

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra ochrany lesa a myslivosti**



**Vliv magnetismu na teritoriální chování srnčí zvěře  
v oblasti Kostelce nad Černými Lesy**

**Diplomová práce**

**Jméno:** Bc. Zdeněk Košata

**Obor:** Lesní inženýrství

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

**Praha 2014**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Košata Zdeněk

Lesní inženýrství

Název práce

**Vliv magnetismu na teritoriální chování srnčí zvěře v oblasti Kostelce nad Černými Lesy**

Anglický název

**Influence of magnetism on the territorial behavior of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the area of Kostelec nad Černými Lesy**

---

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je vyhodnocení vlivu zemského magnetismu na teritoriální chování srnčí zvěře.

### Metodika

V diplomové práci se zaměřte na zpracování literární rešerše k dané problematice, zdokumentování a statistické vyhodnocení magnetické orientace srnčí zvěře při značení teritorií se zaměřením na hrabánky. Zaznamenávejte i vzdálenost případných rušivých vlivů (silnice, vysoké napětí).

### Harmonogram zpracování

Literární rešerši diplomové práce předložte v elektronické podobě do konce prosince 2013 a vytištěný rukopis práce do 30.4.2014.



**Rozsah textové části**

cca 50 stran

**Klíčová slova**

Capreolus capreolus, teritorialita, hrabánekování, magnetická orientace

**Doporučené zdroje informací**

- 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.
- Begall, S., Malkemper, E. P., Červený, J., Nemeč, P., Burda, H. 2013 Magnetic alignment in mammals and other animals. Mammalian Biology 78, 10–20.
- Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltshko, W. & Wiltshko, R. 1990 Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyergidae, Rodentia). *Experientia* 46, 528-530.
- 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.
- Němec, P. & Vácha, M. 2007 Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, 284 - 289.
- Vácha, M. & Němec, P. 2007 Kompas a mapa - orientace v geomagnetickém poli. *Vesmír* 86, 224 - 228.
- Wiltshko, R. & Wiltshko, W. 1995 *Magnetic orientation in animals*. Berlin, Germany: Springer.

**Vedoucí práce**

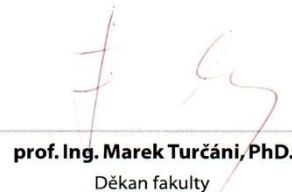
Nováková Petra, Ing., Ph.D.

**Termín odevzdání**

duben 2014



**prof. Ing. Jaroslav Červený, CSc.**  
Vedoucí katedry



**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**  
Děkan fakulty

V Praze dne 27.2.2013

## Prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv magnetismu na teritoriální chování srnčí zvěře v oblasti Kostelce nad Černými Lesy“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne .....

Podpis .....

Bc. Zdeněk Košata

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své vedoucí diplomové práce, Ing. Petře Novákové, Ph.D. za rady a pomoc při psaní diplomové práce. Dále děkuji mým kolegům myslivcům za zapůjčení literatury. Díky jejich ochotě a kladnému přístupu ke zpracovávanému tématu tato diplomová práce mohla vzniknout.

## Abstrakt

Vliv magnetismu na teritoriální chování srnčí zvěře v oblasti Kostelce nad Černými Lesy

Zdeněk Košata

Diplomová práce se zabývá způsobem života srnčí zvěře, naší nejběžnější spárkaté zvěře, a to zejména jejím teritoriálním chováním. Předpokládá se, že na teritoriální chování srnců, tedy na hrabánkování, má vliv magnetické pole Země. O schopnosti živočichů vnímat magnetické pole Země má současná věda dost poznatků, ale do dnešní doby nebylo spolehlivě prokázáno, jakým způsobem zvířata vnímají a zpracovávají informace, které magnetické pole poskytuje. Geomagnetické pole Země může živočichům poskytovat poziční a směrovou informaci.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část se věnuje srnčí zvěři, kdy byly měřeny hrabánky nepřímým pozorováním na lokalitě Kostelec nad Černými Lesy. Po vyhodnocení zjištěných dat vyplynulo, že srnci preferují severojižní směr s převahou jižního směru, kdy toto tvrzení je podloženo výslednými vektory  $178^\circ$ ,  $179^\circ$  a  $178^\circ$ . Druhá část se věnuje měření zálehů na lokalitě Kostelec nad Černými Lesy a Plzeňsko u prasete divokého, srnce obecného a jelena siky. Po vyhodnocení zjištěných dat vyplynulo, že tyto druhy preferují severojižní směr s převahou severního směru, což je podloženo výsledným vektorem  $0,9^\circ$  u prase divoké,  $5^\circ$  u srnce obecného a  $6^\circ$  u jelena siky.

Z výsledků základní statistiky naměřených dat je zřejmé, že geomagnetické pole Země má vliv na srnce při hrabánkování a u ostatních zkoumaných zvířat u zálehů. Projevuje se jedním ze způsobů magnetického orientace a to magnetickým alignmentem, tedy pozičním chováním zvěře. V závěru je potvrzen vliv magnetického pole Země na teritoriální chování srnčí zvěře a ostatních třech druhů zvěře.

Klíčová slova: srnčí zvěř, magnetorecepce, zálehy, hrabánky, teritorialita

## Abstract

Influence of magnetism on the territorial behavior of roe deer (*Capreolus capreolus*) in the area of Kostelec nad Černými Lesy

Zdeněk Košata

The diploma thesis deals with the way of life of roe deer, our most common hoofed animals, in particular its territorial behavior. It is assumed that the territorial behaviour of roebucks, namely ranging behaviour, have an influence the magnetic field of the Earth. About ability animals perceive the magnetic field of the Earth has current science enough knowledge but until today not been reliably demonstrated how the animals to sense and process information which the magnetic field provides. Geomagnetic field of the Earth can to animals provide positional and directional information.

