

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



## **Psi a magnetorecepce – vliv na přirozené chování**

(Dogs and magnetoreception - influence on the natural behavior)

Bakalářská práce

Renáta Fousová

Obor: DPRM

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

Praha 2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Renáta Fousová, DiS.

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Psi a magnetorecepce – vliv na přirozené chování

Název anglicky

Dogs and magnetoreception – influence on the natural behavior

---

Cíle práce

Vypracovat literární rešerši na vliv magnetorecepce na obratlovce. Zjistit vliv magnetického pole Země na psy při přirozeném chování a pomocí experimentu. Data vyhodnotit a porovnat s výsledky publikovanými ve vědeckých časopisech.

Metodika

Posouzení vlivu magnetického pole Země bude sledováno dvěma způsoby. První experiment bude založen na zjištění ovlivnění při příjmu vody. Pomocí nainstalované fotopasti k misce, se získá co největší soubor dat, kdy pes přirozeně přijímá vodu. Následně se data vyhodnotí s přesností na 10°. Experiment se uskuteční na dvou lokalitách, kde bude mít pes dostatečný prostor, aby byl co nejméně ovlivněn prostředím.

Druhý experiment bude zaměřen na výběr světových stran. Pes bude mít za úkol vybrat si jednu ze dvou misek, které mu budou postupně předkládány na hlavní světové strany. Vypouštění k miskám bude vždy ve 45° úhlu k miskám, takže pes bude mít jasně na výběr vždy jen jednu ze dvou stejných možností. Experiment uskutečnit na dvou odlišných lokalitách. Získaná data vyhodnotit a výsledky porovnat s výsledky získanými z prvního experimentu.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Pes, magnetorecepce, fotopast

---

Doporučené zdroje informací

Begall S., Červený J., Neef J., Vojtěch O., Burda H. 2008: Magnetic alignment in grazing and raring cattle and deer; Proc Natl Acad Sci USA, s. 13451 – 13455

Begall S., Malkemper E.P., Červený J., Němec P., Burda H. 2013: Magnetic alignment in mammals and other animals. Mammal. Biol. 78: 10-20.

Červený J. 2009: Ottova encyklopedie myslivosti, Ottovo nakladatelství, 591 str.

Drmotá J., Kolář Z., Zbořil J. 2007: Srnčí zvěř v našich honitbách, Grada Publishing, 252 str.

Hanzal Vladimír a kol. 2008: Velká myslivecká encyklopedie. Elektronické nakladatelství Grand, České Budějovice

Nečas J., 1975: Srnčí zvěř. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 283s.

Phillips J. B.1996: Magnetic navigation. J. Theor. Biol. 180, 309 319.

Vlasák P., 1986: Ekologie savců. – Academia, Praha, 291 str.

Wiltschko R., Wiltschko W. 1995: Magnetic orientation in animals. Berlin, Germany: Springer.

Wiltschko W., Wiltschko R., 2005: Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. J Comp Physiol A. 191: 675 693

---

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 25. 5. 2015

Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2017

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Psi a magnetorecepce - vliv na přirozené chování“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Harta a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 20. 4. 2017

.....

Děkuji panu doc. Ing. Vlastimilu Hartovi, Ph.D. za pomoc, kterou mi poskytl při zpracování této bakalářské práce.

## ABSTRAKT

Tato práce pomocí terénního měření vyhodnocuje vliv magnetorecepce na přirozené chování psů a ptactva. Vlastní měření bylo prováděno za pomoci samočinného záznamového zařízení vybaveného PIR čidlem, tzv. fotopastí. Psi a ptáci byli sledováni u misky s vodou na dvou lokalitách, kde měli dostatečný prostor, aby byli co nejméně ovlivněni prostředím. Bylo provedeno srovnání mezi mladou a starou fenou a mezi psy a ptáky. Dle zjištěných výsledků feny bez rozdílu věku preferují na zahradě severojižní osu. V kotci je jejich osa těla posunuta o 90°. Srovnáním naměřených hodnot psů a ptáku byl zjištěn rozdíl v tom, že u psů vycházely výsledky signifikantně u úhlového vyhodnocení a u ptáků vycházely výsledky signifikantně u vyhodnocení os těl.

**Klíčová slova:** pes, magnetorecepce, fotopast, angulární, axiální

## ABSTRACT

This work deals with the evaluation of the magnetoreception assessment on the natural behaviour of dogs by using cameratrap.

The measurement is made by cameratrap. Dogs and birds were monitored at a bowl of water at two sites where they have sufficient space to be the least affected by the environment. A comparison was made between young and old female dog and between female dogs and birds. According to the findings females dogs prefer garden north-south axis of the body. At hutch is their axis displaced by 90 °. By comparing the measured values of dogs and birds was found a difference that results in dogs were significant on angular measurement and birds were significant on the evaluation results of axes bodies.

**Key words:** dog, magnetoreception, cameratrap, angular, axial

# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2. CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
3.1 MAGNETORECEPCE V HISTORII A SOUČASNOSTI .....	10
3.2 TEORIE MAGNETISMU .....	12
3.2.1 Magnetické pole, jeho vznik a vlastnosti .....	12
3.2.2 Látky a jejich magnetické vlastnosti .....	15
3.2.3 Feromagnetické materiály - magnety .....	17
3.2.4 Zemské magnetické pole .....	19
3.2.4.1 Geomagnetické modely .....	22
3.2.4.2 Magnetické anomálie .....	25
3.3 HYPOTÉZY ŽIVOČIŠNÉ MAGNETORECEPCE.....	30
3.3.1 Magnetická mapa.....	30
3.3.2 Magnetorecepce živočichů .....	33
3.3.2.1 Magnetorecepce fungující bez denního světla .....	33
3.3.2.2 Magnetorecepce podmíněná denním světlem .....	37
3.3.3 Magnetický alignment.....	39
<b>4. METODIKA</b> .....	<b>40</b>
4.1 LOKALITA SLEDOVÁNÍ .....	40
4.2 METODIKA MĚŘENÍ .....	41
4.3 METODIKA VYHODNOCENÍ .....	41
<b>5. VÝSLEDKY</b> .....	<b>44</b>
5.1 VYHODNOCENÍ PSŮ .....	44
5.1.1. Přijímání vody v kotci – Lovka.....	44
5.1.2 Přijímání vody v kotci – Rita.....	45
5.1.3 Přijímání vody na zahradě – Lovka .....	46
5.1.4 Přijímání vody na zahradě – Rita .....	47
5.2. VYHODNOCENÍ PTACTVA.....	48
5.2.1 Přijímání vody v kotci – ptactvo (vrabci).....	48
5.2.2 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (hrdličky) .....	49
5.2.3 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (vrabci) .....	50
5.2.4 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (souhrn).....	51
5.3 POROVNÁNÍ PSŮ A PTACTVA.....	52
<b>6. DISKUZE</b> .....	<b>53</b>
<b>7. ZÁVĚR</b> .....	<b>55</b>
<b>8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>56</b>
<b>9. PŘÍLOHY</b> .....	<b>59</b>

## 1. ÚVOD

Vliv schopnosti magnetické orientace živočichů resp. magnetorecepce byl lidmi podvědomě vnímán a využíván již v daleké minulosti, kdy každoroční mnohapočetné migrační tahy některých obratlovců (např. sobi, bizoni, lososi) významně ovlivňovali existenci tehdejších společností. Tento zájem existenční byl ve většině případů postupně nahrazován např. zájmem sportovním (poštovní holubi) a v poslední době zájmem vědeckým.

Každý živočich, který se pohybuje ve svém přirozeném prostředí, k vzájemné interakci s okolím používá svoje smyslové orgány. Některé druhy disponují pravděpodobně i smysly (orgány či receptory), které nejsou ještě dostatečně prozkoumané a umožňují jim tzv. mimosmyslové vnímání – Extra Sensory Perception (ESP).

Bakalářská práce zkoumá interakci magnetického pole a vliv na přirozené chování psů a zároveň srovnává chování psů a ptáků při stejné činnosti.



## 2. CÍLE PRÁCE

Práce má za cíl zdokumentovat vliv zemského magnetického pole na psy pomocí fotopasti umístěné u misky s vodou. Dále je v této práci porovnána orientace ptáků a psů při příjmu vody. Tento bod nahradil jeden z cílů práce, který se nepodařilo splnit, nicméně může hodně přispět k pochopení magnetického smyslu jak u psů, tak u jiných živočichů.

V teoretickém úvodu práce bude pojednáno jednak o fyzikálních základech magnetismu jako takovém a dále o historii a současnosti výzkumu schopnosti magnetorecepce živočichů.

## 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Magnetorecepce v historii a současnosti

Na úvod musíme říci, že schopnost živočichů vnímat a aktivně využívat magnetické pole ještě není vědecky probádána. Prvním vědcem, který upozorňoval na schopnost živočichů reagovat na magnetické pole resp. orientovat se podle něj byl roku 1859 němec Alexander Theodor von Middendorff. Položil tedy základní kámen pro výzkum magnetorecepce. V té době ovšem pouze na teoretickém základě bez výsledků získaných z měření nebo biologických poznatků. Tyto byly získány postupně až téměř po sto letech (Němec, Vácha, 2007).

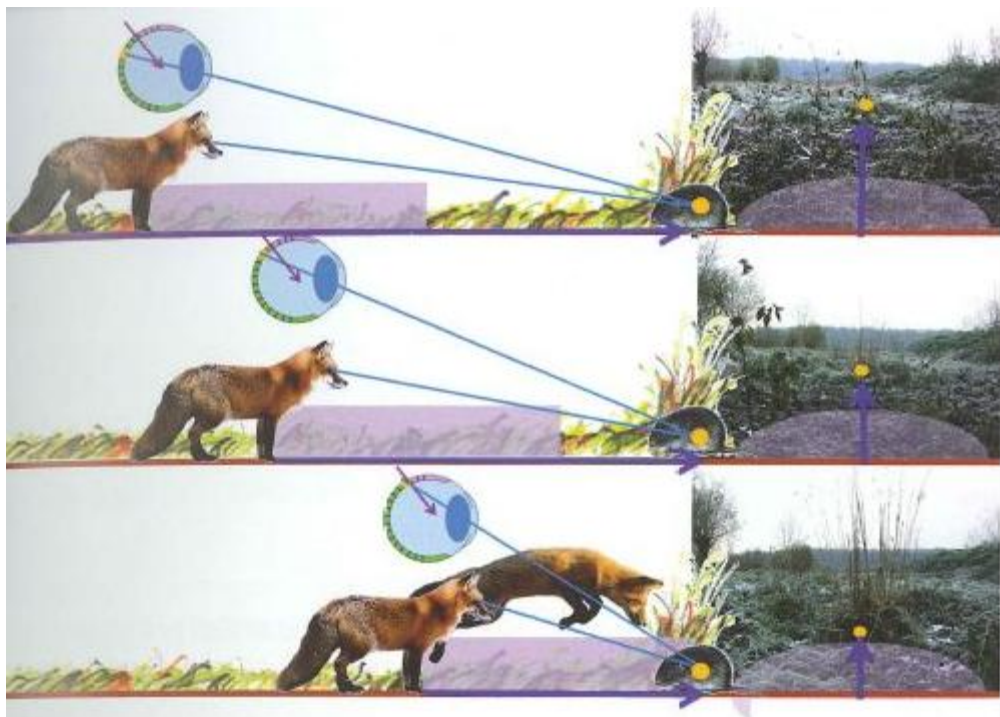
Jako světlou výjimku můžeme uvést příklad, kdy v časopise Stráž myslivosti z roku 1931, str. 383 vyšel autoru Wilhelmu z Rothausenu v překladu článek s názvem *Vliv spodních vodotečí na zvířata*. Autor uvádí (dokazuje pomocí vlastních měření virgulí a pozorováním), že zvíře na svých stálých ochozech respektuje spodní vodoteče s veškerými zákrutami. Jinými slovy zde popisuje mimosmyslové vnímání zvíře (Anonymous, 12/2011).

Praktické důkazy o magnetoreceptci byly předloženy až ve 20. Století a to v jeho druhé polovině (výzkum schopnosti poštovních holubů návratových letů a ztráta nebo narušení tohoto smyslu, při náhlých změnách magnetického pole Země a to jak přirozených, tak způsobených člověkem) (Němec, Vácha, 2007).

V současnosti je popsána magnetorecepce u mnoha živočichů, obratlovců i bezobratlých. Prof. Hynek Burda (1997) popsal orientaci dle magnetismu u afrických podzemních hlodavců rypošů a byl tak prvním, kdo tuto schopnost popsal u savců.

Vědce, které můžeme dále jmenovat, jsou např. Wiltschko (2000) a Němec (2007). Článkem, který vzbudil ve vědeckém světě velký ohlas, byla roku 2008 práce zabývající se směrovou orientací jelenovitých a skotu při odpočinku a pastvě. Na 308 pastvinách z celého světa, bylo přes aplikaci Google Earth zkoumáno 8510 ks skotu, a přímo v ČR bylo na 241 lokalitách provedeno směrové měření na jelení a srnčí zvíře v celkovém počtu 2974ks. Magnetická orientace zvířat a zvíře a to směrem severním zde byla nezvratně dokázána (Begall a kol, 2008).

