:

Studentka bude průběžně konzultovat postup sběru a zpracování dat s vedoucím práce. Data budou nasbírána a předána vedoucímu práce do 31.12. 2018.

První část rešerše (cca 10 stran) bude zaslána ke kontrole vedoucímu práce do 30.9. 2018. Celá rešeršní část práce bude dokončena do 31.1. 2019. Kompletní rukopis práce bude předložen nejpozději 31.3. 2019.

Doporučený rozsah práce

cca 30-40 stran textu

Klíčová slova

magnetická orientace, pěvci, šplhavci, samec, samice

Doporučené zdroje informací

- Able, K.P. 1994 Magnetic orientation and magnetoreception in birds. *Prog. Neurobiol.* 42, 449-476.
- Beason, R.C. 2005 Mechanisms of magnetic orientation in birds. *Integr. Comp. Biol.* 45, 565-573.
- Čapek, F., Průcha, J., Socha, V. et al. 2017 Directional orientation of pheasant chicks at the drinking dish and its potential for research on avian magnetoreception. *Folia Zool.* 66(3), 175-182.
- Hart, V., Malkemper, E.P., Kušta, T. et al. 2013 Directional compass preference for landing in water birds. *FRONT ZOOLOGY* 10(38), doi: 10.1186/1742-9994-10-38.
- Kishkinev, D., Chernetsov, N.S. 2015 Magnetoreception systems in birds: a review of current research. *Biol. Bull. Rev.* 5, 46-62.
- Nováková, P., Kořanová, D., Begall, S. et al. 2017 Direction indicator and magnetic compass-aided tracking of the sun by flamingos? *Folia Zool.* 66(2), 79-86.
- Pleskač, L., Hart, V., Nováková, P. et al. 2017 Spatial orientation of foraging corvids consistent with spontaneous magnetic alignment responses observed in a variety of free-roaming vertebrates. *Folia Zool.* 66(2), 87-94.
- Rusak, B., Zucker, I. 1975 Biological rhythms and animal behavior. *Annual Review of Psychology* 26, 137-171.
- Wiltschko, W., Wiltschko, R., Ritz, T. 2011 The mechanism of the avian magnetic compass. *Procedia Chem.* 3, 276-284.
- Wiltschko, W., Wiltschko, R. 2002 Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis. *Naturwissenschaften* 89, 445-462.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Petra Nováková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 22. 10. 2018

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2019

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma "Směrová orientace ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiálních rytmů" vypracovala samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské 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 Chlustině dne 21. 3. 2019

Štěpánka Sybolová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Petře Novákové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost, vstřícnost a pomoc s vyhodnocením dat. A také děkuji především své rodině a blízkým za velkou podporu, pochopení a trpělivost.

Směrová orientace ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiánních rytmů

Štěpánka Sybolová

Někteří živočichové jsou schopni samovolně nasměrovat své tělo podle siločar magnetického pole Země při různých činnostech. Tomu se říká tzv. magnetické zarovnání, které je náležitým vzorem pro výzkum vnímání magnetismu odlišných taxonů živočichů, jehož cílem je pochopit mechanismy magnetorecepce a zjistit i její další funkce. V bakalářské práci byla zkoumána směrová orientace ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiánních rytmů. Data byla sbírána v období od 20. 3. 2018 do 30. 11. 2018. Jednalo se především o zástupce pěvců, protože u mnohých z nich je patrný výrazný pohlavní dimorfismus. Následně byla změřena orientace těl ptactva ve stupních při příjmu potravy. Celkem bylo vyhodnoceno ve statistickém programu Oriana 1 740 dat samců a 1 029 dat samic. Statistická analýza dat prokázala preferenci směru podél severojižní osy u obou pohlaví, především u samců, při vyhodnocení dat za denního světla. Za šera se obě pohlaví orientovala poměrně náhodně.

Klíčová slova: magnetická orientace, pěvci, šplhavci, samec, samice

Directional orientation of birds during food intake in the area of Beroun focusing on possible differences caused by sex and influence of circadian rhythms

Štěpánka Sybolová

Some animals are able to spontaneously align their bodies with respect to the Earth magnetic field lines. This phenomenon is called magnetic alignment and it serves as a model for a wide research of magnetoreception in diverse animal taxa, trying to understand the mechanisms behind magnetoreception and discover its other possible functions. The aim of this study was to investigate directional orientation in birds during feeding, with special focus on possible differences between sex and differences caused by circadian rhythms. The research took place from March 30 until November 30 2018 in Beroun area. Pictures of mostly passerine birds with well marked sexual dimorphism were taken. The research consisted of 1740 observations of males and 1029 observations of females. Oriana was used for statistical analysis. It was found that during daylight birds, males especially, displayed a statistically highly significant preference to align their bodies along the North-South axis. At dusk, directional orientation seemed to be random.

Keywords: magnetic orientation, songbirds, woodpeckers, male, female

Obsah

1. Úvod a cíl práce	11
2. Literární rešerše	13
2.1. Magnetismus	13
2.2. Magnetorecepce	14
2.3. Magnetický kompas	15
2.4. Magnetická mapa	16
2.5. Cirkadiánní rytmy	16
2.6. Studované druhy	17
2.6.1. Hmyz	17
2.6.2. Obojživelníci	17
2.6.3. Plazi	18
2.6.4. Paryby.....	18
2.6.5. Ryby	18
2.6.6. Ptáci.....	19
2.6.7. Savci.....	21
2.7. Sledované druhy.....	22
2.7.1. Zvonek zelený (<i>Carduelis chloris</i> , Linnaeus, 1758).....	22
2.7.2. Vrabec domácí (<i>Passer domesticus</i> , Linnaeus, 1758).....	22
2.7.3. Kos černý (<i>Turdus merula</i> , Linnaeus, 1758).....	22
2.7.4. Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i> , Linnaeus, 1758).....	22
2.7.5. Pěnkava jikavec (<i>Fringilla montifringilla</i> , Linnaeus, 1758).....	23
2.7.6. Strakapoud velký (<i>Dendrocopos major</i> , Linnaeus, 1758).....	23
2.7.7. Rehek domácí (<i>Phoenicurus ochruros</i> , S. G. Gmelin, 1774).....	23
2.7.8. Dlask tlustozobý (<i>Coccothraustes coccothraustes</i> , Linnaeus, 1758).....	23
3. Metodika	24
3.1. Metodika sběru dat.....	24
3.2. Metodika rozboru fotografií.....	24
3.3. Metodika statistické analýzy	26
4. Výsledky	27

5. Diskuze	33
6. Závěr	35
7. Seznam literatury a použitých zdrojů	36
8. Seznam příloh	47
9. Přílohy.....	48

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Růžice	25
Obrázek 2: Měření orientace těla jedinců ve stupních	25
Obrázek 3: Axiální vyhodnocení dat samců – všechna data	27
Obrázek 4: Axiální vyhodnocení dat samic – všechna data	28
Obrázek 5: Axiální vyhodnocení dat samců – data za šera	29
Obrázek 6: Axiální vyhodnocení dat samců – data za denního světla	30
Obrázek 7: Axiální vyhodnocení dat samic - data za šera	31
Obrázek 8: Axiální vyhodnocení dat samic – data za denního světla	32
Tabulka 1: Výsledky statistické analýzy dat samců – všechna data	27
Tabulka 2: Výsledky statistické analýzy dat samic – všechna data	28
Tabulka 3: Výsledky statistické analýzy dat samců – data za šera	29
Tabulka 4: Výsledky statistické analýzy dat samců – data za denního světla	30
Tabulka 5: Výsledky statistické analýzy dat samic – data za šera	31
Tabulka 6: Výsledky statistické analýzy dat samic – data za denního světla	32

1. Úvod a cíl práce

Často se s úžasem pozastavíme nad orientačními schopnostmi živočichů. Mnoho živočichů se vydává například na druhou stranu zeměkoule bez map a dalších ukazatelů směru. Přesto se po několika měsících vracejí zpět na tutéž louku, do stejného zálivu, nebo k témuž stromu. Díky nynějším metodám sledování pomocí satelitů odhalujeme nové důkazy o tom, že po celou cestu živočichové vědí, kde se nacházejí, i když jsou od cíle tisíce kilometrů. Biologové, kteří se zabývají výzkumem migrací, například se jedná o ptačí tahy, žraloci urazí tisíce kilometrů za potravou nebo putování želv, nám s velkou pravděpodobností sdělí opatrnou odpověď, že se nejspíše orientují podle řady vodítek. Je známé, že zásadní roli hrají především chuť a čich, někdy sluch a hlavně zrak. Množství důkazů o tom, že se živočichové orientují i prostřednictvím smyslu pro vnímání geomagnetického pole, který byl člověku odepřen, přibývá každým rokem (Vácha & Němec, 2007).

Magnetorecepce je schopnost vnímat magnetické pole Země a využívat jej k orientaci. Byla zkoumána a pozorována u mnoha druhů živočichů, jako například u hlodavců, mořských želv, mloků nebo ptáků (Wiltschko & Wiltschko, 2006). Nejlépe studovanou skupinou jsou ptáci. Orientační mechanismy jsou více známé u ptáků než u ostatních obratlovců nebo bezobratlých (Wiltschko & Wiltschko, 2015). Mnoho znalostí, týkající se ptačí navigace, pochází z pokusů s domácími holuby (*Columba livia f. domestica*), (Wiltschko & Wiltschko, 2017).

Ptáci patří mezi skupiny nejvíce studovaných druhů. Byla zjištěna schopnost vnímat magnetické pole Země a také preference magnetického zarovnání podle severojižní osy (u kachny divoké přistávající na vodní hladinu - Hart et al., 2013a; u plameňáků při stacionárních aktivitách, jako je stání, odpočinek nebo komfortní chování - Nováková et al., 2017; u psů při označování svých domácích okrsků - Hart et al., 2013b; u srnce obecného při pastvě a odpočinku - Begall et al., 2008).

