

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



Magnetická orientace zápředů pavouků z čeledi cedivkovití

Bakalářská práce

Autor: Martin Volf

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

PRAHA

2016



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Autor práce: Martin Volf
Studijní program: Lesnictví
Obor: Lesnictví
- Vedoucí práce: Ing. Petra Nováková, Ph.D.
Garantující pracoviště: Katedra myslivosti a lesnické zoologie
- Název práce: **Magnetická orientace západů pavouků z čeledi cedivkovití**
Název anglicky: **Magnetic orientation of spider webs of the Amaurobiidae spiders**
- Cíle práce: Cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše k problematice magnetismu a sledování magnetické orientace pavoučků.
- Metodika: V bakalářské práci se zaměřte na zpracování literární rešerše k dané problematice a zdokumentování vlivu magnetismu na pavoučkovce včetně statistického vyhodnocení dat. Magnetická orientace bude sledována zejména na pavučinových punčoškách zástupců čeledi cedivkovití. Z každé lokality nasbírejte alespoň 200 dat od daného druhu.
- Doporučený rozsah práce: cca 30 stran textu
- Klíčová slova: magnetismus, magnetická orientace, západ, Amaurobiidae
- Doporučené zdroje informací:
1. Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtěch, O. & Burda, H. 2008 Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. Proc. Natl Acad. Sci. USA 105, 13 451-13 455.
 2. Begall, S., Malkemper, S. E. P., Červený, J., Němec, P. & Burda, H. 2013 Magnetic alignment in mammals and other animals. Mammalian Biology 78, 10-20.
 3. Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 1990 Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathergidae, Rodentia). *Experientia* 46, 528-530.
 4. Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P. & Burda, H. 2011 Directional

- preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biol. Lett.* 7, 355-357.
5. Hart, V., Kušta, T., Němec, P., Bláhová, V., Ježek, M., Nováková, P., Begall, S., Červený, J., Hanzal, V., Malkemper, E.P., Štípek, K., Vole, C. & Burda, H. 2012 Magnetic alignment in carps: Evidence from the Czech Christmas fish market. *PLOS ONE* 7(12), doi:10.1371/journal.pone.0051100.
 6. 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. 2013 Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in Zoology* 10(38), doi: 10.1186/1742-9994-10-38.
 7. 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(80), doi:10.1186/1742-9994-10-80.
 8. Němec, P. & Vácha, M. 2007 Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, 284 - 289.
 9. Vácha, M. & Němec, P. 2007 Kompas a mapa - orientace v geomagnetickém poli. *Vesmír* 86, 224 - 228.

Předběžný termín 2015/16 LS – FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 12. 11.
2015

Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 19. 12.
2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.
Děkan

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Magnetická orientace západů pavouků z čeledi cedivkovití vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, 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 Praze dne 15. 4. 2016

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu své práce Ing. Petře Novákové, Ph.D. za vedení, užitečné a cenné informace a podporu v průběhu vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Teoretická část práce je tvořena obecnou charakteristikou pavouků a dále konkrétněji čeledi cedivkovití, která byla právě zkoumanou čeledí. Poté v první části shrnuje informace o magnetorecepci jako o schopnosti vnímat magnetické pole Země. Dále podává základní informace o 3 teoriích, které představují modely fungování magnetorecepce. Teorie elektromagnetické indukce je založena na principu vzniku elektrického obvodu, kterým proudí elektrický proud. Teorie chemické magnetorecepce nebo také teorie volných radikálů je založena na složitých biochemických reakcích, které vyvolává magnetické pole a které zahrnují páry volných radikálů jako meziprodukty. A poslední – magnetitová teorie, která předpokládá přítomnost magnetitu v nejrůznějších tkáních, jenž se chová jako magnet a v momentě, kdy se snaží „srovnat“ s magnetickým polem, působí tlakem na sekundární receptory či přímo ovlivňuje činnost nervových buněk. Dále práce pojednává o různých formách magnetické orientace, kterými je např. magnetický kompas (případně buzola), magnetický alignment a magnetická mapa. Konec teoretické části se věnuje souhrnným znalostem o magnetorecepci a magnetické orientaci u studované čeledi.

Praktická část se věnuje samotnému mnou prováděnému výzkumu, kdy byla zkoumaná magnetická orientace jednotlivých západů na 3 lokalitách. Práce se zaměřuje na lokality různorodé, v různých lesních porostech, v různých svazích. Sběr dat byl ztížen meteorologickými podmínkami, jelikož dlouhé parné léto naprosto vysušilo lesy a veškerá činnost živočichů byla utlumena, poté přišlo razantní ochlazení a velké množství srážek. V tomto roce v podstatě neproběhla žádná přechodová fáze mezi létem a podzimem. Nakonec byla ale potřebná data nashromážděna a ze statistického zpracování jednoznačně vyplynulo, že výsledné vektory se nejčastěji pohybovaly v rozmezí od 100° do 180° . Více než 60% západů se orientovalo jihovýchodním až jižním směrem. Samozřejmě byly nalezeny i výjimky a kuriózní případy.

Klíčová slova: magnetismus, cedivkovití, západy

Abstract

First of all in theoretical part of my bachelor thesis I deal with general characteristics of spiders and more specifically Amaurobiidae spiders. My first section summarizes information about magnetoreception as an ability to sense the Earth's magnetic field. Next I describe basic information about three theories that represent models of functioning magnetoreception. Electromagnetic induction theory is based on the principle of an electric circuit through which flows electricity. Chemical magnetoreception theory or free radical theory is based on complex biochemical reactions which are produced by magnetic field and includes pairs of free radicals as intermediates. And the last but not least – magnetite theory that presume presence of magnetite in various tissue which acts as a magnet, and at the moment of trying to “compare” with magnetic field applying pressure to the secondary receptors or directly affects the activity of nerve cells. Further I describe various forms of magnetic orientation for example magnetic compass, magnetic alignment and magnetic map. The end of the theoretical part is about the general knowledge of magnetoreception and magnetic orientation in Amaurobiidae spiders.

The practical part is about my own research. I examined magnetic orientation of particular spider webs at 3 locations. I tried to find varied locations in different forest stands and slopes. My data collection was more difficult because of meteorological conditions. Long sweltering summer completely dried forests and all animals activity was inhibited. Then it came dramatic cooling and large amounts of rainfalls. In 2015 wasn't basically a kind of transition phase between summer and autumn. Finally I gathered all data that I needed, and from the statistical processing clearly concluded that the resulting vectors were most commonly ranged from 100° to 180°. More than 60% spider webs were oriented southeast to south. Of course I founded exceptions and curious cases.

Keywords: magnetism, Amaurobiidae spiders, spider web

Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1. Cedivkovití.....	11
2.1.1. Charakteristika pavouků.....	11
2.1.2. Charakteristika cedivkovitých (Amaurobiidae)	12
2.1.3. Tvorba pavoučích vláken	14
2.1.4. Druhy pavoučích sítí.....	15
2.2. Magnetorecepce	15
2.2.1. Magnetické pole Země	16
2.2.2. Magnetické siločáry.....	17
2.2.2. Magnetický kompas.....	18
2.2.3. Magnetická mapa.....	18
2.2.4. Magnetický alignment	19
2.2.5. Chemická magnetorecepce	19
2.2.6. Elektromagnetická indukce	20
2.2.7. Magnetitová teorie.....	21
2.3. Magnetorecepce u jednotlivých živočichů.....	22
2.3.1. Hmyz	22
2.3.2. Ryby	23
2.3.3. Obojživelníci	24
2.3.4. Plazi	25
2.3.5. Ptáci	26
2.3.6. Savci	28
3. METODIKA	31
3. 1. Sběr dat.....	31
3. 1. 1. Měření magnetické orientace zápředů.....	31
3. 1. 2. Lokalita č. 1	32
3.1.4. Lokalita č. 2	35
3.1.6. Lokalita č. 3	38
4. VÝSLEDKY	41
4.1. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 1	41
4.2. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 2.....	42
4.3. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 3.....	44

5. DISKUZE	46
5. ZÁVĚR	47
6. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
7. PŘÍLOHY	60

1. ÚVOD

Magnetické pole Země využívají lidé již celá staletí. Neodmyslitelně patří k orientaci lidí na cestách a k určování své polohy. V průběhu vývoje lidské společnosti byly vyvinuty nejrůznější přístroje napomáhající k využívání magnetického pole. Mezi tyto pomůcky patří např. kompas nebo buzola. Dlouhá léta bylo ale lidem skryto, že zmíněné vlastnosti Země mohou vyžít i jiní živočichové. Teprve v 19. století byla formulována první myšlenka týkající se tohoto jevu.

Existence pěti základních smyslů (zrak, sluch, čich, chuť a hmat) je známá. V současné době vyplývají na povrch ovšem nejrůznější poznatky o několika dalších smyslech a jedním z nich je i magnetorecepce. Již z názvu máme možnost odvodit, že se jedná o schopnost živočichů určitým způsobem vnímat magnetické pole Země. Magnetické pole působí na celé planetě a živočichům přináší informace, které mohou využít při orientaci.

Logicky se nabízí, že magnetorecepce nachází své uplatnění ve chvílích, místech a situacích, kde ostatní smysly neposkytují dostatek informací, např. za tmy, ve velkých hloubkách, v jeskyních, při velké oblačnosti. Zatím není jasné, zda všichni živočichové mají tuto schopnost, ale jisté je, že se uplatňuje u mnoha migrujících živočichů, např. ptáci, želvy a žraloci (Vácha a Němec, 2007).

Studium magnetorecepce je v mnoha ohledech na svém počátku a v současné době vzniká mnoho teorií a výzkumných akcí, které čekají, až budou potvrzeny.

Cílem první části bakalářské práce je podat přehled informací o magnetoreceptci a magnetické orientaci. V praktické části se práce zabývá magnetickou orientací západů pavouků z čeledi cedivkovití.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

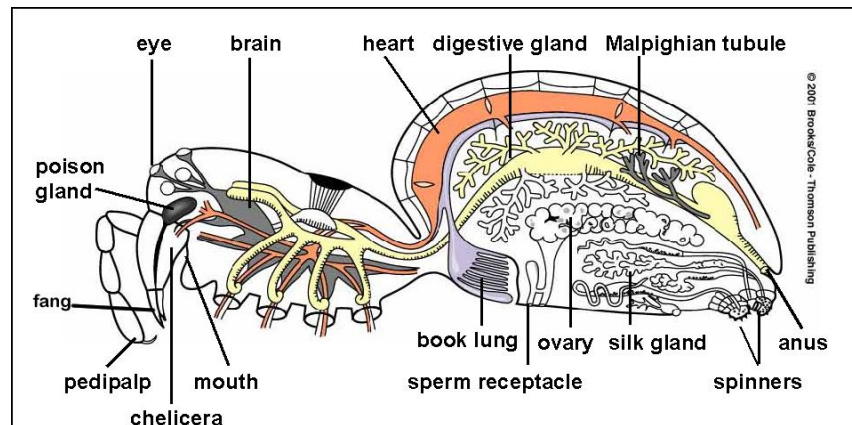
2.1. Cedivkovití

2.1.1. Charakteristika pavouků

Pavouci (ARANAE) patří do skupiny osminohých členovců. Jejich tělo dělíme na 2 základní části – hlavohruď (cephalothorax) a zadeček (abdomen). Tyto 2 části jsou vzájemně propojeny tenkou stopkou. Zadeček pavouků je nečlánkovaný a na jeho konci se nachází snovací bradavky. Na zadečku můžeme najít 4-8 snovacích bradavek, do kterých ústí snovací žlázy, které vylučují na vzduchu tuhnoucí sekret, ze kterého pavouci tkají pro ně typické pavučiny. Hlavní složkou vylučovaného sekretu je bílkovina fibroin. Vývod ze snovací bradavky nazýváme spigot.

Většina pavouků má na přední části hlavohrudi 4 páry očí. Hlavohruď dále nese 1 pár klepítek (chelicer), 1 pár makadel (pedipalp) a 4 páry kráčivých končetin.

Pavouci mají trubicovité srdce, které se nachází v horní části těla a rozvádí hemolymfu do zadečku a tepnou, která prochází stopkou, na určitá místa v hlavohrudi.



Obrázek 1: Průřez tělem pavouka (<http://siera104.com/bio/arthro.html>)

Dýchání probíhá pomocí plicních vaků. Až na naprosté výjimky jsou všichni pavouci predátoři a svou kořist mohou získat tak, že se zachytí v jejich pavučinových sítích nebo ji napadnou přímo. Do kořisti zabodnutím chelicer vpraví jed, který kořist ochromí. Následně ji zabalí do svých vláken, vytvoří tzv. kokon, do kterého vstříknou své trávicí tekutiny a ty následně kořist rozloží. Predátor kokon následně vysaje.

Pavoučí samečci lákají samičky nejrůznějšími rituály, po kterých se ve většině případů spáří. Není to pravidlem, ale poměrně často se u pavouků setkáváme s tzv. manželským kanibalismem, kdy samička po spáření zabíjí a požívá samečka.

Vajíčka kladou do předem vytvořených kokonů, do kterých se jich vejde až několik stovek. Po vylíhnutí se následně o svá mláďata ve většině případů starají, nosí je s sebou, dělí se s nimi o potravu. Život pavouků není nikterak dlouhý a většina se dožívá 2-3 let, ale u sklípkanů v zajetí se setkáváme i s více než 20 letými jedinci.

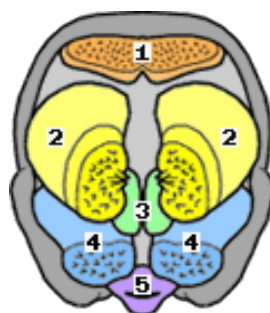
Všechny druhy pavouků jsou jedovaté, ale jen malé procento vytváří nebezpečí pro člověka. Mezi nejznámější patří snovačka jedovatá (*Latrodectus mactans*) – známá jako černá vdova. V současné době také probíhají výzkumy na využití pavoučího jedu například v lékařství.

Kvůli stavbě svého těla a svému chování se pavouci v umění a mytologii stali symbolem krutosti, trpělivosti a kreativity.

2.1.2. Charakteristika cedivkovitých (Amaurobiidae)

Čeď cedivkovitých zahrnuje několik desítek rodů. Jako nejtypičtější a zároveň pro naše zeměpisné šířky nejčastěji se vyskytující můžeme označit druhy *Amaurobius* (cedivka) a *Coelotes* (punčoškář). V přírodě můžeme jejich přítomnost identifikovat podle jejich typických trubicovitých zářďů.

Zástupci rodu *Amaurobius* se tvarem těla velmi podobají pavoukům rodu *Coelotes* (punčoškář). Zásadním rozdílem mezi nimi je to, že cedivky mají tzv. kribelum. Kribelum je jakési sítko, snovací orgán na spodní straně zadečku cedivkovitých. Má podobu příčné destičky s množstvím mikroskopických otvorů, skrze které jsou procezována velmi tenká vlákna a vzniká zde tzv. kribelátní vlášení.



- 1 – kribelum
- 2,3,4 – snovací bradavky
- 5 - anus

Obrázek 2: Pavoučí zadeček
(<http://aranearium.cz>)

Cedivky žijí v lesích, pod kůrou mrtvých stromů, pod kameny, ve skalních štěrbinách a výjimečně v budovách. Punčoškáři se vyskytují převážně na lesních půdách,

zvláště v tmavých smrčínách, na okrajích cest pod kameny a pod uvolněnou kůrou. Přítomnost cedivkovitých můžeme identifikovat podle typických trubicovitých zápředů.