V roce 2009 prokázal Burda a kol. měřeními ovlivnění odpočívajících a pasoucích se jedinců vedením vysokého napětí. Vyslovil zde závěr, že odpočívající i pasoucí se jedinci, jsou při směru pastvy nebo odpočinku ovlivňováni vysokonapětovým vedením resp. anomáliemi, které toto vedení způsobí v lokálním magnetickém poli. V práci je uvedeno, že ve vzdálenosti cca 50m od vedení je poloha těla náhodná, ve vzdálenosti větší dochází k postupné severojižní orientaci. Byla tak potvrzena myšlenka, že u savců je magnetorecepce na bázi polaritního kompasu nebo jiného dosud neznámého způsobu interakce s magnetickým polem. V časopise *Biology Letters* byla v roce 2011 otisknuta práce popisující magnetoreceptci u lišky obecné při lovu hlodavců (autor Červený a kol.). Autor zde popisuje, že na základě terénních měření byla u lišky obecné při závěrečném útoku na kořist (hlodavec), zjištěna výrazná preference severovýchodního až severního směru skoku. Tato preference vzrůstá přímo úměrně s vizuální nepřehledností terénu (sníh, keře, tráva). V konkrétních číslech jde o 60% úspěšných skoků směrem jižním a 73% směrem severním. Pro srovnání zaznamenané skoky v jiných směrech měli pouze 20% úspěšnost. Byla zde publikována tři možná vysvětlení tohoto chování. V prvním případě jde o tzv. „magnetické“ vidění (v roce 2010 formuloval J. Phillips a kolektiv, tech. Universita Virginie). Liška dle něj dokáže určit směr, ale i vzdálenost objektu zájmu. Toto takzvané „Magnetické“ vidění je připisováno chemicko-fyzikální reakci probíhající v sítnici oka v molekulách světlocitlivých pigmentů (cryptochromů) (obr. 1). Druhou možností je vlastnost jedince (lišky), mít směrově ostřejší smysly a to jak zrak, tak i sluch. Třetí tezí je možnost lepšího soustředění v závislosti na směru těla vůči magnetickému poli. Výzkum magnetorecepce se v současné době rozšiřuje na další druhy živočichů a jejich interakci s okolním prostředím.



Obr. 1 Předpokládaný obecný princip použití magnetorecepce u lišky při lovu (Červený a kol., 2011)

## ***3.2 Teorie magnetismu***

### **3.2.1 Magnetické pole, jeho vznik a vlastnosti**

Magnetické pole je fyzikálně silové pole, jehož směr popřípadě tvar můžeme znázornit pomocí myšlených čar strunového typu. Tyto siločáry mají charakter nikde nezačínajících ani nekončících křivek (obr. 2, 3a, 3b). Magnetické pole je vytvořeno například zmagnetovaným tělesem (magnetem), vodičem s proudem, pohybující se elektricky nabitou částicí nebo proměnným elektrickým polem.

Pokud se charakteristické veličiny magnetického pole (viz. níže) v čase nemění mluvíme o stacionárním magnetickém poli. Je tvořeno vodičem v klidu protékaném konstantním proudem, stacionárním magnetem, nebo pokud se rovnoměrně přímočaře pohybuje elektricky nabitá částice. V praxi jsou tato pole

poměrně vzácná, setkáváme se především s poli nestacionárními a poli tzv. kvazistacionárními (charakteristické veličiny se v čase mění „pomalu“). Magnetická pole z různých zdrojů vzájemně interagují (zesilují se, zeslabují nebo si způsobují tzv. nehomogenity). Nejjednodušším ukazatelem magnetického pole je magnetka, což je permanentní magnet volně se otáčející kolem svislé osy ve směru magnetických siločar (Voženílek, Řešátko, 1984).

#### Hlavní neboli charakteristické veličiny magnetického pole:

Magnetické napětí  $U_m$  [A...ampér]

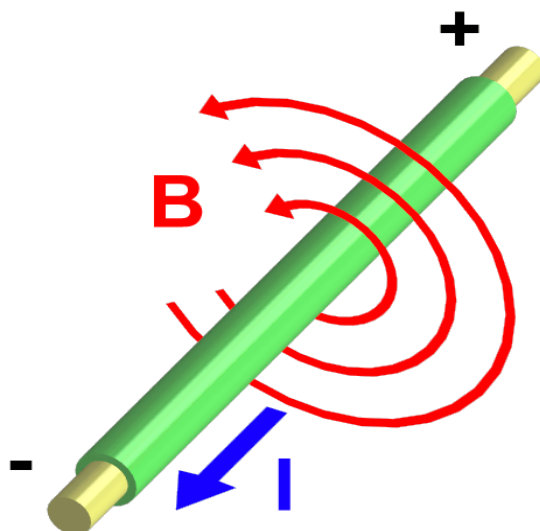
Intenzita magnetického pole  $H$  [ $A \cdot m^{-1}$ ...ampér na metr]

Magnetická indukce  $B$  [T...tesla]

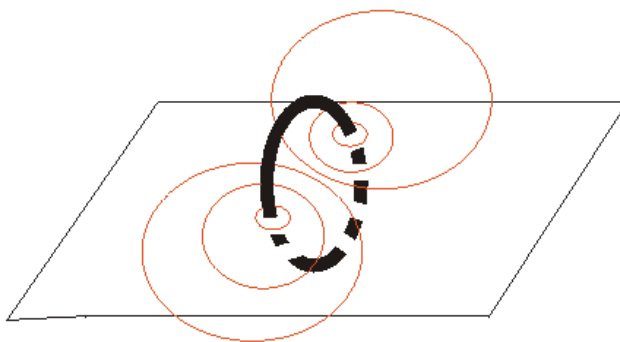
Magnetický indukční tok  $\Phi$  [Wb...weber]

(Mayer, 2001)

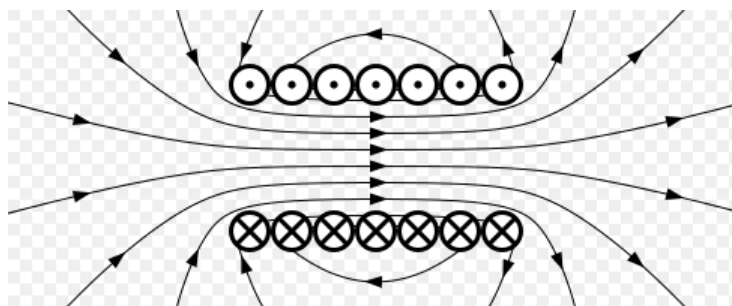
Hustota magnetických siločar je vyjádřena veličinou magnetické indukce  $B$ . Tato veličina je vztažena k jednotce plochy. V homogenním magnetickém poli má vektor magnetické indukce  $B$  a vektor intenzity magnetického pole  $H$  všude stejný směr. Myšlené čáry zde nazýváme magnetickými siločarami. Pokud je pole nehomogenní (vektor  $B$  a  $H$  nemají být i jen v některém místě stejný směr), myšlené čáry znázorňující magnetické pole nazýváme magnetickými indukčními čarami. Magnetické pole lze vytvořit v každém prostředí. Vektorová veličina  $H$  je na vlastnostech prostředí nezávislá, ovšem vektor magnetické indukce již závislost na okolním prostředí vykazuje. Z tohoto přímo vyplývá i závislost velikosti magnetického toku  $\Phi$  na prostředí. Závislosti těchto dvou veličin na materiálu okolí vyjadřuje tzv. permeabilita prostředí označovaná  $\mu$ . Tato veličina udává, do jaké míry ovlivňuje magnetické pole materiál resp. do jaké míry je magnetické pole ovlivněno materiálem (vzájemná interakce), např. permeabilita vakua má hodnotu  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  [ $N \cdot A^{-2}$ ]. Pro zjednodušení se zavádí relativní permeabilita  $\mu_r$ , což je poměr  $\mu/\mu_0$ . Z její definice vyplývá, že jde o prosté číslo udávající, kolikrát je permeabilita prostředí větší než permeabilita vakua (Svoboda, 1998).



Obr. 2 Magnetické pole přímého vodiče protékaného proudem (Svoboda, 1998)



Obr. 3a Magnetické pole kruhového závitu protékaného elektrickým proudem (Svoboda, 1998)



Obr. 3b Magnetické pole cívky protékané elektrickým proudem (Svoboda, 1998)

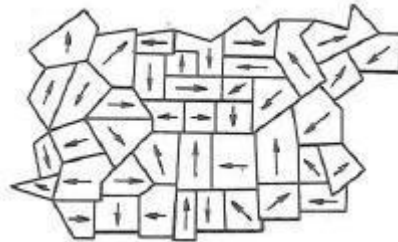
### 3.2.2 Látky a jejich magnetické vlastnosti

Podle interakce mezi látkou a magnetickým polem dělíme materiály na tři druhy:

- Látky diamagnetické s relativní permeabilitou lehce menší než jedna. Tyto látky magnetické pole zeslabují a samy jsou z něj mírně silově vypuzovány (rtuť, měď, zlato, voda, inertní plyny).
- Látky paramagnetické s relativní permeabilitou lehce větší než 1. Tyto látky magnetické pole lehce zesilují a samy jsou do něj silově vtahovány. Tyto materiály jsou složeny z atomů, které mají vlastní magnetické pole. Po vložení do vnějšího magnetického pole, však nedochází z důvodu tepelného pohybu atomů k souhlasné magnetické orientaci pole atomů s orientací vnějšího pole a tím i k výraznému zesílení výsledného magnetického pole. Toto zesílení nenastane ani vložением materiálu do magnetického pole vysoké intenzity. Jako zástupce lze uvést např. vzduch, draslík, sodík, hliník.
- Látky feromagnetické s relativní permeabilitou řádově větší než 1 ( $\mu_r = 10^2$  až  $10^5$ ). Tyto materiály jsou také složeny z atomů s vlastním magnetickým polem, ale na rozdíl od materiálů paramagnetických jsou schopny tato jednotlivá pole uspořádat podle pole vnějšího a tím dochází k velkému

zesílení výsledného magnetického pole. Toto uspořádání magnetických polí atomů zůstane i po ukončení působení vnějšího pole. Látka je zmagnetována trvale. Feromagnetické látky jsou do magnetických polí silně silově vtahovány (železo, kobalt, nikl, gadolinium) (Voženílek a Řešátko, 1986).

Paramagnetické a diamagnetické látky považujeme z hlediska fyzikálního za nemagnetické. Feromagnetická látka je tvořena tzv. doménami což jsou magneticky uspořádané oblasti s hranou cca 0,1mm které tvoří přibližně  $10^{15}$  atomů. Tyto domény jsou směrově neuspořádané až do doby, než na ně začne působit vnější magnetické pole (obr. 4). Látka nevytváří ve svém okolí magnetické pole. Při působení vnějšího magnetického pole se domény uspořádají viz. obr. 5. a materiál se začne navenek projevovat jako magnet, tzn., že kolem sebe vytvoří vlastní magnetické pole které přetrvává i po zániku vnějšího magnetického pole které prvotně způsobilo jeho magnetizaci (Řešátko a Dostoupil, 1984).



Obr. 4 Neuspořádané domény bez vlivu vnějšího magnetického pole (Řešátko a Dostoupil, 1984)

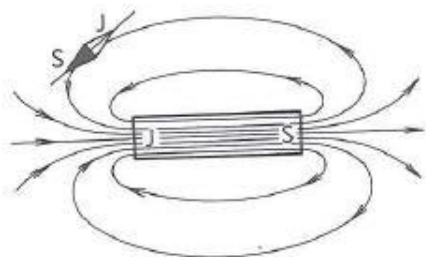


Obr. 5 Uspořádané domény ve vnějším magnetickém poli (Řešátko a Dostoupil, 1984)

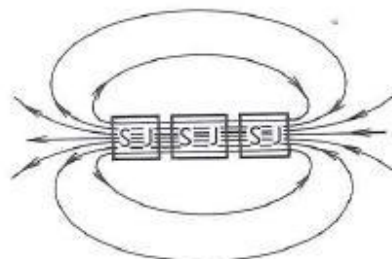


### 3.2.3 Feromagnetické materiály - magnety

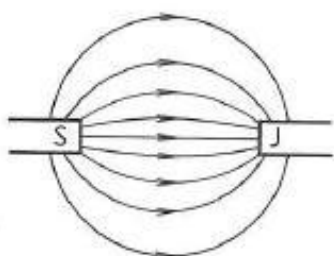
Magnetické pole je orientováno tak, že vně magnetu mají magnetické indukční čáry směr od pólu severního k pólu jižnímu a uvnitř magnetu obráceně. Dohodou je dán tzv. kladný směr působení magnetického pole. Je to směr, na který se v magnetickém poli natočí magnetka svým severním pólem. Označuje se šipkami na siločarách. Pro názornost je na obrázku č. 6 zobrazen tyčový magnet a jeho magnetické pole. Obr. 7 znázorňuje rozdělení tyčového magnetu v severojižní ose na tři samostatné magnety. Každý ze segmentů má opět jižní i severní pól. Z tohoto plyne, že severní a jižní pól magnetu nelze oddělit. Magnetické pole mezi severním a jižním pólem dvou různých magnetů je znázorněno na obr. 8., na obr. 9 je znázorněno pole mezi stejnými magnety, ale mezi jejich severními (jižními) póly. Magnetické pole magnetu ve tvaru podkovy je zobrazeno na obr. 10. Skládání magnetických polí dvou magnetů (magnet vložen do pole druhého magnetu) je na obr. 11, obr. 12 (uvnitř vloženého permanentního magnetku je pole silnější, vně je pole slabší), obr. 13 (uvnitř magnetu ve tvaru prstence dochází k magnetickému stínění, je zde nulové magnetické pole). (Blahovec, 1997, Svoboda a kol., 1998)