Cílem bakalářské práce je shrnout výsledky publikovaných studií se zaměřením na magnetorecepci ptáků a otestovat, zda existují rozdíly ve směrové orientaci mezi samci a samicemi ptactva při příjmu potravy. Dále se zaměřit na rozdíly způsobené vlivem cirkadiálních rytmů.

2. Literární rešerše

2.1. Magnetismus

Magnetismus je pojmenování pro všechny druhy magnetických jevů nebo pro vědní obor, který se zabývá výkladem magnetických jevů (Adam et al., 2010). Magnetická pole v prostředí jsou přírodního a umělého původu, přičemž přírodní magnetická pole existují nejméně několik bilionů let (Skiles, 1985). Magnetické pole Země je tvořeno proudem z nabitých částic v kapalině železného jádra planety. Rozsah intenzity geomagnetického pole se pohybuje od 30 μT poblíž rovníku do 70 μT poblíž pólů. Odchyšky v magnetickém poli Země, takzvané magnetické anomálie, mohou být způsobené například změnami magnetismu skal, nicméně i přes tyto anomálie je zemské magnetické pole víceméně homogenní (rozsah kolísání málokdy přesahuje 1 % rozsahu magnetického pole), (Akasofu & Chapman, 1972). Geomagnetická pole se také mění během geomagnetických bouří (Ptitsyna et al., 1998). Umělá magnetická pole jsou vyvolána kterýmkoliv zařízením nesoucím elektrický proud a neexistují ani sto let. Intenzita, frekvence a směr magnetických polí umělého původu se liší v širokém rozmezí (Leitgeb et al., 2008). Myšlenka, že živočichové používají pro orientaci informace z magnetického pole Země, je stará více než sto let (Wiltschko & Wiltschko, 1988). Výzkumy, které se zabývaly chováním zvířat, ukázaly, že různé druhy živočichů mohou využívat magnetické pole Země jako podnět pro prostorovou orientaci (Wiltschko & Wiltschko, 1995a). Například stěhovaví ptáci využívají informace poskytnuté geomagnetickým polem pro orientaci při migracích (Wiltschko & Wiltschko, 1995a, 1999). K určení směru ptactvu slouží kromě magnetického pole Země také poloha Slunce, hvězd a polarizované světlo oblohy. Svoji pozici též určují pomocí čichových, sluchových a zrakových vodítek (Vácha & Němec, 2007). Ptačí orientace je během migrace dále ovlivněna pestrostí zrakových směrových podnětů (Able, 1980; Wiltschko, 1983; Baker, 1984). Vzájemné vztahy mezi zrakovými a geomagnetickými podněty nejsou dosud úplně pochopeny. Preference jednotlivých podnětů se pravděpodobně liší nejen

mezidruhově, ale i mezi různě starými jedinci téhož druhu (Moore, 1984; Able & Bingman, 1987).

2.2. Magnetorecepce

Magnetorecepce je schopnost vnímat magnetické pole Země. Nejintenzivněji byla studována u ptáků, zejména u migrujících druhů a domácích holubů (Mouritsen, 2015; Kishkinev & Chernetsov, 2015; Wiltschko & Wiltschko, 2015). Lohmann & Willows (1987) zjistili, že se citlivost vnímání magnetického pole Země zvyšuje při úplňku. Magnetorecepce je široce rozšířená smyslová schopnost, ale zatím není zcela kompletně probádána (Wiltschko & Wiltschko, 1995a), jelikož není přesně známo, jak ptáci získávají z magnetického pole příslušnou informaci. Jsou navrženy tři typy modelů: první je založen na malých částicích magnetitu, které se nacházejí na vrchní straně zobáku u holubů (Williams & Wild, 2001; Fleissner et al., 2003); ostatní dva se zaměřují na schopnost vnímání magnetického pole specializovanými fotoreceptory (Ritz et al., 2000).

Za možný základ pro orientaci magnetickým kompasem u různých druhů zvířat je považován také magnetit (Fe_3O_4), (Presti & Pettigrew, 1980; Kirschvink & Gould, 1981; Kirschvink et al., 2001; Winklhofer et al., 2001; Fleissner et al., 2003). Magnetit je minerál, který je nejdůležitější rudou železa a je silně magnetický (Adam et al., 2010). Nachází se i v tkáních živočichů (včetně mozku člověka), (Němec & Vácha, 2007). U pstruhů (Walker et al., 1997) a některých druhů ptactva (Hanzlik et al., 2000; Williams & Wild, 2001; Winklhofer et al., 2001; Fleissner et al., 2003) byly nalezeny shluky malých magnetických krystalů v oblastech spojených nervovými vlákny s oční větví trojklanného nervu. Fyziologická studie uvedla, že tento nerv může nést do mozku informaci o magnetickém poli (Beason & Semm, 1996; Mora et al., 2004).

Dalším výzkumem magnetismu živočichů je studie magnetického zarovnání (Wiltschko & Wiltschko, 1995a; Begall et al., 2013). Magnetické zarovnání (neboli magnetický alignment) je samovolné nasměrování těla podle siločar

magnetického pole Země, pokud jsou ostatní činitelé (například směr větru, nebo pozice Slunce) zanedbatelní. Magnetický alignment byl pozorován u několika druhů zvířat při různých aktivitách. Například u odpočívajícího a pasoucího se skotu, srnce obecného a jelena lesního. Jelenovití a skot směřovali svá těla podél směru severojižní osy (Begall et al., 2008; Burda et al., 2009; Begall et al., 2011; Slabý et al., 2013). A při myškování (typický způsob lovu lišky obecné) lišky obecné byla největší úspěšnost lovu směrem na sever (Červený et al., 2011).

Zvířatům žijícím ve skupinách napomáhá stejné zarovnání osy těla. Například při koordinovaném držení směru během skupinového přistávání kachen (Hart et al., 2013a) nebo úniku zvířat před predátorem (Hart et al., 2012; Obleser et al., 2016). Při sledování společného ukazatele směru bylo magnetické zarovnání více zřetelné ve skupinách, než u osamělých jedinců (Hart et al., 2012; Hart et al., 2013a; Červený et al., 2016).

2.3. Magnetický kompas

Orientace pomocí magnetického kompasu byla prokázána u několika skupin obratlovců včetně ptáků, lososovitých ryb, čolků, mořských želv a hlodavců (Wiltschko & Wiltschko, 1995a; Gudmunsson & Sandberg, 2000; Deutschlander et al., 2003). Nicméně magnetický kompas byl u migrujících ptáků poprvé popsán nejdříve před dvěma desetiletími (Merkel & Wiltschko, 1965). Několik druhů zvířat používá geomagnetické pole jako podnět pro orientaci pomocí magnetického kompasu (Kirschvink et al., 1985). Pro druhy, které migrují v noci, mohou být podstatné dva další orientační systémy: hvězdný kompas (Emlen, 1967) a poloha zapadajícího Slunce (Moore, 1987; Able, 1989). Dále bylo zjištěno, pro orientaci prostřednictvím magnetického kompasu je také nezbytné světlo. A to například u ptáků a mloků (Wiltschko & Wiltschko, 2005). Wiltschko & Wiltschko (2006) dokázali, že mnoho zvířat z široké řady taxonů (neboli skupiny konkrétních živočichů, kteří se vyznačují společnými znaky) má magnetický smysl a magnetický kompas používají k navigaci. Tyto taxony zahrnují měkkýše, korýše, hmyz, ryby, ptáky, savce a obojživelníky (Wiltschko &

Wiltshko, 2006). Několik důležitých ukazatelů pro orientaci poskytuje geomagnetické pole. Zvíře, které vnímá magnetický kompas, může určit úhel mezi severojižní magnetickou osou a směrem své trasy. Jestliže tento úhel udrží při pohybu konstantní, má jistotu, že se od přímého směru neodchýlilo (Vácha & Němec, 2007).

2.4. Magnetická mapa

Pozorování mladých mořských želv během migrace mezi Amerikou a Evropou poskytlo první důkaz mapového smyslu. Chování želv je vrozené, protože i čerstvě vylíhnuté želvy, které nikdy nebyly v oceánu, mění směr pohybu.

Také pozorováním čolků i humrů došli k závěru, že jsou schopni určit, kde se na magnetické mapě světa nacházejí. Zřejmě obecně platí, že magnetickou mapu nebo kompasový smysl použijí zvířata tehdy, kdy se nemohou spolehnout na ostatní smysly (Vácha & Němec, 2007).

2.5. Cirkadiánní rytmy

V našem životním prostředí dochází k předvídatelným změnám teploty a světla vlivem otáčení planety Země kolem vlastní osy (Panda et al., 2002).

Cirkadiánní rytmy (z latinského slova *circa* – okolo, během a *dies* – dny) jsou biologické rytmy (Muraro & Ceriani, 2014), které poskytují endogenním buněčným mechanismům informace o průběhu času. Pomyslné hodiny, které u živočichů i člověka řídí cirkadiánní rytmy, jsou synchronizovány s cyklem dne a noci. Tím dávají organismům příležitost přizpůsobit se denním cyklům, kdy je světlo nebo tma, díky rotaci planety Země, ale i změnám rozpětí dne a noci, které jsou způsobené nakloněním osy planety Země ve vztahu ke Slunci (Panda et al., 2002). Doba, během které se tyto cykly periodicky opakují, je přibližně každých 24 hodin. Cirkadiánní rytmy jsou popsány od sinic až po člověka (Muraro & Ceriani, 2014).

U živočichů jsou cirkadiánní rytmy obvykle koordinovány ústředním cirkadiánním centrem, které se nachází uvnitř mozku (Jacklet, 1969).