The thesis is divided into two main parts. The first part deals with the roe deer, when were measured ranging behaviour by indirect observation on the location Kostelec. After evaluating the obtained data showed that roe deer prefer a north-south direction with a predominance of the southern direction, when this statement is based on the resulting vectors  $178^\circ$ ,  $179^\circ$  and  $178^\circ$ . The second part deals with the measurement sleeping beds on the location Kostelec and Pilsner with wild boar, roe deer and sika deer. After evaluating the obtained data showed that these species prefer a north-south direction with a predominance of the northern direction, which is based on the resultant vector of  $0.9^\circ$  at wild boar,  $5^\circ$  at roe deer and  $6^\circ$  at sika deer.

From the results basic statistics of the measured data shows that the geomagnetic field of the Earth has an effect on roe deer at ranging behaviour and other of studied animals at sleeping beds. It manifests itself one of the ways of magnetic orientation and magnetic alignment, thus positional behaviour animals. In the conclusion is confirmed by the influence of magnetic field on the territorial behaviour of roe deer and other three species of animals.

Keywords: roe deer, magnetoreception, sleeping beds, ranging behaviour

## Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	12
3. Literární rešerše .....	13
3. 1 Srnec obecný – <i>Capreolus capreolus</i> Linnaeus, 1758.....	13
3. 1. 1 Zoologické zařazení.....	13
3. 1. 2 Rozšíření a biotop.....	13
3. 1. 3 Biologie a popis srnčí zvěře .....	15
3. 1. 4 Potrava.....	16
3. 1. 5 Říje a teritorialita srnců .....	17
3. 1. 6 Parožení .....	18
3. 2 Vlivy magnetického pole Země .....	19
3. 2. 1 Ovlivnění zvířat magnetickým polem Země .....	21
3. 2. 1. 1 Bezobratlí .....	21
3. 2. 1. 2 Ryby .....	22
3. 2. 1. 3 Ptáci .....	23
3. 2. 1. 4 Savci .....	25
3. 3 Poziční chování .....	26
3. 3. 1 Faktory ovlivňující poziční chování.....	27
3. 3. 1. 1 Nízkofrekvenční elektromagnetické pole .....	28
3. 3. 1. 2 Sluneční záření.....	28
3. 3. 1. 3 Proudění vody .....	29
3. 3. 1. 4 Proudění vzduchu .....	29
3. 3. 1. 5 Sklon terénu .....	29
3. 3. 1. 6 Ostatní vlivy.....	30
3. 4 Magnetická orientace .....	30
3. 4. 1 Magnetický kompas.....	31
3. 4. 2 Magnetická mapa.....	32
4. Metodika .....	33
4. 1 Lokalita sledování .....	33
4. 2 Metody a způsoby sledování .....	33
5. Výsledky .....	35



5. 1 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování v lese.....	35
5. 2 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování na louce.....	37
5. 3 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování souhrn .....	39
5. 4 Výsledky měřených zálehů u prasete divokého .....	41
5. 5 Výsledky měřených zálehů u srnce obecného .....	43
5. 6 Výsledky měřených zálehů u jelena siky .....	45
6. Diskuse.....	47
7. Závěr .....	49
8. Literatura.....	50
9. Přílohy.....	58

## 1. Úvod

Život se na naší planetě vyvíjel miliony, až miliardy let. Prošel velmi dlouhým a složitým vývojem, než se přeměnil do podoby, v jaké ho známe v dnešní době. Tvrdým přírodním výběrem prošel každý živý organismus a přežili jen nejvíce přizpůsobiví a nejdolnější. I když každý živočich používá jinou životní strategii, tak jedno je spojuje – dokonalé smysly. Jeden má ostrý zrak, druhý se spoléhá na vynikající čich a další na velmi citlivý sluch. Většina z nich, nebo téměř všichni mají zvláštní smysl, který u člověka nebyl ještě tolik prostudován. Smysl pro vnímání magnetického pole Země.

Každý z nás zná kompas a účel jeho použití, bez něj bychom nemohli překonávat moře, pouště, ale co zvířata? Pohybují se oceány, pustinami bez patrných orientačních bodů. Cestují i v nočních hodinách a i tak vždy dojdou do svého cíle cesty. Existují i případy, kdy zvířata svými smysly dokázala předpovědět přírodní katastrofy dlouho předtím, než nastaly.

Přítomnost tohoto smyslu u zvířat lidé předvíдали již dlouho. Až na konci 20. století se vědci začali magnetismem zabývat více. Geomagnetické pole je všude okolo nás, vyskytuje se v každém koutu naší planety. Magnetorecepce je schopnost zpracovávat a vnímat informace, které vydává magnetické pole Země. Tyto informace člověk vnímá prostřednictvím kompasu. V posledních dvaceti letech byl tento „šestý“ smysl prokázán u mnoha druhů živočichů, nejvíce probádaná je skupina ptáků a živočichů žijící v mořích, dále to jsou včely, ryby, netopýři, obojživelníci a další. I u velkých savců tato schopnost byla prokázána v nedávné době, hlavně u krav a jelenů, kde by se magnetorecepce díky jejich pastevnímu chování dala předpokládat (Begall et al. 2008; Wiltschko et Wiltschko 2006; Holland et al. 2006).

Nad orientačními schopnostmi živočichů zůstáváme stát v němém úžasu. Nejrůznější živí tvorové se vydávají třeba na druhou stranu zeměkoule bez map, bez jakýchkoli ukazatelů směru a po mnoha měsících se vracejí zpět na tutéž louku, do téhož zálivu, k témuž stromu v domovském lese. Moderní metody sledování pomocí satelitů přinášejí nové důkazy o tom, že zvířata po celou cestu vědí, kde jsou, i když je od cíle dělí tisíce kilometrů. Jak je to možné? Od biologů zabývajících se výzkumem migrací (ať už jde o ptačí tahy, putování želv nebo tisícikilometrové výlety žraloků za potravou) se nejspíš dočkáte opatrné odpovědi, že se pravděpodobně orientují podle řady vodítek. Ví se,

že roli hrají zejména čich a chuť, někdy sluch a samozřejmě zrak. Rok od roku však roste počet důkazů o tom, že se zvířata orientují i pomocí smyslu pro vnímání geomagnetické pole, který byl nám lidem odepřen (Vácha et Němec 2007).