Způsob péče o mláďata se u jednotlivých rodů čeledi Amaurobiidae liší jen málo. Samička hluboko ve svém zápředu vytvoří zvláštní kokon, do kterého naklade přibližně 100 vajíček. Kokon ukrývá většinou vrstvou zeminy, aby byl chráněn před predátory. Po vylíhnutí mláďat se matka věnuje péči o ně. Do zachycené kořisti vstříkne samička trávicí



šťávy a natrávenou ji po menších částech předává mláďatům, která se jí dožadují. Postupem času zpracovávají celou kořist společně s matkou. Tento „rodinný“ způsob života trvá většinou až do konce léta nebo do podzimu, kdy matka umírá a následně poslouží jako potrava pro mladé. Nakonec se mláďata rozptýlí v okolí hnízda a zhotovují si své vlastní sítě. (Anonymus^a, 2016)

Obrázek 3: Cedivka s kokonem s vajíčky (Filip Trnka)

2.1.3. Tvorba pavoučích vláken

Předpokládá se, že vlákno původně složilo pouze jako výstelka nory a jako ochrana vajíček před vyschnutím a predátory. Až později ho začali využívat k omotávání a chytání kořisti. Hedvábné vlákno vzniká ve snovacích žlázách v zadečku, kterých známe 7 druhů. Každý typ žláz má své vlastní vlákno se specifickou funkcí.

- **Aciniformní žlázy** – vlákno sloužící k omotání kořisti – mají všichni pavouci.
- **Cylindrické žlázy** – vlákno sloužící k ochraně vajíček, tudíž u samců často chybí. Schází také čeledím *Salticidae* a *Dysderidae*.
- **Ampulární žlázy** – slouží k tvorbě vlečného vlákna, které za sebou všichni pavouci při pohybu nechávají.
- **Pyriformní žlázy** – vlákno sloužící k výrobě úchytných disků v dolní části hlavních vláken sítě. Mají je všechny čeledi.
- **Agregátní žlázy** – pouze u 3 čeledí (*Araneidae*, *Theridiidae*, *Linyphiidae*), tvoří lepkavé kapénky připojené na ostatní vlákna. Slouží k chytání kořisti.
- **Lalůčkové žlázy** – pouze u *Theridiidae*. Vzniká v nich obalující vlákno, v důsledku toho jsou aciniformní žlázy silně redukovány.
- **Kribelární žlázy** – těchto žláz je velký počet, produkují vlákno obalené tenkým vlášením s lepkavým povrchem. Toto vlášení prochází mnoha malými póry kribela a pročešávají ho specializované chloupky, aby poté obalilo hlavní vlákno a vytvořilo přilnavou strukturu. Díky přilnavosti je toto vlákno ideální k chytání kořisti. Žádná čeleď nemá všech 7 druhů snovacích žláz. Pravidlem je, že pavouci, kteří tvoří aktivně síť, mají více žláz než predátoři, kteří loví svou kořist přímo a nepoužívají k lovu síť.

Hedvábné vlákno vzniká jako tekutina a ze snovacích bradavek je vytlačováno pod velkým tlakem. Při kontaktu se vzduchem tekutina tuhne a mění se v klasické vlákno (Anonymus^a, 2016)

2.1.4. Druhy pavoučích sítí

Množství jednotlivých typů sítí je tak velké, že je zde zmíněno jen několik nejzákladnějších. (Anonymus^b, 2016)

- **Nálevky a trubice** – nemalé množství pavouků vytváří trubice vystlané svou sítí, na jejichž konci vytváří širokou nálevku. Jakmile se kořist dotkne vlákna na nálevce, pavouk uvnitř nory dostane signál a zaútočí.
- **Plachty a lešení** - další druhy pavouků vyzdvihují své sítě ze země a podepírají je např. rostlinami. Čekají pod sítí a v momentě, kdy se do vláken zamotá kořist, spěchají nahoru, aby ji ulovili dříve, než uprchne.
- **Kruhové sítě** – asi nejklasičtější a nejznámější druh pavoučí sítě. Pavouk napne několik základních vláken mezi 2 a více pevných bodů a poté je spirálovitě dalším vláknem spojí. Vzniká klasická pavučina.

2.2. Magnetorecepce

Magnetorecepce je schopnost vnímat magnetické impulzy, jejich intenzitu a směr a přenést je nervovými drahami do mozku, kde jsou extrahovány, zpracovávány a je na ně vytvořena příslušná reakce. (Wiltschko a Wiltschko, 2006).

Dnes je magnetorecepce v podstatě nejzkoumanější téma smyslové fyziologie a je považována za šestý smysl zvířat (Johnsen a Lohmann, 2008; Deutschlander a Muheim 2010).

První hypotézu, která předpokládá, že živočichové jsou schopni pro svou orientaci využívat magnetické pole Země, formuloval již v roce 1859 Alexander Theodor von Middendorff. Tato hypotéza byla postupně potvrzována až téměř o 100 let později předně díky behaviorálním experimentům (Němec a Vácha, 2007).

Magnetorecepce je pozorována u všech tříd obratlovců, ale byla prokázána také u bezobratlých (hmyz, korýši a měkkýši). Z všeobecného hlediska se jedná především o druhy migrující, ale magnetorecepce byla objevena postupně i u nemigrujících druhů živošichů, jako jsou mouchy nebo např. kuřata (Lohmann, 2010).

Ačkoliv dnes poměrně dobře rozumíme problematice magnetorecepce u zvířat, je zkoumání tohoto fenoménu teprve na svém počátku (Wiltschko a Wiltschko, 2006; Johnsen a Lohmann, 2008).

Názory a pohledy na magnetorecepci se liší. Ten konzervativnější z nich nahlíží na magnetorecepci jako na doplňkovou navigaci podle Slunce, případně hvězd. Dnes už ovšem existují důkazy o tom, že právě magnetismus je primárním nástrojem orientace některých druhů živočichů (Deutschlander a Muheim, 2010; Gould, 2010).

V současné době víme, že živočichové využívají 2 druhy navigačních informací poskytovaných magnetickým polem. Prvním je magnetický vektor, který nám udává informace o směru a vychází z něj magnetický kompas (Johnsen a Lohmann, 2005), druhá možnost je využití inklinace (směru) nebo intenzity magnetického pole jako systému určujícího pozici – magnetickou mapu. Není vyloučené, že některé druhy využívají oba typy navigačních informací (Wiltschko a Wiltschko, 2006).

2.2.1. Magnetické pole Země

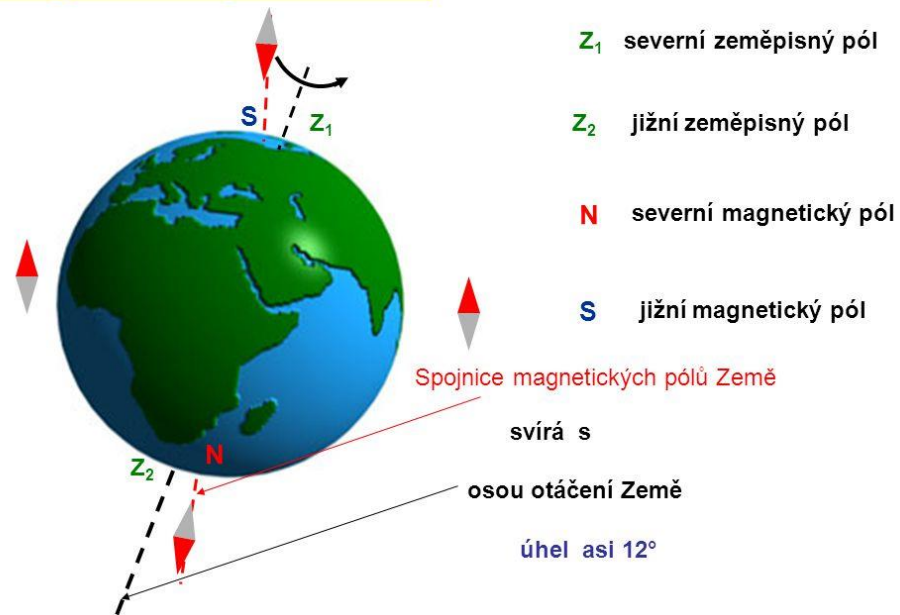
Magnetickému poli dává vznik pohyb tekuté směsi jádra planety Země, které je tvořeno především železem a hliníkem. Směs se otáčí rychleji než pevná zemská kůra. V jádru se nachází pohyblivé elektricky nabitě částice. Magnetické pole vyplňuje prostor kolem Země a tento prostor je nazýván pláštěm. Plášť je široký až 100 000 kilometrů. Vnitřek pláště je vystaven působení magnetické síly, jejímž motorem je „geodynamo“ uvnitř Země. Magnetické pole planety Země má převážně bipolární charakter (Winklhofer, 2009).

Logicky vyplývá, že s největší intenzitou magnetického pole se setkáme na severním a jižním pólu. Nejnižší intenzita je naopak zaznamenávána v oblasti rovníku. Tato skutečnost zásadně ovlivňuje gradienty, které vybíhají od obou pólů směrem k rovníku (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Magnetické pole Země se svým schématem nápadně podobá tyčovému magnetu, jehož osa se podobá ose Země. Tato osa neustále mění svůj úhel vůči ose geografické, tudíž se umístění geografického severu a jihu odlišuje od polohy magnetického severu a jihu. Obě tyto osy se od sebe neustále vzdalují. V současné době jsou vychýleny téměř o 12° (Beazley, 1995).

Magnetické pole Země

<http://www.astro.cz/apod/ap021125.html>

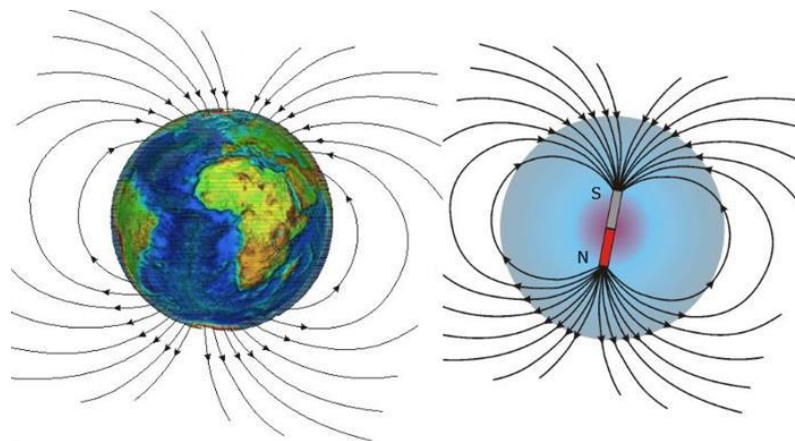


Obrázek 4: Porovnání magnetických a zeměpisných pólů Země (<http://slideplayer.cz>)

Na tomto snímku je vyobrazena skutečnost vychýlení magnetické a zeměpisné osy Země o zmiňovaných 12° .

2.2.2. Magnetické siločáry

Živé organismy vnímají magnetické pole Země. Toto vnímání se projevuje orientací podle magnetických siločar (Červený et al., 2011). Siločáry jsou myšlené čáry, jejichž rovina je kolmá ke směru pohybujícího se elektrického náboje. Nejčastěji jsou používány při grafickém znázornění elektrického, magnetického nebo gravitačního pole.



Obrázek 5: Schéma magnetických siločar Země (<http://www.zsvysoka.cz>)

2.2.2. Magnetický kompas

Zvířata, která využívají magnetické pole k orientaci, mají tzv. magnetický kompas. Tato vlastnost byla dokázána u mnoha skupin bezobratlých, jako jsou například členovci nebo měkkýši a všech hlavních skupin obratlovců. Při migraci se magnetickým kompasem řídí lososi, želvy, ptáci (Wiltschko a Wiltschko, 2006; Dommer et al., 2008). Magnetický kompas není využíván pouze při migraci, ale také při hnízdění a dalších stavebních činnostech – např. tvorba obydlí u včel nebo termitů (Wiltschko a Wiltschko, 2006; Dommer et al., 2008; Solov'yov a Greiner, 2009).

Rozlišujeme 2 základní druhy kompasů, které se liší funkčními charakteristikami – inklinanční a polaritní kompas.

Polaritní kompas – svým fungováním se příliš neliší od našeho technického kompasu – podle polarit magnetického pole Země rozlišuje sever a jih. Navádění probíhá principem azimutu – určení úhlu živočichem probíhá mezi směrem svého pohybu a „severojižním“ směrem. Inklinace ani intenzita magnetického pole tedy není využívána a změny těchto dvou veličin se nijak neprojeví na chování živočicha (Solov'yov a Greiner, 2009; Deutschlander a Muheim, 2010). Polaritní kompas je využíván například langustami nebo hlodavci (Johnsen a Lohmann, 2005; Wiltschko a Wiltschko, 2006).

Inklinanční kompas – principem tohoto kompasu je ignorace polarit. Rozlišuje mezi směry k magnetickému rovníku (siločáry stoupají a úhel inklinace se blíží k nule) a k magnetickým pólům (siločáry klesají a úhel inklinace roste). (Solov'yov a Greiner, 2009; Deutschlander a Muheim, 2010). Používání inklinančního kompasu lze snadno ověřit a to převrácením vertikální složky magnetického pole. Pokud dojde k otočení směru pohybu, je inklinanční kompas využíván. Inklinanční kompas využívají některé druhy ptáků, mořských želv nebo mloků (Wiltschko a Wiltschko, 2006; Vácha et al., 2008).

2.2.3. Magnetická mapa

Samotný kompas ale není dostačující k navádění na konkrétní místa. Migrující živočichové mohou být ze svého kurzu vychýleni kvůli vzdušným či mořským proudům apod. Tak jako lidé používají globální systém GPS k tomu, aby určili svou polohu vzhledem k cíli cesty, tak někteří živočichové jsou schopni tuto informaci získat z magnetického pole Země (Johnsen a Lohmann, 2005).

Ačkoliv byla schopnost vytvářet magnetické mapy zpozorována u několika druhů živočichů, je známo jen málo informací o tom, jak jsou mapy organizovány, jak moc je dokáží živočichové využívat a jak/čím jsou magnetické mapy omezovány. Například bylo zjištěno, že ačkoliv mořské želvy jsou schopné vytvořit magnetickou mapu, využívají ji jen zřídka (Lohmann et al., 2007). Způsob použití mapy se také liší v jednotlivých stádiích života. Je dokázáno, že znalost map není geneticky podmíněná, ale musí být v průběhu života naučena (Lohmann et al., 2007).

2.2.4. Magnetický alignment

Magnetický alignment – jinak řečeno poziční chování je charakteristické tím, že se živočich spontánně otáčí v prostoru tak, aby srovnal své tělo podél či kolmo na siločáry magnetického pole. Poziční chování se prokázalo u hmyzu (např. u včel), ale hlavně u různých obratlovců. Projevy magnetického alignmentu jsou zaznamenávány u krmení, lovu, vyměšování, v pohybu i u odpočinku zvířat (Begall et al., 2013).

Receptor magnetorecepce stále není znám a tudíž nelze dobře studovat převodní mechanismus. Z tohoto důvodu bylo navrženo několik hypotetických modelů, které vysvětlují převod signálu (Němec a Vácha, 2007).