2.6. Studované druhy

2.6.1. Hmyz

Monarchové stěhovaví (*Danaus plexippus*) mohou během podzimní migrace využít sklon magnetického kompasu, který jim umožňuje orientaci správným směrem na jih. Výzkum ukázal, že jedinci při podzimní migraci používají sklon úhlu magnetického pole jako směrový podnět. To naznačuje, že i monarchové, stejně jako ptáci a mořské želvy, se při migraci na dlouhou vzdálenost spoléhají na sklon kompasu (Guerra et al, 2014). Schopnost orientace pomocí magnetického kompasu byla prokázána i u octomilky obecné (*Drosophila melanogaster*), (Dommer et al., 2008). Vácha et al. (2009) prokázali schopnost vnímání slabých radiových frekvencí u švábů amerických (*Periplaneta americana*).

2.6.2. Obojživelníci

Bylo zjištěno, že magnetická orientace čolka zelenavého (*Notophthalmus viridescens*) je závislá na světle (Deutschlander et al., 1999a; Phillips & Borland, 1992). Čolci zelenaví mají schopnost se samostatně orientovat ve směru, který směřuje domů, ze vzdálenosti až do 45 km (Fischer et al., 2001). U čolků bylo dále zjištěno, že mohou zareagovat na změny sklonu podložky menší než 1° (Vácha & Němec, 2007). U ocasatých, kteří jsou závislí na světelné magnetorepci, bylo nalezeno starověké třetí oko obratlovců, které je umístěné v epifyze (Deutschlander et al., 1999b). U čolka zelenavého byla prokázána dezorientace při nedostatku světla (Wiltschko & Wiltschko, 2005).

Pulci skokana volského (*Lithobates catesbeianus*) a skokana Perézova (*Pelophylax perezii*) mohou být vycvičeni k plavání podél Y-osy za pomoci magnetického pole (Freake et al., 2002; Diego-Rasilla & Phillips, 2007). U pulců obou druhů žab je magnetická orientace také závislá na světle (Freake & Phillips, 2005; Diego-Rasilla et al., 2010).

2.6.3. Plazi

V pokusu s aligátory severoamerickými (*Alligator mississippiensis*) bylo zjištěno, že používali magnetickou mapu k návratu do míst, kde byli odchyceni. Úspěšnost byla tím větší, čím byl jedinec starší (Rodda, 1984). Papi et al. (2000), kteří zkoumali magnetickou orientaci u karety obrovské (*Chelonia mydas*), zjistili, že želvy, které se vrací zpět na pobřeží Brazílie, nepotřebují při zpáteční cestě magnetický podnět (Papi et al., 2000).

2.6.4. Paryby

Příčnoústí disponují velmi citlivými elektroreceptory, nazývanými Lorenziniho ampule (Murray, 1960; Dijkgraaf & Kalmijn, 1962). Vysvětlení mechanismu magnetorecepce u paryb je založeno na principu elektromagnetické indukce. Názor je takový, že pomocí pohybu paryb v geomagnetickém poli vnímají paryby změny elektromotorického napětí. U rejnoků byla prokázána schopnost orientace magnetickým kompasem i vnímání intenzity magnetického pole (Němec & Vácha, 2007). Na základě zkoumání pohybů kladivouna bronzového (*Sphyrna lewini*), Klimley et al. (1988) zjistili, že žraloci mohou pro navigaci využívat lokální magnetická pole.

2.6.5. Ryby

Buňky, které obsahují jednodoméno­vý magnetit, byly nalezeny v čichové sliznici pstruha. Tím mají pstruzi zaručenou silnou interakci s geomagnetickým

polem (Němec & Vácha, 2007). V osmdesátých letech minulého století proběhly úspěšné pokusy s třídou kostnatí (*teleostei*), které byly výchozí pro hledání magnetoreceptorů (Mann et al., 1988).

Pokud jsou embrya pstruha obecného, pstruha duhového, štiky obecné a kapra obecného vystavena vlivu magnetického pole, může být zpozděn vývoj a líhnutí těchto embryí (Formicki & Winnicki, 1998).

Hart et al. (2012) při zkoumání kaprů obecných (*Cyprinus carpio*) v kulatých plastových kádích na vánočním prodeji kaprů v České republice, zjistili, že kapři zarovnávali svá těla podél severojižní osy.

2.6.6. Ptáci

Ptáci používají pro svoji orientaci magnetický kompas závislý na světle nejen během migrace, ale také pro prostorovou orientaci v jejich každodenním životě (Pinzon-Rodriguez et al., 2018). Pro udržení migračního a domácího směru používají při orientaci magnetický kompas a navigaci (Wiltschko & Wiltschko, 1995a; Wiltschko & Wiltschko, 1996; Wiltschko & Wiltschko, 2009). Hart et al. (2013a) vyzkoumali, že vodní ptáci při přistávání na vodní hladinu preferují přistávací směr podél severojižní osy, nezávisle na směru, ze kterého ptáci přiletěli. Na směr přistání neměl směr větru velký vliv. Například kachny divoké (*Anas platyrhynchos*) upřednostňují severojižní osu při přípravě a přistávacích fázích.

Také u holubů byly nalezeny nanokrystaly magnetitu v podkoží horní části zobáku (Němec & Vácha, 2007).

Pokusy s kruhoočkem australopacifickým (*Zosterops lateralis*), (Wiltschko et al., 1993; Wiltschko et al., 2003), červenkou obecnou (*Erithacus rubecula*), (Wiltschko & Wiltschko, 1995b; Wiltschko & Wiltschko, 1999; Wiltschko & Wiltschko, 2001) a pěnicí slavíkovou (*Sylvia borin*), (Rappl et al., 2000) ukázaly, že magnetorecepce vyžaduje světlo od modré části po zelenou část vizuálního spektra (Wiltschko & Wiltschko, 1998).

Schopnost vnímání magnetického pole a reagovat na něj byla pozorována například již u zmíněného vodního ptactva při přistávání na hladinu (Hart et al., 2013a), u plameňáků (Nováková et al., 2017) nebo krkavcovitých ptáků při sběru potravy (Pleskač et al., 2017). Magnetický alignment tedy pravděpodobně hraje důležitou roli jako směrový ukazatel (Čapek et al., 2017).

Nováková et al. (2017) zkoumali plameňáky při různých aktivitách a za různého počasí. Plameňáci v Evropě se při stacionárních aktivitách, jako je stání, odpočinek nebo komfortní chování, signifikantně orientovali směrem na jih, zatímco jedinci v africké Keni se orientovali na sever. Naproti tomu bylo u lokomočních aktivit (chůze, brodění, sběr potravy) nasměrování těl zcela náhodné.

Dále bylo zjištěno, že při zatažené obloze (a především v ranních hodinách) je lepším směrovým ukazatelem magnetický sever nebo jih než pozice Slunce.

Čapek et al. (2017) pokusem zjistili, že bažantí kuřata, která se orientovala na pravý okraj mísy, upřednostňovala severovýchodní část mísy a směřovala především jihovýchodně. Kuřata, která se orientovala na levý okraj mísy, se shromáždila především v jihovýchodní části mísy a směřovala hlavně severovýchodně. Nasměrování všech ptáků během pití ukázalo významnou preferenci severojižního směru za modrých světelných podmínek.

Sandberg et al. (1991) vyzkoumali, že bělořit šedý (*Oenanthe oenanthe*) disponuje magnetickým kompasem. Ptáci jsou schopni zjistit a používat lokální geomagnetické informace, bez ohledu na prudký sklon a velkou deklinaci, ve vysokých magnetických zeměpisných šířkách v západním Grónsku.

Pinzon-Rodriguez et al. (2018) při zkoumání kryptochromových genů v sítnici oka ptáků, během magnetorecepce závislé na světle, došli k závěru, že kryptochrom 4 je nejpravděpodobnějším magnetoreceptorem magnetického kompasu závislého na světle.

2.6.7. Savci

Wegner et al. (2006), zkoumali, zda lokální anestezie poškozuje orientaci u rypošů (*Fukomys anelli*), kteří mají magnetický kompas v rohovce. Zjistili, že fotoreceptory rohovky nebyly anestézií poškozeny ani ovlivněny. Jejich schopnost vnímání světla a upřednostnění temnoty pro hnízdění nebyla narušena. Mather & Baker (1981) došli k závěru, že myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) používá magnetické pole Země jako podnět kompasové orientace. August et al. (1989) zjistili, že orientace křečků bělonohých (*Peromyscus leucopus*) byla výrazně rozdílná v pozměněném magnetickém poli Země, než u křečků bělonohých v přirozeném magnetickém poli. Tím došli k závěru, že křeček bělonohý disponuje magnetickým smyslem a používá magnetické pole Země jako kompasový podnět.

Červený et al. (2011) zjistili, že skoky lišky obecné při takzvaném myškování, orientované severovýchodním směrem, jsou při lovu více úspěšné, než skoky v ostatních směrech, zejména ve vysokém krytu. Při myškování lišky obecné ve vysoké vegetaci a pod sněhovou pokrývkou, které byly zaznamenány v úhlovém rozpětí $340^\circ - 40^\circ$, byly vysoce úspěšné v 72,5 %. Skoky v rámci rozpětí $160^\circ - 220^\circ$ měly úspěch 60 %, zatímco myškování započaté v ostatním magnetickém zarovnání, měly míru úspěšnosti pouze pod 18 %.

Dále bylo prokázáno, že psi, kteří se nacházejí v podmínkách klidného magnetického pole Země, upřednostňují nasměrování svého těla podél severojižní osy při označování svých domácích okrsků a zároveň tím projevují magnetické zarovnání (Hart et al., 2013b).