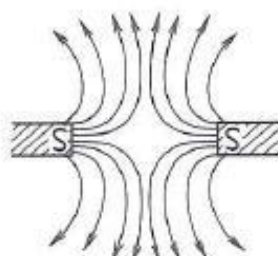
Obr. 6 Magnetické pole tyčového magnetu



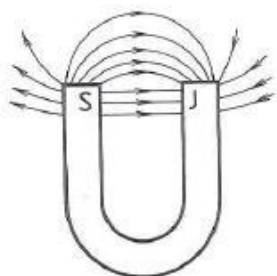
Obr. 7 Rozdělení tyčového magnetu na ose sever-jih



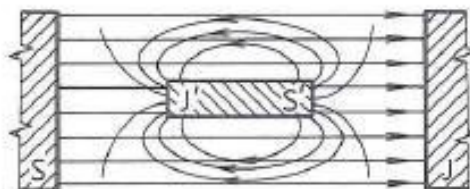
Obr. 8 Magnetické pole mezi nesouhlasnými póly dvou magnetů



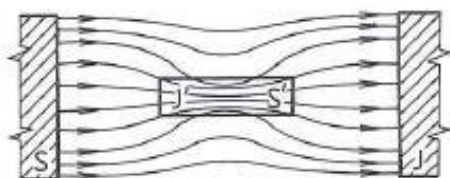
Obr. 9 Magnetické pole mezi souhlasnými póly dvou magnetů



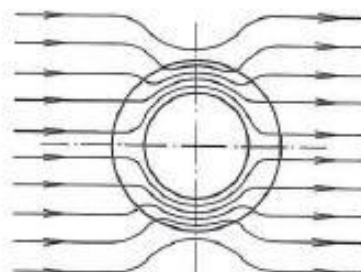
Obr. 10 Magnetické pole podkovovitého magnetu



Obr. 11 Magnetické pole permanentního magnetu



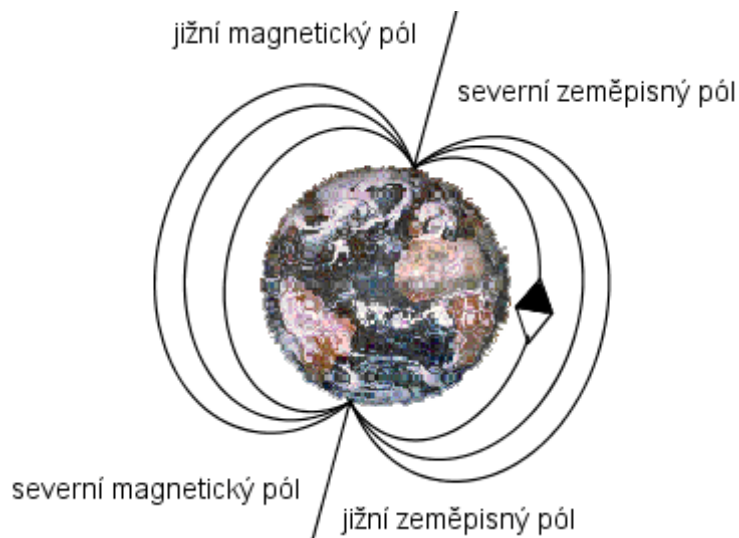
Obr. 12 Indukční čáry uvnitř vloženého permanentního magnetu



Obr. 13 Magnetické pole, které vzniklo po vložení prstence z magnetického materiálu

### 3.2.4 Zemské magnetické pole

Planetu si můžeme představit jako velký magnet, jehož magnetické pole je vybuzeno zemským jádrem složeným z roztavených převážně feromagnetických materiálů (kovů) a jeho rotací kolem zemské osy (planetární rotací). U zeměpisného pólu jižního leží magnetický pól severní a u zeměpisného pólu severního leží magnetický pól jižní (magnetka na Zemi ukazuje tedy k severu viz. obr. 14 (Macháček, 1998).



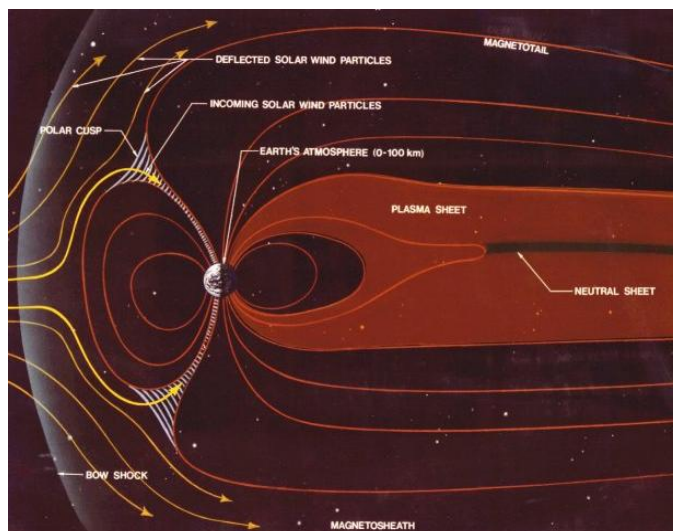
Obr. 14 Magnetické pole Země (Anonymus, 2013a)

Siločáry magnetického pole vystupující ze země jsou uzavřené křivky a od planety dosahují do vzdálenosti řádově desítek tisíc km, jde o tzv. magnetosféru. Magnetosféra je důležitá pro ochranu povrchu Země před dopadajícím tokem vysokoenergetických částic z kosmu a ze Slunce. Důkazem existence magnetického pole Země, resp. jeho interakce s těmito částicemi je polární záře obr. 15. Jde o světelné jevy vyskytující se v ionosféře (80 – 1000 km nad povrchem Země). Polární záře na severním pólu má název aurora borealis, na jižním pólu aurora australis (Ginzburg 1979).



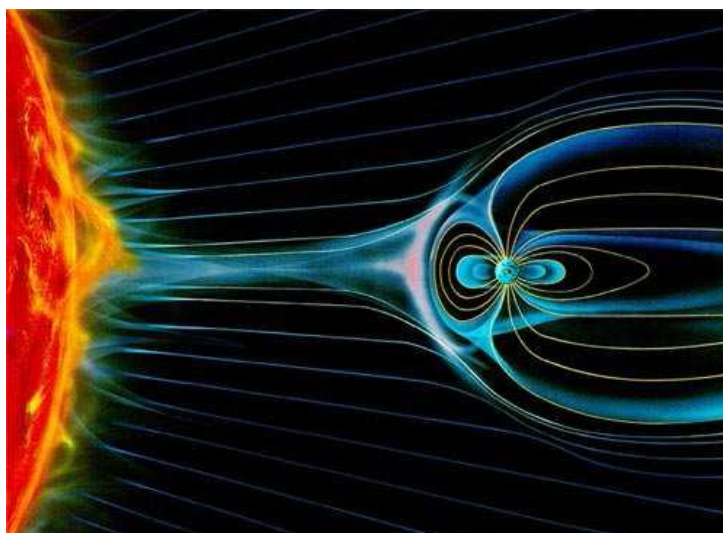
Obr. 15 Polární záře (Anonymus, 2013b)

Polární záře vzniká takto. Základem pro vznik polární záře je vznik sluneční erupce neboli protuberance. Jde o výron částic s elektrickým nábojem, které překonají gravitační pole Slunce a jsou vymrštěny do okolního vesmíru rychlostí řádově tisíců kilometrů za sekundu (tento proud elektronů, protonů a alfa částic se též nazývá sluneční vítr). Když se tento proud částic setká s magnetickým polem Země, většina z těchto částic je odkloněna do okolního vesmíru. Nicméně menší část z těchto částic kopíruje tvar siločar magnetického pole Země a koncentruje se v oblastech pólů obr. 16. Při srážkách atomů atmosféry a těchto vysokorychlostních částic dochází k narušení valenční vrstvy atomů. Scházející elektrony ve valenční vrstvě jsou ihned doplněny z okolí. Při tomto jevu dochází k emitování energie v podobě elektromagnetického záření, jehož část je ve viditelném spektru. Atomy kyslíku emitují záření o vlnové délce 558nm což je vnímáno jako zelená barva a ve vlnové délce 630 nm což je barva červená (Macháček, 1998).



Obr. 16 Magnetické pole okolo Země (Anonymus, 2013c )

Sluneční vítr způsobuje to, že magnetické pole okolo Země je na straně přivrácené ke Slunci „stlačeno“ oproti straně odvrácené obr. 17 (Macháček, 1998).



Obr. 17 Magnetosféra (Anonymus, 2013d )

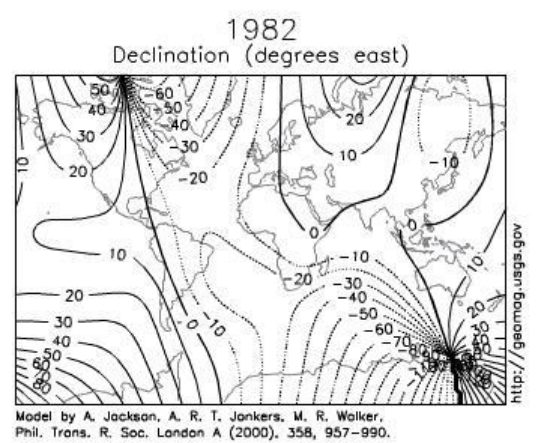
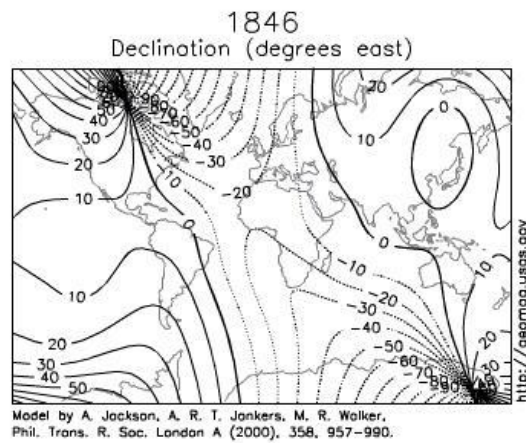
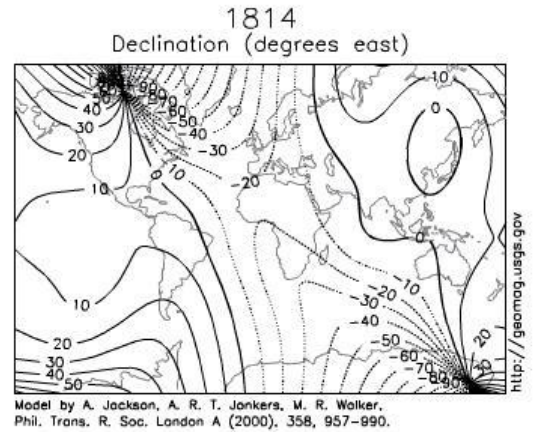
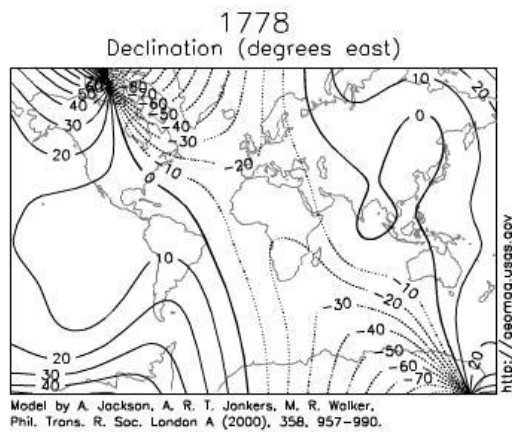
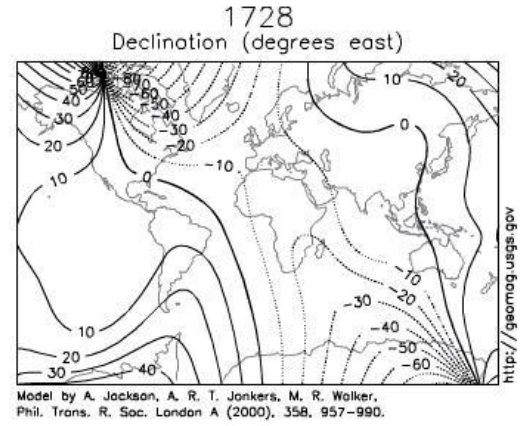
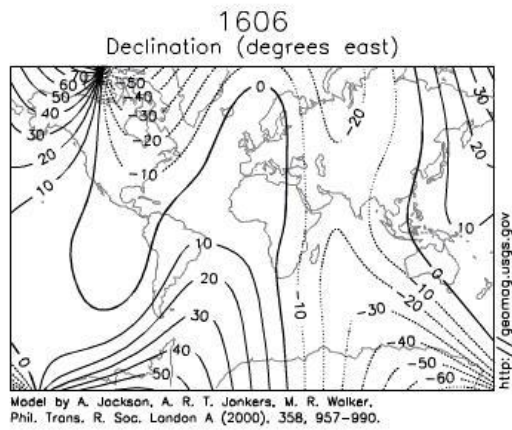
### **3.2.4.1 Geomagnetické modely**

Planetární magnetické pole je výsledkem (superpozicí) mnoha magnetických polí většího či menšího rozsahu. Nicméně jeho hlavní složkou je pole způsobené rotací zemského jádra a dále polem vybuzeným magnetickými prvky které obsahuje zemská kůra. Magnetické pole zemského jádra je zhruba stokrát silnější, než magnetické pole vybuzené složením litosférických desek. Však i toto stačí k vytvoření tzv. magnetických anomálií globálního charakteru. V praxi je tohoto jevu využíváno při magnetických průzkumech, které slouží např. k hledání ložisek nerostných surovin, ropy anebo pro zjišťování vrstvení podloží. Tyto průzkumy jsou obvykle prováděny z určité vzdálenosti od povrchu země (letecky nebo lodí). Z výše uvedeného plyne, že magnetické pole Země se stále mění. Modely magnetického pole (zkratka IGRF) jsou aktualizovány v pětiletých intervalech mezinárodní asociací IAGA. Dalšími institucemi, které se touto problematikou zabývají jsou NGDC a British Geological Survey (World Magnetic Model WMM). Model NOAA Scale Space Weather je používán k predikci tzv. kosmického počasí (výskyt slunečního větru, geomagnetické bouře) a jeho vlivu na pozemské technologie a zdraví lidí (Anonymus, 2013).