Tři hlavní hypotézy magnetorecepce jsou následující.

2.2.5. Chemická magnetorecepce

Tato teorie nahlíží na magnetorepceci jako na jev, který je způsoben neobvyklými biochemickými reakcemi, které ovlivňuje magnetické pole Země. Během sledu těchto biochemických reakcí dochází ke vzniku meziproductů volných radikálů – tato teorie je také známa jako teorie volných radikálů (Lohmann, 2010).

Proces tvorby volných radikálů začíná transportem elektronů z molekuly donoru na molekulu akceptoru, tudíž každé molekule zbyde 1 nepárový elektron (Lohmann, 2010).

U jednotlivých organismů je vznik volných radikálů mapován nejčastěji ve fotopigmentech (např. chlorofylu), tudíž je zde patrné úzké spojení fotorecepce s magnetorepcecí (Němec a Vácha, 2007).

Je tedy předmětem výzkumu, že by magnetoreceptory (pokud existují) mohly být zároveň i fotoreceptory. Předpokládá se, že by se mohlo jednat o fotoreceptory zvané kryptochromy, jelikož se zdá, že vykazují potřebné vlastnosti a nachází se v sítnici

stěhovavých ptáků, která se projevuje vysokou mírou nervové činnosti při magnetické orientaci (Lohmann a Johnsen, 2000).

Ačkoliv doposud nebyly doloženy přímé důkazy dokazující existenci chemické magnetorecepce, některé výzkumy se vyznačují souvislostí magnetorecepce a optické soustavy. Několik studií navrhovalo i spojení magnetorecepce a šišinky – endokrinní žlázy, která se nachází v mezimozku a produkuje hormon melatonin (Semm et al., 1984; Deutschlander et al., 1999 atd.).

2.2.6. Elektromagnetická indukce

Teorie, která tvrdí, že pohybuje-li se vodič v magnetickém poli kolmo na indukční siločáry, budou se jeho náboje seskupovat tak, že se jeden konec nabije záporně a druhý kladně. Tak se mezi konci vodiče vytvoří elektromotorické napětí. V případě, že jsou oba konce propojeny nějakým vodivým médiem, vytvoří se elektrický obvod, kterým protéká proud. Tento jev nazýváme elektromagnetickou indukcí (Němec a Vácha, 2007).

Právě zmiňovaná elektromagnetická indukce vysvětluje schopnost některých druhů paryb (žraloků a rejnoků) vnímat elektromagnetické pole Země. Tato hypotéza potvrzuje fungování Lorenziniho ampulí, což jsou kanálky, které jsou vyplněné aminopolysacharidy ústící na povrch těla zvířete především v oblasti rypce, jako vodiče a mořská voda jako vodící médium (Johnsen a Lohmann, 2005; Němec a Vácha, 2007).

Již roku 1995 byla vytvořena teorie, která říká, že žraloci získávají informace o směru magnetického pole spíše z oscilujících elektrických polí, které vznikají na základě pohybu hlavy ze strany na stranu (Paulin, 1995).

Jelikož slaná mořská voda je mnohem lepším vodičem než vzduch, suchozemští živočichové a ptáci nejsou schopni využívat magnetorecepci typu elektromagnetické indukce, která byla popsána výše (Johnsen a Lohmann, 2005).

Tato teorie je stále nepotvrzená, jelikož do současné doby nebyl doložen přímý důkaz o tom, že zvířata využívají magnetickou indukci, pomocí které detekují magnetické pole. Přesto je ovšem známo, že žraloci a některé druhy paprskoploutvých ryb mají velmi citlivý „elektrický smysl“, pomocí kterého dokáží detekovat slabé impulsy elektrického proudu, které vydává tělo jejich kořisti. (Lohmann a Johnsen, 2000; Johnsen a Lohmann, 2005).

2.2.7. Magnetitová teorie

Podstatou magnetitové teorie je skutečnost, že některé buňky obsahují tzv. feromagnetický materiál – především biogenní magnetit (Fe_3O_4), prostřednictvím kterého je magnetické pole spojené s nervovou soustavou (Winklhofer, 2009).

Pro nejtriviálnější představu o této teorii si můžeme magnetit představit jako střílku kompasu v magnetickém poli Země. Mechanická deformace je vytvářena točivým momentem, což může v kombinaci s mechanoreceptory vytvořit potenciál receptoru a tím pádem vyvolat nervový signál (Winklhofer, 2009).

Hlavním impulsem pro výzkum magnetitu a jeho funkcí v těle živočichů byly výzkumy, které se zabývaly magnetickou orientací u bakterií, jež jsou schopné magnetotaxe – orientace a pohybu v některém z preferovaných směrů magnetického pole Země (Blakemore, 1975; Frankel a Blakemore, 1980).

Přítomnost magnetitu ve tkáních živočichů byla zjištěna např. u včel, velkého množství druhů ptactva, mořských želv a dalších zvířat, u kterých byla dokázána orientace pomocí magnetického pole (Johnsen a Lohmann, 2005).

U zvířat se setkáváme s magnetitem rovnou ve dvou formách. Většina magnetitu se vyskytuje ve formě tzv. jednodoménových krystalů, které jsou nápadně podobné těm, které byly objeveny u zástupců bakterií. Tyto krystaly si můžeme představit jako mikroskopické permanentní magnety, jejichž pohyb a otáčení je zcela závislé na magnetickém poli Země. Druhou formou jsou tzv. superparamagnetické krystaly, které jsou menší než krystaly předchozího typu a mají různé magnetické vlastnosti. Jednou z hlavních charakteristik těchto krystalů je fakt, že jejich magnetická osa může rotovat a sledovat směr okolního pole Země, ačkoliv samotné krystaly jsou nehybné.

Hlavním rozdílem tedy je, že jednodoménový krystal se otáčí celý a jeho magnetická osa je nepohyblivá, zatímco krystal superparamagnetický je nehybný a otáčí se jen jeho magnetická osa (Lohmann a Johnsen, 2000).

Magnetit sám o sobě jako magnetoreceptor nefunguje. K tomu, aby tak mohl fungovat, musí být funkčně spojen s nervovým systémem. Ačkoliv vědecké výzkumy předpokládají tento funkční kontakt, je jen velmi málo výzkumů, které přináší komplexní přehled dané problematiky (Němec a Vácha, 2007).

2.3. Magnetorecepce u jednotlivých živočichů

2.3.1. Hmyz

Hmyzu je oproti plazům a obojživelníkům v oblasti studia magnetorecepce věnována velká pozornost. Hlavním důvodem je jejich jednodušší nervová soustava (Válková, 2010). U hmyzu se předpokládá výskyt obou mechanismů magnetorecepce – smysl založený na radikálových párech (Válková, 2010) a citlivý systém založený na magnetitu pro magnetickou mapu (Desoil et al., 2005).

V oblasti studia magnetorecepce je největší pozornost věnována včele medonosné (*Apis mellifera*) (Gould et al., 1980; De Jong, 1982; Leucht 1984; Leucht, Martin 1990; Kirschvink, Kobayashi 1991; Collett a Baron, 1994; Hsu a Li, 1994).

U včely medonosné byly sledovány nejrůznější důsledky vlivu magnetického pole, mezi které patří například změny při stavbě úlů nebo změny při letu na cíl (De Jong, 1982). Magnetické pole Země také ovlivňuje cirkadiální rytmy (Collett a Baron, 1994). Během výzkumů bylo dokázáno, že včely a jejich orientace jsou ovlivněny změnami v intenzitě a polaritě magnetického pole (Gould et al., 1980; Leucht, 1984; Leucht a Martin 1990).

V tělech včel byly objeveny magnetitové částice spojené s nervovou soustavou (Hsu a Li, 1994). Magnetitové částice byly objeveny také v tělech termitů (Maher, 1998). Nejvíce magnetických částic bylo nalezeno v břiše a hrudi, následně byly analyzovány a byla prokázána jejich biologická funkčnost (Maher, 1998). Přítomnost těchto organizovaných uskupení částic naznačuje funkci magnetického senzoru (Alves et al., 2004).

Další často zkoumanou skupinou jsou mravenci. V Johnstonově orgánu v mravenčích tykadlech byly objeveny oxidy železa např. u druhů mravenec rezavý (*Myrmica ruginodis*) a mravenec žehavý (*Myrmica laevinodis*) (Vowles, 1954).

Předmětem výzkumu bylo i chování mravenců během změn magnetického pole. Mravenci při cestě zpět do hnízda měnili směr v závislosti na změně magnetického pole (Jander a Jander, 1998).

U zástupců brouků bylo vnímání změn magnetického pole potvrzeno například u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) (Vácha et al., 2008) nebo u potměníka hnědého (*Trilobium castaneum*) (Tomanová, 2009). U chování potměníka docházelo ke změnám v závislosti na vlnové délce světla. V laboratorních podmínkách reagoval na světlo o delší vlnové délce změnou orientace o 90° (Půžová, 2007). To, že magnetorecepce brouků je

závislá na světle dokládá i studie švába amerického (*Periplaneta americana*), jehož klidová pozice se změnila o 45° při vystavení UV záření (Hořínek, 2009).

Další druhy hmyzu, u kterých byla zkoumána magnetická orientace, jsou například mravenec luční (*Formica pratensis*) (Camlitepe et al., 2005), čmelák (*Bombus impatiens*) (Chittka et al., 1999) a další.



Obrázek 6: Včela medonosná - nejčastěji zkoumaný hmyz (<http://sites.psu.edu/>)

2.3.2. Ryby

Magnetorecepce ryb je předmětem výzkumu již delší dobu. F. W. Tesch provedl první pozorování již v roce 1974. V roce 1981 byla díky Quinn et al. prokázána schopnost vnímat magnetické pole a využívat polaritní kompas u lososa nerky (*Oncorhynchus nerka*). V dalších letech byly objeveny magnetitové částice v lebce tuňáka žlutoploutvého (*Thunnus albacares*) (Walker et al., 1984), v nosní chrupavce lososa čavyči (*Oncorhynchus tshawytscha*) (Kirschvink et al., 1985) nebo v tkáni čichového ústrojí lososa nerky (*Oncorhynchus nerka*) (Mann et al., 1988) a pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) (Eder et al., 2012; Linnebach, online, 2014-03-05).

V roce 1974 byla dokázána spontánní preference základních světových stran během odpočinku úhoře říčního (*Anguilla Anguilla*) (Tesch et al., 1974). Během výzkumu pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) dospěli ke stejnému závěru také Chew, Brown (1989). Výzkum magnetorecepce kapra obecného (*Cyprinus carpio*), který byl zkoumán při plavání v kádích na vánočních trzích, ukázal, že kapr preferuje severojižní orientaci (Hart et al., 2012).

Dalšími studovanými druhy ryb byl například pstruh obecný (*Salmo trutta*), u kterého bylo dokázáno, že jeho potěr reaguje na magnetické pole (Formicki et al., 2004),

plotice obecná (*Rutilus rutilus*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), ouklej obecná (*Alburnus alburnus*) a perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), u kterých byl podán nepřímý důkaz magnetorecepce – při chytání ryb do pastí měly větší úspěšnost pasti opatřené magnetem než ty bez magnetu (Formicki et al., 2004). Při zkoumání druhu losos keta (*Oncorhynchus keta*) nebyl vysledován žádný vliv změn magnetického pole (Yano et al., 1997).



Obrázek 7: Losos nerka, první zkoumaná ryba z hlediska magnetorecepce (commons.wikimedia.org)

2.3.3. Obojživelníci

V oblasti magnetorecepce jsou obojživelníci velmi málo prozkoumanou skupinou. Ačkoliv se u většiny druhů obojživelníků schopnost orientace podle magnetického pole Země očekává, orientuje se většina prací pouze na 1 druh – čolka zelenavého (*Notophthalmus viridescens*). Na bezocasé obojživelníky se zaměřuje naprosté minimum prací (Freaka a Phillips, 2005).

U čolka zelenavého bylo v kontrolovaných podmínkách prokázáno, že používá magnetický kompas a schopnost řídit se podle magnetického pole Země (Phillips, 1986). Nadcházející práce potvrzuje použití magnetického kompasu za dobrých světelných podmínek, za tmy inklinanční detektor, který je citlivý na polaritu magnetického pole (Phillips a Borland, 1994). Jiná studie zase prokázala schopnost vytváření magnetické mapy u čolka zelenavého (Sinsch, 2006).

V roce 2005 probíhal experiment, při kterém bylo zjištěno, že druhy jako ropucha obecná (*Buffo buffo*), ropucha krátkonožá (*Buffo calamita*) a ropucha bradavičnatá (*Buffo*

spinolosus) po nasazení magnetu nejsou schopné nalézt cestu do domovské tůně (Freake a Phillips, 2005). Velmi znatelná reakce na změnu magnetického pole byla doložena při migraci ropuchy obecné (Landler a Gollmann, 2011). Reakce na změny v magnetickém poli a následné použití magnetického kompasu bylo doloženo také u mločika zářivého (*Eurycea lucifuga*) (Phillips, 1977; Phillips a Adler, 1978), čolka horského (*Triturus alpestris*) (Diego-Rasilla et al., 2005; Schlegel a Rennen, 2007), čolka hranatého (*Lissotriton helveticus*) (Diego-Rasilla et al., 2008), pulců skokana volského (*Rana catesbeiana*) (Freake et al., 2002) a skokana Perézova (*Pelophylax perezi*) (Diego-Rasilla a Phillips, 2007).



Obrázek 8: Čolek zelenavý - nejčastěji zkoumaný obojživelník (<http://www.herpetology.cz/>)

2.3.4. Plazi

Podobně jako obojživelníci jsou i plazi velmi málo prozkoumanou skupinou (Nishimura et al., 2010; Marek et al., 2010). Většina doposud vypracovaných studií se zabývá mořskými želvami a jejich migrací (například Light et al., 1993; Lohmann a Lohmann, 1993; Lohmann a Lohmann, 1994; Lohmann a Lohmann, 1996; Lohmann a Lohmann, 1998; Lohmann et al., 2012), teprve v roce 2010 byl doložen jeden z prvních důkazů o magnetické orientaci u ještěřů (Marek et al., 2010; Nishimura et al., 2010).

Mezi prvními zkoumanými druhy byl aligátor severoamerický (*Alligator mississippiensis*), u kterého bylo dokázáno používání magnetické mapy k návratu do místa odchyty. S rostoucím věkem rostla i jeho úspěšnost, což svědčí o jisté míře získávání zkušeností (Rodda, 1984).

Ze třídy plazů byla největší pozornost věnována karetě obecné (*Caretta caretta*). V roce 1993 byla dokázána schopnost vnímat magnetické pole (Light et al., 1993). Další studie potvrdily tyto závěry a výrazně rozšířily znalosti této oblasti. Byla prokázána

schopnost určit zeměpisnou šířku (Lohmann a Lohmann, 1994), podél své migrační trasy rozlišovat intenzitu magnetického pole (Lohmann a Lohmann, 1996) a udržet svůj směr pomocí magnetického pole Země (Lohmann a Lohmann, 1998). Byl také podán důkaz o schopnosti využití magnetické mapy (Lohmann et al., 2012).

Dalšími studovanými druhy byly například kožatka velká (*Dermochelys coriacea*), u které byla prokázána na světle závislá magnetorecepce (Lohmann a Lohmann, 1993), gekon (*Cyrtodactylus philippinicus*) (Marek et al., 2010) nebo agama vousatá (*Pogona vitticeps*) (Nishimura et al., 2010).