U dobytka a jelenovitých byla zkoumána orientace jejich těla při odpočinku a na pastvě, zda své tělo orientují v severojižním směru. Na jelenovité zatím toho moc nebylo, pouze práce Begall et al. (2008). Do skupiny jelenovitých patří i srnec obecný. Srnec obecný (*Capreolus capreolus*) je naší původní spárkatou zvěří. Vyskytuje se na celém území naší země, obývá jak klidné, tak rušné životní prostředí, častokrát i v blízkosti lidských obydlí. Adaptovala se i na rozsáhlé polní lány, kde si vytvořila odlišné zvyklosti a vznikla tak populace polní srnčí zvěře. V létě a na jaře srnčí zvěř žije teritoriálním životem, každá část našeho území, ať už se jedná o pole, lesík či louku, má svého srnce, který si brání své teritorium a nesnese v něm jiného soka kromě srn a srnčat. Samci si kontrolují pravidelně své území, které si značkují hrabánky či strouháním parůžků. Naopak na podzim a v zimních měsících žijí společenským životem v tlupách, které čítají až několik desítek kusů.

Výzkum, který proběhl v této diplomové práci, by měl napomoci k poznávání magnetického pole Země, které vnímají velcí savci, konkrétně tedy srnčí zvěř.

## **2. Cíl práce**

Cílem práce je zjistit vliv geomagnetismu (magnetického pole Země) na teritoriální chování srnčí zvěře prostřednictvím měření orientace hrabánek. Dalším cílem této práce je měření zálehů zvěře (jelen sika, srnec obecný, prase divoké) na dvou různých lokalitách a zjištění vlivu geomagnetismu na pozici zálehů. Naměřená data byla statisticky vyhodnocena a porovnána s výsledky jiných autorů. Tato práce by měla přispět svými daty k diskuzi o pozičním chování nejen srnčí zvěře, ale i ostatních savců.

### 3. Literární rešerše

#### 3. 1 Srnec obecný – *Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758

##### 3. 1. 1 Zoologické zařazení

<b>Třída:</b>	<i>Mammalia</i> – savci
<b>Řád:</b>	<i>Artiodactyla</i> – sudokopytníci
<b>Čeleď:</b>	<i>Cervidae</i> – jelenovití
<b>Rod:</b>	<i>Capreolus</i> – srnec
<b>Druh:</b>	<i>Capreolus capreolus</i> – srnec obecný

(Drmota et al. 2007)

##### 3. 1. 2 Rozšíření a biotop

Areál rozšíření srnce zahrnuje téměř celou Evropu a mnohé oblasti Asie i severní Afriky. Jako zvěř obývající původně okraje stepí a lesostepí se dnes u nás srnec vyskytuje v největším počtu v otevřené krajině s menšími lesíky, křovinami a poli (Červený et al. 2003). Reichholf (1996) uvádí, že srnčí zvěř se vyskytuje v nejrůznějších typech krajiny od Evropy po východní Asii. Podle stavby těla lze usoudit, že tento malý druh parohaté zvěře žil původně na okraji stepí a lesostepí východní Evropy a Asie. Nejlepší podmínky k životu nalézá srnčí zvěř na okrajích listnatých lesů, a to z několika důvodů: je zde dostatek úkrytů, protože srnci nejsou zvláště dobrými běžci, bohatství pastvy, které potřebuje srnčí v poměrně velké rozmanitosti, a možnost stáhnout se do stínu lesa, jsou-li vysoké teploty, nebo naopak když se rozpoutá sněhová vánice.

Srnčí zvěř obývá snad celou Evropu až k 58. stupni severní šířky, i mnohá území asijská, vyjma krajiny, v nichž panují přílišné zimy nebo horká léta. Nejvíce libuje si v rovinách a v předhořích, zdržuje se však i v rozsáhlejších pohoří lesnatém, kde bývá silnější ve zvěřině nežli jinde. Listnatým lesům dává přednost před jehličnatými, a zdá se, že nejraději obývá pařeziny. V místě močálů, kde je většinou větší klid, volí srnčí zvěř za

své stávaníště, pokud jsou zde suchá místa, kde se zvěř může uložit a odpočinout (Černý 2000).

Hlavní oblastí rozšíření evropské srnčí zvěře je v současné době střední Evropa. V posledních několika letech se podle statistických výkazů pohybovaly jarní kmenové stavy srnčí zvěře v českých zemích od 200 do 250 tisíc kusů, na Slovensku od 70 do 80 tisíc kusů (Rakušan et al. 1988).

Díky přizpůsobivosti však žije na různých stanovištích – od intenzivně obhospodařované zemědělské krajiny v nížinách až po souvislé lesy v horských oblastech na celém našem území. V minulosti proběhly na více místech Evropy pokusy s vysazením srnce sibiřského (*Capreolus pygargus*, Pallas 1771), který má mnohem větší parůžky (Červený et al. 2003).



Obrázek č. 1: Areál rozšíření srnce obecného ([http://cs.wikipedia.org/wiki/Srnec\\_obecn%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Srnec_obecn%C3%BD))

### 3. 1. 3 Biologie a popis srnčí zvěře

Srnec je naší nejběžnější spárkatou zvěří a zároveň nejmenším zástupcem evropských jelenovitých. Délka těla dosahuje až 140 cm a hmotnost až 35 kg. Ve střední a západní Evropě je srnčí zvěř o něco menší než v její východní části. Srny jsou vždy menší než srnci. Letní zbarvení je červenohnědé, zimní šedohnědé. Srnčata jsou do věku dvou měsíců skvrnitá. Pro srnčí zvěř je typický velmi krátký ocas a oválný (u srnců) či okrouhlejší (u srn) bílý obřítek (Červený et al. 2003). Obřítek u srnce je menší a má okrouhlý tvar, u srny má srdčitý tvar s patrnou zástěrkou (prodloužená srst kolem spodního okraje svírky). Kelka je zakrnělá, ukrytá v srsti (Hromas et al. 2000). Velikost hlavy srnčí zvěře je v poměru k celému tělu. Větrník je černý, studený a vlhký. Světla tohoto druhu zvěře jsou jasná, černá a modravě měnivá (Černý 2000).