Magnetické pole Země se mění po celou svou existenci. U feromagnetických materiálů litosférických desek v tekutém stavu, dochází při jejich erupci a následném prudkém zchladnutí (nejčastěji tektonické zlomy na mořském dně) k zachování magnetické orientace materiálu. Tímto způsobem dochází k vytvoření záznamu směru magnetické orientace. Avšak také je to díky pohybu těchto desek princip vzniku magnetických anomálií velkého rozsahu. Při použití nejmodernějších radiometrických technik, můžeme zpětně vymodelovat geomagnetické pole až 160 000 000 let nazpět. Existují i modely polí z dřívějších geologických dob (paleomagnetické modely), ale tyto jsou méně spojitě. Z těchto paleomagnetických modelů lze vyčíst, že geomagnetické pole se v čase mění, sílí, zeslabuje, ale i mění polaritu mezi severním a jižním pólem. Dle aktuálních modelů se nacházíme v době, kdy intenzita magnetického pole klesá a blížíme se k procesu přepólování (dostupnými metodami nelze přesně určit kdy k přepólování dojde). Samotný proces přepólování by však podle vědeckých kruhů měl trvat několik tisíc let. Důsledkem procesu přepólování nebude dočasná ztráta magnetického pole, ale jeho plynulé

částečné zeslabení a opětovné zesílení. Pravděpodobně poslední změna magnetického pole proběhla před 750000 – 780000 lety. Příčiny, které vedou k zahájení tohoto procesu zatím, nejsou známy (Macháček, 1998).

Magnetické pole Země je mnoha druhy živočichů používáno k orientaci při jejich migračních tazích. Samotný mechanismus této schopnosti živočišných druhů však znám není. Experimentálně je dokázána schopnost stěhovavých ptáků, motýlů a např. netopýrů reagovat na odchylky magnetického pole Země a jeho sklonu. Magnetické pole využívají při svých tazích i mořští obratlovci (velryby, želvy). (Vácha a Němec, 2007).



Obr. 18 Proměnlivost zemského magnetického pole v období 1606 – 1882 (Anonymus, 2013e)



### **3.2.4.2 Magnetické anomálie**

Magnetickou poruchu neboli anomálii můžeme definovat jako rozdíl mezi naměřenou (skutečnou) hodnotou některé z charakteristických veličin geomagnetického pole a hodnotou předpokládanou (predikovanou nějakým matematicko-fyzikálním modelem). Anomálie v magnetickém poli se dělí podle svého rozsahu na poruchy lokálního charakteru a na poruchy velkého dosahu (v krajním případě mají až globální charakter). Podle časového rozpětí trvání dělíme anomálie na krátkodobé nebo dlouhodobé. (Anonymous, 2013).

#### **3.2.4.2.1 Globální poruchy**

Nejčastěji jde o krátkodobé anomálie velkého – globálního charakteru (Ginzburg 1979).

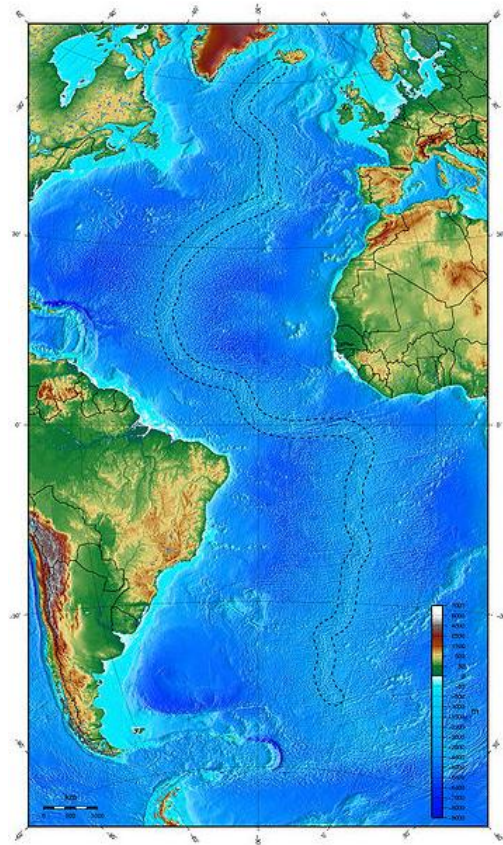
### **Poruchy magnetického pole v důsledku sluneční činnosti**

Můžeme říci, že vnitřní pole indukované rotací Zemského jádra je pole v čase dosti stabilní. Nicméně pole vnější, tzn. pole nad povrchem země již stabilní není. Příčinou je neustálý sluneční vítr (tok vysokorychlostních elektricky nabitých částic vyvržených sluncem při dopadající na povrch magnetosféry resp. magnetická pole těchto částic, která jsou generována elektrickým proudem vzniklým průletem elektricky nabitých částic magnetosférou. Tyto proudy jsou spotřebovány (rozptýleny) v ionosféře v oblasti pólů (obr. 16). Velikost těchto proudů je určena intenzitou slunečního větru dopadajícího na stranu Země přivrácenou ke Slunci. Část této energie je převedena do magnetosféry na noční straně do oblasti pólů. Toto je princip vzniku polární záře, jež je přírodním úkazem, který svědčí o probíhající magnetické anomálii. Čím je intenzita slunečního větru vyšší, tím větší je rozsah magnetických anomálií ve směru od magnetických pólů a jelikož je sluneční vítr proměnný v čase, mluvíme o tzv. magnetické bouři. Dle Faradayova zákona takovéto bouře indukují v zemi rozdíly napětí, které ve vysokých geomagnetických šířkách mohou dosahovat i desítek voltů na kilometr. Vzniklé stejnosměrné proudy ohrožují

potrubí dopravující ropu a rozvody plynu, elektrické energie, zabezpečovací zařízení železnic a telekomunikační kabely (Mayer, 2001).

### **Poruchy způsobené pohybem tektonických desek a vulkanickou činností**

Ve své podstatě jde většinou o poruchy velkého neboli globálního charakteru. Jejich trvání má zpravidla z hlediska časového dlouhé trvání a jejich účinky jsou trvalé. Jde o změny vznikající při proměnných geologických vrstev při kterých dochází k vzájemnému posouvání feromagnetických materiálů zde přítomných. Jejich příčinou je vzájemný posun zemských desek a vulkanická činnost. Po vychladnutí si láva obsahující feromagnetické materiály uchovává svoji magnetickou orientaci, která jí byla udělena jižním a severním magnetickým pólem. Tuto schopnost vykazuje například čedič. Na obr. 19 je vyobrazen tzv. Středoatlantický hřeben. Jde o podmořské horstvo vzniklé vzájemným působením litosférických desek Antarktické, Jihoamerické a Africké v jeho jižní části a desky Severoamerické a Euroasijské v části severní. Celý tento hřeben vykazuje díky mechanismu svého vzniku silné magnetické anomálie, jež mají globální charakter. Poruchy magnetismu, které způsobila geologická činnost, můžeme dělit na poruchy s kladným uspořádáním a poruch se záporným (negativním) uspořádáním. Kladně uspořádaná porucha se vyznačuje tím, že charakteristické veličiny jejího pole mají rovnoběžný směr se současným směrem magnetizace. Negativní uspořádání poruchy vykazuje směr opačný oproti směru současné magnetizace. Magnetický anomálií vzniklých v důsledku geologické činnosti se aktivně využívá např. při hledání nových ložisek nerostných surovin (Ginzburg, 1979).



Obr. 19 Středoatlantický hřeben (Anonymus, 2013)

#### 3.2.4.2.2. Poruchy malého – lokálního charakteru

Jde většinou o poruch vzniklé lidskou činností, jejich dosah se počítá ve stovkách metrů. Z hlediska časového může jít o anomálie charakteru krátkodobého i dlouhodobého. Tyto poruchy nejčastěji způsobují napří tranzitní plynovody, přenos elektrické energie, ropovody, vysílače signálů. V následujících statích se budeme zabývat nejčastějším zdrojem lokálních anomálií a to vysokonapětovým vedením a jeho vlivem na magnetické pole Země. Pro složitost problematiky budeme uvažovat následující zjednodušení (obr. 20).

1. Vodičem prochází stejnosměrný proud
2. Magnetické pole Země je v daném místě homogenní a stacionární
3. Vodič nacházející se v magnetickém poli je ideálně přímý

Vodič protékající proudem vytváří magnetické pole které superponuje (skládá se) s magnetickým polem okolního prostředí které je vybuzeáno zemským jádrem. Zavedeme si zde vektorovou veličinu  $F_m$  (N) s názvem magnetická síla, která je ukazatelem vzájemné interakce těchto polí. Na vodič protékající elektrickým proudem a vložený do magnetického pole působí magnetická síla  $F_m$ . Velikost vektoru  $F_m$  je závislá na velikosti vektoru  $B$ , neboli vektoru magnetické indukce, dále je závislá na velikosti elektrického proudu procházejícího vodičem, na poloze vodiče, kterou zaujímá na magnetickém poli proti magnetickým siločarám a na délce vodiče.

Podle výše napsaného platí vztah:

$$F_m = BIl \sin \alpha,$$

$\alpha$  je úhel mezi vektorem  $B$  Vnějšího magnetického pole a směrem proudu ve vodiči.

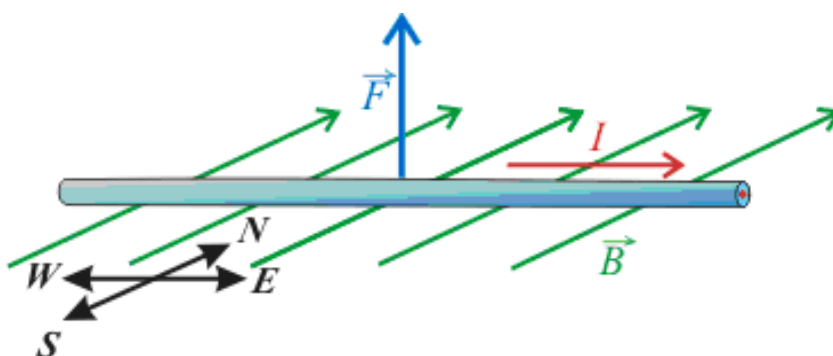
Pro obr. 20 platí:

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1.$$

Neboli:

$$F_m = BIl.$$

(Svoboda a kol., 1998)

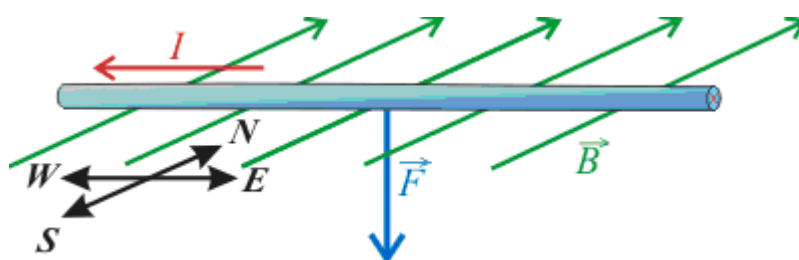


Obr. 20 Silové působení na vodič protékající proudem vložený v magnetickém poli (Svoboda a kol., 1998)

Když prochází vodičem proud ve směru opačném (obr. 21), má vektor magnetické síly  $F_m$  stejnou velikost ale opačný směr. Pokud vodič s proudem má takovou orientaci, že svírá s vektorem  $B$  úhel který je menší než  $90^\circ$ , bude mít vektor magnetické síly  $F_m$  menší velikost dle vztahu :

$$F_m = BIl \sin \alpha.$$

(Svoboda a kol., 1998)



Obr. 21 Silové působení na vodič protékáný proudem opačného směru vložený v magnetickém poli (Svoboda a kol., 1998)

V případě, že vodič je rovnoběžný s vektorem magnetické indukce  $B$ , pak magnetická síla  $F_m$  působící na tento vodič protékáný proudem je nulová. Pole vodiče a vnější pole se vzájemně neovlivňují. Tyto zjednodušené případy v praxi nenastávají, neboť proudovodiče mají většinou směr oproti vnějšímu magnetickému poli zcela náhodný a proměnný v prostoru i čase (Schejbal a Mertlová, 1998).