Obrázek 9: Karetka obecná - nejčastěji zkoumaný plaz (<http://www.haberler.com/>)

2.3.5. Ptáci

Během výzkumu magnetorecepce byla v průběhu zkoumání největší pozornost věnována ptákům (Yan a Tao, 2013). Prvním druhem vůbec, u kterého bylo dokázáno používání magnetického kompasu, je červenka obecná (*Erithacus rubecula*) (Wiltschko a Wiltschko, 1972). Právě zmiňovaní (Wiltschko a Wiltschko, 1972) jsou autory studie, která prokázala schopnost se orientovat pomocí magnetorecepce během migrace ptáků. Červenka během výzkumu měnila směr letu, když byl změněn severní pól.

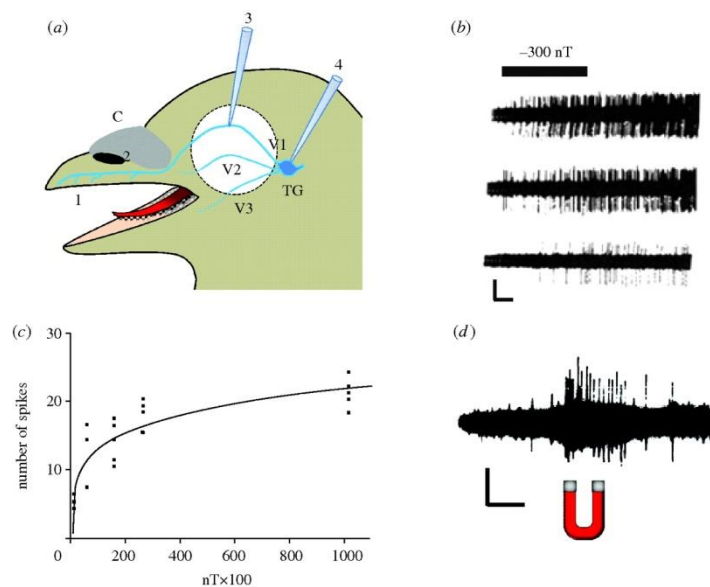
V dalších letech byl výzkum směřován i na velké množství ostatních druhů, u kterých byla schopnost magnetorecepce také prokázána. Velké množství prací se zabývalo hledáním mechanismů magnetorecepce. V tomto ohledu se nejvíce prací zaměřuje právě na červenku obecnou (například Falkenberg et al., 2010; Wiltschko et al., 2011; Holland a Helm, 2013). Dalším často studovaným druhem byl holub domácí (*Columba livia domestica*) (například Hanzlik et al., 2000; Williams a Wild, 2001; Mora et al., 2004; Fleissner et al., 2007; Wajnberg et al., 2010; Wilzeck et al., 2010). Není tomu tak dávno,

kdy byly představeny 2 nejvíce pravděpodobné teorie biomechanismů magnetorecepce – teorie radikálových párů a magnetitová teorie (Yan a Tao, 2013).

V rámci studia magnetitové teorie našli (Williams a Wild, 2001) částice magnetitu v horním zobáku holuba domácího (*Columba livia domestica*), zebřičky pestré (*Taeniopygia guttata*), strnada obecného (*Emberiza citrinella*) a vlhovce hnědohlavého (*Molothrus ater*). Na základě této práce byl horní zobák označen za centrum magnetorecepce ptáků.

U kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*) byla prokázána magnetorecepce závislá na světle (Wiltschko et al., 2007). Subjekty reagovaly různě při působení různého spektra světla. Pozitivní výsledky byly zaznamenány u světla modrého, naopak světlo červené mělo negativní vliv. Magnetorecepce závislá na světle byla dokázána právě i u červenky obecné (Wiltschko et al., 2011).

Studium magnetorecepce se již neomezuje pouze na biomechanismy, ale také na vliv magnetického pole Země na chování ptactva. Magnetismus Země má vliv na počátek hromadění tukových zásob před migrací. Tato skutečnost byla konkrétně zjištěna u slavíka tmavého (*Luscinia luscinia*). Zvýšený příjem potravy začal poté, co byli jedinci vystaveni simulovanému magnetickému poli, kterému jsou vystaveni před přeletem Saharské pouště (Fransson et al., 2001). Například kachnu domácí (*Anas platyrhynchos f. domestica*) lze vycvičit k hledání předmětů pomocí magnetických stimulů (Freire et al., 2012). Hart et al. (2013) dále prokázali, že 13 ze 14 druhů vodního ptactva volí při přistávání na vodní hladinu severojižní orientaci – na směr přiletu přitom nezávisí. U dospělých jedinců červenky obecné byla magnetorecepce pomocí silného elektromagnetického pulzu vymazána. Mladí jedinci si ji dokázali zachovat (Holland a Helm, 2013)



Obrázek 10: Zobrazení zobáku jako centra magnetorecepce (<http://rsif.royalsocietypublishing.org/>)

2.3.6. Savci

Z této třídy živočichů je z hlediska magnetorecepce největší pozornost věnována hlodavcům. Velká část prací se zabývá orientací hnízda různých druhů a změnou chování jako odpovědi na změnu magnetického pole (například Madden a Phillips, 1987; August et al., 1989; Burda et al., 1990; Harhold et al., 1997; Kimchi a Terkel, 2001; Deutschlander et al., 2003 aj.).

Například u křečka bělonohého (*Peromyscus leucopus*) byla prokázána schopnost vnímat magnetické pole a s jeho pomocí se orientovat během nalezení hnízda (August et al., 1989). Jedinci, kteří byli umístěni do kruhové arény, se snažili utéct směrem ke svému hnízdu, ale po otočení magnetického pole běželi na druhou stranu (August et al., 1989).

Během výzkumu magnetorecepce u laboratorních myší (*Mus musculus varieta alba*) byl objeven vliv magnetického pole na vnímání bolesti. Jedinci, kteří byli ponecháni denně 1 hodinu na místě s odstíněným magnetickým polem, vykazovali nižší citlivost na bolest (Prato et al., 2009; 2013). Toto tvrzení lze ale potvrdit pouze za tmy. Při rozsvíceném světle nemělo odstínění magnetického pole na vnímání bolesti vliv (Prato et al., 2009; Prato et al., 2013).

Výzkum magnetorecepce samozřejmě probíhal i u velkých savců. V roce 2008 bylo dokázáno, že během odpočinku tura domácího (*Bos primigenius f. taurus*), jelena evropského (*Cervus elaphus*) a srnce obecného *Capreolus capreolus* dochází k severojižní orientaci těla, přičemž volí orientaci těla s hlavou na sever (Begall et al., 2008). Tato skutečnost může být narušena v situacích, kdy se skupinky těchto živočichů pohybují v blízkosti vedení vysokého napětí, které může rušit uspořádání. V určité vzdálenosti od

tohoto zdroje napětí se uspořádání vrací do normálu (severojižní směr) (Burda et al., 2009).

Při své orientaci využívají magnetické pole Země také kytovci. U 14 druhů kytovců byla prokázána ztráta orientace v lokálním minimu magnetického pole (Kirschvink et al., 1986).

V roce 2013 byla dokázána magnetická orientace u psů, konkrétně v situacích vylučování. Pes v těchto momentech volí severojižní směr, ale je silně ovlivněn přirozenými fluktuacemi magnetického pole a stačí jen malé změny polarity, které způsobí náhodné natočení těla (Hart et al., 2013).

Podle výzkumu Červeného et al. (2011) se může magnetismus podepsat i na úspěšnosti lovu. Liška obecná (*Vulpes vulpes*) se během myškování řídí sluchem, ale její skoky jsou orientovány především severovýchodním směrem. Během lovu v lokalitách s vysokou buříní nebo ostatní vegetací či pod sněhovou pokrývkou mají větší úspěšnost lovy orientované na sever, ostatní mají podstatně nižší úspěšnost. Práce poukazuje na to, že orientace na sever by mohla zlepšovat přesnost loveckého výpadu (Červený et al., 2011).

Vliv magnetického pole Země je zkoumán také u lidí. Přítomnost biogenního magnetitu byla dokázána téměř ve všech tělních tkáních (Kirschvink et al., 1992). U lidí byl nalezen kryptochrom, což dokazuje, že by lidé měli být schopni na světle závislé magnetorecepce (Foley et al., 2011). Studie, která by toto tvrzení dokazovala v praxi, zatím neexistuje. V roce 1980 byla publikována práce, která potvrzuje, že lidé se zavázanými očima jsou schopni orientace dle magnetického pole – tato schopnost se snižuje nebo zcela mizí po aplikaci magnetu na hlavě (Baker et al., 1980). O potvrzení této hypotézy se neúspěšně pokoušeli Gould a Able (1981), Fildes et al. (1984) a Westby a Pertridge (1986). Doposud ovšem nebyl podán žádný dostatečný důkaz o tom, že by lidé byli schopni vnímat magnetické pole a využívat informací z něj (Foley et al., 2011).

2.3.6.1. Netopýři

Typické pro netopýry jsou skvělé schopnosti pohybu a orientace za špatných až nulových světelných podmínek. Na krátkou vzdálenost je netopýří orientace řízena echolokací, která je na dlouhých vzdálenostech vystřídána schopností vnímat magnetismus planety Země (Wang et al., 2007; Holland et al., 2006). Netopýří schopnost vnímat magnetické pole byla dokázána pokusy v uměle vytvořeném magnetickém poli. Tato práce je ale velmi náročná a to jak fyzicky, tak především z důvodu nedostatku

dostupných technologií. Tento nedostatek má za vinu to, že magnetorecepce netopýrů je v porovnání s jinými druhy o mnoho méně známá (Holland et al., 2006).

V roce 2006 zkoumali Holland et al. magnetorecepci u netopýra hnědého (*Eptesicus fuscus*). Základem této studie bylo vytvoření 3 skupin jedinců: první, kontrolní skupina (neovlivněná), druhá byla vystavena magnetickému poli otočenému o 90 ° a třetí byla vystavena magnetickému poli otočenému o 270 °. Zvířata byla vypuštěna ve vzdálenosti 20 km severně od své kolonie. Poprvé 45 minut před a 45 po západu Slunce. Tím mělo být zjištěno, zda je orientace vázána na Slunce či hvězdy. Kontrolní neovlivněná skupina zamířila správným směrem k jihu, jedinci z druhé skupiny inklinovali spíše k východu a třetí skupina měla tendenci letět na západ. Tím bylo dokázáno, že netopýr hnědý při orientaci využívá magnetické pole Země. Způsob, jakým tato orientace funguje, byl předmětem dalších výzkumů (Holland et al., 2006).

V roce 2010 byla publikována studie, která dokazuje přítomnost magnetických částic (magnetitu) v mozcích netopýrů. Studie se zaměřila jak na migrující tak na nemigrující druhy. Migrující netopýři (*Miniopterus fuliginosus*, *Chaerephon plicata*, *Nyctalus plancyi*) a nemigrující (pavrápenec válečný *Hipposideros armiger*, netopýr Rickettův *Myotis ricketti*, vrápenec velký *Rhinolophus ferrumequinum*). Výzkum ověřil fakt, že magnetorecepce je typičtější pro druhy migrující – mozky těchto zástupců byly více nasyceny magnetitem než u druhů nemigrujících (Tian et al., 2010).

Již vydané studie se shodují na tom, že netopýři skutečně jsou schopni vnímat magnetické pole. Při navigaci využívají polaritní kompas a jejich magnetorecepce je založena na magnetitové teorii (Holland et al., 2006; Wang et al., 2007; Holland et al., 2008; Tian et al., 2010).



Obrázek 11: Netopýr hnědý *Eptesicus fuscus* (<https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoreception>)

3. METODIKA

3. 1. Sběr dat

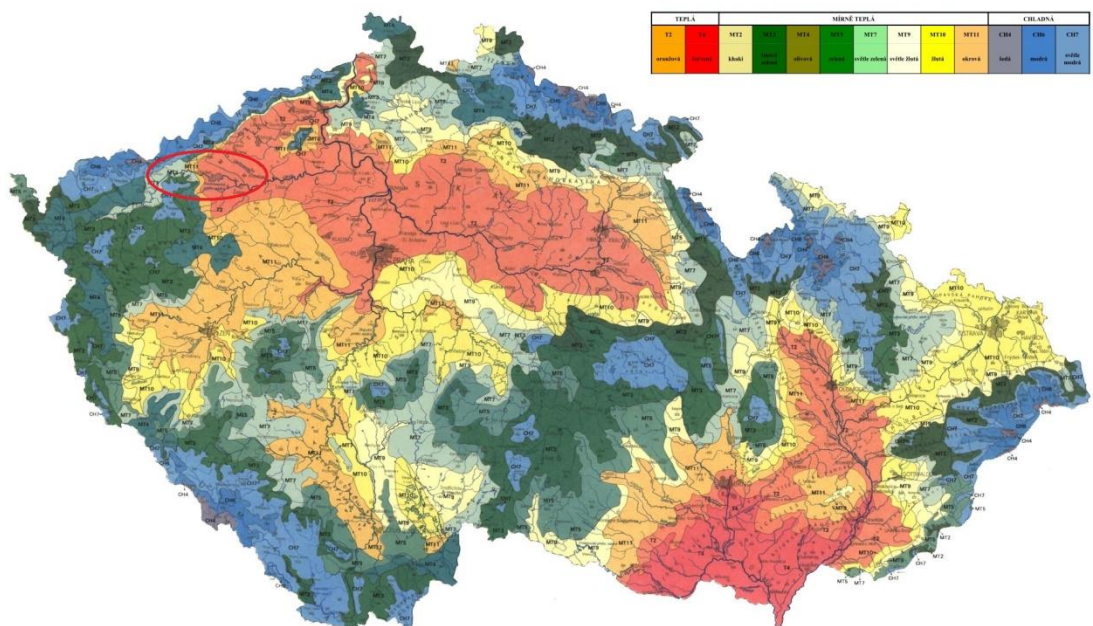
3. 1. 1. Měření magnetické orientace zápředů

Měření probíhala na 3 rozdílných lokalitách na úpatí Krušných hor ve 3 různých lesních porostech. Místa se lišila nadmořskou výškou, sklonitostí, vzdáleností od vodního toku, druhy v bylinném i stromovém patře. Měření probíhalo ve 3 etapách – na přelomu července a srpna 2015, ve druhé polovině srpna 2015 a na začátku října 2015. Magnetická orientace zápředů byla měřena pomocí buzoly Silva. Hledání zápředů bylo ztíženo nepříznivým počasím. Dlouhodobé nadměrné teploty a nedostatek srážek způsobil naprosté vyprahnutí lesní půdy a ukrývání drobných živočichů pod kameny a hlouběji v půdě.

Metodika byla limitována pouze tím, že výzkum probíhal pouze v lesním porostu. Zápředy byly hledány v libovolné části lesa, v libovolné sklonitosti a v libovolné vzdálenosti od dalších zápředů.

Během měření byly zaznamenány všechny světové orientace, při čemž některá měření byla ovlivněná situací v dané lokalitě. (vyvrácený strom, skalní masiv apod.)

Zápředy byly dokumentovány fotoaparátem Canon EOS 600D a některé snímky jsou zobrazeny v této práci. Data byla zaznamenána do tabulkového procesoru Microsoft office Excel 2013. Tabulky jsou též součástí této práce.