Hlava je relativně krátká, kuželovitá, světla jsou velká a tmavá a slecha poměrně dlouhá. Srnci nosí na pučnicích rostoucích z čelní kosti poměrně nízké, málo členěné, ale tvarově velmi proměnlivé paroží. Srnčí zvěř umí sice prudce a rychle odskočit velkými skoky, ale při pronásledování rychle ztrácí síly, takže ji psi snadno uštvou a strhnou. Poměrně obtížně se srnčí pohybuje v měkké půdě nebo v hlubokém sněhu, plave však dobře (Rakušan et al. 1988). Srnec má pachové žlázy meziprstní, patní na zadních běžích a žlázy kolem řiti. Čelními žlázami si srnec značkuje stávaníště (Hromas et al. 2000).

Trus tvoří oválné černé hrudky dlouhé 1 – 1,5 cm, často spojené ve větší chomáče. V lesním prostředí žijí přes léto jednotlivě srnci a srny s kolouchy, individuální okrsky jsou velké 2 – 25 ha, nejmenší jsou v nížinách, kde je zvěř nejhojnější. V zimě se tvoří stádečka obvykle do 10 kusů obou pohlaví a různých věkových kategorií. Naproti tomu tzv. polní srnčí zvěř žije ve stádech celoročně a v zimě můžeme vidět pohromadě až 100 a více kusů (Dungel et Gaisler 2002).

Srnec obecný se dnes, obdobně jako ostatní spárkatá zvěř, loví na čekané, šoulačce i vábením. Místa nejčastějšího setkání se srnčí zvěří jsou její ochozy, okraje úkrytů, v lesích travnaté paseky s porosty maliníku a místa pro uspokojování potravních potřeb během pastevních cyklů. Běžně se udává, že srnčí zvěř dodržuje během dne 8 - 12 cyklů, což ovšem dnes nemusí být zcela pravdou. Častým znepokojováním a vyrušováním se počet těchto cyklů může snížit na 3 – 4. Nejvýraznější pohyb zvěře lze zaznamenat po ránu

a navečer a za zmínku stojí také vcelku výrazná perioda dopolední, která se nejčastěji umísťuje do období okolo 11. hodiny (Drmota 2003).

Aktivita srnčí zvěře je sice rozložena do 10 – 11 pastevních period, ale nejvyšší je zrána a zvečera. Většinu času věnuje srnčí zvěř odpočinku a přežvykování. Ze smyslů používá především čich a sluch. Nejčastějším hlasovým projevem je bekání, připomínající štěkot psa. Početnost populace srnčí zvěře má dlouhodobě stoupající tendenci, přičemž statistiky odstřelu naznačují populační vrcholy každých 7 – 9 let (Červený et al. 2003).

Smec zanechává ve stopě srdcovitý a srna vejčitý otisk, ale rozeznání pohlaví podle stop je problematické. Podle stáří a vyspělosti měří délka šlápěje od 3 do 5 cm na délku a 1,9 – 3,5 cm na šířku. Stopní dráha napovídá podle šířky rozkroku na pohlaví, stejně starý smec má širší rozkrok než srna. V úprku se srnčí pohybuje dlouhými skoky, zadní běhy jsou kladeny před přední, všechny čtyři otisky jsou samostatné (Drmota 2003).

Srnčí zvěř mění srst dvakrát do roka; říkáme, že přebarvuje. Je to na jaře a na podzim, kdy línáním dochází k postupné výměně staré srsti za novou. Jarní přebarvování probíhá zhruba od května do června, podzimní v září a v první polovině října. Mladá zvěř přebarvuje dříve, starší později (Rakušan et al. 1988).

### 3. 1. 4 Potrava

Srnčí zvěř je ve srovnání s ostatními jelenovitými náročná na potravu. Podle sezony spásá zejména byliny, různé druhy trav, listy, pupeny, výhonky, plody a kůru dřevin či různé zemědělské plodiny. Citlivá je zejména na změnu potravy a často trpí poruchami trávení. V zimním období využívá stejně jako ostatní spárkatá zvěř mysliveckého příkrmování (Červený et al. 2003). Vytrvale vyhledává rostliny, které jsou zvláště výživné, tak, aby jim potrava zabírala v žaludku co nejméně místa. Říká se o něm, že je přímo mlsný. Je to zřejmě tím, že jejich poměrně malé tělo vykazuje vysoký poměr povrchu k hmotnosti, a tak ztrácí hodně tepla. Proto potřebuje na jednotku hmotnosti více potravy (než například jelen), a tu lze zaručit pouze výběrem výživných rostlin. O důležitosti potravy pro srnčí zvěř svědčí to, že mladý střeoevropský smec má naději přežít zimu, pouze váží-li alespoň 12 – 14 kg. Lehčí zvířata jsou schopna přežít zimu pouze s vydatným příkrmováním.



Stejně jako Drmota (2003) a Červený et al. (2003), tak i Rakušan et al. (1988) uvádí, že srnčí zvěř má během 24 hodin 10 až 12 pastevních cyklů. Potrava srnčí zvěře je velmi rozmanitá, převažují v ní bylinní složky nad travami, dále pupeny a jemné letorosty polokeřů, keřů a dřevin.

Přikrmovací zařízení v zimě musíme stavět poblíž zimních stávaníšť, aby zvěř nemusela daleko přecházet. Dřívější názory na krmné linky, které nutily zvěř k pohybu (aby se zahřívala chůzí), jsou dnes díky telemetrickým aparaturám, které podaly informace o metabolismu zvěře, dávno překonány. Dnes víme, že čím méně se bude zvěř pohybovat, tím to bude pro ni lepší. Podle pokusů se zvyšuje výdej energie při chůzi o 45 %, při poklusu o 100 % a při útěku o 150 až 200 % (Hintnaus 1985).

U každého krmelce je nutné vybudovat korýtka na jadrná krmiva a slanisko. Do blízkosti stávaníště by bylo vhodné umístit několik automatů na jadrné krmivo. Tyto automaty se v zahraničí osvědčily a zvěř brala krmivo již od srpna. V naší myslivecké praxi zatím přežívá názor, aby se zvěř přikrmovala, až napadne sníh, neboť jinak prý nepřijde ke krmelcům. Proto se u nás soustřeďuje hlavní nápor přikrmování až na leden a únor, tedy na dobu, kdy už nelze živiny využít pro značné změny zažívacího traktu (Vach 1993).