### **3.3 HYPOTÉZY ŽIVOČIŠNÉ MAGNETORECEPCE**

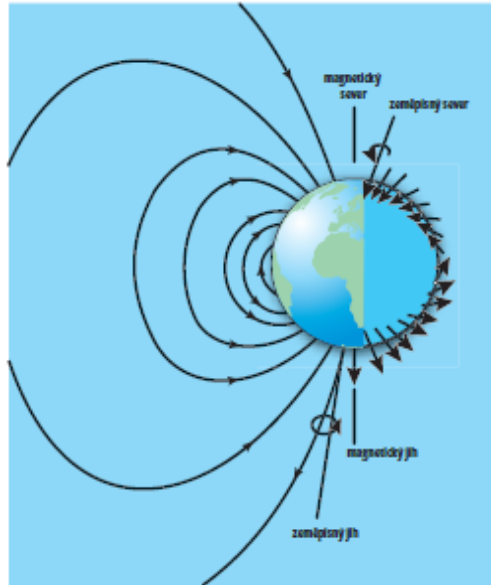
#### **3.3.1 Magnetická mapa**

Pokud má živočich schopnost aktivně využívat magnetické pole ke svému pohybu, má tzv. schopnost magnetické orientace. Magnetické pole Země poskytuje živočichům se schopností magnetické orientace dvě navigační informace, a tudíž jim dává možnost přesně lokalizovat svou polohu (obr. 22, 23, 24) (Vácha a Němec, 2007).

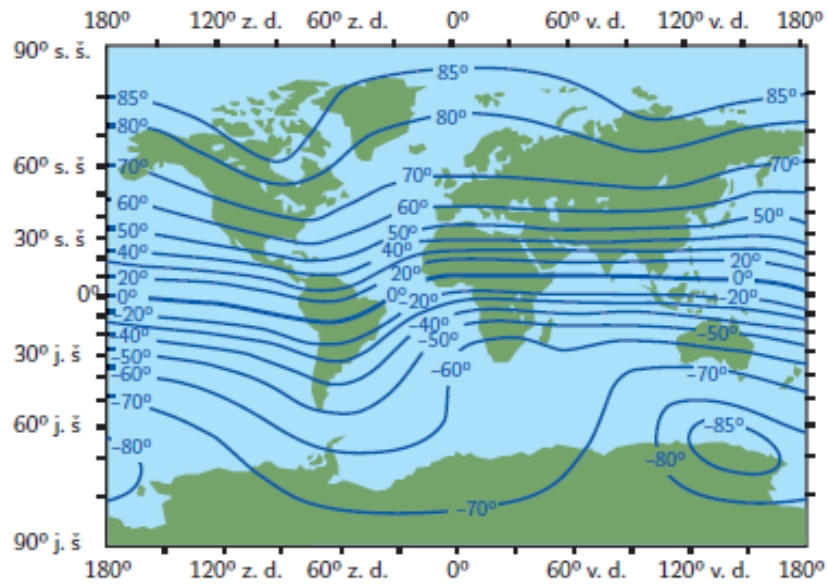
Směrovou orientaci umožňuje živočichům tzv. magnetický vektor, gradient mezi magnetickým rovníkem a magnetickými póly neboli intenzita inklinace je druhou veličinou, kterou živočichové využívají pro určení své pozice - mapový smysl (Wiltschko a Wiltschko, 2006).

Pro přesnou prostorovou orientaci musí živočichové vedle polarity inklinace magnetických siločar stanovit i velikost inklináčního úhlu, to znamená, že musí být schopni určit i sklon osy těla proti vodorovné rovině (musí mít receptor citlivý na gravitaci). Například čolci mají schopnost reagovat na rozdíl ve sklonu roviny v rozměru  $1^\circ$ , což bylo zjištěno laboratorními pokusy. Nicméně magnetorecepci musíme chápat v širším kontextu, protože živočichové jí využívají k orientaci v okolním prostředí spolu s dalšími smysly (Vácha a Němec, 2007).

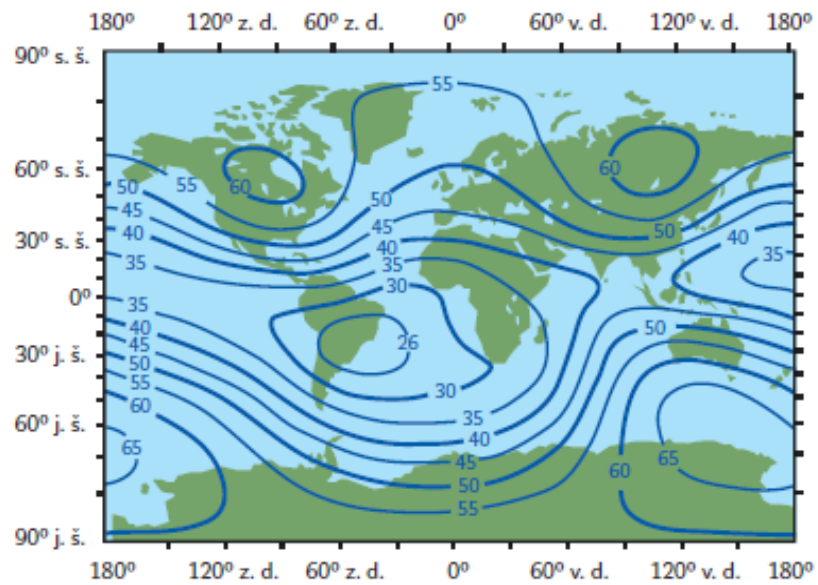
Inklinace siločar magnetického pole země je znázorněna na obr. 22 (jde o úhel, který svírá povrch Země a siločáry magnetického pole Země). Při zanedbání nehomogenit můžeme říci, že úhel (inklinace) se mění rovnoměrně ( $-90^\circ$  na jižním pólu,  $0^\circ$  na rovníku a  $90^\circ$  na severním pólu). Pomocí izoklin (smyšlené čáry, které linearita severojižního gradientu inklinace. Obr. 23 znázorňuje celkovou intenzitu magnetického pole pomocí čar spojujících oblasti se stejnou intenzitou neboli tzv. isodynam. Pokud použijeme najednou izokliny a isodynamy, dostaneme pro každý bod na zemském povrchu jedinečnou magnetickou souřadnici složenou z těchto částí. Magnetická mapa, respektive její znalost vzniká částečně na základě zkušenosti učením a z části dědičností (Vácha a Němec, 2007).



Obr. 22 Znázornění inklinace magnetického pole Země (Vácha a Němec, 2007)



Obr. 23 Izoklimy - linie, které spojují místa se stejnou inklinací (Vácha a Němec, 2007)



Obr. 24 Izodynamy – linie, které spojují místa se stejnou intenzitou (Vácha a Němec, 2007)



### 3.3.2 Magnetorecepce živočichů

Podle principu, resp. funkce můžeme dělit magnetorepceci na dva druhy. Za prvé tzv. „polaritní kompas“, živočich vykazuje schopnost rozlišit severní nebo jižní světovou stranu. Druhou možností je „inklinační kompas“, který vyhodnocuje úhel svíraný magnetickými siločarami zemského magnetického pole a povrchem planety. Dalším hlediskem, podle kterého můžeme magnetorepceci hodnotit je to, zda živočichové potřebují nebo nepotřebují k orientaci denní světlo. Umístění orgánu citlivého na magnetické pole (receptoru) z hlediska anatomie může být zcela libovolné, neboť magnetické pole prostupuje veškeré části těla společně s okolím (holubi mají receptory umístěné v zobáčkách) (Lohmann, 2010).

#### 3.3.2.1 Magnetorecepce fungující bez denního světla

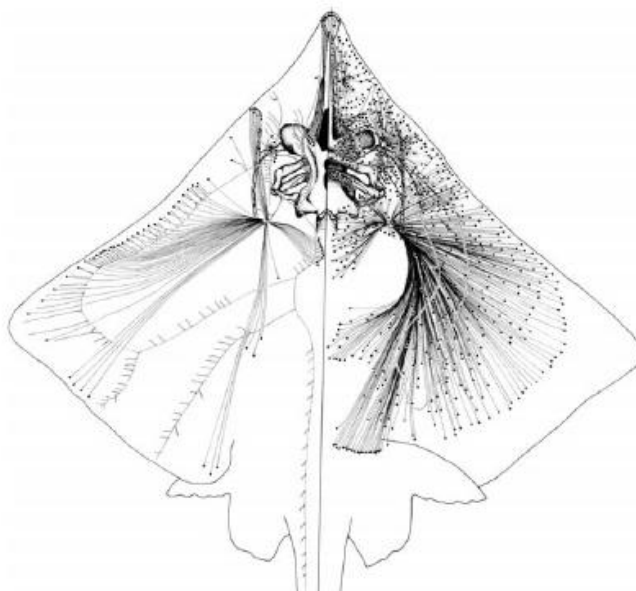
Tuto schopnost vykazují např. živočichové žijící pod zemí nebo pod mořskou hladinou (Johnsen a Lohmann, 2005).

### Elektromagnetická indukce a magnetorecepce

Pokud se v magnetickém poli pohybuje vodič, indukuje se v něm elektrické napětí. Živočichové tedy nemusí využívat přímo magneticky citlivé receptory, ale mohou používat receptory citlivé na elektrický potenciál. Za vodič pohybující se v magnetickém poli, můžeme uvažovat celé tělo živočicha. Tento princip funguje i recipročně, tzn. že živočich se nepohybuje a pole je nestacionární. Tento jev byl zkoumán u paryb (Lohmann, 2010).

Receptory (vodiče) se v tomto případě nazývají tzv. Lorenziniho ampuly (obr. 25). Jde o duté orgány vyplněné aminopolysacharidy, ve kterých jsou obsaženy receptory citlivé na elektrické veličiny viz obr. 26. Paryba pohybující se ve slané vodě (elektrolyt), je spolu s okolním prostředím prostoupena magnetickým polem Země. Dle výše zmiňovaných fyzikálních principů dochází v Lorenziniho ampulích k indukci elektrického napětí. Toto napětí vyhodnocují elektroreceptory v aminopolysacharidech. Největší napětí se v ampulích indukuje při pohybu kolmém

na magnetické siločáry země tj. směrem východním nebo západním, kdy tato napětí mají opačnou polaritu. Při pohybu směrem severním a jižním je indukované napětí nulové. Pokud se paryba pohybuje směrem jihovýchodním nebo severovýchodním je velikost a polarita naindukovaného napětí stejná. Pokud se živočich chce v prostoru zorientovat, musí se nutně z daného směru vychýlit. Jinými slovy musí porovnat změnu receptorového napětí se změnou své orientace (Johnsen a Lohman, 2005). Tato schopnost magnetorecepce je dána pouze živočichům žijícím v elektrolytu (moři), další podmínkou jsou větší tělesné a schopnost poměrně rychlého pohybu. (Němec a Vácha, 2007).



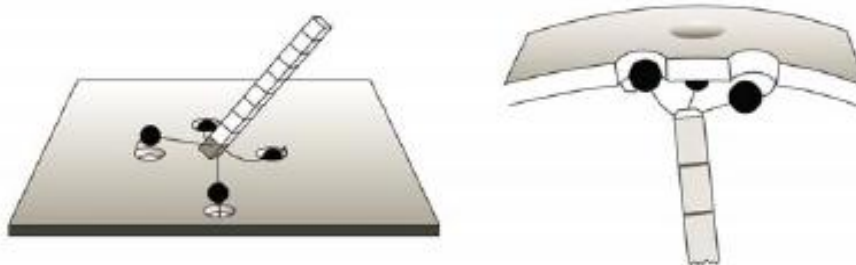
Obr. 25 Rozmístění Lorenziniho ampul na těle rejnoka. Vlevo spodní strana těla, vpravo horní strana těla. (Němec a Vácha, 2007)



Obr. 26 Lorenziniho ampula s detailem receptorových buněk a senzoričným nervem. (Němec a Vácha, 2007)

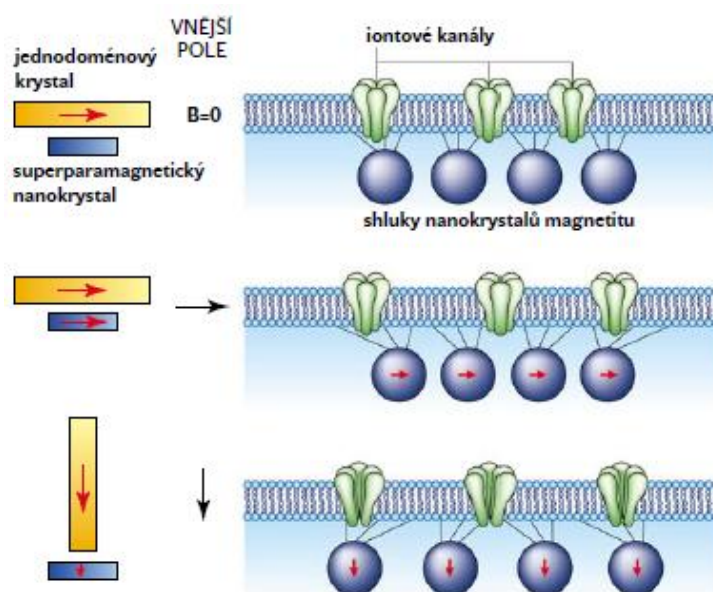
### Feromagnetické částice a magnetorecepce

Pokud obsahuje tělo živočicha částice vykazující feromagnetické vlastnosti, pak z jejich fyzikálního principu dochází k jejich polarizaci ve směru vnějšího magnetického pole. U živočichů byly experimentálně prokázány feromagnetické částice pyrrhotinu  $\text{Fe}_7\text{S}_8$ , greigitu  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  nebo částice  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Uvedené magneticky orientovatelné částice buď zavírají, nebo otevírají tzv. iontové kanálky (obr. 27), nebo mohou působit přímo na zakončení příslušných nervů. Jejich velikost je cca 50nm (Johnsen a Lohmann, 2005).