Obrázek 6: Teplotní mapa ČR s vyznačením místa výzkumu (<http://www.hajduch.net/cesko/>)

3. 1. 2. Lokalita č. 1

První lokalita se nachází nedaleko obce Perštejn na úpatí kopce, na jehož vrcholu chátá zřícenina hradu Šumburk. Na doslech od sondy je důležitá dopravní komunikace spojující Karlovy Vary a Chomutov. Zápředy byly zkoumány v rozmezí nadmořských výšek od 270 m. n. m. do 420 m. n. m. Porost je starý 80-100 let. Porost se rozkládá na přechodu klimatické oblasti mírně teplé a chladné.



Obrázek 7: Lokalita č. 1

Stromové patro

vrstva	oddíl	Druhy
1		<i>Larix decidua</i> (MD) 3%
2		<i>Pinus sylvestris</i> (SM) 60%, <i>Larix decidua</i> (MD) 30%
3		<i>Acer platanoides</i> (JV) 3%
4		-
5	1a	<i>Sorbus aucuparia</i> (JŘ) 3%, <i>Acer platanoides</i> (JV) 1%
	1b	-
	2	-

V porostu převládala borovice lesní *Pinus sylvestris* – 60 % a modřín opadavý *Larix decidua* – 30 %. Své zastoupení zde měla i pionýrská dřevina jeřáb ptačí *Sorbus aucuparia* – 3 %.

Popis bylinného patra

Rostlinný druh	%	Ellenbergova čísla	Životní forma	Životní strategie	Hamaerobní stupeň
Carex digitata	5	3544X3	H	csr	om
Luzula luzuloides	1	4X4X34	H	csr	om
Dryopteris filix-mas	3	3X3556	H	cs	om
Mercurialis perenis	3	253X77	G, H	cs	om
Asarum europaeum	10	355686	H, G	cs	om
Mycelis muralis	1	4525X6	H	csr	om
Stellaria holostea	5	563565	C	csr	om

Klimatické údaje a geologický podklad

Nejbližší meteorologická stanice je Měděnec (828 m.n.m.) a je vzdálená 6 km. Nachází se na přechodu mírně teplé a chladné klimatické oblasti s průměrnou roční teplotou 6°C - 7°C a průměrný roční úhrn srážek dosahuje 600-650 mm. Matečnou horninou na této lokalitě je ortorula. Půdním typem je kambizem modální.

Zápředy na lokalitě č. 1

Na této lokalitě jsem našel 231 zápředů, u kterých jsem zkoumal magnetickou orientaci. Z celkového počtu 231 zápředů jich většina směřovala jihovýchodním směrem. 20 zápředů směřovalo západním a 28 zápředů směrem jižním. 19 zápředů bylo

orientováno na východ a pouhých 10 záředů směřovalo na sever. Těchto 10 měření navíc bylo na specifických místech, jako byly vývraty a rozpadlý krmelec. Záředů jsem našel dostatečné množství, ale samotné zástupce cedivkovitých jsem nenalezl. Přisuzuji to velmi nadprůměrným teplotám, které panovaly dlouhou dobu.



Obrázek 8: Jeden ze záředů na lokalitě 1 (Martin Volf)

3.1.4. Lokalita č. 2

Druhá lokalita je od první vzdálená asi 3 km vzdušnou čarou. Nachází se téměř na vrcholu kopce, kde se tyčí televizní vysílač. Klimatické údaje jsou shodné s první plochou. Stáří porostu bylo odhadnuto na 80-100 let. Průměrná nadmořská výška lokality je 410 m.n.m.



Obrázek 15: Lokalita č. 2

Stromové patro

Vrstva	oddíl	druhy
1		
2		<i>Pinus sylvestris</i> (SM) 60%, <i>Fagus sylvatica</i> (BK) 30%
3		<i>Acer platanooides</i> (JV) 3%
4		-
5	1a	<i>Acer platanooides</i> (JV) 3%, <i>Sorbus aucuparia</i> (JŘ) 4%
	1b	-
	2	-

V porostu převládá borovice lesní se zastoupením 60 %. Druhým nejpočetnějším zástupcem byl buk lesní. Okrajovým zástupcem byl taky javor mléč a zástupcem pionýrských dřevin byl jeřáb ptačí

Popis bylinného patra

Rostlinný druh	%	Ellenbergova čísla	Životní forma	Životní strategie	Hamaerobní stupeň
Lamium maculatum	5	4X4678	H	csr	omb
Galium sylvaticum	3	554475	G	cs	om
Oxalis acetosella	5	1X3647	G, H	csr	omb
Viola reichenbachiana	1	454576	H	csr	om
Asarum europaeum	10	355686	H, G	cs	om
Urtica dioica	7	XXX668	H	c	mbc
Hedera helix	5	355686	Z	cs	omb

Geologický podklad

Matečnou horninou na této lokalitě je ortorula. V oblasti byla loňský rok (13. 5.) vykopána půdní sonda a hluboká 100 cm. Půdním typem je kambizem modální. Na půdním profilu jsem odlišil jednotlivé vrstvy: O – Ah – Bv – C.

Zápředy na lokalitě č. 2

Na této lokalitě jsem našel 203 zápředy, u kterých jsem zkoumal magnetickou orientaci. Z celkového počtu 203 zápředů jich opět většina směřovala jihovýchodním směrem. Zápředů jsem našel dostatečné množství, ale samotné zástupce cedivkovitých jsem podobně jako na lokalitě č. 1 nenalezl, jelikož sběr dat probíhal jen o několik dní později a stále panovalo nadprůměrně teplé a suché počasí.



Obrázek 16: Jeden ze zápředů na lokalitě č. 2 (Martin Volf)

3.1.6. Lokalita č. 3

3. lokalita se od prvních dvou nachází téměř 40 km vzdušnou čarou daleko. Sběr dat probíhal v nevelkém dubovém porostu s příměsí olše, kousek od obcí Nezabylice a Hořelec. Nedaleko se nachází soutok dvou menších říček Hačky a Chomutovky, který ovšem způsobuje pravidelné zaplavování v jarních měsících nebo alespoň zvyšování podzemní vody. Plocha se nachází v rovinném terénu v nadmořské výšce 270 m.n.m.



Obrázek 17: Lokalita č. 3

Stromové patro

vrstva	oddíl	druhy
1		
2		<i>Quercus robur</i> (DB) 80 %, <i>Alnus glutinosa</i> (OL) 15 %
3		
4		<i>Quercus robur</i> (DB) 3 %, <i>Populus tremula</i> (TP) 2 %
5	1a	
	1b	-
	2	-

V porostu převládá dub letní s menší příměsí olše lepkavé. Okrajově se zde setkáváme topolem osikou.

Popis bylinného patra

Rostlinný druh	%	Ellenbergova čísla	Životní forma	Životní strategie	Hamaerobní stupeň
Anemone nemorosa	10	XX3XXX	G	csr	om
Betonica officinalis	2	7654X3	H	c	om
Lamium maculatum	5	4X4678	H	csr	omb
Anemone ranunculoides	5	364688	G	csr	om
Polygonatum multiflorum	3	255564	G	csr	om

Geologický podklad

Matečnou horninou na této lokalitě je pískovec. V oblasti byla loňský rok (20. 5.) vykopána půdní sonda hluboká 95 cm. Půdním typem je glej fluvický. Na půdním profilu jsem odlišil jednotlivé vrstvy: Ot – Ahg – Gro M – Gor M.

Zápředy na lokalitě č. 3

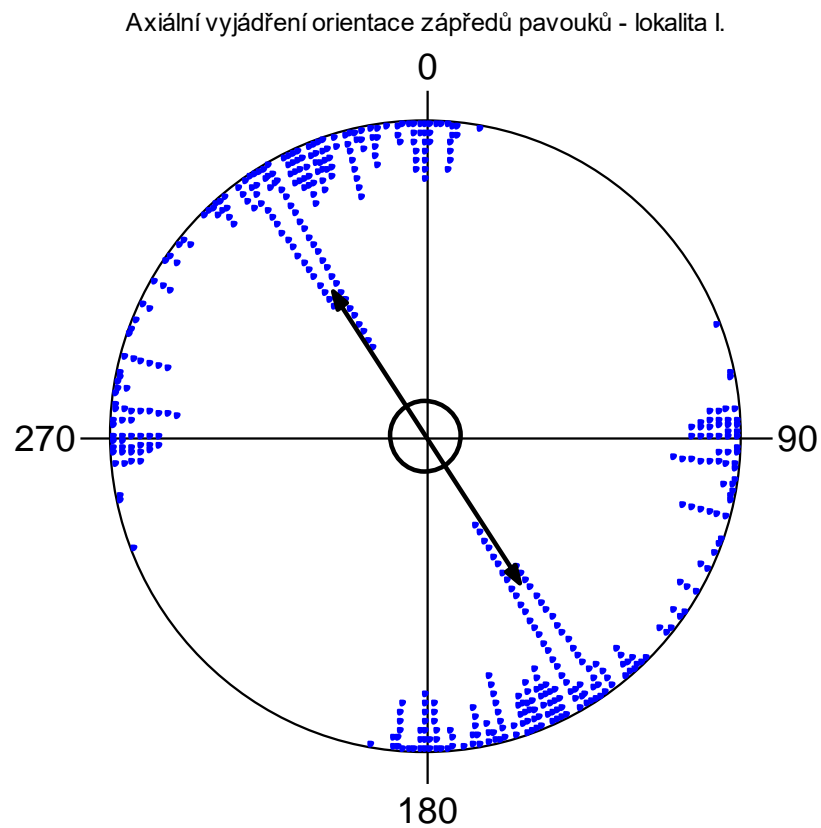
Na lokalitě č. 3 byl nalezen 201 zápřed. Většina jich opět byla orientována jihovýchodním směrem. Terén byl rovinný a na lokalitě nebyly žádné vývraty a jiné anomálie. Zápředy byly rozmístěny v celku rovnoměrně. Jelikož se lokalita nachází blízko soutoku 2 řek a teploty již nebyly tak tropické, bylo v porostu spatřeno mnoho živočichů.



Obrázek 18: Jeden ze zápředů na lokalitě č. 3 (Martin Volf)

4. VÝSLEDKY

4.1. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 1



Obrázek 19: Axiální vyjádření orientace záředů na lokalitě č. 1

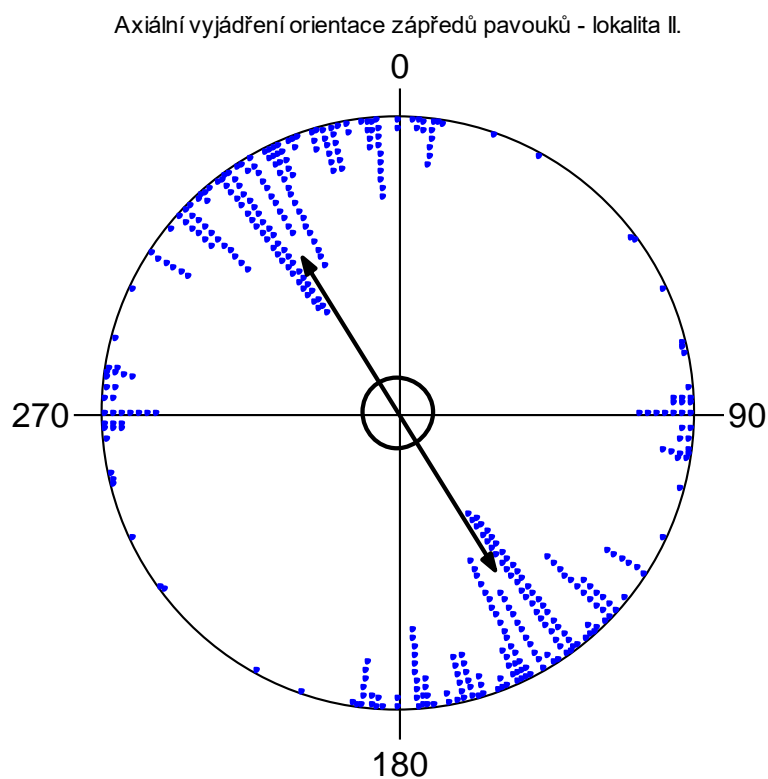
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	230
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	147, 247°
Length of Mean Vector (r)	0, 546
Concentration	1, 307
Circular Variance	0, 227
Circular Standard Deviation	31, 507°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	68, 614
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	252
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Výsledky statistické analýzy dat z lokality č. 1

Statistickým vyhodnocením 230 dat z lokality č. 1 byl zjištěn průměrný vektor 147° . Tento vektor je na axiálním histogramu (obrázek č. 19) znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikace dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

4.2. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 2



Obrázek 9: Axiální vyjádření orientace zápředů na lokalitě č. 2

Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	203
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	148,205°
Length of Mean Vector (r)	0,616
Concentration	1,577
Circular Variance	0,192
Circular Standard Deviation	28,194°

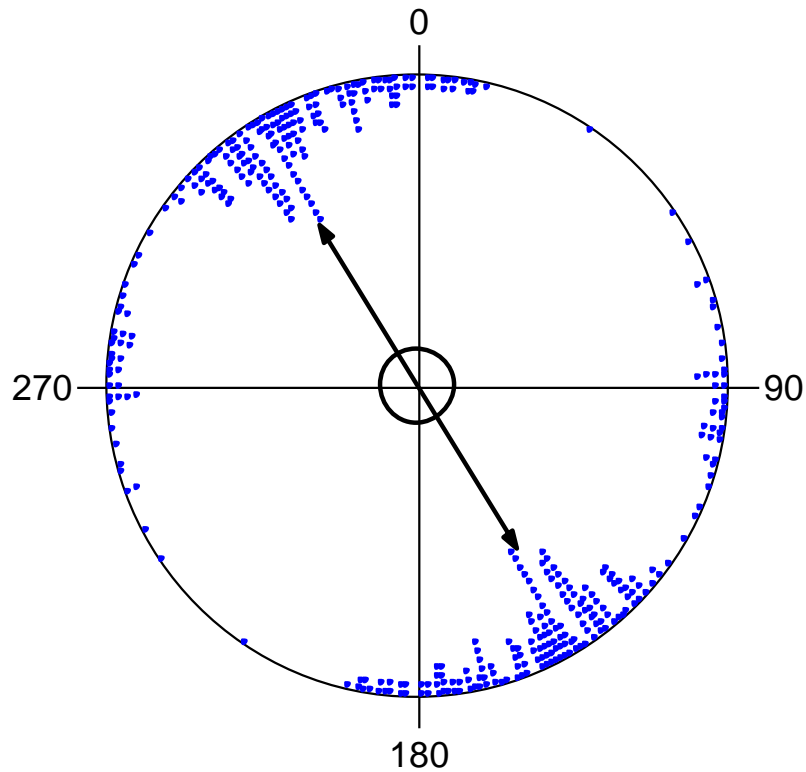
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	77,064
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	255,369
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Výsledky statistické analýzy dat z lokality č. 2

Statistickým vyhodnocením 203 dat z lokality č. 2 byl zjištěn průměrný vektor 148°. Tento vektor je na axiálním histogramu (obrázek č. 20) znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikace dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

4.3. Výsledky statistické analýzy na lokalitě č. 3

Axiální vyjádření orientace zápředů pavouků - lokalita III.