Výzkum z roku 2008, který se zabýval zkoumáním prostorového rozmístění stád skotu, terénním sledováním a zaměřováním jeleních a srnčích zálehů a zálehů býložravců na sněhové pokrývce, prokázal, že velcí býložravci upřednostňují polohu těla, podél směru severojižní osy. Upřednostnění nasměrování těla na sever bylo prokázáno při pozorování srnčí zvěře při pastvě a odpočinku. Sledování srnce obecného odhalilo, že zvířata orientují své hlavy na sever, když se pasou a odpočívají. Obecně můžeme říci, že tato zjištění otevírají

obzory pro další studii magnetorecepce a mají možný význam pro aplikovanou etologii (Begall et al., 2008).

2.7. Sledované druhy

2.7.1. Zvonek zelený (*Carduelis chloris*, Linnaeus, 1758)

Dříve zvonci zelení bývali ptáky křovinatých strání a polních remízků. Dnes jsou hojně rozšířeni i na zahradách a v parcích, v blízkosti člověka i ve velkých městech. Potravu tvoří hlavně semena, v jarním období ozobávají pupeny a květy, na podzim šípky a různé bobule (Hofmann, 2016).

2.7.2. Vrabec domácí (*Passer domesticus*, Linnaeus, 1758)

Vrabec domácí v minulosti náležel k nejhojněji zastoupeným ptákům v České republice (Adam et al., 2010). Převážně se vyskytuje v blízkosti člověka na vesnicích i ve velkoměstech. Potravu tvoří semena, včetně obilí a semen plevelných rostlin. Mláďata krmí především hmyzem, jeho larvami a pavouky (Hofmann, 2016).

2.7.3. Kos černý (*Turdus merula*, Linnaeus, 1758)

V České republice je kos černý jedním z nejhojněji rozšířených ptáků (Adam et al., 2010) a dokonce patří i k nejhojněji rozšířeným ptákům Evropy. Vyskytuje se v lesích, v zemědělské krajině, na loukách s křovinami, v živých plotech, zahradách, parcích i ve městech. Potravu tvoří hmyz, plži a červi, semena, ovoce a bobule (Hofmann, 2016).

2.7.4. Pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*, Linnaeus, 1758)

Pěnkava obecná je v České republice jedním z nejhojněji rozšířených ptáků (Adam et al., 2010). Vyskytuje se v místech, kde jsou stromy, především

v zahradách, parcích, sadech i alejích. Živí se semeny bylin a keřů a také hmyzem (Hofmann, 2016).

2.7.5. Pěnkava jikavec (*Fringilla montifringilla*, Linnaeus, 1758)

Na našem území se vyskytuje jen v době tahu a období zimy. Vyskytuje se v zemědělské krajině, lesích i v parcích a zahradách. Živí se semeny stromů, včetně slunečnice, ořechů, bukvic a bobulí, dále pupeny a květy. Hmyz, jeho larvy a pavouci tvoří potravu v době hnízdění (Hofmann, 2016).

2.7.6. Strakapoud velký (*Dendrocopos major*, Linnaeus, 1758)

V lesích České republiky je strakapoud velký hojně rozšířeným ptákem (Adam et al., 2010). Vyskytuje se v lesích, parcích, zahradách i ve velkých městech. Potravu tvoří především dřevokazný hmyz a jeho larvy, ořechy a semena jehličnatých stromů (Hofmann, 2016).

2.7.7. Rehek domácí (*Phoenicurus ochruros*, S. G. Gmelin, 1774)

Vyskytuje se v horských oblastech, ve vinicích v nížinách a hlavně v blízkosti lidských staveb na vesnicích i ve městech. Živí se hmyzem a jeho larvami, pavouky, semeny, bobulemi i ovocem (Hofmann, 2016).

2.7.8. Dlask tlustozobý (*Coccothraustes coccothraustes*, Linnaeus, 1758)

Vyskytuje se v lužních, listnatých a smíšených lesích, v zahradách, sadech a parcích. Potravu tvoří semena listnatých stromů (zejména semena javorů a habrů, pecky švestek a třešní), mladé výhony dřevin, pupeny i hmyz a housenky (Hofmann, 2016).

3. Metodika

Data pro bakalářskou práci Směrová orientace ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiánních rytmů byla sbírána na lokalitě Chlustina ve Středočeském kraji v obci Chlustina na Berounsku. Sběr dat proběhl v období od 20. 3. 2018 do 30. 11. 2018.

Sledovanými jedinci bylo především semenožravé ptactvo, u kterého je možné snadno rozeznat pohlavní dimorfismus. Jednalo se o druhy: zvonek zelený, vrabec domácí, kos černý, pěnkava obecná, pěnkava jíkavec, strakapoud velký, rehek domácí a dlask tlustozobý.

3.1. Metodika sběru dat

Ke sběru dat pro bakalářskou práci byla potřeba fotopast, kulaté keramické krmítko o průměru 31 centimetrů a potrava pro ptactvo. Potravou byla směs zrní a rozkrojené jablko. Směs zrní byla složená ze semen slunečnice, pšenice, ječmene, řepky, ova a hrachu.

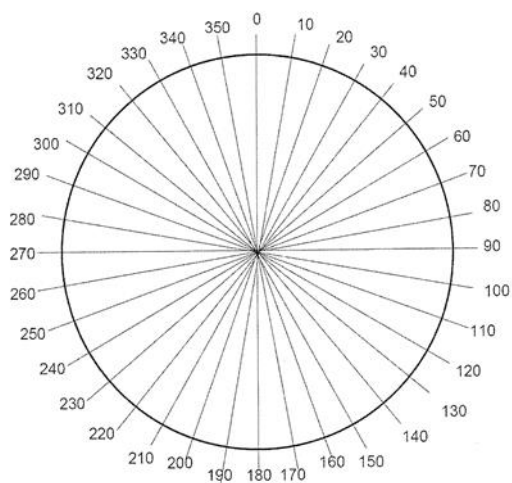
Fotopast nastavená na interval jedné minuty mezi focením byla připevněna na větvi stromu 160 centimetrů vysoko nad zemí a nasměrována směrem na sever. Pod fotopastí bylo na zemi umístěno kulaté keramické krmítko s potravou pro ptactvo.

3.2. Metodika rozboru fotografií

Fotografie byly pravidelně jednou týdně přenášeny z fotopasti do počítače a nekvalitní snímky byly průběžně mazány. Z fotografií byly vyhodnocovány pouze druhy ptactva, u nichž lze snadno určit pohlaví.

U jednotlivých jedinců ptactva byla změřena orientace těla ve stupních podle růžice vytištěné na průhledné fólii (viz Obrázek 1). Orientace těla jedince ve

stupních byla změřena tak, že osa růžice, která ukazovala orientaci těla ve stupních, musela procházet rovnoběžně osou těla jedince, ve směru k hlavě (viz Obrázek 2).



Obrázek 1: Růžice

Zdroj: Anonymus



Obrázek 2: Měření orientace těla jedinců ve stupních

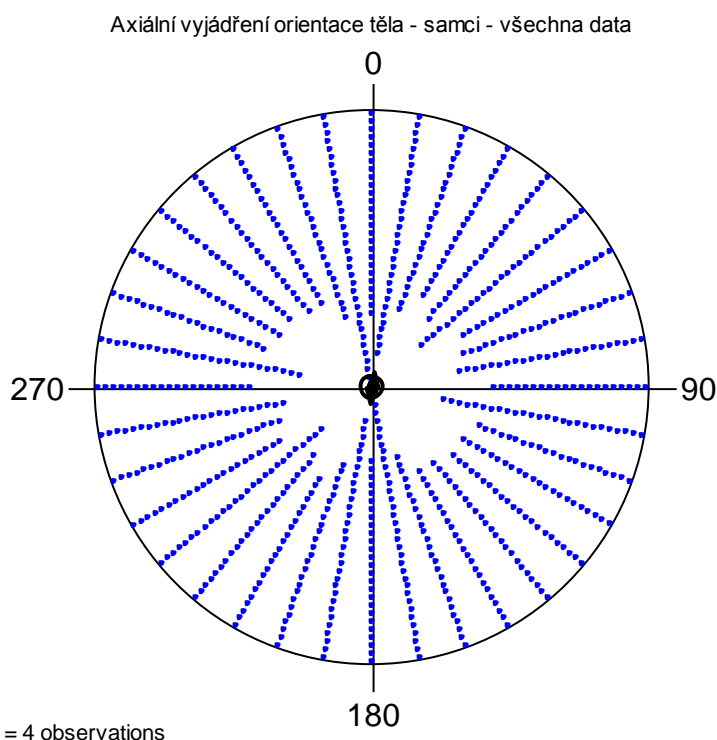
Zdroj: Š. Sybolová, 2018

U jedinců byly zaznamenány zároveň i další údaje: číslo fotografie, na které se jedinec nacházel, název lokality, rok, měsíc, den, čas, druh, pohlaví jedince a údaj, zda se nacházeli jedinci na krmítku jednotlivě, ve dvojici, nebo bylo jedinců více než dva jedinci. Všechny tyto údaje byly přepsány do počítače do vytvořené tabulky v programu Microsoft Excel (viz Příloha 1).

3.3. Metodika statistické analýzy

Naměřená data byla zpracována ve statistickém programu Oriana, který je používán pro vyhodnocování směrových dat a výzkumů s cyklickými nebo periodickými daty. Základní statistiky v programu Oriana obsahují délku průměrného vektoru, kruhovou směrodatnou odchylku, kruhový průměr a další (Anonymus, 2019).