Obr. 27 Předpokládaný model magneticky vrátkovaného iontového kanálu. Vlevo je kanál sloužící k detekci směru magnetického pole, vpravo kanál sloužící k měření intenzity magnetického pole (Walker a kol., 2002)

Další hypotézou tohoto druhu magnetorecepce pracuje s teorií, že feromagnetické částičky v těle živočich mají řádově menší velikost (do 5nm). Jejich velikost vylučuje vznik stálého magnetického momentu těchto krystalků. Tyto krystalky se shlukují a vytvářejí tzv. superparamagnetické řetězky, ve kterých je v důsledku vnějšího magnetického pole indukováno magnetické pole resp. moment. Shluky těchto řetězků jsou umístěny na tzv. plasmatické membráně a jejich vzájemné silové účinky (způsobené magnetickými poli řetězku a vnějšího pole) způsobují deformaci této membrány viz. obr. 28 (Němec a Vácha, 2007).



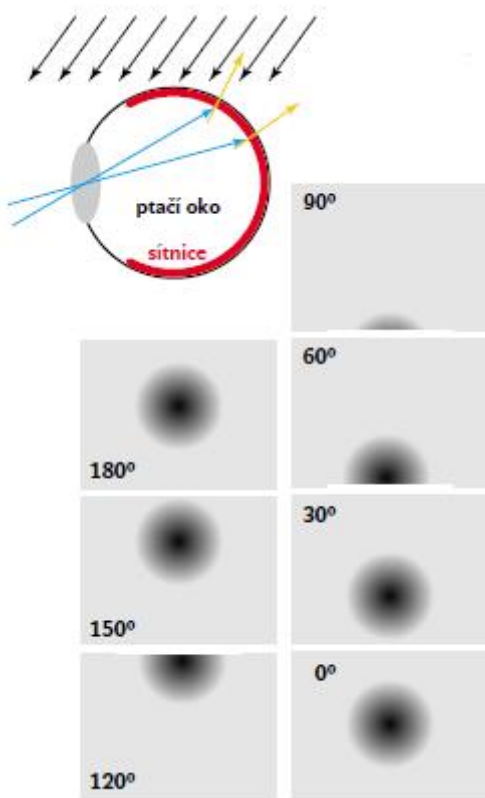
Obr. 28 Magnetické vlastnosti jednodoménových a superparamagnetických krystalů magnetitu (upraveno podle Johnsen a Lohmann, 2005).

### *3.3.2.2 Magnetorecepce podmíněná denním světlem*

Pro schopnost magnetorecepce je zde nutná tzv. fotorecepce. Magnetické pole je katalyzátorem chemických reakcí, při kterých dojde k tvorbě specifických útvarů s názvem radikálové páry. Foton, který narazí do částice (atomu), vyrazí elektron z valenční vrstvy a tento elektron může být přijmut jinou valenční vrstvou dalšího atomu. Tímto principem dochází ke vzniku radikálových párů, magnetické pole zde funguje jako podpůrný mechanismus ejakce a injekce elektronů. Pravděpodobně může tento druh magnetorecepce být pouze inklinální (Johnsen a Lohmann, 2005).

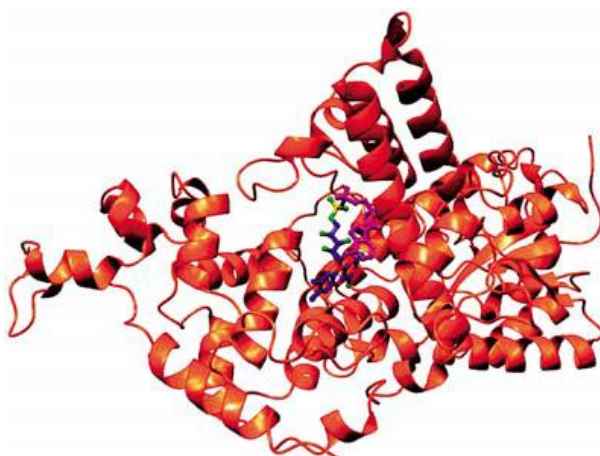
#### **Magnetorecepce chemická**

Část mozku (epifýza) obsahuje receptory pomocí jejich fotopigmentu jsou vytvářeny radikálové páry, které jsou magneticky citlivé. Na charakteristických hodnotách magnetického pole závisí účinnost mezi přeměnou světla v tzv. membránový potenciál. Tento potenciál je následně vykreslen na sítnici oka v podobě zrkového vjemu. Pravděpodobně jde o určité skvrny nebo oblouky, které musí být orientovány symetricky kolem magnetické osy. Tyto obrazy se budou lišit podle směrů pohledu, neboť magnetické pole má v každém směru jiné charakteristické hodnoty. Na vektoru intenzity magnetického pole potom závisí kontrast obrazce (obr. 29). Žlutými šipkami je označena směrovost fotoreceptorů, šipkami černými je vyznačeno magnetické pole v okolí. Magnetická skvrna a její poloha v zorném poli, je výsledkem superpozice těchto veličin (obr. 29) (Němec a Vácha, 2007).



Obr. 29 Vidění pomocí fotoreceptorů (Němec a Vácha, 2007)

Na obr. 30 jsou znázorněny tzv. kryptochromy, což jsou jediné vědecky prokázané ftopigmenty tvořící radikálové páry (Ritz a kol., 2010).



Obr. 30 Prostorová struktura kryptochromu (Němec a Vácha, 2007)

### 3.3.3 Magnetický alignment

Magnetorecepci u živočichů vyjadřuje tzv. magnetický alignment. Jde o prostorovou rotaci živočicha (otáčení se) v nějakém směru (tento směr je dán okolním magnetickým polem). Z živočichů u kterých se alignment projevuje můžeme vyjmenovat např. úhoře, srnčí, skot, některé druhy hmyzu (Wiltschko a Wiltschko 1995, Begall 2008, Burda 2008). Mezi orientací kompasovou a magnetickým alignmentem je ten rozdíl, že u prvně zmiňované jsou stejně důležité všechny směry (Wiltschko a Wiltschko, 1995).

živočišné skupiny			typ kompasu
měkkýši			
plži	1 čeleď	1 druh	???
členovci			
korýši	3 čeledě	5 druhů	polaritní, inkliniční
hmyz	7 čeledí	9 druhů	polaritní (?)
obratlovci			
paryby	1 čeleď	1 druh	???
ryby	2 čeledě	4 druhy	polaritní (?)
obojživelníci	2 čeledě	4 druhy	polaritní, inkliniční
plazi	2 čeledě	2 druhy	inkliniční
ptáci	11 čeledí	19 druhů	inkliniční
savci	2 čeledě	5 druhů	polaritní

Tab. č. 1 Příklady předpokládaných druhů magnetorecepce pro různé živočišné skupiny (Vácha a Němec, 2007)

## 4. METODIKA

### 4.1 Lokalita sledování

Měření probíhalo na dvou místech. Vlastní naměřené hodnoty sestávají jednak z polohy psů při přijímání vody v kotci a jednak při přijímání vody na zahradě u našeho rodinného domu. Měření probíhalo v termínu 1. 1. 2015 – 7. 10. 2016. Celkem se podařilo shromáždit soubor o velikosti 615 měřených dat.



Obr. 31 Fena přijímající vodu vyfocená fotopastí (Fousová, 2015)



## **4.2 Metodika měření**

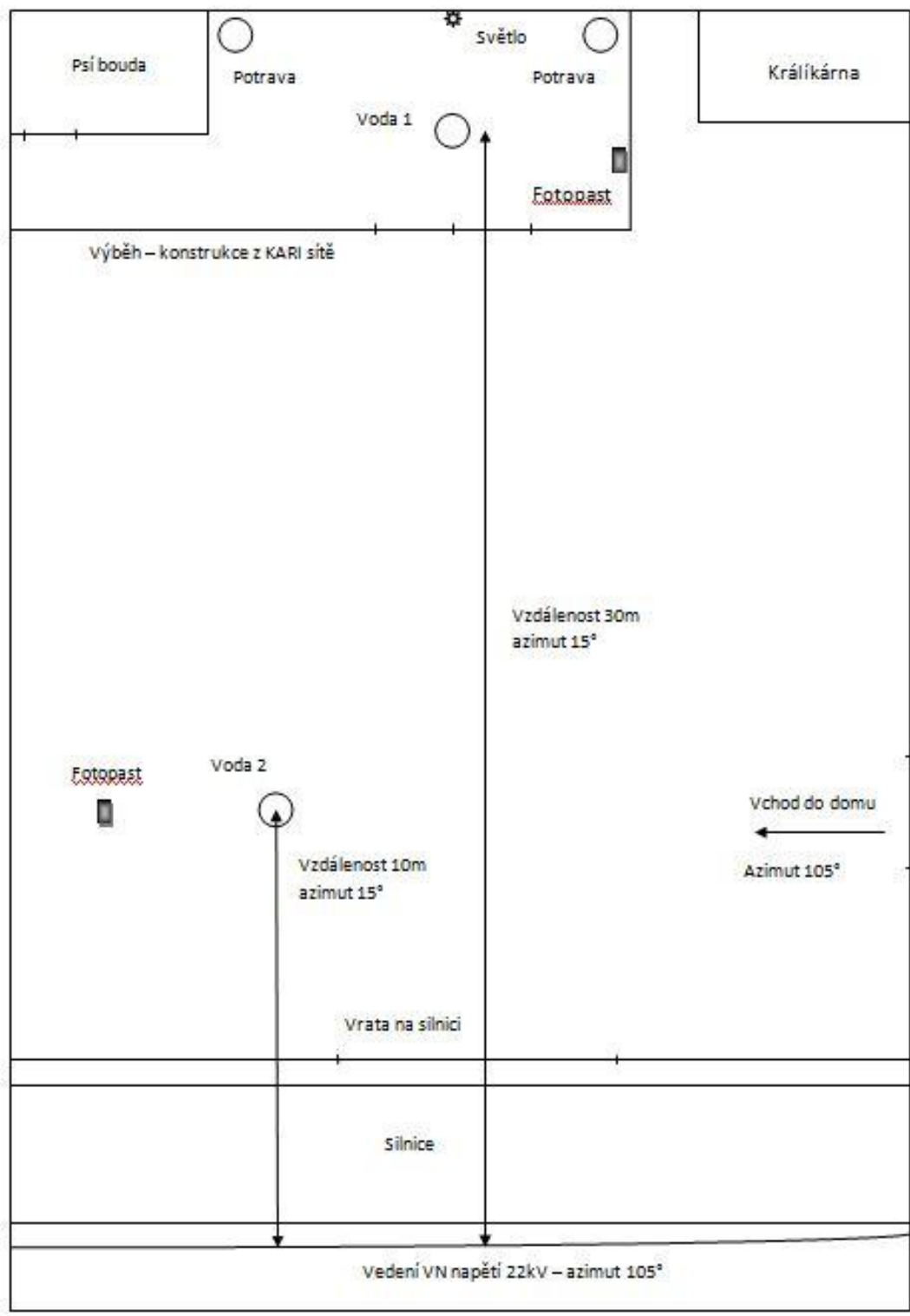
Základním předpokladem pro nezkreslené měření je volný přístup psů k misce s vodou ze všech světových stran. Pomocí fotografií lze stanovit preferovaný směr při příjmu vody s přesností 10°.

K vlastnímu měření byly využity feny českých fousků z chovatelské stanice Lovčina. Starší fena - bělouš - stáří 12 let jménem Lovka a mladší fena - hnědák - stáří 3 roky jménem Rita. Orientace fen při přijímání vody byla vyhodnocena pomocí fotopasti HC-300/HC-300M, která byla nainstalována od ledna 2015 nejdříve v kotci a v letních měsících přesunuta na druhé stanoviště - zahradu. Fotopast byla zapnuta v režimu 24 hodinového jedno - sekvenčního snímání. Snímky byly v pravidelném intervalu přeneseny do počítače a s přihlédnutím k zeměpisné orientaci fotopasti v terénu následně vyhodnoceny s přesností  $\pm 5^\circ$ .

Při těchto měřeních se také podařilo nasnímat v kotci i na zahradě ptactvo při přijímání vody. Z tohoto důvodu, byli do vyhodnocení zařazeni i ptáci orientovaní při příjmu vody a byli dále porovnání s orientací psů.