Obrázek 21: Axiální vyjádření orientace zápředů na lokalitě č. 3

Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	201
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	148,368°
Length of Mean Vector (r)	0,604
Concentration	1,527
Circular Variance	0,198
Circular Standard Deviation	28,75°

One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	73,415
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	223,881
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Výsledky statistické analýzy dat z lokality č. 3

Statistickým vyhodnocením 201 dat z lokality č. 3 byl zjištěn průměrný vektor 148°. Tento vektor je na axiálním histogramu (obrázek č. 21) znázorněn šipkou. Délka šipky odpovídá délce průměrného vektoru. Statistická signifikace dosažená při 5% hladině významnosti Rayleigh testu je znázorněna vnitřním kruhem.

5. DISKUZE

Tato bakalářská práce se zabývá působením magnetického pole na pavouky čeledi cedivkovití během tvorby jejich záředů na 3 lokalitách na úpatí Krušných hor. Celkem bylo pro tento účel naměřeno 634 záředů. Za pomoci programu Oriana byl z těchto naměřených údajů vypočten výsledný vektor, který nám vyjadřuje preferovaný směr při tvorbě záředů. Naměřená data byla vyhodnocena axiálně. Pomocí statistického programu Oriana byla všechna naměřená data přehledně zobrazena v růžicových diagramech (Obrázek 19-21).

Toto axiální vyhodnocení naměřených výsledků prokázalo preferenci severojižního směru při tvorbě záředů. Výsledný vektor ze všech 3 lokalit vyšel $147,94^\circ$. Obdobných výsledků bylo dosaženo i na jednotlivých lokalitách.

Poziční chování je jedním z hlavních projevů magnetorecepce – smyslu živočichů, kterým vnímají magnetické pole Země. Jak poziční chování, tak i další projevy magnetorecepce byly detailně popsány nejen zahraničními, ale i českými vědci. Mnou zjištěna severojižní preference byla popsána a dokázána u celé řady jiných živočichů. Například u srnce obecného (*Capreolus capreolus*), jelena evropského (*Cervus elaphus*) (Begall et al., 2008), lišky *Vulpes vulpes* při lovu hlodavců myškováním (Červený et al., 2011), skotu domácího (*Bos primigenius f. taurus*) (Burda et al., 2009; Begall et al., 2011), vodních ptáků, kteří přistávají na hladině, u psů a jejich defekaci (Hart et al., 2013), také u kaprů obecných (*Cyprinus carpio*) (Hart et al., 2012), odpočívajících úhořů říčních (*Anguilla Anguilla*) (Tesch, 1974) nebo také u pstruhů duhových (*Oncorhynchus mykiss*) (Chew a Brown, 1989).

Při axiálním vyhodnocení naměřených dat vycházely výsledné vektory velice podobně. Severojižní preferenci tedy můžeme potvrdit na všech 3 lokalitách. Mnou získané výsledky mohou být srovnatelné například s výsledky výzkumu Harta a kol. (2013), kteří sledovali magnetickou orientaci psů při vyměšování.

Magnetická preference směru se může taxonomicky lišit (Begall et al., 2012), ale předmětem této práce byl výzkum pouze jednoho druhu, v přibližně stejnou roční dobu a navíc na geograficky bližších lokalitách.

5. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce v její teoretické části bylo předložení dosavadního literárního přehledu znalostí o magnetorecepci a schopnosti jednotlivých druhů živočichů ji využívat. Práce zde pojednává o 3 základních druzích magnetické orientace, které živočichové využívají, dále práce postupuje od nejjednodušších živočichů ke složitějším a podává základní poznatky o magnetorecepci a jejím využívání. U každé skupiny živočichů je zmíněn i nejčastěji zkoumaný druh z hlediska magnetorecepce.

Praktická část byla zaměřena na magnetickou orientaci západů pavouků čeledi cedivkovití. Výzkum probíhal na třech na sobě nezávislých lokalitách na úpatí Krušných hor, v různých nadmořských výškách a na různě sklonitém terénu. Cílem výzkumu bylo nalézt na každé lokalitě alespoň 200 západů, aby bylo možné podat kvalitní statistický výstup. Celkem bylo nalezeno 634 západů, jejichž orientace byla analyzována statistickým programem Oriana. Jednotlivé analýzy ze všech lokalit potvrdily předchozí studie o magnetorecepci – tedy severojižní preferenci. Grafy zobrazující četnosti jednotlivých západů jsou součástí této práce.

Existuje mnoho studií týkajících se magnetismu a v současné době stále probíhá výzkum, ačkoliv s konkrétním zaměřením na pavouky v podstatě žádná. Každé další výzkumy a studie přináší spoustu dalších otázek, které se mohou stát předmětem výzkumu v budoucnu. I přesto, že výzkumů na téma magnetorecepce existuje již celá řada, je zkoumání v této oblasti stále spíše na svém počátku a většina informací a faktů teprve čeká na své odkrytí.

6. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ALVES, O. C.; WAJNBERG, E.; OLIVEIRA, J. F.; ESQUIVEL, D. M. *Magnetic Material Arrangement in Oriented Termites: a Magnetic Resonance Study*. *Journal of Magnetic Resonance*. 2004. roč. 168. č. 2. s. 246-251.

Aranearium. *Aranearium.cz*. [online]. 29.3.2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://aranearium.cz/cz/body.aspx?ven=cribellum>

AUGUST, P. V., AYVAZIAN, S. G. a ANDERSON, J. G. T. Magnetic orientation in a small mammal, *Peromyscus leucopus*. *Journal of mammalogy*. 1989, roč. 70, č. 1, s. 1-9.

BAKER, R. R. *Goal Orientation by Blindfolded Humans After Long Distance Displacement: Possible Involvement of a Magnetic Sense*. *Science*. 1980. roč. 210. č. 4469. s. 555-557.

Beazley, M. *Anatomie Země*. 1. vydání. Praha: Albatros. 1995. 121 s.

BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J., VOJTĚCH, O. a BURDA, H. Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008, roč. 105, č. 36, s. 13451-13455.

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., MALKEMPER, E. P., ČERVENÝ, J., NĚMEC, P. a BURDA, H. Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*. 2013, roč. 78, č. 1, s. 10-20.

BioLib.cz. *www.biolib.cz*. [online]. 4.5.2013 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.biolib.cz/cz/taxon/id484/>

BLAKEMORE, R. Magnetotactic bacteria. *Science*. 1975, roč. 190, č. 4212, s. 377-379.

BURDA, H., MARHOLD, S., WESTENBERGER, T., WILTSCHKO, R. a WILTSCHKO, W. Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyergidae). *Experientia*. 1990, roč. 46, č. 5, s. 528-530.

- BURDA, H., BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J. a NĚMEC, P. Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, roč. 106, č. 14, s. 5708-5713.
- CAMLITEPE, Y.; AKSOY, V.; UREN, N.; YILMAZ, A.; BECENEN, I. *An Experimental Analysis on the Magnetic Field Sensitivity of the Black-Meadow Ant Formica pratensis Retzius (Hymenoptera: Formicidae)*. *Acta biologica Hungarica*. 2005. roč. 56. č. 3-4. s. 215-224.
- COLLETT, T. S.; BARON, J. *Biological Compasses and the Coordinate Frame of Landmark Memories in Honeybees*. *Nature*. 1994. roč. 368. s. 137-140.
- ČERVENÝ, J., BEGALL, S., KOUBEK, P., NOVÁKOVÁ, P. a BURDA, H. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*. 2011, roč. 7, č. 3, s. 355-357.
- DE JONG, D. *Orientation of Comb Building by Honeybees*. *Journal of Comparative Physiology*. 1982. roč. 147. č. 4. s. 495-501.
- DEUTSCHLANDER, M. E., BORLAND, S. C. a PHILLIPS, J. B. Extraocular magnetic compass in newts. *Nature*. 1999, roč. 400, č. 6742, s. 324-325.
- DEUTSCHLANDER, M. E., FREAKE, M. J., BORLAND, S. C., PHILLIPS, J. B., MADDEN, R. C., ANDERSON, L. E. a 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.; MUHEIM, R. *Magnetic Orientation In Migratory Songbirds*. *Encyclopedia of Animal Behavior*. 2010. roč. 2. s. 314-323.
- DIEGO-RASILLA, F. J.; LUENGO, R. M.; PHILLIPS, J. B. Magnetic Compass Mediates Nocturnal Homing by the Alpine Newt, *Triturus alpestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2005. roč. 58. č. 4. s. 361-365.
- DIEGO-RASILLA, F. J.; LUENGO, R. M.; PHILLIPS, J. B. Use of a Magnetic Compass for Nocturnal Homing Orientation in the Palmate Newt, *Lissotriton helveticus*. *Ethology*. 2008. roč. 114. č. 8. s. 808-815.

- 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.
- DESOIL, M.; GILLIS, P.; GOSSUIN, Y.; PNAKHURST, Q. A.; HAUTOT, D. *Definitive Identification of Magnetite Nanoparticles in the Abdomen of the Honeybee *Apis mellifera**. *Journal of Physics: Conference Series*. 2005. roč. 17. s. 45-49.
- 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.
- EDER, S. H. K.; CADIOU, H.; MUHAMAD, A.; MCNAUGHTON, P. A.; KIRSCHVINK, J. L.; WINKLHOFER, M. *Magnetic Characterization of Isolated Candidate Vertebrate Magnetoreceptor Cells*. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 2012. roč. 109. č. 30.
- Ekolist.cz. *BEZK. ISSN 1802-9019*. [online]. 18.8.2011 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/pavouci-site-jak-vlastne-vznikaji>
- FALKENBERG, G.; FLEISSNER, G.; SCHUCHARDT, K.; KEUHBACHER, M.; THALAU, P.; MOURITSEN, H.; HEYERS, D.; WELLENREUTHER, G.; FLEISSNER, G. *Avian Magnetoreception: Elaborate Iron Mineral Containing Dendrites in the Upper Beak Seem to Be a Common Feature of Birds*. *Plos One*. 2010. roč. 5. č. 2. s. e9231.
- FILDES, B. N.; O'LOUGHLIN, B. J.; BRADSHAW, J. L.; EWENS, W. J. *Human Orientation with Restricted Sensory Information: no Evidence for Magnetic Sensitivity*. *Perception*. 1984. roč. 13. č. 3. s. 229-236.
- FLEISSNER, G.; STAHL, B.; THALAU, P.; FALKENBERG, G.; FLEISSNER, G. *A Novel Concept of Fe-Mineral-Based Magnetoreception: Histological and Physicochemical Data from the Upper Beak of Homing Pigeons*. *Naturwissenschaften*. 2007. č. 94. s. 631-642.
- FOLEY, L. E.; GEGEAR, R. J.; REPERT, S. M. *Human Cryptochrome Exhibits Light-Dependent Magnetosensitivity*. *Nature Communications*. 2011. roč. 2. č. 356.
- FORMICKI, K.; SADOWSKI, M.; TANSKI, A.; KORZELECKA-ORKISZ, A.; WINNICKI, A. *Behaviour of Trout (*Salmo trutta* L.) Larvae and Fry in a Constant Magnetic Field*. *Journal of Applied Ichthyology*. 2004a. roč. 20. č. 4. s. 290-294.

- FORMICKI, K.; SADOWSKI, M.; TANSKI, A.; WINNICKI, A. *Effects of Magnetic Fields on Fyke Net Performance*. Journal of Applied Ichthyology. 2004b. roč. 20. č. 5. s. 402-406.
- FRANKEL, R. B. a BLAKEMORE, R. P. Navigational compass in magnetic bacteria. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 1980, roč. 15-16, č. 3, s. 1562-1564.
- FRANSSON T.; JAKOBSSON, S.; JOHANSSON, P.; KULLBERG, C.; LIND, J.; VALLIN, A. *Magnetic Cues Trigger Extensive Refuelling*. Nature. 2001. roč. 414. č. 6859. s. 35-36.
- FREAKE, M. J.; BORLAND, C.; PHILLIPS, J. B. *Use 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. č. 111. s. 241-254.
- FREIRE, R.; BIRCH, T. E. *Conditioning to Magnetic Direction in the Peking Duck (Anas platyrhynchos domestica)*. Journal of Experimental Biology. 2012. č. 213. s. 3423-3426.
- FREIRE, R.; DUNSTON, E.; FLOWER, E. M.; MCKENZIE, G. L.; QUINN, Ch. T.; MICHELSEN, J. *Conditioned Response to a Magnetic Anomaly in the Peking Duck (Anas platyrhynchos domestica) Involves the Trigeminal Nerve*. Journal of Experimental Biology. 2012. č. 215. s. 2399-2404.
- GOULD, J. L.; ABLE, K. P. *Human homing: An elusive phenomenon*. Science. 1981. roč. 212. č. 4498. s. 1061-1063.
- GOULD, J., L.; KIRSCHVINK, J. L.; DEFFEYES, K. S.; BRINES, M. L. *Orientation of Demagnetized Bees*. Journal of Experimental Biology. 1980. č. 86. s. 1-8. 68
- GOULD, J. L. *Magnetoreception*. Current Biology. 2010. roč. 20. č. 10. s. 431-435.
- HANZLIK, M.; HEUNEMANN, Ch.; HOLTKAMP-RÖTZLER, E.; WINKLHOFER, M.; PETERSEN, N.; FLEISSNER, G. *Superparamagnetic Magnetite in the Upper Beak Tissue of Homing Pigeons*. BioMetals. 2000. č. 13. s. 325-331.
- HART, V., NOVÁKOVÁ, P., MALKEMPER, E. P., BEGALL, S., HANZAL, V., JEŽEK, M., KUŠTA, T., NĚMCOVÁ, V., ADÁMKOVÁ, J., BENEDIKTOVÁ, K., ČERVENÝ, J. a

BURDA, H. Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology*. 2013, roč. 10, č. 1, s. 1-12.

HABERLER.COM. . [online]. 1.7.2014 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.haberler.com/caretta-carettalar-gonullulere-emanet-6212936-haberi/>

HART, V.; KUŠTA, T.; NEMĚC, 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*. *Ploce 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*. 2013. roč. 10. č. 1. s. 1-10.

Herpetology.cz. © 2012-2014 *Herpetology.cz*. [online]. 29.3.2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.herpetology.cz/en/photos/terrarium/amphibians/colek-zelenavy-notophthalmus-viridescens/>

HOLLAND, R. A, THORUP, K., VONHOF, M. J., COCHRAN, W. W. a WIKELSKI, M. Navigation: Bat orientation using Earth's magnetic field. *Nature*. 2006, roč. 444, č. 7120, s. 702-702. 39

HOLLAND, R. A., KIRSCHVINK, J. L., DOAK, T. G. a WIKELSKI, M. Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field. *PLoS One*. 2008, roč. 3, č. 2, e1676.

HOLLAND, R. A.; HELM, B. *A Strong Magnetic Pulse Affects the Precision of Departure Direction of Naturally Migrating Adult but not Juvenile Birds*. *Journal of the Royal Society Interface*. 2013. roč. 10. č. 81. s. 20121047.

HORŮNEK, J. *Magnetorecepční chování švába amerického (Periplaneta americana)*. Diplomová práce. Brno. Masarykova univerzita. 2009.

HSU, Ch-Y; LI Ch-W. *Magnetoreception in Honeybees*. *Nature*. 1994. roč. 265. č. 5168. s. 95-97.