### 3. 1. 5 Říje a teritorialita srnců

Říje probíhá od poloviny července do poloviny srpna a srnec při ní postupně honí a pokládá vždy jen jednu srnu. Teprve když její říjnost po 4 - 5 dnech skončí, vyhledává další. Srnky se v té době ozývají tenkým pískavým hlasem (Červený et al. 2003). Při říji srnec pronásleduje srnu, což vede ke vzniku takzvaných čarodějných kruhů v obilí, jak srnec v kruzích a kličkách běhá za srnou (Reichholf 1996). Podle pozorování Holmese (1974) mladé srnky přicházejí do říje o 10 až 20 dní dříve, než srna se srnčetem (viz také Hell 1979). Sexuální pud je na vrcholu říje srny silnější než mateřský a lze pozorovat, jak srna při milostných hrách se srncem dočasně ignoruje nařikavé volání srnčete (Gallia 1966).

Průběh říje je závislý na povětrnostních podmínkách, včetně momentálních výkyvů počasí. Všeobecně se pěkné ustálené počasí jeví jako nejvhodnější. Skutečnost je však taková, že extrémně horké a suché počasí, které není přerušeno jedinou bouřkou, která by

přinesla mírné osvěžení, má na říji právě opačný účinek. Zvěř je potom unavená, brzy zatahuje a srnci se málo potkávají na hranicích svých teritorií. Mezi nejzajímavější způsoby lovu srncí zvěře patří lov vábením v době říje, kdy se napodobuje pískání říjné srny. K tomu postačí zkušeným lovcům lístek trávy, lístek buku, hrušky, trávy nebo proužek březové kůry. Dnes je možno použít celou řadu průmyslově vyráběných vábniček z nejrůznějších materiálů a o nejrůznějších kvalitách (Drmota 2003).

Vlastní vývoj zárodku trvá zhruba 5 měsíců, ale díky utajené březosti, trvající 40 – 41 týdnů, rodí srny 1 – 2 mlád'ata koncem května a začátkem června. Někdy však probíhá říje až na podzim či na začátku zimy a potom se doba utajené březosti zkracuje nebo k ní nedojde vůbec. Srnčata přecházejí na zelenou stravu od třetího týdne, ale kojena jsou ještě asi další tři měsíce. Srnec se může dožít až 12 a více let (Červený et al. 2003). Mlád'ata se rodí v šatu posetém bílými a černými skvrnami, které s postupem času mizí a srst nabývá jednotné světlé červenavě hnědé barvy (Reichholf 1996).

K pobytovým znamením patří lože, výtlučky na slabších kmíncích stromů, prutech i pevných stoncích bylin a hrabánky (Drmota 2003). Individuální teritorium, označované sekrem pachových žláz, bývá velké jen 2 až 3 ha a většina jedinců se z něho příliš nevzdaluje. V zimě se srncí zvěř sdružuje do různě velkých tlup, zvláště početných v polní krajině (Červený et al. 2003).

### 3. 1. 6 Parožení

Vývoj parůžků probíhá u srnců víceméně obdobně jako u všech ostatních jelenovitých, ale mnohem častěji se u nich vyskytují různé nepravidelnosti a anomálie v parožení. První vývojový cyklus paroží je ukončen ještě před dosažením prvního roku života. Pučnice má totiž mladý srneček zřetelné již ve věku dvou až tří měsíců, v prosinci a v lednu pak vytlouká a po několika týdnech shazuje drobné paroží tzv. paličkáře nebo knoflíkáře. Potom srnec nasazuje paroží ročka, které vytlouká zpravidla v květnu; paroží má většinou formu špičáka nebo menšího vidláka, výjimečně šesteráka (Hromas et al. 2000). Obdobného tvrzení je také Reichholf (1996), který ve své publikaci uvádí, že mladí srnci nasazují v roce první parůžky, tzv. knoflíky, které jsou sotva viditelné a které v zimě shodí. První opravdové parohy dorostou do délky asi 10 cm a někdy se i větví, a i ty jsou na podzim shozeny. Brzy však začíná růst dalších parohů na očnicových hrbolech neboli

pučnicích; jsou pokryty lýčím, a tak vypadají mohutněji, než ve skutečnosti jsou. Na konci růstu se scvrkne prokrvené lýčí a rozpadne se.

V dalších letech se vývojové cykly paroží stále posouvají do časnějšího období, takže staří srnci shazují již v říjnu a vytloukají v dubnu. Paroží dvouletých srnců má zpravidla tvar vidláka či šesteráka, starší srnci jsou pak většinou šesteráci, velmi zřídka osmeráci či desateráci (Červený et al. 2003).

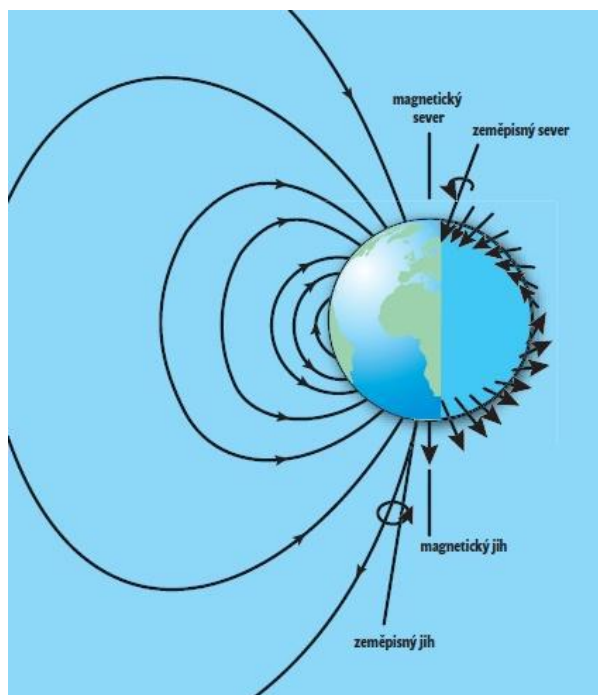
Největší síly dosahují parůžky mezi 4 – 8 rokem, pak se výsady postupně zkracují (zpátečník). Nedostatek potravy, strádání, poškození parůžků v době vyžívání a jiné vnější a vnitřní vlivy způsobují u srnců zrudnost parůžků, která je častější než u ostatních zástupců jelenovitých. Poraněním varlat, tzv. ráží, vzniká „paruka“, tj. parožní hmota, která stále dorůstá, srnec ji nevytlouká ani neshazuje. Takový srnec se nazývá parukáč. Podobně jako u jelena, může se i mezi srnci vyskytnout tzv. škůdník (Hromas et al. 2000).