## **4.3 Metodika vyhodnocení**

Do tabulkového editoru byly vloženy naměřené hodnoty převedené do stupňové míry s přesností na jeden stupeň, kde 0° odpovídá směru severnímu, 90° směru východnímu, 180° směru jižnímu a 270° směru západnímu a následně vyhodnoceny statistickým programem Oriana, který je určen ke zpracování statistických kruhových analýz.



Obr. 32 Situační nákres terénního měření

Vyhodnocení bylo provedeno pro skupiny:

přijímání vody v kotci – Lovka – orientace hlavy

přijímání vody v kotci – Rita – orientace hlavy

přijímání vody na zahradě – Lovka – orientace hlavy

přijímání vody na zahradě – Rita – orientace hlavy

přijímání vody v kotci – vrabci

přijímání vody na zahradě – hrdličky

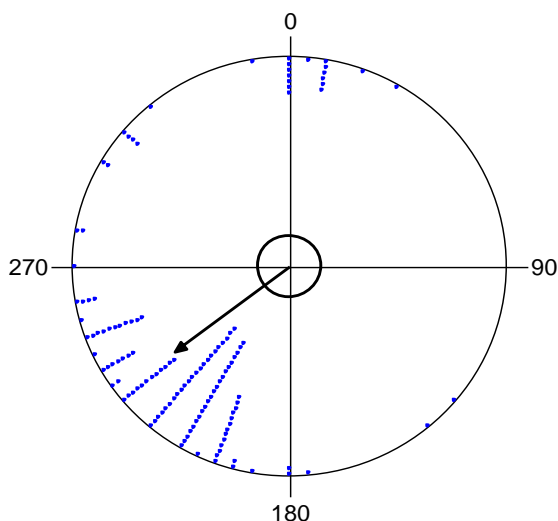
přijímání vody na zahradě – vrabci

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1 Vyhodnocení psů

#### 5.1.1. Přijímání vody v kotci – Lovka

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 132. Šipka znázorňuje výsledný vektor 232°.



Graf č. 1: Angulární rozložení četnosti přijímání vody fenou v kotci (orientace hlavy) v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

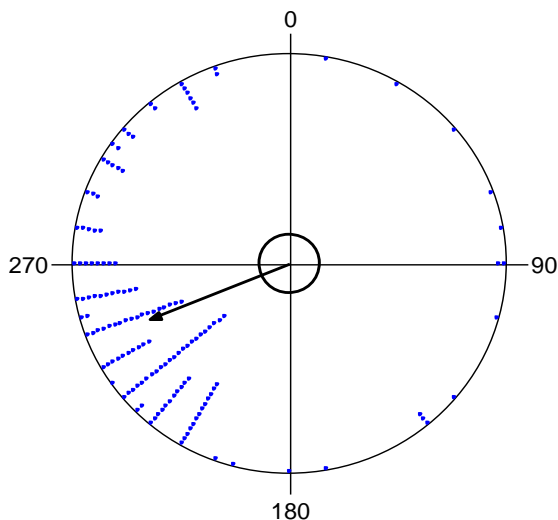
#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Angles
Number of Observations	132
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (36)
Mean Vector ( $\mu$ )	232,549°
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,663
Concentration	1,799
Circular Variance	0,337
Circular Standard Deviation	51,924°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	----
Rayleigh Test (p)	----
Rao's Spacing Test (U)	----
Rao's Spacing Test (p)	----

Tab. č. 2 Údaje základní statistiky orientace hlavy Lovky při přijímání vody v kotci

### 5.1.2 Přijímání vody v kotci – Rita

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 143. Šipka znázorňuje výsledný vektor 248°.



Graf č. 2: Angulární rozložení četnosti přijímání vody fenou v kotci (orientace hlavy) v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

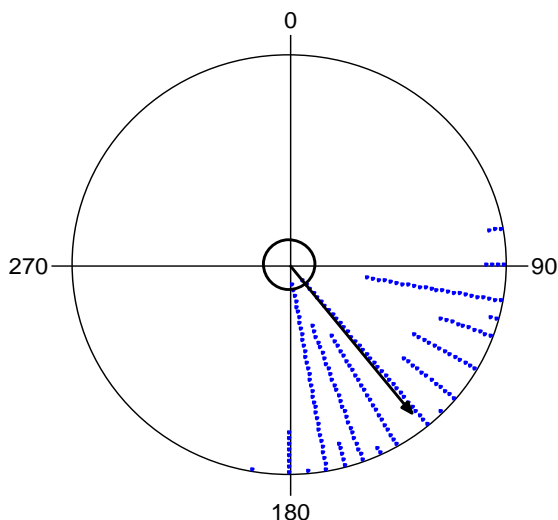
#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Angles
Number of Observations	143
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (36)
Mean Vector ( $\mu$ )	247,565°
Length of Mean Vector (r)	0,697
Concentration	1,989
Circular Variance	0,303
Circular Standard Deviation	48,67°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	-----
Rayleigh Test (p)	-----
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tab. č. 3 Údaje základní statistiky orientace hlavy Rity při přijímání vody v kotci

### 5.1.3 Přijímání vody na zahradě – Lovka

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 203. Výsledný statisticky významný vektor byl 142 °.



Graf č. 3: Angulární rozložení četnosti přijímání vody fenou (orientace hlavy) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

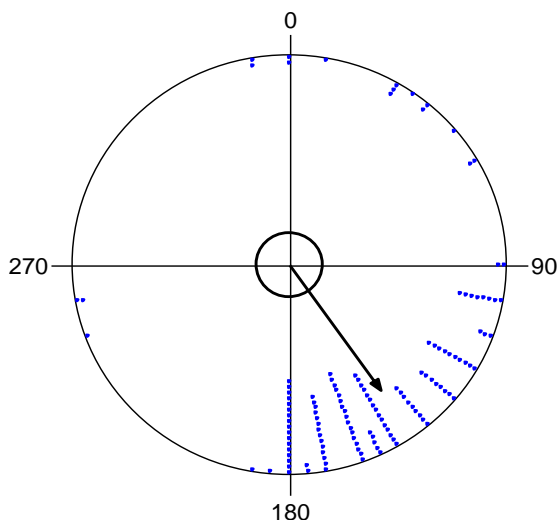
#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Angles
Number of Observations	203
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (36)
Mean Vector ( $\mu$ )	141,616°
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,899
Concentration	5,228
Circular Variance	0,101
Circular Standard Deviation	26,48°
One Sample Tests	
Rayleigh Test ( $Z$ )	163,959
Rayleigh Test ( $p$ )	< 1E-12
Rao's Spacing Test ( $U$ )	-----
Rao's Spacing Test ( $p$ )	-----

Tab. č. 4 Údaje základní statistiky orientace těla Lovky při přijímání vody na zahradě

### 5.1.4 Přijímání vody na zahradě – Rita

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 129. Výsledný statisticky významný vektor byl  $145^\circ$ .



Graf č. 4: Angulární rozložení četnosti přijímání vody fenou (orientace hlavy) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

#### BASIC STATISTICS

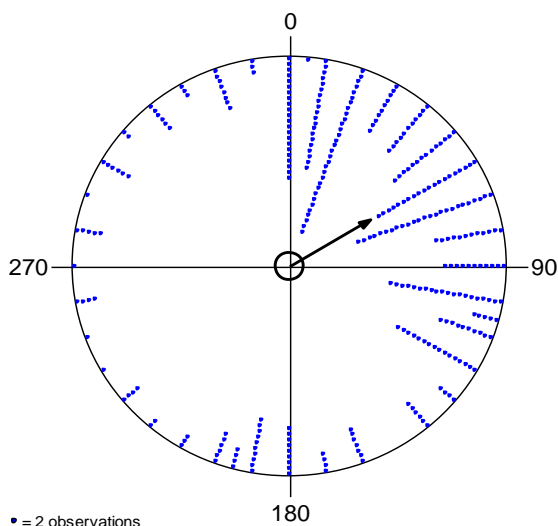
Variable	
Data Type	Angles
Number of Observations	129
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (36)
Mean Vector ( $\mu$ )	144,997°
Length of Mean Vector (r)	0,727
Concentration	2,188
Circular Variance	0,273
Circular Standard Deviation	45,723°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	68,237
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tab. č. 5 Údaje základní statistiky orientace hlavy Rity při přijímání vody na zahradě

## 5.2. Vyhodnocení ptactva

### 5.2.1 Přijímání vody v kotci – ptactvo (vrabci)

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 637. Výsledný statisticky významný vektor byl 59 °.



Graf č. 5 Angulární rozložení četnosti přijímání vody ptactvem (vrabci) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

#### BASIC STATISTICS

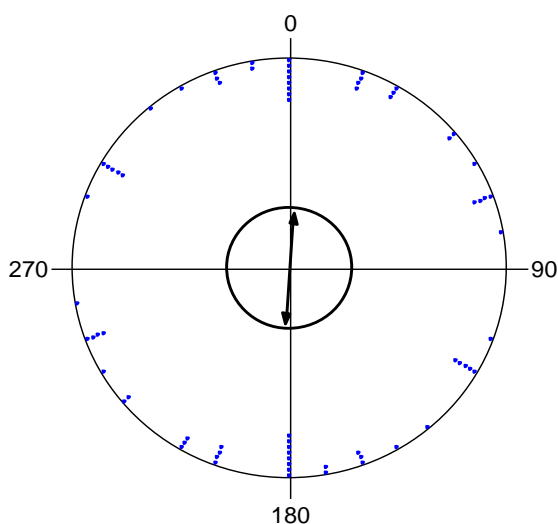
Variable	
Data Type	Angles
Number of Observations	637
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector ( $\mu$ )	58,871°
Length of Mean Vector (r)	0,435
Concentration	0,966
Circular Variance	0,565
Circular Standard Deviation	73,887°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	120,754
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	338,524
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Tab. č. 6 Údaje základní statistiky orientace vrabců při přijímání vody v kotci



### 5.2.2 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (hrdličky)

Měření nevyšlo statisticky signifikantně. Celkový počet měření je 36. Výsledný vektor je  $5^\circ$  a je na hranici statistické signifikance. Pouze naznačuje trend zarovnání os těl ptáků v severojižní ose.



Graf č. 6 Axiální rozložení četnosti přijímání vody ptactvem (hrdličky) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

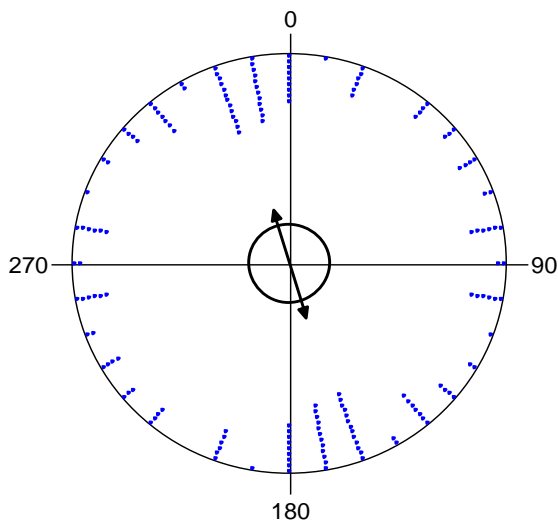
#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Axial
Number of Observations	36
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector ( $\mu$ )	4,528°
Length of Mean Vector ( $r$ )	0,262
Concentration	0,542
Circular Variance	0,369
Circular Standard Deviation	46,919°
One Sample Tests	
Rayleigh Test ( $Z$ )	2,463
Rayleigh Test ( $p$ )	0,085
Rao's Spacing Test ( $U$ )	-----
Rao's Spacing Test ( $p$ )	-----

Tab. č. 7 Údaje základní statistiky orientace hrdliček při přijímání vody na zahradě

### 5.2.3 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (vrabci)

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 84. Výsledný vektor je 165°.



Graf č. 7 Axiální rozložení četnosti přijímání vody ptactvem (vrabci) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

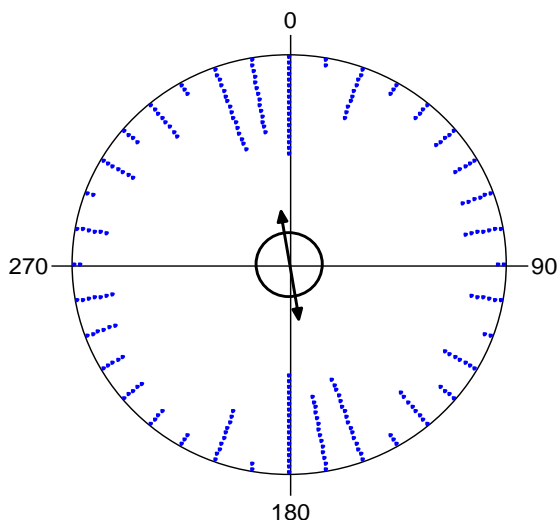
#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Axial
Number of Observations	84
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
Mean Vector ( $\mu$ )	164,27°
Length of Mean Vector (r)	0,264
Concentration	0,547
Circular Variance	0,368
Circular Standard Deviation	46,778°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	5,839
Rayleigh Test (p)	0,003
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tab. č. 8 Údaje základní statistiky orientace vrabců při přijímání vody na zahradě

### 5.2.4 Přijímání vody na zahradě – ptactvo (souhrn)

Měření vyšlo statisticky signifikantně (délka šipky překročila vnitřní kružnici 5% statistické významnosti). Celkový počet měření je 120. (84 vrabců/36 hrdliček). Výsledný vektor je  $171^\circ$ .