CHEW, G. L.; BROWN, G. E. *Orientation of Rainbow Trout (Salmo gairdneri) in Normal and Null Magnetic Fields*. *Canadian Journal of Zoology*. 1989. roč. 67. č. 3. s. 641-643.

- CHITTKA, L.; WILLIAMS, N. M.; RASMUSSEN, H.; THOMSON, J. D. *Navigation Without Vision: Bumblebee Orientation in Complete Darkness*. Proceedings: Biological Sciences. 1999. roč. 266. č. 1414. s. 45-50.
- JANDER, R.; JANDER, U. *The Light and Magnetic Compass of the Weaver Ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae)*. Ethology. 1998. roč. 104. č. 9. s. 743-748.
- JOHNSEN, S. a LOHMANN, K. J. The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nature Reviews Neuroscience*. 2005, roč. 6, č. 9, s. 703-712.
- JOHNSEN, S.; LOHMANN, K. *Magnetoreception in Animals*. Physics Today. 2008. roč. 29. č. 3. s. 29-35.
- KIMCHI, T. A. L. I. a TERKEL, J. Magnetic compass orientation in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi*. *Journal of Experimental Biology*. 2001, roč. 204, č. 4, s. 751-758.
- KIRSCHVINK, J. L.; DIZON, A. E.; WESTPAL, J. A. *Evidence from Strandings for Geomagnetic Sensitivity in Cetaceans*. *Journal of Experimental Biology*. 1986. roč. 120. s. 1-24.
- KIRSCHVINK, J. L.; KOBAYASHI, A. *Is Geomagnetic Sensitivity Real? Replication of the Walker-Bitterman Magnetic Conditioning Experiment in Honey Bees*. *American Zoologist*. 1991. roč. 31. č. 1. s. 169-186.
- KIRSCHVINK, J. L.; KOBAYASHI-KIRSCHVINK, A.; DIAZ-RICCI, J. C.; KIRSCHVINK, S. J. *Magnetite in Human Tissues: a Mechanism for the Biological Effects of Weak ELF Magnetic Fields*. *Bioelectromagnetics*. 1992. roč. 13. č. 1. s. 101-113.
- KIRSCHVINK, J. L.; WALKER, M. M.; CHANG, S-B. R.; DIZON, A. E.; PETERSON, K. A. *Chains of Single-Domain Magnetite Particles in Chinook Salmon, *Oncorhynchus tshawytscha**. *Journal of Comparative Physiology A*. 1985. roč. 157. s. 375-381.
- LANDLER, L.; GOLLMANN, G. *Magnetic Orientation of the Common Toad: Establishing an Arena Approach for Adult Anurans*. *Frontiers in Zoology*. 2011. roč. 8. č. 6. s. 1-9.
- LEUCHT, T. *Interactions of Light and Gravity Reception With Magnetic Fields in *Xenopus laevis**. *Journal of Experimental Biology*. 1990. č. 148. s. 325-334.
- LEUCHT, T.; MARTIN, H. *Interactions Between E-Vector Orientation and Weak, Steady Magnetic Fields in the Honeybee, *Apis mellifica**. *Naturwissenschaften*. 1990. roč. 77. č. 3. s. 130-133. 73

- LEUCHT, T. Responses to Light Under Varying Magnetic Conditions in the Honeybee, *Apis mellifica*. Journal of Comparative Physiology A. 1984. roč. 154. č. 6. s. 865-870.
- LIGHT, P.; SALMON, M.; LOHMANN, K. J. Geomagnetic Orientation of Loggerhead Sea Turtles: Evidence for an Inclination Compass. Journal of Experimental Biology. 1993. č. 182. s. 1-10.
- LINNEBACH, E. A New Mechanism of a Cell-based Electrochemical Magnetoreceptor (online). [cit. 2014-03-05]. Dostupný také z WWW:
<http://www.researchgate.net/publication/256296586_A_new_mechanism_of_a_cell-based_electrochemical_magnetoreceptor/file/72e7e522372b203d24.pdf>.
- LOHMANN, J. K. Magnetic-field perception. *Nature*. 2010, roč. 464, s. 1140-1142.
- LOHMANN, K., J. a JOHNSEN, S. The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. *Trends in Neurosciences*. 2000, roč. 23, č. 4, s. 153-159.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN C. M. F. A Light-Independent Magnetic Compass in the Leatherback Sea Turtle. *The Biological Bulletin*. 1993. roč. 185. č. 1. s. 149-151.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN C. M. F. Detection of Magnetic Field Intensity by Sea Turtles. *Nature*. 1996. roč. 380. s. 59-61.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN C. M. F. Detection of Magnetic Inclination Angle by Sea Turtles: A Possible Mechanism for Determining Latitude. *Journal of Experimental Biology*. 1994. č. 194. s. 23-32.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN C. M. F. Migratory Guidance Mechanisms in Marine Turtles. *Journal of Avian Biology*. 1998. roč. 28. s. 585-596.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN, C. M. F.; PUTMAN, N. Magnetic Maps in Animals: Nature's GPS. *The Journal of Experimental Biology*. 2007. roč. 210. s. 3697-3705.
- LOHMANN, K. J.; LOHMANN, C. M. F. The Magnetic Map of Hatchling Loggerhead Sea Turtles. *Current Opinion in Neurobiology*. 2012. roč. 22. č. 2. s. 336-342.
- LOHMANN, K. J.; PUTMAN, N. F.; LOHMANN C. M. F. The Magnetic Map of Hatchling Loggerhead Sea Turtles. *Current Opinion in Neurobiology*. 2012. roč. 22. s. 336-342.

MADDEN, R. C.; PHILLIPS, J. B. *An Attempt to Demonstrate Magnetic Compass Orientation in Two Species of Mammals*. *Animal Learning and Behaviour*. 1987. roč. 15. č. 2. s. 130-134.

MAHER, B. A. *Magnetite Biomineralization in Termites*. *Proceedings: Biological Sciences*. 1998. roč. 265. č. 1397. s. 733-737.

MAREK, C.; BISSANTZ, N.; CURIO, E.; SIEGERT, A.; TACUD, B.; ZIGGEL, D. *Spatial Orientation of the Philippine Bent-Toed Gecko (*Cyrtodactylus philippinus*) in Relation to its Home Range*. *Salamandra*. 2010. roč. 46. č. 2. s. 93-97.

MORA, C. V.; DAVISON, M.; WILD, J. M.; WALKER, M. M. *Magnetoreception and its Trigeminal Mediation in the Homing Pigeon*. *Nature*. 2004. roč. 432. s. 508-511.

Natura Bohemica . © *Natura Bohemica 2008 – 2016 ISSN 1805-126X*. [online]. 30.12.2008 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.naturabohemica.cz/callobius-claustrarius/>

NĚMEC, P. a VÁCHA, M. Mechanismy magnetorecepce. *Vesmír*. 2007, vol. 86, Květen, s. 284-289.

NISHIMURA, T.; OKANO, H.; TADA, H.; NISHIMURA, E.; SUGIMOTO, K.; MOHRI, K.; FUKUSHIMA, M. *Lizards Respond to an Extremely Low-Frequency Electromagnetic Field*. *The Journal of Experimental Biology*. 2010. č. 213. s. 1985-1990.

PAULIN, M. G. Electoreception and the compass sense of sharks. *Journal of Theoretical Biology*. 1995, roč. 174, č. 3, s. 325-339.

PAVOUCI. *Web je sponzorován firmou LTweb s.r.o.* [online]. 29.3.2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.pavouci-cz.eu/Pavouci.php?celed=Amaurobiidae>.

PHILLIPS, J. B.; ADLER, K. *Directional and Discriminatory Responses of Salamanders to Weak Magnetic Fields*. *Proceedings in Life Science*. 1978. s. 325-333.

PHILLIPS, J. B.; BORLAND Ch. *Use of a Magnetireception System for Homing by the Eastern Red-Spotted Newt *Notophthalmus viridescens**. *Journal of Experimental Biology*. 1994. roč. 188. s. 275-291. 77

PHILLIPS, J. B. *Magnetic Compass Orientation in the Eastern Red-Spotted Newt (Notophthalmus viridescens)*. Journal of Comparative Physiology A. 1986. roč. 158. č. 1. s. 103-109.

PHILLIPS, J. B. *Use of the earth's magnetic field by orienting cave salamanders (Eurycea lucifuga)*. Journal of Comparative Physiology. 1977. roč. 121. č. 2. s. 273-288.

PRATO, F. S.; DESJARDINS-HOLMES, D.; KEENLISIDE, L. D.; DEMOOR, J. M.; ROBERTSON, J. A.; THOMAS, A. W. Magnetoreception in Laboratory Mice: Sensitivity to Extremely low-Frequency Fields Exceeds 33 nT at 30 Hz. Journal of Royal Society Interface. 2013. roč. 10. s. 20121046.

PRATO, F. S.; DESJARDINS-HOLMES, D.; KEENLISIDE, L. D.; MCKAY, J. C.; ROBERTSON, J. A.; THOMAS, A. W. Light Alters Nociceptive Effects of Magnetic Field Shielding in Mice: Intensity and Wavelength Considerations. Journal of Royal Society Interface. 2009. roč. 6. č. 30. s. 17-28.

PŮŽOVÁ, T. *Vliv světla na magnetorecepční chování potemníka moučného (Tenebrio molitor L.)*. Diplomová práce. Brno. Masarykova univerzita. 2007.

QUINN, T. P.; MERRILL, R. T.; BRANNON, E. L. *Magnetic Field Detection in Sockeye Salmon*. Journal of Experimental Zoology. 1981. roč. 217. č. 1. s. 137-142.

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.

SEMM, P., NOHR, D., DEMAINE, C. a WILTSCHKO, W. Neural basis of the magnetic compass: interactions of visual, magnetic and vestibular inputs in the pigeon's brain. *Journal of Comparative Physiology A*. 1984, roč. 155, č. 3, s. 283-288.

SCHLEGEL, P. A.; RENNER, H. *Innate Preference for Magnetic Compass Direction in the Alpine Newt, Triturus alpestris (Salamandridae, Urodela)?* Journal of Ethology. 2007. roč. 25. č. 2. s. 185-193.

SINSCH, U. *Orientation and Navigation in Amphibia*. Marine and Freshwater Behaviour Physiology. 2006. roč. 39. č. 1. s. 65-71.

Sites at Penn State. Copyright 2016 Zach Fuller. [online]. 29.3.2016 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://sites.psu.edu/zachfuller/research/>

SOLOV'YOV, I. A.; GREINER, W. *Iron-mineral-based Magnetoreceptor in Birds: Polarity or Inclination Compass?* The European Physical Journal D. 2009. roč. 51. s. 161-172.

TESCH, F. W. *Influence of Geomagnetism and Salinity on the Directional Choice of Eels.* Helgoländer wiss. Meeresunters. 1974. roč. 26. s. 382-395.

THE ROYAL SOCIETY PUBLISHING. *ONLINE ISSN 1742-5662 Copyright © 2016 The Royal Society.* [online]. 27.1.2010 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z:http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/7/Suppl_2/S193

TIAN, L., LIN, W., ZHANG, S. a PAN, Y. Bat head contains soft magnetic particles: evidence from magnetism. *Bioelectromagnetics*. 2010, roč. 31, č. 7, s. 499-503.

TOMANOVÁ, K. *Test magnetorecepce potemníka hnědého (Trilobium castaneum).* Diplomová práce. Brno. Masarykova univerzita. 2009.

VÁCHA, M. a NĚMEC, P. Kompas a mapa. *Vesmír*. 2007, vol. 86, Duben, s. 224-228.

VÁCHA, M.; DRŠTKOVÁ, D.; PŮŽOVÁ, T. *Tenebrio Beetles Use Magnetic Inclination Compass.* Naturwissenschaften. 2008. roč. 95. č. 8. s. 761-765.

VÁLKOVÁ, T. *Na světle závislá magnetorecepce hmyzu.* Rigorózní práce. Brno. Masarykova univerzita. 2010.

VOWLES, D. M. *The Orientation of Ants II. Orientation to Light, Gravity and Polarized Light.* Journal of Experimental Biology. 1954. roč. 31. s. 356-357.

WAJNBERG, E.; ACTOSA-AVALOS, D.; ALVES, Odivaldo Cambraia; OLIVEIRA, J. F. de; SRYGLEY, Robert B.; ESQUIVEL, Darci M. S. *Magnetoreception in Eusocial Insect: an Update.* Journal of the Royal Society. 2010. roč. 7. č. 2. s. 207-225.

WALKER, M. M.; KIRSCHVINK, J. L.; CHANG, S-B. R.; DIZON, A. E. *A Candidate Magnetic Sense Organ in the yellowfin tuna, Thunnus albacares.* Science. 1984. roč. 224. č. 4650. s. 751-753.

WANG, Y., PAN, Y., PARSONS, S., WALKER, M. a ZHANG, S. Bats respond to polarity of a magnetic field. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2007, roč. 274, č. 1627, s. 2901-2905.

- WESTBY, G. W.; PERTRIDGE, K. J. *Human Homing: Still no Evidence Despite Geomagnetic Controls*. *Journal of Experimental Biology*. 1986. roč. 120. s. 325-331.
- 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, W. a WILTSCHKO, R. *Magnetic orientation in birds*. *Journal of Experimental Biology*. 1996, roč. 199, č. 1, s. 29-38.
- WILTSCHKO, W. a WILTSCHKO, R. *Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals*. *Journal of Comparative Physiology A*. 2005, roč. 191, č. 8, s. 675-693.
- WILTSCHKO, R.; DENZAU, S.; GEHRING, D.; THALAU, P.; WILTSCHKO, W. *Magnetic Orientation of Migratory Robins, *Erithacus rubecula*, under Long-Eavelength Light*. *Journal of Experimental Biology*. 2011. roč. 214. s. 3096-3101.
- WILTSCHKO, R.; WILTSCHKO, W. *Magnetoreception*. *BioEssays*. 2006. roč. 28. č. 2. s. 157-168.
- WILTSCHKO, W.; FREIRE, R.; MUNRO, U.; RITZ, T.; ROGERS, L.; THALAU, P.; WILTSCHKO, R. *The Magnetic Compass of Domestic Chicken, *Gallus gallus**. *Journal of Experimental Biology*. 2007. roč. 210. s. 2300-2310.
- WILTSCHKO, W.; WILTSCHKO, R. *Magnetic Compass of European Robins*. *Science*. 1972. roč. 176. č. 4030. s. 62-64.
- WILZECK, Ch.; WILTSCHKO, W.; GÜUNTÜRKÜN, O.; WILTSCHKO, R.; PRIOR, H. *Lateralization of Magnetic Compass Orientation in Pigeons*. *Journal of Royal Society Interface*. 2010. roč. 7. s. 235-240.
- WINKLHOFER, M. *The physics of geomagnetic-field transduction in animals*. *Magnetics, IEEE Transactions on*. 2009, roč. 45, č. 12, s. 5259-5265.
- YAN, L.; TAO, S. *Avian Magnetoreception Model Realized by Coupling Magnetite-based Mechanism with Radical-pair-based Mechanism*. *Chinese Physics B*. 2013. roč. 22. č. 4. s. 04870-1-048701-8.

YANO, A.; OGURA, M.; SATO, A.; SAKAKI, Y.; SHIMIZU, Y.; BABA, N.; NAGASAWA, K. *Effect of Modified Magnetic Field on the Ocean Migration of Maturing Chum Salmon, Oncorhynchus keta*. Marine Biology. 1997. roč. 129. s. 523-530.