4. Výsledky

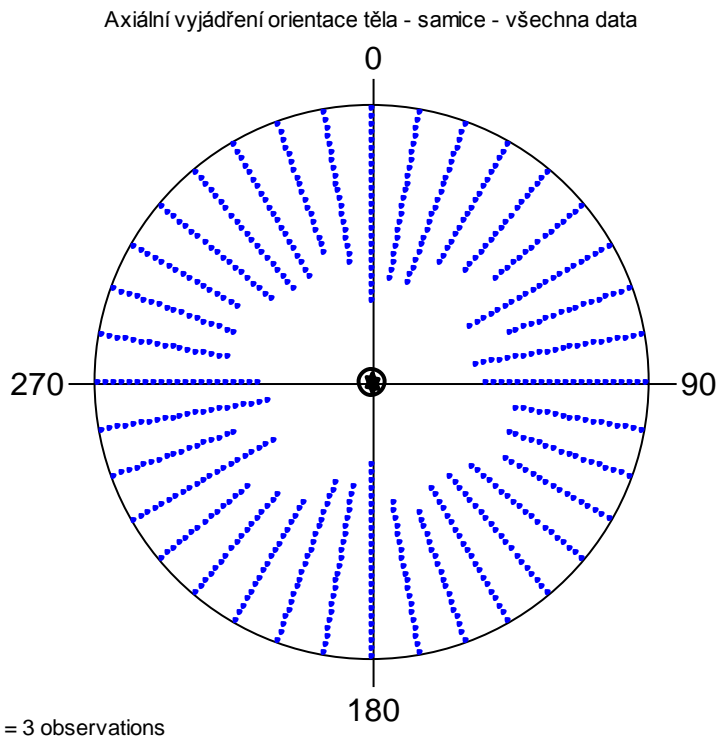


Obrázek 3: Axiální vyhodnocení dat samců – všechna data

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	6,115
Number of Observations	1740	Rayleigh Test (p)	0,002
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	4,219°		
Length of Mean Vector (r)	0,059		
Concentration	0,119		
Circular Variance	0,47		
Circular Standard Deviation	68,1°		

Tabulka 1: Výsledky statistické analýzy dat samců – všechna data

Statistickým vyhodnocením 1740 dat od všech samců byl zjištěn průměrný vektor 4,219°. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

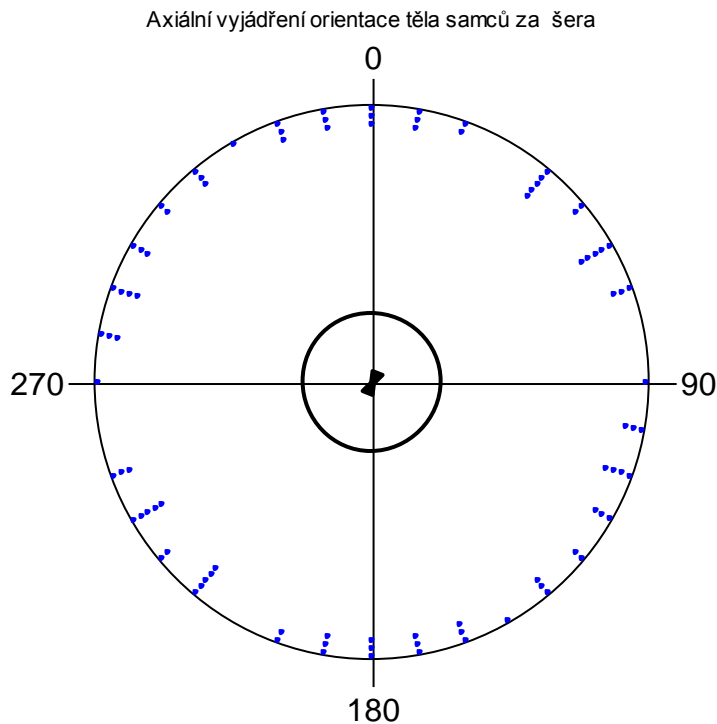


Obrázek 4: Axiální vyhodnocení dat samic – všechna data

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,288
Number of Observations	1029	Rayleigh Test (p)	0,276
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	1,312°		
Length of Mean Vector (r)	0,035		
Concentration	0,071		
Circular Variance	0,482		
Circular Standard Deviation	74,06°		

Tabulka 2: Výsledky statistické analýzy dat samic – všechna data

Statistickým vyhodnocením 1029 dat od všech samic byl zjištěn průměrný vektor 1,312°. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

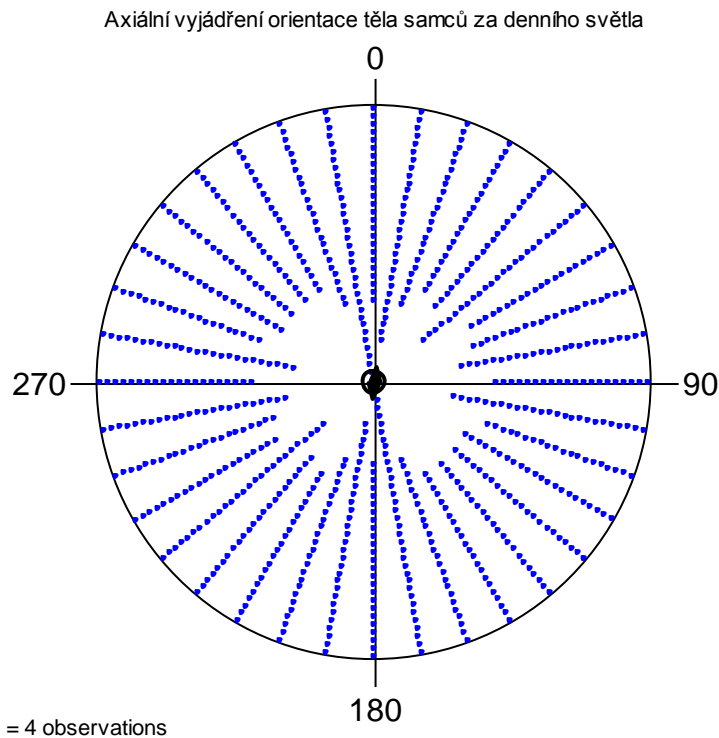


Obrázek 5: Axiální vyhodnocení dat samců – data za šera

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	0,011
Number of Observations	46	Rayleigh Test (p)	0,989
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	23,708°		
Length of Mean Vector (r)	0,015		
Concentration	0,031		
Circular Variance	0,492		
Circular Standard Deviation	82,72°		

Tabulka 3: Výsledky statistické analýzy dat samců – data za šera

Statistickým vyhodnocením 46 dat od všech samců za šera byl zjištěn průměrný vektor 23,708°. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

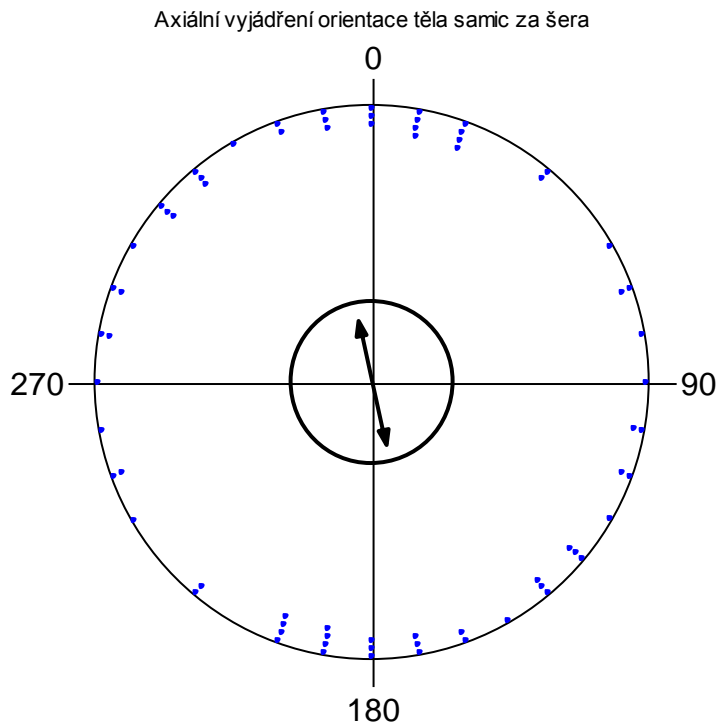


Obrázek 6: Axiální vyhodnocení dat samců – data za denního světla

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	6,214
Number of Observations	1694	Rayleigh Test (p)	0,002
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	4,094°		
Length of Mean Vector (r)	0,061		
Concentration	0,121		
Circular Variance	0,47		
Circular Standard Deviation	67,842°		

Tabulka 4: Výsledky statistické analýzy dat samců – data za denního světla

Statistickým vyhodnocením 1694 dat od všech samců za denního světla byl zjištěn průměrný vektor 4,094°. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.