Graf č. 8 Axiální rozložení četnosti přijímání vody ptactvem (souhrn) na zahradě v kruhovém grafu. Šipka znázorňuje výsledný vektor. Délka šipky znázorňuje statistickou signifikanci. Vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu.

#### BASIC STATISTICS

Variable	
Data Type	Axial
Number of Observations	120
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ$ (18)
Mean Vector ( $\mu$ )	$171,047^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,26
Concentration	0,538
Circular Variance	0,37
Circular Standard Deviation	$47,054^\circ$
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	8,217
Rayleigh Test (p)	2,70E-04
Rao's Spacing Test (U)	----
Rao's Spacing Test (p)	----

Tab. č. 9 Údaje základní statistiky orientace ptactva při přijímání vody na zahradě

### 5.3 Porovnání psů a ptactva

Pro přehlednost byly jednotlivé výsledky shrnuty ve společné tabulce. Čísla uvnitř tabulky znázorňují výsledné průměrné vektory a červeně je označen výsledek, který nevyšel statisticky signifikantně. Z výsledků je zřejmé, že psi při příjmu vody v kotci byli orientováni na jihozápad (232° a 248°) a na zahradě změnili svoji preferenci o 90°, tedy na jihovýchod (142° a 129°). Vrabci focení v kotci byli oproti psům orientováni opačně o 180° a výsledný vektor směřoval na severovýchod (59°). Na zahradě, kde vrabci pravděpodobně nebyli ovlivněni prostorem, ve kterém se často zdržovali psi, se změnila jejich preference upřednostňovaného úhlu na preferenci osy, jejíž výsledný vektor je 165°/345°. Výsledek hrdličky obecné nevyšel statisticky signifikantně, pravděpodobně z důvodu malého počtu naměřených dat (36), ale výsledek 5°/185°, který je na hranici statistické signifikance, naznačuje stejný trend preferované osy jako u vrabců.

	<b>Lovka</b>	<b>Rita</b>	<b>Vrabci</b>	<b>Hrdličky</b>
<b>Kotec</b>	<b>232°</b>	<b>248°</b>	<b>59°</b>	<b>x</b>
<b>Zahrada</b>	<b>142°</b>	<b>145°</b>	<b>165°/345°</b>	<b>5°/185°</b>

Tab. č. 10 souhrnné výsledky výsledných vektorů psů a ptactva sledovaných v kotci a na zahradě.

## 6. DISKUZE

Prvním, kdo popsal magnetický smysl u savců, byl prof. Burda v devadesátých letech minulého století (rypošové). V současnosti je popsána magnetorecepce u mnoha živočichů, obratlovců i bezobratlých.

Přelomovou prací v této oblasti byl článek Begall a kol. (2008) o směrové orientaci skotu, srnčí a jelení zvěře při pastvě a odpočinku. Jednalo se o velký statistický soubor dat s velkou vypovídající schopností, kdy k vyhodnocení byla použita aplikace Google Earth. Směrová orientace zde byla nezvratně prokázána.

Nicméně u magnetorecepce živočichů se vyskytují určité anomálie, poruchy v předpokládaném magnetickém chování. Bylo prokázáno (Burda a kol. 2009), že např. v okolí VN vedení živočichové magnetický smysl ztrácejí a jejich směrová orientace je zcela náhodná. Tato entropie klesá se vzrůstající vzdáleností od příčiny poruch magnetického pole (v našem případě vedení VN napětí).

U přijímání vody psy v kotci vyšla měřením jihozápadní orientace ( $232^\circ$  a  $248^\circ$ ), což nepotvrdilo severojižní orientaci udávanou při zkoumání magnetorecepce psů (Hart a kol. 2013b). Při příjmu vody psy na volném prostranství byla jejich osa těla natočena oproti kotci o  $90^\circ$ , tzn. jihovýchodním směrem ( $142^\circ$  a  $129^\circ$ ). Tento výsledek již koresponduje s výzkumy Burda a kol. 2009, kdy blízkost vedení VN respektive změny v magnetickém poli způsobené tímto vedením způsobují odchylku od severojižní orientace. V našem případě, vezmeme-li v úvahu polohu vedení, jeho blízkost ke zkoumaným subjektům a po provedené teoretické rekonstrukci lokálního magnetického pole v místě měření, můžeme říci, že oba psi přijímali vodu přibližně ve směru magnetických siločar deformovaného lokálního magnetického pole.

Ptáci při příjmu vody v kotci měli směrovou orientaci severovýchodním směrem ( $59^\circ$ ). Pravděpodobně zde došlo ke zkreslení z důvodu uzavřeného prostoru nepřírozeného pro příjem vody ptáky. Na volném prostranství je úhel pro souhrn měření ptactva  $171^\circ$ . Tento výsledek potvrzuje měření prováděná Hart a kol. (2013a) (orientace vodního ptactva při přistávání na vodní hladině).

Dalším jevem, který výrazně ovlivňuje charakteristické veličiny lokálního magnetického pole je přítomnost většího množství feromagnetického materiálu. V našem případě jde o konstrukci výběhu, ve kterém bylo prováděno měření a který je zkonstruován z ocelových profilů a pletiva (viz. Faradayova klec – magnetické

stínění). Přesný mechanismus působení magnetického smyslu na nervovou soustavu živočichů není ještě znám, ale je víceméně jasné, že v daném směru dojde u živočicha k jistému zostření některého z jeho běžných smyslů (zrak, čich, sluch) anebo jejich kombinace. Toto zostření živočich dokáže využít ke zrychlení nebo zpřesnění okamžité reakce pokud je třeba (např. lov) (Červený et al., 2011) nebo je živočichem podvědomě využívána i v klidu (např. při odpočinku volí takový směr, ve kterém lépe vidí) anebo je magnetorecepce využívána živočichy při dlouhých migračních trasách (magnetická mapa) (Begall et al., 2013 a Begall et al., 2014).

## 7. ZÁVĚR

Při porovnání naměřených hodnot příjmu vody ptáků a psů v kotci se ukázalo, že jejich orientace je téměř přesně opačná. Jedním z možných vysvětlení může být strach ptactva ze psů a instinktivní vyhledání nejnadnějšího únikového směru pro vzlet nebo, což je zajímavější, vnímání magnetického pole jiným mechanismem než jaký je u psů. Pro ptáky dostáváme zhruba stejné výsledky i na volném prostranství (axiální orientace). Tam však působí další významný vliv, a to dráty vysokého napětí 22kV (poloha viz. situační schéma - obr. 32).

Při srovnání výsledků přijímání vody u psů venku a v kotci je diference cca 90°. Možným vysvětlením může být konstrukce výběhu (feromagnetický materiál) a jeho orientace vůči ose těla psů při pití. Venku byla miska s vodou opět umístěna v dosahu drátů vysokého napětí 22kV.

Angulární neboli úhlové vyhodnocování má při výzkumu magnetorecepce větší váhu, protože je zde zaznamenána přesná orientace těla živočicha i s polohou hlavy. V tomto směru vyšli psi angulárně signifikovaně ve všech případech. U měření ptactva bylo použito vyhodnocení axiální (osové), neboť dle naměřených hodnot, ptákům na orientaci hlavy nezáleželo, signifikantní byla osa těla. Tento rozdíl může být zapříčiněn anatomickou odlišností mezi ptáky a savci a možným jiným principem či orgánem určeným k vyhodnocování vnějšího magnetického pole.

Studium magnetorecepce představuje komplexní a náročnou disciplínu, která je zatím pouze v začátcích, ale její pravý význam a důležitost bude jistě v brzké době objeven.

## 8. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

### LITERATURA:

Anonymus, Myslivost 12/2011: Vliv spodních vodotečí na zvířata, s. 69

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: s. 13451 – 13455.

Begall S., Malkemper E. P., Červený J., Němec P., Burda H., 2013: Magnetic alignment in mammals and other animals. Mammal. Biol. 78, s. 10-20.

Begall S., Burda H., Malkemper E. P., 2014: Magnetoreception in Mammals, Elsevier Science & Technology, s. 45-79

Blahovec A., 1997: Elektrotechnika I, INFORMATORIUM: s. 126 – s. 136.

Červený J. 2009: Ottova encyklopedie myslivosti, Ottovo nakladatelství, 591 str.

Červený J., Begall S., Koubek P., Nováková P., Burda H., 2011: Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes, Biology letters, s 355-357

Ginzburg V. L., 1979: Astrofyzika: ALFA, Bratislava, s. 52-186

Hanzal Vladimír a kol. 2008: Velká myslivecká encyklopedie. Elektronické nakladatelství Grand, České Budějovice

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., 2013a: Directional compass preference for landing in water birds. Frontiers in Zoology, 25 s.

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., 2013b: Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. Frontiers in Zoology, 12 s.

Johnsen S., Lohmann K. J., 2005, The physics and neurobiology of magnetoreception, Nature Reviews Neuroscience, Advanced online publication

Lohmann J. K., 2010, Magnetic-field perception, Nature

Macháček M., 1998: Fyzika pro gymnázia - astrofyzika: Prometheus, s. 55 - 62



- Maus S., Macmillan S., McLean S., Hamilton B., Thomson A., Nair M., Rollins C., 2010, National Geophysical Data Center, The US/UK World Magnetic Model
- Maeyr D., 2001: Teorie elektromagnetického pole, ZČU: s. 10 – s. 16.
- Mayer D., 2001: Teorie elektromagnetického pole, ZČU, s. 5 - 54
- National Geophysical Data Center, Geomagnetismus, Frequently asked questions, online: <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/faqgeom.shtml>, cit. 30.3.2013
- Němec P., Vácha M., květen 2007: Mechanizmy magnetorecepce, Vesmír 86, s 284-289
- Ritz T., Yoshii T., Helfrich-Foerster C., Ahmad M., 2010b, Cryptochrome A fotoreceptor with the properties of a magnetoreceptor, *Communicative & Integrative Biology*
- Řešátko M., Dostoupil J., 1984: Elektrotechnika pro neelektrotechnické obory na SOU, SNTL, Praha: s. 92 – 102.
- Schejbal K. Mertlová J., 1998 Elektroenergetika I a II, ZČU: s. 6 – 35.
- Svoboda, E. a kol., 1998: Přehled středoškolské fyziky: Prometheus, s. 281 – s. 289.
- Tejmlová, K., 2010: Magnetická orientace savců, bakalářská práce, Dep.: UK, Přírodovědecká fakulta.
- Vácha M., Němec P., duben 2007: Orientace v geomagnetickém poli, Kompas a mapa, Vesmír 86, s. 224-228
- Vlasák P., 1986: Ekologie savců. – Academia, Praha, 291 str.
- Voženílek L., Řešátko M., 1986: Základy elektrotechniky I, SNTL: s. 157 – s. 161.
- Walker a kol., 2002: *Curr. Opin. Neurobiol.* 12, 735-744
- Wilhelm z Rothausenu, 1931: *Der Deutsche Jager*, Jhr. 53 Nr. 7, Mnichov: str. 113
- Wiltschko W., Wiltschko R., 2002: Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis. *Naturwissenschaften* 89: 445–452.
- Wiltschko W., Wiltschko R., 2005: Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals, *J Comp Physiol A*, 191: 675–693.

## **INTERNETOVÉ ZDROJE:**

Anonymus, Gymnázium Praha 5, 2013: Litosféra – Typy pohybů litosférických desek a projevy této činnosti, online: [http://www.zatlanka.cz/vyukove-materialy/zemepis/litosfera\\_typy\\_pohybu\\_desek.html](http://www.zatlanka.cz/vyukove-materialy/zemepis/litosfera_typy_pohybu_desek.html), cit. 30.3.2013

Wikipedie, 2013: Earth's magnetic field online:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Earth%27s\\_magnetic\\_field,\\_schematic.svg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Earth%27s_magnetic_field,_schematic.svg),  
cit. 30.3.2013

Wikipedie, 2013: Magnet, online: <http://www.ig.cas.cz/magnet/geomag.php>, cit.  
30.3.2013

Wikipedia, 2013: Magnetická anomálie, online:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A1\\_anom%C3%A1lie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A1_anom%C3%A1lie), cit. 30. 3.  
2013

Wikipedie, 2013: Magnetická deklinace, online:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A1\\_deklinace](http://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A1_deklinace), cit. 30.3.2013

Wikipedia, 2013: Magnetické pole, online:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Geomagnetick%C3%A9\\_pole](http://cs.wikipedia.org/wiki/Geomagnetick%C3%A9_pole), cit. 30.3.2013

Wikipedie, 2013: Magnetosféra, online:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetosf%C3%A9ra>. cit. 30.3.2013

Wikipedie, 2013: Polární záře, online:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD\\_z%C3%A1%C5%99e](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD_z%C3%A1%C5%99e),  
cit. 30.3.2013

Wikipedie, 2013: Středoatlantský hřbet, online:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99edoatlantsk%C3%BD\\_h%C5%99bet](https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99edoatlantsk%C3%BD_h%C5%99bet),  
cit. 30.3.2013

## 9. PŘÍLOHY

### Přijímání vody na zahradě – hrdličky



### Přijímání vody v kotci – vrabci