ZŠ a MŠ VYSOKÁ. *web & design WEBHOUSE®*, redakční systém *vismo®* . [online]. 16.12.2015 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z:<http://www.zsvysoka.cz/magneticke-pole-zeme/d-1443#search>.

7. PŘÍLOHY

Tabulka s naměřenými daty z lokality č. 1

Habitat	Rok	Měsíc	Den	Čas	Orientace
BO les	2015	8	5	13-17 hod	95
BO les	2015	8	3	13-17 hod	120
BO les	2015	8	3	13-17 hod	102
BO les	2015	8	3	13-17 hod	153
BO les	2015	8	3	13-17 hod	112
BO les	2015	8	3	13-17 hod	181
BO les	2015	8	3	13-17 hod	175
BO les	2015	8	3	13-17 hod	99
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	351
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	156
BO les	2015	8	3	13-17 hod	348
BO les	2015	8	3	13-17 hod	101
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	358
BO les	2015	8	3	13-17 hod	275
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	351
BO les	2015	8	3	13-17 hod	357
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	190
BO les	2015	8	3	13-17 hod	184
BO les	2015	8	3	13-17 hod	178
BO les	2015	8	3	13-17 hod	154
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	88
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	178
BO les	2015	8	3	13-17 hod	186
BO les	2015	8	3	13-17 hod	109
BO les	2015	8	3	13-17 hod	125
BO les	2015	8	3	13-17 hod	120
BO les	2015	8	3	13-17 hod	181
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	185
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150

BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	168
BO les	2015	8	3	13-17 hod	183
BO les	2015	8	3	13-17 hod	268
BO les	2015	8	3	13-17 hod	186
BO les	2015	8	3	13-17 hod	270
BO les	2015	8	3	13-17 hod	149
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	170
BO les	2015	8	3	13-17 hod	159
BO les	2015	8	3	13-17 hod	265
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	185
BO les	2015	8	3	13-17 hod	179
BO les	2015	8	3	13-17 hod	259
BO les	2015	8	3	13-17 hod	356
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	156
BO les	2015	8	3	13-17 hod	148
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	179
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	160
BO les	2015	8	3	13-17 hod	138
BO les	2015	8	3	13-17 hod	175
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	258
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	178
BO les	2015	8	3	13-17 hod	185
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	153
BO les	2015	8	3	13-17 hod	160
BO les	2015	8	3	13-17 hod	178
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	181
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150

BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	275
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	270
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	138
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	170
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	99
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	265
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	115
BO les	2015	8	3	13-17 hod	275
BO les	2015	8	3	13-17 hod	355
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	160
BO les	2015	8	3	13-17 hod	115
BO les	2015	8	3	13-17 hod	95
BO les	2015	8	3	13-17 hod	85
BO les	2015	8	3	13-17 hod	267
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	185
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	160
BO les	2015	8	3	13-17 hod	128
BO les	2015	8	3	13-17 hod	135
BO les	2015	8	3	13-17 hod	185
BO les	2015	8	3	13-17 hod	180
BO les	2015	8	3	13-17 hod	100
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	110
BO les	2015	8	3	13-17 hod	120

BO les	2015	8	3	13-17 hod	125
BO les	2015	8	3	13-17 hod	105
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	146
BO les	2015	8	3	13-17 hod	137
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	5
BO les	2015	8	3	13-17 hod	88
BO les	2015	8	3	13-17 hod	178
BO les	2015	8	3	13-17 hod	85
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	140
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	156
BO les	2015	8	3	13-17 hod	170
BO les	2015	8	3	13-17 hod	153
BO les	2015	8	3	13-17 hod	93
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	168
BO les	2015	8	3	13-17 hod	93
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	163
BO les	2015	8	3	13-17 hod	267
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	154
BO les	2015	8	3	13-17 hod	167
BO les	2015	8	3	13-17 hod	153
BO les	2015	8	3	13-17 hod	124
BO les	2015	8	3	13-17 hod	161
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	129
BO les	2015	8	3	13-17 hod	137
BO les	2015	8	3	13-17 hod	170
BO les	2015	8	3	13-17 hod	161
BO les	2015	8	3	13-17 hod	270
BO les	2015	8	3	13-17 hod	268
BO les	2015	8	3	13-17 hod	159
BO les	2015	8	3	13-17 hod	136
BO les	2015	8	3	13-17 hod	129
BO les	2015	8	3	13-17 hod	138
BO les	2015	8	3	13-17 hod	149
BO les	2015	8	3	13-17 hod	143
BO les	2015	8	3	13-17 hod	267
BO les	2015	8	3	13-17 hod	249

BO les	2015	8	3	13-17 hod	143
BO les	2015	8	3	13-17 hod	161
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	139
BO les	2015	8	3	13-17 hod	269
BO les	2015	8	3	13-17 hod	88
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	167
BO les	2015	8	3	13-17 hod	154
BO les	2015	8	3	13-17 hod	149
BO les	2015	8	3	13-17 hod	170
BO les	2015	8	3	13-17 hod	165
BO les	2015	8	3	13-17 hod	143
BO les	2015	8	3	13-17 hod	166
BO les	2015	8	3	13-17 hod	154
BO les	2015	8	3	13-17 hod	139
BO les	2015	8	3	13-17 hod	148
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	159
BO les	2015	8	3	13-17 hod	161
BO les	2015	8	3	13-17 hod	156
BO les	2015	8	3	13-17 hod	272
BO les	2015	8	3	13-17 hod	90
BO les	2015	8	3	13-17 hod	93
BO les	2015	8	3	13-17 hod	95
BO les	2015	8	3	13-17 hod	89
BO les	2015	8	3	13-17 hod	95
BO les	2015	8	3	13-17 hod	156
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	148
BO les	2015	8	3	13-17 hod	275
BO les	2015	8	3	13-17 hod	87
BO les	2015	8	3	13-17 hod	158
BO les	2015	8	3	13-17 hod	146
BO les	2015	8	3	13-17 hod	145
BO les	2015	8	3	13-17 hod	138
BO les	2015	8	3	13-17 hod	147
BO les	2015	8	3	13-17 hod	96
BO les	2015	8	3	13-17 hod	143
BO les	2015	8	3	13-17 hod	98
BO les	2015	8	3	13-17 hod	268
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150

BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	155
BO les	2015	8	3	13-17 hod	159
BO les	2015	8	3	13-17 hod	163
BO les	2015	8	3	13-17 hod	90
BO les	2015	8	3	13-17 hod	90
BO les	2015	8	3	13-17 hod	87
BO les	2015	8	3	13-17 hod	150
BO les	2015	8	3	13-17 hod	160
BO les	2015	8	3	13-17 hod	154
BO les	2015	8	3	13-17 hod	353
BO les	2015	8	3	13-17 hod	2

Tabulka s naměřenými daty z lokality č. 2

Habitat	Rok	Měsíc	Den	Čas	Orientace
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	189
BO les	2015	8	28	13-16 hod	267
BO les	2015	8	28	13-16 hod	148
BO les	2015	8	28	13-16 hod	184
BO les	2015	8	28	13-16 hod	155
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	270
BO les	2015	8	28	13-16 hod	355
BO les	2015	8	28	13-16 hod	90
BO les	2015	8	28	13-16 hod	98
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	98
BO les	2015	8	28	13-16 hod	90
BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	138
BO les	2015	8	28	13-16 hod	180
BO les	2015	8	28	13-16 hod	188
BO les	2015	8	28	13-16 hod	233
BO les	2015	8	28	13-16 hod	258
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150

BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	4
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	163
BO les	2015	8	28	13-16 hod	322
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	155
BO les	2015	8	28	13-16 hod	144
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	234
BO les	2015	8	28	13-16 hod	88
BO les	2015	8	28	13-16 hod	65
BO les	2015	8	28	13-16 hod	29
BO les	2015	8	28	13-16 hod	170
BO les	2015	8	28	13-16 hod	159
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	156
BO les	2015	8	28	13-16 hod	256
BO les	2015	8	28	13-16 hod	267
BO les	2015	8	28	13-16 hod	279
BO les	2015	8	28	13-16 hod	97
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	156
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	168
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	77
BO les	2015	8	28	13-16 hod	98
BO les	2015	8	28	13-16 hod	270
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	153
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143

BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	90
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	275
BO les	2015	8	28	13-16 hod	180
BO les	2015	8	28	13-16 hod	270
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	138
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	170
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	156
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	163
BO les	2015	8	28	13-16 hod	156
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	158
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	355
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	105
BO les	2015	8	28	13-16 hod	160
BO les	2015	8	28	13-16 hod	115
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	147
BO les	2015	8	28	13-16 hod	183
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145

BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	174
BO les	2015	8	28	13-16 hod	174
BO les	2015	8	28	13-16 hod	135
BO les	2015	8	28	13-16 hod	185
BO les	2015	8	28	13-16 hod	164
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	137
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	156
BO les	2015	8	28	13-16 hod	173
BO les	2015	8	28	13-16 hod	5
BO les	2015	8	28	13-16 hod	88
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	85
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	140
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	93
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	174
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	163
BO les	2015	8	28	13-16 hod	267
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	354
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132
BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	155
BO les	2015	8	28	13-16 hod	129
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187

BO les	2015	8	28	13-16 hod	165
BO les	2015	8	28	13-16 hod	268
BO les	2015	8	28	13-16 hod	159
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	153
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	123
BO les	2015	8	28	13-16 hod	199
BO les	2015	8	28	13-16 hod	145
BO les	2015	8	28	13-16 hod	150
BO les	2015	8	28	13-16 hod	167
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	98
BO les	2015	8	28	13-16 hod	99
BO les	2015	8	28	13-16 hod	90
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	134
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	139
BO les	2015	8	28	13-16 hod	148
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	187
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132
BO les	2015	8	28	13-16 hod	154
BO les	2015	8	28	13-16 hod	176
BO les	2015	8	28	13-16 hod	93
BO les	2015	8	28	13-16 hod	95
BO les	2015	8	28	13-16 hod	143
BO les	2015	8	28	13-16 hod	132

Tabulka s naměřenými daty z lokality č. 3

Habitat	Rok	Měsíc	Den	Čas	Orientace
DB les	2015	9	17	11-15 hod	113
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	182
DB les	2015	9	17	11-15 hod	287
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	193
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	268
DB les	2015	9	17	11-15 hod	5
DB les	2015	9	17	11-15 hod	87
DB les	2015	9	17	11-15 hod	100
DB les	2015	9	17	11-15 hod	160
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	120
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	104
DB les	2015	9	17	11-15 hod	259
DB les	2015	9	17	11-15 hod	155
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	191
DB les	2015	9	17	11-15 hod	179
DB les	2015	9	17	11-15 hod	242
DB les	2015	9	17	11-15 hod	254
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	125
DB les	2015	9	17	11-15 hod	358
DB les	2015	9	17	11-15 hod	142
DB les	2015	9	17	11-15 hod	153
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	149
DB les	2015	9	17	11-15 hod	160
DB les	2015	9	17	11-15 hod	289
DB les	2015	9	17	11-15 hod	165
DB les	2015	9	17	11-15 hod	155
DB les	2015	9	17	11-15 hod	142
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	156

DB les	2015	9	17	11-15 hod	255
DB les	2015	9	17	11-15 hod	98
DB les	2015	9	17	11-15 hod	56
DB les	2015	9	17	11-15 hod	34
DB les	2015	9	17	11-15 hod	159
DB les	2015	9	17	11-15 hod	159
DB les	2015	9	17	11-15 hod	142
DB les	2015	9	17	11-15 hod	168
DB les	2015	9	17	11-15 hod	276
DB les	2015	9	17	11-15 hod	250
DB les	2015	9	17	11-15 hod	278
DB les	2015	9	17	11-15 hod	105
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	153
DB les	2015	9	17	11-15 hod	151
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	128
DB les	2015	9	17	11-15 hod	172
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	159
DB les	2015	9	17	11-15 hod	165
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	82
DB les	2015	9	17	11-15 hod	99
DB les	2015	9	17	11-15 hod	272
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	165
DB les	2015	9	17	11-15 hod	149
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	175
DB les	2015	9	17	11-15 hod	93
DB les	2015	9	17	11-15 hod	151
DB les	2015	9	17	11-15 hod	160
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	270
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	275
DB les	2015	9	17	11-15 hod	191

DB les	2015	9	17	11-15 hod	268
DB les	2015	9	17	11-15 hod	148
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	149
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134
DB les	2015	9	17	11-15 hod	182
DB les	2015	9	17	11-15 hod	130
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	156
DB les	2015	9	17	11-15 hod	176
DB les	2015	9	17	11-15 hod	132
DB les	2015	9	17	11-15 hod	176
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	190
DB les	2015	9	17	11-15 hod	250
DB les	2015	9	17	11-15 hod	153
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	355
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	132
DB les	2015	9	17	11-15 hod	104
DB les	2015	9	17	11-15 hod	160
DB les	2015	9	17	11-15 hod	115
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	176
DB les	2015	9	17	11-15 hod	147
DB les	2015	9	17	11-15 hod	173
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	142
DB les	2015	9	17	11-15 hod	139
DB les	2015	9	17	11-15 hod	159
DB les	2015	9	17	11-15 hod	172
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	185
DB les	2015	9	17	11-15 hod	164
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	183
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	176

DB les	2015	9	17	11-15 hod	156
DB les	2015	9	17	11-15 hod	175
DB les	2015	9	17	11-15 hod	358
DB les	2015	9	17	11-15 hod	88
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	85
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	187
DB les	2015	9	17	11-15 hod	137
DB les	2015	9	17	11-15 hod	142
DB les	2015	9	17	11-15 hod	170
DB les	2015	9	17	11-15 hod	100
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	174
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	169
DB les	2015	9	17	11-15 hod	273
DB les	2015	9	17	11-15 hod	138
DB les	2015	9	17	11-15 hod	160
DB les	2015	9	17	11-15 hod	3
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	132
DB les	2015	9	17	11-15 hod	170
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	128
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134
DB les	2015	9	17	11-15 hod	153
DB les	2015	9	17	11-15 hod	189
DB les	2015	9	17	11-15 hod	163
DB les	2015	9	17	11-15 hod	274
DB les	2015	9	17	11-15 hod	161
DB les	2015	9	17	11-15 hod	170
DB les	2015	9	17	11-15 hod	148
DB les	2015	9	17	11-15 hod	179
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	168
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	186
DB les	2015	9	17	11-15 hod	134

DB les	2015	9	17	11-15 hod	156
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	143
DB les	2015	9	17	11-15 hod	187
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	167
DB les	2015	9	17	11-15 hod	154
DB les	2015	9	17	11-15 hod	98
DB les	2015	9	17	11-15 hod	100
DB les	2015	9	17	11-15 hod	88
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	152
DB les	2015	9	17	11-15 hod	149
DB les	2015	9	17	11-15 hod	140
DB les	2015	9	17	11-15 hod	145
DB les	2015	9	17	11-15 hod	175
DB les	2015	9	17	11-15 hod	150
DB les	2015	9	17	11-15 hod	190
DB les	2015	9	17	11-15 hod	135
DB les	2015	9	17	11-15 hod	155
DB les	2015	9	17	11-15 hod	173
DB les	2015	9	17	11-15 hod	95
DB les	2015	9	17	11-15 hod	90