Růst srnčích parůžků je řízen, právě tak jako růst jeleních a daňčích parohů, hormonálními látkami, produkovanými žlázami s vnitřní sekrecí. Teorii o hormonálním řízení vývoje, růstu a shazování paroží potvrzuje výskyt tzv. parukáčů. Jsou to srnci s uměle nebo po zranění přerušenou činností pohlavních žláz. Nasazují paroží, které trvale roste a které neshazují (Rakušan et al. 1988).

### 3. 2 Vlivy magnetického pole Země

Toto specifické chování, které je založeno na schopnosti vnímat magnetické pole bylo popsáno u několika druhů. Při odpočinku nebo při pastvě živočichové zaujmou postavení, při kterém je osa jejich těla rovnoběžná s geomagnetickou osou sever-jih nebo východ-západ (Vácha et al. 2010).

Begall et al. (2013) definuje magnetický alignment jako nejjednodušší směrovou odezvu na působení magnetického pole Země u zvířat v klidovém režimu (při odpočinku) nebo při aktivitě prováděné na místě (lov, vyměšování, číhání, krmení, hrabání).



Obrázek č. 2: Magnetické pole Země (Vácha et Němec 2007)

Nedávno jsme byli informováni, že v případě absence silných vnějších a vnitřních vlivů na pastvu a odpočinek skotu a zvěře tak zvířata preferují orientaci těla v severojižním směru. Zvířata mají tendenci sladit své tělo podél siločar geomagnetického pole. Tato směrová preference byla zaznamenána u zvířat, které se pásli v blízkosti vysokého napětí elektrického vedení, kde dochází k narušení magnetického pole (Červený et al. 2011). Vědci z Národní akademie věd tvrdí, že Země je magnetické pole a může tak ovlivnit chování těchto zvířat. Země může být viděna jako obrovský magnet s magnetickým severem a jihem, které se nacházejí v blízkosti zeměpisných pólů. Mnoho druhů – včetně ptáků a lososů – je známo používáním zemského magnetického pole pro migraci, slouží jako přírodní GPS (Mitchell 2008).

### 3. 2. 1 Ovlivnění zvířat magnetickým polem Země

Různé zvířecí taxony jako například plži, koryši, hmyz a všechny třídy obratlovců mají schopnost vnímat geomagnetické pole a používat těchto magnetických informací ke kontrole jejich chování v prostoru a čase (Wiltschko et Wiltschko 1995).

Například ptáci používají k určení směru kromě magnetického pole Země též polohu Slunce, hvězd a polarizované světlo oblohy. Svou pozici určují také za pomoci čichových, sluchových a zrakových vodítek (Vácha et Němec 2007).

#### 3. 2. 1. 1 Bezobratlí

Včely při hledání zdroje potravy a tras zpátky do úlu využívají svoje pokročilé nervové a smyslové kapacity, na kterých je založeno různorodé chování repertoárů. Jedním z několika smyslů včel, který je nejen výjimečný, ale také zajímavý, je magnetorecepce. Magnetorecepce je schopnost vnímat všudypřítomné magnetické pole na Zemi (Válková et Vácha 2012). V jedné studii použili automatické fotografování ke sledování postavení těla amerických švábů (*Periplaneta americana*), kteří byli umístěni jednotlivě v Petriho misce a to jak v přírodním geomagnetickém poli, tak v poli, kde je magnetický sever otočen o 60°. Byla zjištěna preference čtyř světových stran magnetické osy, tj. kvadrimodální distribuce a to jak v přírodním geomagnetickém poli, tak v otočeném poli o 60°. Studie nám poskytuje důkazy, že původní kvadrimodální alignment je typ chování zvířat, které se týká světových stran magnetické osy Země (Vácha et al. 2010).

Využívání Měsíce jako kompasu během migrace se jeví jako obtížné kvůli složitosti změny azimutu měsíce během lunárního měsíce. Tyto zdánlivé potíže by mohly být zjednodušeny, pokud by postavení měsíce bylo kalibrováno v intervalech proti konstantnímu zdroji reference, jako je geomagnetické pole. Přesto až teď u žádného zvířete nebylo prokázáno, že by integraci měsíce a magnetický kompas využívali pro orientaci (Baker 1987). V posledních letech roste počet důkazů, které nám ukazují, že radikální dvojice magnetorepce může být také používána hmyzem. Je reálné očekávat, že takovýto důkaz bude inspirací a povede k přehodnocení a rozšíření nebo potvrzení zavedených názorů o včelím magnetickém mechanismu. Nicméně problém včelí magnetorepce není řešitelný okamžitě, kdy dojde k objevení receptoru (Válková et Vácha 2012).

V jedné studii ve Velké Británii použily světelné pasti na 15 nocí během lunárního měsíce k získání vzorků osenice vykřičníkové (*Agrotis exclamationis*), která se vyznačuje tím, že preferuje k letu směr ( $\pm 90^\circ$ ) měsíčního azimutu. Kompasová orientace každého vzorku byla poté testována v normálním a obráceném geomagnetickém poli mimo dohled měsíce. Kompasová orientace ve vztahu k okolnímu magnetickému poli se shodovala s kompasovým směrníkem měsíce v čase odchyty. Směrové preference se změnily v průběhu lunárního měsíce takovým způsobem, který sledoval změnu v měsíčním azimutu. Usuzuje se, že osenice vykřičníkové používají geomagnetické pole ke kalibraci měsíčního kompasu (Baker 1987).