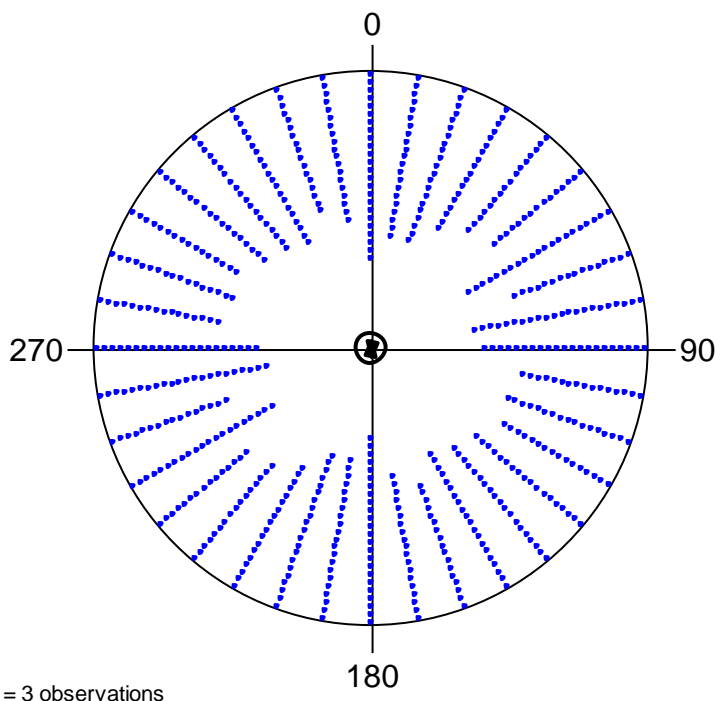
Obrázek 7: Axiální vyhodnocení dat samic - data za šera

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	1,81
Number of Observations	35	Rayleigh Test (p)	0,164
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	166,877°		
Length of Mean Vector (r)	0,227		
Concentration	0,467		
Circular Variance	0,386		
Circular Standard Deviation	49,306°		

Tabulka 5: Výsledky statistické analýzy dat samic – data za šera

Statistickým vyhodnocením 35 dat od všech samic za šera byl zjištěn průměrný vektor $166,877^\circ$. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

Axiální vyjádření orientace těla samic za denního světla



Obrázek 8: Axiální vyhodnocení dat samic – data za denního světla

Variable	Axial	One Sample Tests	
Data Type	Axial	Rayleigh Test (Z)	0,887
Number of Observations	994	Rayleigh Test (p)	0,412
Data Grouped?	Yes		
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)		
Mean Vector (μ)	5,031°		
Length of Mean Vector (r)	0,03		
Concentration	0,06		
Circular Variance	0,485		
Circular Standard Deviation	75,914°		

Tabulka 6: Výsledky statistické analýzy dat samic – data za denního světla

Statistickým vyhodnocením 994 dat od všech samic za denního světla byl zjištěn průměrný vektor 5,031°. Tento vektor je na axiálním histogramu znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikance dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

5. Diskuze

Schopnost vnímání magnetického pole živočichy je dosud zkoumána. Avšak je stále několik otázek, na které neznáme odpověď. Bylo pozorováno mnoho živočichů ohledně vnímání magnetického pole Země.

Při vyhodnocení všech dat, na kterých se vyskytovali samci, se potvrdila preference severojižního směru. Naopak u samic, bylo zjištěno, že se orientují velice náhodně, ale i přesto byl nejvíce preferován severojižní směr. Průměrný vektor u obou pohlaví při vyhodnocení všech výsledků je menší než 5° . U samců i samic bylo zjištěno, že při axiálním vyjádření orientace těla za šera není u obou pohlaví výsledek statisticky signifikantní a orientace těl je poměrně náhodná. Důvodem může být malý počet dat nasbíraných za šera. Vyhodnocením dat orientace samců za denního světla, kterých byl dostatečný počet, byla potvrzena preference severojižního směru a výsledek je statisticky signifikantní. Průměrný vektor je menší než 5° . U samic za denního světla, kde bylo vyhodnoceno též dostatečné množství dat, byl také potvrzen severojižní směr, ale výsledek není signifikantní.

Z výsledků statistické analýzy, které jsou uvedené v kapitole 4. Výsledky, tudíž lze vyvodit preferenci severojižního směru ptactva při příjmu potravy. Severojižní orientaci těla také preferují vodní ptáci při přistávání na vodní hladinu (Hart et al., 2013a). Shodný směr preferují i plameňáci při stacionárních aktivitách, kterými jsou komfortní chování, stání či odpočinek (Nováková et al., 2017) a krkavcovití ptáci při sběru potravy (Pleskač et al., 2017). Ke stejnému zjištění také dospěli Čapek et al. (2017) v pokusu s bažantími kuřaty při nasměrování těl během pití.

Nejen u ptáků byla objevena schopnost preference severojižního směru, ale také například u psů, při označování svých domácích okrsků (Hart et al., 2013b), tura domácího (*Bos primigenius f. taurus*), srnce obecného (*Capreolus capreolus*) a jelena evropského (*Cervus elaphus*) na pastvinách během odpočinku (Begall et al., 2008), ale i u kaprů obecných (*Cyprinus carpio*) umístěných v plastových kulatých kádích (Hart et al., 2012).

Preference směru magnetického zarovnání se může taxonomicky lišit (Begall et al., 2013). Na orientaci může mít vliv několik faktorů. Například vedení vysokého napětí (Burda et al., 2009), hustota odpočívajícího stáda (Slabý et al., 2013) nebo působení fluktuace magnetického pole Země (Hart et al., 2013b).

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo prozkoumat směrovou orientaci ptactva při příjmu potravy na Berounsku se zaměřením na možné rozdíly způsobené pohlavím a vlivem cirkadiálních rytmů. S ohledem na několik výzkumů, kterými bylo zkoumáno mnoho různých druhů živočichů, byla předpokládána preference severojižního směru ptactva při příjmu potravy. Předpoklad byl potvrzen především u samců i samic při vyhodnocení výsledků orientace těla za denního světla. U samců se jednalo i o výsledek statisticky signifikantní. Vyhodnocením všech dat hlavně u samců byla potvrzena preference severojižního směru. U samic se jednalo spíše o velice náhodnou preferenci, ale i přesto byla největší preference severojižního směru. Výsledky orientace samců i samic za šera nejsou statisticky signifikantní. Orientace ptactva byla poměrně náhodná pravděpodobně kvůli malému množství dat za šera. Obecně můžeme říci, že se samci orientovali o něco lépe než samice.

I zde jsou možné různé vlivy, které způsobují odchylku převažující preference severojižního směru. Příkladem může být fluktuace magnetického pole Země, sklon podkladu nebo proudění vzduchu.

Vzhledem ke stanoveným cílům bakalářské práce a zároveň k použité metodice sběru dat, nelze žádný možný vliv způsobující odchylku preference severojižního směru potvrdit nebo vyvrátit. Pro potvrzení nebo zamítnutí možných hypotéz bude potřeba uskutečnit další výzkumy.

Výsledky získané touto bakalářskou prací potvrzují, že ptáci mají schopnost vnímat změny magnetického pole Země a tím různě orientovat svá těla při příjmu potravy. I přesto není vnímání změn magnetického pole Země plně prozkoumáno a bude potřeba dalších výzkumů. Výsledky bakalářské práce mohou být přínosem pro pochopení rozdílu mezi orientací těla samců a samic při příjmu potravy a zároveň vlivů cirkadiálních rytmů.

7. Seznam literatury a použitých zdrojů

Able, K. P. *Mechanisms of orientation, navigation, and homing*. Animal migration, orientation, and navigation, New York: Academic Press, 1980, s. 283 – 373.

Able, K. P. Skylight polarization patterns and the orientation of migratory birds. *Journal of Experimental Biology*, 1989, roč. 141, s. 241 – 256.

Able, K. P.; Bingman, V. P. The development of orientation and navigation behavior in birds. *The Quarterly Review of Biology*, 1987, roč. 62, č. 1, s. 1 – 29.

Adam, J.; Adamec, J.; Banýr, J. et al. *Ottova encyklopedie A – Ž*, (aktualizované vydání). Praha: Ottovo nakladatelství, s. r. o., 2010. 1144 s., ISBN: 978-80-7360-014-3.

Akasofu, S. I.; Chapman, S. *Solar-Terrestrial Physics*. Oxford: Clarendon Press, 1972, s. 920.

Anonymus, 2019. *Kovach Computing Services* [online]. [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://www.kovcomp.co.uk/oriana/oribroc.html>.

August, P. V.; Ayvazian, S. G.; Anderson, J. G. Magnetic Orientation in a Small Mammal, *Peromyscus leucopus*. *Journal of Mammalogy*, 1989, roč. 70, č. 1, s. 1 – 9.

Baker, R. R. *Bird Navigation: The Solution of a Mystery?* London Hodder & Stoughton, 1984.

Beason, R. C.; Semm, P. Does the avian ophthalmic nerve carry magnetic navigational information? *The Journal of Experimental Biology*, 1996, roč. 199, č. 5, s. 1241 – 1244.

Begall, S.; Burda, H.; Červený, J.; Gerter, O.; Neef-Weisse, J.; Němec, P. Further support for the alignment of cattle along magnetic field lines: Reply to Hert et al. *Journal of Comparative Physiology A*, 2011, roč. 197, č. 12, s. 1127 – 1133.

Begall, S.; Červený, J.; Neef, J.; Vojtěch, O.; Burda, H. Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, roč. 105, č. 36, s. 13451 – 13455.

Begall, S.; Malkemper, E. P.; Červený, J.; Němec, P.; Burda, H. Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology*, 2013, roč. 78, č. 1, s. 10 – 20.

Burda, H.; Begall, S.; Červený, J.; Neef, J.; Němec, P. Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, roč. 106, č. 14, s. 5708 – 5713.

Čapek, F.; Průcha, J.; Socha, V.; Hart, V.; Burda, H. Directional orientation of pheasant chicks at the drinking dish and its potential for research on avian magnetoreception. *Folia Zoologica*, 2017, roč. 66, č. 3, s. 175 – 182.

Červený, J.; Begall, S.; Koubek, P.; Nováková, P.; Burda, H. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*, 2011, roč. 7, č. 3, s. 355 – 357.

Červený, J.; Burda, H.; Ježek, M.; Kušta, T.; Husinec, V.; Nováková, P.; Hart, V.; Hartová, V.; Begall, S.; Pascal, M. E. Magnetic alignment in warthogs (*Phacochoerus africanus*) and wild boars (*Sus scrofa*). *Mammal Review*, 2016, roč. 47, č. 1, s. 1 – 5.

Deutschlander, M. E.; Borland, S. C.; Phillips, J. B. Extraocular magnetic compass in newts. *Nature*, 1999a, roč. 400, č. 6742, s. 324 – 325.

Deutschlander, M. E.; Freake, M. J.; Borland, S. C.; Phillips, J. B.; Anderson, L. E.; Wilson, B. W. Learned magnetic compass orientation by the Siberian hamster, *Phodopus sungorus*. *Animal Behaviour*, 2003, roč. 65, č. 4, s. 779 – 786.

Deutschlander, M. E.; Phillips, J. B.; Borland, S. C. The case for light-dependent magnetic orientation in animals. *Journal of Experimental Biology*, 1999b, roč. 202, č. 8, s. 891 – 908.

Diego-Rasilla, F. J.; Luengo, R. M.; Phillips, J. B. Light-dependent magnetic compass in Iberian green frog tadpoles. *Naturwissenschaften*, 2010, roč. 97, č. 12, s. 1077 – 1088.

Diego-Rasilla, F. J.; Phillips, J. B. Magnetic compass orientation in larval Iberian green frogs, *Pelophylax perezi*. *Ethology*, 2007, roč. 113, č. 5, s. 474 – 479.

Dijkgraaf, S.; Kalmijn, A. J. Verhaltensversuche zur funktion der Lorenzinischen ampullen. *Naturwissenschaften*, 1962, roč. 49, č. 17, s. 400 – 400.

Dommer, D. H.; Gazzolo, P. J.; Painter, M. S.; Phillips, J. B. Magnetic compass orientation by larval *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 2008, roč. 54, č. 4, s. 719 – 726.

Emlen, S. T. Migratory Orientation in the Indigo Bunting, *Passerina cyanea*. Part II: Mechanisms of Celestial Orientation. *The Auk*, 1967, roč. 84, č. 4, s. 463 – 489.

Fischer, J. H.; Freake, M. J.; Borland, S. C.; Phillips, J. B. Evidence for the use of magnetic map information by an amphibian. *Animal Behaviour*, 2001, roč. 62, č. 1, s. 1 – 10.

Fleissner, G.; Holtkamp-Rötzler, E.; Hanzlik, M.; Winklhofer, M.; Fleissner, G.; Petersen, N.; Wiltschko, W. Ultrastructural analysis of a putative magnetoreceptor

in the beak of homing pigeons. *Journal of Comparative Neurology*, 2003, roč. 458, č. 4, s. 350 – 360.

Formicki, K.; Winnicki, A. Reactions of fish embryos and larvae to constant magnetic fields. *Italian Journal of Zoology*, 1998, roč. 65, č. 1, s. 479 – 482.

Freake, M. J.; Borland, S. C.; Phillips, J. B. Use of a Magnetic Compass for Y-Axis Orientation in Larval Bullfrogs, *Rana catesbeiana*. *Copeia*, 2002, roč. 2002, č. 2, s. 466 – 471.

Freake, M. J.; Phillips, J. B. Light-dependent shift in bullfrog tadpole magnetic compass orientation: evidence for a common magnetoreception mechanism in anuran and urodele amphibians. *Ethology*, 2005, roč. 111, č. 3, s. 241 – 254.

Gudmunsson, G. A.; Sandberg, R. Sanderlings (*Calidris alba*) have a magnetic compass: orientation experiments during spring migration in Iceland. *Journal of Experimental Biology*, 2000, roč. 203, č. 20, s. 3137 – 3144.

Guerra, P. A.; Gegear, R. J.; Reppert, S. M. A magnetic compass aids monarch butterfly migration. *Nature Communications*, 2014, roč. 5, č. 6, s. 1 – 8.

Hanzlik, M.; Heunemann, C.; Holtkamp-Rötzler, E.; Winkelhofer, M.; Petersen, N.; Fleissner, G. Superparamagnetic magnetite in the upper beak tissue of homing pigeons. *BioMetals*, 2000, roč. 13, č. 4, s. 325 – 331.

Hart, V.; Kušta, T.; Němec, P.; Bláhová, V.; Ježek, M.; Nováková, P.; Begall, S.; Červený, J.; Hanzal, V.; Malkemper, E. P.; Štípek, K.; Vole, Ch.; Burda, H. Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market. *PLoS ONE*, 2012, roč. 7, č. 12, s. 1 – 7.

Hart V.; Malkemper E. P.; Kušta T.; Begall, S.; Nováková, P.; Hanzal, V.; Pleskač, L.; Ježek, M.; Policht, R.; Husinec, V.; Červený, J.; Burda, H.

Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in Zoology*, 2013a, roč. 10, č. 1, s. 1 – 10.

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*, 2013b, roč. 10, č. 1, s. 1 – 12.

Hofmann, H. *Ptáci z naší zahrady – Pozorování a určování nejčastějších ptačích obyvatel zahrad a parků*. 1. vydání. Praha: Svojtka & Co., s. r. o., 2016. 256 s. ISBN: 978-80-256-1724-3.

Jacklet, J. W. Circadian rhythm of optic nerve impulses recorded in darkness from isolated eye of *Aplysia*. *Science*, 1969, roč. 164, č. 3879, s. 562 – 563.

Kirschvink, J. L.; Gould, J. L. Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *BioSystems*, 1981, roč. 13, č. 3, s. 181 – 201.

Kirschvink, J. L.; Jones, D. S.; McFadden, B. J. *Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms / a new biomagnetism*. New York: Plenum Press, 1985, s. 682.

Kirschvink, J. L.; Walker, M. M.; Diebel, C. E. Magnetite-based magnetoreception. *Current Opinion in Neurobiology*, 2001, roč. 11, č. 4, s. 462 – 467.

Kishkinev, D. A.; Chernetsov, N. S. Magnetoreception systems in birds: a review of current research. *Biology Bulletin Reviews*, 2015, roč. 5, č. 1, s. 46 - 62.

Klimley, A. P.; Butler, S. B.; Nelson, D. R.; Stull, A. T. Diel movements of scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini* Griffith and Smith, to and from a

seamouth in the Gulf of California. *Journal of Fish Biology*, 1988, roč. 33, č. 5, s. 751 – 761.

Lietgeb, N.; Cech, R.; Schröttner, J.; Lehofer, P.; Schmidpeter, U.; Rampetsreiter, M. Magnetic emissions of electric appliances. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2008, roč. 211, č. 1, s. 69 – 73.

Lohmann, K. J.; Willows, A. O. D. Lunar-modulated geomagnetic orientation by a marine mollusk. *Science*, 1987, roč. 235, č. 4786, s. 331 – 334.

Mann, S.; Sparks, N. H.; Walker, M. M.; Kirschvink, J. L. Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: implications for magnetoreception. *Journal of Experimental Biology*, 1988, roč. 140, s. 35 – 49.

Mather, J. G.; Baker, R. R. Magnetic sense of direction in woodmice for route-based navigation. *Nature*, 1981, roč. 291, č. 5811, s. 152 – 155.

Merkel, F. W.; Wiltschko, W. Magnetismus und Richtungsfinden zugunruhiger Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Vogelwarte*, 1965, roč. 23, s. 71-77.

Moore, F. R. Age-dependent variability in the migratory orientation of the Savannah Sparrow (*Passerculus sandwichensis*). *The Auk*, 1984, roč. 101, č. 4, s. 875 – 880.

Moore, F. R. Sunset and the orientation behaviour of migrating birds. *Biological Reviews*, 1987, roč. 62, č. 1, s. 65 – 86.

Mora, C. V.; Davison, M.; Wild, J. M.; Walker, M. M. Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature*, 2004, roč. 432, č. 7016, s. 508 – 511.

Mouritsen, H. Magnetoreception in birds and its use for long-distance migration. *Sturkie's avian physiology*, 6 th ed. Academic Press, London, 2015, s. 113 – 133.

Muraro, N. I.; Ceriani, M. F. *Behavioral Genetics of the Fly (Drosophila melanogaster)*. Circadian rhythms, 2014, kapitola 8, Cambridge University Press, s. 104 – 115.

Murray, R. W. Electrical sensitivity of the ampullae of Lorenzini. *Nature*, 1960, roč. 187, č. 4741, s. 957 – 957.

Němec, P.; Vácha, M. Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír*, 2007, roč. 86, č. 5, s. 284 – 289.

Nováková, P.; Kořanová, D.; Begall, S.; Malkemper, E. P.; Pleskač, L.; Čapek, F.; Červený, J.; Hart, V.; Hartová, V.; Husinec, V.; Burda, H. Directional indicator and magnetic compass-aided tracking of the sun by flamingos? *Folia Zoologica*, 2017, roč. 66, č. 2, s. 79 – 86.

Obleser, P.; Hart, V.; Malkemper, E. P.; Begall, S.; Holá, M.; Painter, M. S.; Červený, J.; Burda, H. Compass-controlled escape behavior in roe deer. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2016, roč. 70, č. 8, s. 1345 – 1355.

Panda, S.; Hogenesch, J. B.; Kay, S. A. Circadian rhythms from flies to human. *Nature*, 2002, roč. 417, č. 6886, s. 329 – 335.

Papi, F.; Luschi, P.; Åkesson, S.; Capogrossi, S.; Hays, G. C. Open-sea migration of magnetically disturbed sea turtles. *The Journal of Experimental Biology*, 2000, roč. 203, č. 22, s. 3435 – 3443.

Phillips, J. B.; Borland, S. C. Behavioural evidence for use of a light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate. *Nature*, 1992, roč. 359, č. 6391, s. 142 – 144.

Pinzon-Rodriguez, A.; Bensch, S.; Muheim, R. Expression patterns of cryptochrome genes in avian retina suggest involvement of Cry4 in light-dependent magnetoreception. *Journal of the Royal Society Interface*, 2018, roč. 15, č. 140, s. 1 – 9.

Pleskač, L.; Hart, V.; Nováková, P.; Painter, M. S. Spatial orientation of foraging corvids consistent with spontaneous magnetic alignment responses observed in a variety of free-roaming vertebrates. *Folia Zoologica*, 2017, roč. 66, č. 2, s. 87 – 94.

Presti, D.; Pettigrew, J. D. Ferromagnetic coupling to muscle receptors as a basis for geomagnetic field sensitivity in animals. *Nature*, 1980, roč. 285, č. 5760, s. 99 – 101.