Smyslem magnetorecepce v životě hmyzu a zapojení do orchestrace jiných smyslů je třeba ještě plně pochopit. Zásadní otázkou je třeba se zabývat v blízké budoucnosti a to tím, zda kompasové schopnosti včel by mohly nějak trpět radio-frekvencí (RF), smogem, který doprovází moderní civilizaci a zda zdatnost těchto dominantních opylovačů by mohla být ovlivněna magnetickým polem RF (Válková et Vácha 2012).

### 3. 2. 1. 2 Ryby

Zatímco magnetorecepce u ptáků byla intenzivně studována, literatury o magnetorepceci u kostnatých ryb a zejména u nestěhovavých, je poměrně málo. Hart et al. (2012) se zabývali studiem vlivu geomagnetického pole Země na kaprech obecných (*Cyprinus carpio*) při vánočních trzích v České republice. Při pokusech byly odstraněny rušivé vlivy jako například pouliční osvětlení, aby pozice ryb byly měřeny v klidu. Velmi důležité bylo na chvíli zastavit přítok čerstvé vody do kádě, jinak by se většina kaprů stavěla hlavou proti přítoku vody. Bylo zjištěno, že kapři se jako většina živočichů stavěli ve směru severojižní osy, zajímavé bylo, že v některých kádích byla většina kaprů postavena k severu, a v některých naopak k jihu. Kapři jsou hejnové ryby a může se tak jednat nejspíš o postavení celého hejna. Stejně postavení kaprů zabraňuje, aby při pohybu celého hejna nedocházelo ke zmatku při narážení ryb do sebe. Může se jednat o poziční chování, ale i o projev magnetického kompasu, ale možná dokonce i o magnetickou mapu.

V čichové sliznici pstruha, poblíž bazální laminy čichového epitelu, byly nalezeny buňky obsahující jednodoménový magnetit. Krystaly magnetitu jsou uspořádány do řetízků dlouhých asi 1  $\mu\text{m}$ , což zaručuje dostatečně silnou interakci s geomagnetickým polem.

Tato oblast čichové sliznice je inervována větví trojklaného, která obsahuje jednotky reagující změnou své aktivity na změnu intenzity magnetického pole (nikoli však na změny směru magnetického pole). Tyto výsledky vedly k hypotéze, že buňky obsahující magnetit vnímají intenzitu magnetického pole a převádějí magneticky vyvolanou mechanickou sílu v elektrický signál. Přímý důkaz ale zatím chybí (Vácha et Němec 2007).

### 3. 2. 1. 3 Ptáci

Představa, že zvířata by mohla být schopna vnímat zemské magnetické pole (MF) byla v zahraničí již dlouho. Middendorff (1859) byl zřejmě první, který naznačoval, že magnetická citlivost by mohla být spojena s navigační schopností ptáků a následně Viguiere (1882) a Yeagley (1947, 1951) navrhované hypotézy vysvětlili u holubů na základě síťové mapy MF veličin. Tyto časné návrhy ale byly napadeny na teoretickém základě a pokoušeli se je testovat experimentálně. Vnímání magnetického pole a magnetická orientace začala pomalu upadat a bylo na tom provedeno málo práce. Situace se začala měnit velmi pomalu a to díky donucení přetrvávající práce profesora Friedricha Merkela a jeho kolegů na univerzitě ve Frankfurtu (Merkel et Fromme 1958; Merkel et Wiltschko 1965). Merkelův student, Wolfgang Wiltschko, studoval migrační orientaci u červenky obecné (*Erithacus rubecula*). Byl schopen manipulovat s výběrem směru ptáků a to posunutím magnetického pole okolo jejich klece (Wiltschko 1968). Výsledky se setkaly se skepsí, ale brzy následovaly zprávy o magnetickém účinku u kuřat racků (Southern 1969) a také domácích holubů (Keetonová 1969, 1971). Kryptochromy, modré světlo pohlcující fotopigment, byly zjištěny v sítnici oka ptáků (Wiltschko 2011).

Během následujících dvou desetiletí bylo nashromážděno velké množství dat o magnetoreceptci a magnetické orientaci u široké škály organismů, včetně mnoha druhů ptáků. Přesto se i nadále objevují skeptické důkazy. Z části to je pravděpodobně způsobeno tím, že vnímání magnetického pole je smysl, kterého si nejsme vědomi (Able 1994).

Několik experimentálních pokusů o narušení úspěšného navádění ptáků přiložením magnetů na zvířata selhalo, např. mořští ptáci vybavení magnety ukázali navigační schopnost, která byla podobná jako u kontrolních jedinců, což nám naznačuje, že magnetické překážky nebyly nezbytné pro jejich úspěšné navádění (Mouritsen et al. 2003; Bonadonna et al. 2005).

Hart et al. (2013) zkoumali směr přistání u vodních ptáků, při kterém zjistili, že ptáci dávají přednost přistání na vodní hladinu v ose severojižního směru a to nezávisle na směru, ze kterého přiletěli. V této studii analyzovali vliv ročního období, denní doby (pozici Slunce), počasí (slunečno nebo zataženo), lehkého vánku, lokality a šířky, aby zjistili možný vliv těchto faktorů na preferovaný směr přistání. Došli k závěru, že magnetický sever byl lepší pro přistání než zeměpisný sever.

U kuřat kura domácího bylo zjištěno, že jsou schopna najít si jídlo v různou denní dobu v souladu se sluncem, jako vizuálním podnětem. To nám naznačuje, že kuřata kura domácího mohou využívat slunce jako kompas při kompenzaci času, spíše než jako vysílač. Alternativním vysvětlením je, že ptáci mohou používat zemské magnetické pole. V této studii zkoumali roli slunce jako kompasu v prostorové orientaci při posunu času. Dále také zkoumali, za kuřata kura domácího používají informaci magnetického kompasu při zkoušení za slunečných podmínek (Zimmerman et al. 2008). Podobná studie byla provedena v Austrálii na pekingské kachně. Schopnost kachny k odvození magnetického směru byla testována v klimatizovaném zařízení a funkční vlastnosti z mechanismu magnetorecepce byly zkoumány pomocí běžných manipulací. Dvanáct kachen bylo vycvičeno nalézt skryté vtisknutí podnětu z jedné ze tří obrazovek v kruhovém poli. Jakmile tohoto kritéria bylo dosaženo, směrové volby kachen byly zaznamenány ve čtyřech ošetřeních předkládaných v náhodném pořadí, tak aby se oddělily odměnami přípravy zkoušek a aby se zabránilo vyhynutí. V testech geomagnetického pole kachny dávaly přednost obrazovce ve směru tréninku ( $P = 0.005$ ), (Freire et Birch 2010).