Ptitsyna, N. G.; Villorosi, G.; Dorman, L. I.; Lucci, N.; Tyasto, M. I. Natural and man-made low-frequency magnetic fields as a potential health hazard. *Physics – Uspekhi*, 1998, roč. 41, č. 7, s. 687-709.

Rappl, R.; Wiltschko, R.; Weindler, P.; Berthold, P. Wiltschko, W. Orientation Behavior of Garden Warblers (*Sylvia borin*) under Monochromatic Light of Various Wavelengths. *The Auk*, 2000, roč. 117, č. 1, s. 256 – 260.

Ritz, T.; Adem, S.; Schulten, K. A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds. *Biophysical Journal*, 2000, roč. 78, č. 2, s. 707 – 718.

Rodda, G. H. The orientation and navigation of juvenile alligators: evidence of magnetic sensitivity. *Journal of Comparative Physiology A*, 1984, roč. 154, č. 5, s. 649 – 658.

Sandberg, R.; Ottosson, U.; Pettersson, J. Magnetic Orientation of Migratory Wheatears (*Oenanthe Oenanthe*) in Sweden and Greenland. *Journal of Experimental Biology*, 1991, roč. 155, s. 51 – 64.

Skiles, D. D. The geomagnetic field its nature, history and biological relevance. *Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms: A New Biomagnetism*, Plenum Press, New York, 1985, s. 43 – 102.

Slabý, P.; Tomanová, K.; Vácha, M. Cattle on pastures do align along the North–South axis, but the alignment depends on herd density. *Journal of comparative physiology A*, 2013, roč. 199, č. 8, s. 695 – 701.

Vácha, M.; Němec, P. Kompas a mapa. *Vesmír*, 2007, roč. 86, č. 4, s. 224 – 228.

Vácha, M.; Půžová, T.; Kvíčalová, M. Radio frequency magnetic fields disrupt magnetoreception in American cockroach. *Journal of Experimental Biology*, 2009, roč. 212, č. 21, s. 3473 – 3477.

Walker, M. M.; Diebel, C. E., Haugh, C. V.; Pankhurst, P. M.; Montgomery, J. C.; Green, C. R. Structure and function of the vertebrate magnetic sense. *Nature*, 1997, roč. 390, č. 6658, s. 371 – 376.

Wegner, R. E.; Begall, S.; Burda, H. Magnetic compass in the cornea: local anaesthesia impairs orientation in a mammal. *The Journal of Experimental Biology*, 2006, roč. 209, č. 23, s. 4747 – 4750.

Williams, M. N.; Wild, J. M. Trigeminally innervated iron-containing structures in the beak of homing pigeons, and other birds. *Brain Research*, 2001, roč. 889, č. 1 – 2, s. 243 – 246.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. *Magnetic orientation in animals*. Zoophysiology, Berlin: New York: Springer, 1995a, s. 297.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. Pigeon Homing: Effect of Various Wavelengths of Light During Displacement. *Naturwissenschaften*, 1998, roč. 85, č. 4, s. 164 – 167.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. Das Orientierungssystem der Vögel. I. Kompaßmechanismen. *Journal of Ornithology*, 1999, roč. 140, č. 1, s. 1 – 40.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. Magnetoreception. *BioEssays*, 2006, roč. 28, č. 2, s. 157 – 168.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. Avian navigation. *The Auk: Ornithological Advances*, 2009, roč. 126, č. 4, s. 717 – 743.

Wiltschko, R.; Wiltschko, W. Avian navigation: a combination of innate and learned mechanisms. *Advances in the Study of Behavior*, 2015, roč. 47, s. 229 – 310.

Wiltschko, W. Compasses used by birds. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1983, roč. 76, č. 4, s. 709 – 717.

Wiltschko, W.; Munro, U.; Ford, H.; Wiltschko, R. Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. *Nature*, 1993, roč. 364, č. 6437, s. 525 – 527.

Wiltschko, W.; Munro, U.; Ford, H.; Wiltschko, R. Magnetic orientation in birds: non-compass responses under monochromatic light of increased intensity. *Proceedings of the Royal Society B*, 2003, roč. 270, č. 1529, s. 2133 – 2140.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. Magnetic orientation in birds. *Current Ornithology*, 1988, roč. 5, s. 67 – 121.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. Migratory orientation of European Robins is affected by the wavelength of light as well as by a magnetic pulse. *Journal of Comparative Physiology A*, 1995b, roč. 177, č. 3, s. 363 – 369.

Wiltscho, W.; Wiltschko, R. Magnetic orientation in birds. *Journal of experimental biology*, 1996, roč. 199, č. 1, s. 29 – 38.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. The effect of yellow and blue light on magnetic compass orientation in European Robins, *Erithacus rubecula*. *Journal of Comparative Physiology A*, 1999, roč. 184, č. 3, s. 295 – 299.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. Light-dependent magnetoreception in birds: the behavior of European Robins, *Erithacus rubecula*, under monochromatic light of various wavelengths and intensities. *Journal of Experimental Biology*, 2001, roč. 204, č. 19, s. 3295 – 3302.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 2005, roč. 191, č. 8, s. 675 – 693.

Wiltschko, W.; Wiltschko, R. Homing pigeons as a model for avian navigation? *Journal of Avian Biology*, 2017, roč. 48, č. 1 s. 66 – 74.

Winklhofer, M; Holtkamp-Rötzler, E.; Hanzlik, M.; Fleissner, G.; Petersen, N. Clusters of superparamagnetic magnetite particles in the upper-beak skin of homing pigeons: evidence of a magnetoreceptor? *European Journal of Mineralogy*, 2001, roč. 13, č. 4, s. 659 – 669.

8. Seznam příloh

Příloha 1: Ukázka tabulky s údaji z fotografií na vyhodnocení výsledků.....	48
Příloha 2: Fotografie z fotopasti č. 1	48
Příloha 3: Fotografie z fotopasti č. 2.....	49
Příloha 4: Fotografie z fotopasti č. 3.....	49
Příloha 5: Fotografie z fotopasti č. 4.....	50
Příloha 6: Fotografie z fotopasti č. 5.....	50
Příloha 7: Fotografie z fotopasti č. 6.....	51
Příloha 8: Fotografie z fotopasti č. 7.....	51
Příloha 9: Fotografie z fotopasti č. 8.....	52

9. Přílohy

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Číslo fotky	Lokalita	Rok	Měsíc	Den	Čas	Druh	Pohlaví	Orientace těla ve stupních	Jednotlivě	Ve dvojici	> 2
2	PTDC0006	Chlustina	2018	3	24	16:33	Zvonek zelený	samec	80	x	ano	x
3	PTDC0006	Chlustina	2018	3	24	16:33	Zvonek zelený	samice	10	x	ano	x
4	PTDC0007	Chlustina	2018	3	24	16:34	Zvonek zelený	samec	140	ano	x	x
5	PTDC0008	Chlustina	2018	3	24	16:35	Zvonek zelený	samice	0	x	ano	x
6	PTDC0008	Chlustina	2018	3	24	16:35	Zvonek zelený	samec	40	x	ano	x
7	PTDC0020	Chlustina	2018	3	20	11:27	Pěnkava obecná	samec	350	ano	x	x
8	PTDC0021	Chlustina	2018	3	24	17:21	Zvonek zelený	samec	80	x	x	ano
9	PTDC0021	Chlustina	2018	3	24	17:21	Zvonek zelený	samice	50	x	x	ano
10	PTDC0021	Chlustina	2018	3	24	17:21	Zvonek zelený	samice	130	x	x	ano
11	PTDC0022	Chlustina	2018	3	24	17:22	Zvonek zelený	samec	50	ano	x	x
12	PTDC0044	Chlustina	2018	3	20	12:40	Pěnkava obecná	samec	350	ano	x	x
13	PTDC0049	Chlustina	2018	3	20	12:50	Pěnkava obecná	samec	80	ano	x	x
14	PTDC0061	Chlustina	2018	3	25	7:45	Zvonek zelený	samec	350	x	x	ano
15	PTDC0071	Chlustina	2018	3	25	8:03	Zvonek zelený	samice	40	ano	x	x
16	PTDC0072	Chlustina	2018	3	20	13:34	Pěnkava obecná	samec	20	ano	x	x
17	PTDC0073	Chlustina	2018	3	25	8:06	Zvonek zelený	samec	80	ano	x	x
18	PTDC0075	Chlustina	2018	3	25	8:10	Zvonek zelený	samec	100	x	ano	x
19	PTDC0077	Chlustina	2018	3	25	8:15	Zvonek zelený	samec	10	ano	x	x
20	PTDC0084	Chlustina	2018	3	20	13:50	Zvonek zelený	samec	280	ano	x	x
21	PTDC0107	Chlustina	2018	3	20	14:35	Pěnkava obecná	samec	340	ano	x	x
22	PTDC0109	Chlustina	2018	3	20	14:37	Pěnkava obecná	samec	50	ano	x	x
23	PTDC0120	Chlustina	2018	3	20	14:51	Pěnkava obecná	samec	20	ano	x	x
24	PTDC0161	Chlustina	2018	3	20	16:11	Zvonek zelený	samec	50	ano	x	x
25	PTDC0162	Chlustina	2018	3	20	16:12	Zvonek zelený	samec	320	ano	x	x

Příloha 1: Ukázka tabulky s údaji z fotografií na vyhodnocení výsledků

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 2: Fotografie z fotopasti č. 1

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 3: Fotografie z fotopasti č. 2

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 4: Fotografie z fotopasti č. 3

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 5: Fotografie z fotopasti č. 4

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 6: Fotografie z fotopasti č. 5

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 7: Fotografie z fotopasti č. 6

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 8: Fotografie z fotopasti č. 7

Zdroj: Š. Sybolová, 2018



Příloha 9: Fotografie z fotopasti č. 8

Zdroj: Š. Sybolová, 2018