U domácích kuřat výsledky naznačují, že kuřata slunce skutečně používají jako kompas, nežli jako vysílač. Tato zjištění ale naznačují, že slepice ve velkých budovách bez klecí mohou mít potíže v orientaci, pokud nejsou k dispozici jiné, alternativní narážky. V tomto výzkumu by se také mělo objasnit, jak se slepice uchovávají ve velkých systémech bez klecí orientují v prostoru ve vztahu k dostupným zdrojům (Zimmerman et al. 2008). U pekingské kachny byly zjištěny výsledky, že magnetická orientace založena na mechanismu, který je chemickou magnetorepceí, tak se neomezuje jen na pravé oko (Freire et Birch 2010).

V podkoží horní poloviny zobáku holubů byly nalezeny nanokrystaly magnetitu. Jsou uvnitř nervových zakončení uspořádány do shluků podél plazmatické membrány. Zdá se, že shluky jsou membránou opouzdřeny. Kromě krystalického magnetitu se v nervových



zakončeních objevují také komplexy amorfního železa, které mohou hypoteticky fungovat jako lokální zesilovač magnetického pole. Nervová zakončení obsahující magnetit patří senzitivním dostředivým vláknům trojklaného nervu (*nervus ophthalmicus*). Existují i přímé důkazy, že trojklaný nerv inervuje magnetoreceptory. Po jeho přetnutí ztratí trénovaný holub schopnost rozlišit přítomnost magnetické anomálie a některé neurony v gangliu trojklaného nervu reagují zvýšenou aktivitou na velmi malé změny intenzity magnetického pole (práh citlivosti okolo 0,5 % intenzity geomagnetického pole). Podobně jako u pstruhů jde pravděpodobně o receptory intenzity magnetického pole (Vácha et Němec 2007).

### 3. 2. 1. 4 Savci

Magnetorecepce savců byla zkoumána mnohem více a to hlavně u skotu. Studie na toto téma byla provedena také u sobů a u lišek. Magnetický alignment u přežvýkavců může pomoci synchronizovat pohyb jednotlivců ve stádu (Červený et al. 2011).

Dr. Sabine Begall z univerzity v Německu studovala magnetický smysl u rypošů – afrických zvířat žijících v podzemních tunelech. „Říkali jsme si, jestli i větší zvířata mají také magnetický smysl“ řekla zpravodajskému serveru BBC News (Mitchell 2008).

Jedno rozsáhlé pozorování bylo provedeno u polodomácích sobů chovaných v uzavřených prostorách. Došlo k testování vlivu dvou paralelních silových linií na využívané plochy, chování a celkovou činnost sobů. Sobi byli ze dvou stád, jedno z Kautokeino (domácí krotcí sobi) a druzí z Vågã (domácí divocí). Byli testováni samostatně a následně porovnání. Účinky na neklidné chování byly nejednoznačné, s o něco více neklidným chováním v léčebných koutech s domácími krotkými soby. Domácí divocí sobi si udržovali stabilní úroveň v léčebných koutech. Domácí divocí sobi měli více než trojnásobek množství neklidného chování než domácí krotcí sobi. V této studii bylo poukázáno na to, že rušení od konstrukce elektrického vedení pro soby v uzavřených prostorách, je zanedbatelné. To znamená, že elektrické vedení je mnohem menší rušivý faktor nežli humánní zacházení při využívání oplocených prostor (Flydal et al. 2009).

Červený et al. (2011) zkoumali preferenci směru lišek při lovu kořisti. Konkrétní to bylo při lovu malých zvířat, převážně myší. Liška loví tzv. myškováním pomocí vysokých skoků, takže kořist překvapí z výšky. Primárním smyslem pro ni je sluch, aby

zaregistrovali přesné umístění kořisti ve vysoké vegetaci nebo sněhem. Liška se připraví na skok a tím se zobrazí vysoký stupeň sluchové pozornosti. Lišky při slídění mají tendenci nasměrovat svoje skoky zhruba v severovýchodním směru. Když lišky loví ve vysoké vegetaci nebo pod sněhovou pokrývkou, tak úspěšné skoky jsou seskupeny na sever, zatímco v jiných směrech jsou skoky velmi neúspěšné. Směr útoků byl nezávislý na denní době, ročním období, oblačnosti a směru větru.

Několik studií ukázalo, že někteří savci, včetně netopýrů, také používají magnetické kompas, aby si mohli zlepšit svůj orientační smysl (Mitchell 2008).

Obrázky z Google Earth nám potvrdily, že dobytek má tendenci přizpůsobovat své tělo ve směru sever – jih. Divoká zvěř má také toto chování – jev, který byl bez povšimnutí tisíce let pro pastevce a lovce. Dr. Begall se rozhodla se svými kolegy studovat přirozené chování domácího dobytka. Vědci pomocí aplikace Google Earth získali 8510 obrázků pastvy dobytka z 308 pastvin po celém světě. Dr. Begall řekla „Někdy to trvalo hodiny a hodiny najít nějaké obrázky s dobrým rozlišením. Jejich studie vyloučila možnost, že hlavní vliv na orientaci zvířat má pozice slunce nebo směr větru. Při jejich práci v terénu bylo také zjištěno, že při pastvě a odpočinku jelenů jsou otočeni k severu. (Mitchell 2008).

### 3. 3 Poziční chování

Magnetický alignment neboli poziční chování je zjednodušeně řečeno „nasměrování osy těla živočichů ve směru magnetických siločar“ a to v případě, že nedochází k ovlivnění jinými důležitými faktory. Mezi takovéto rušivé faktory, které mohou ovlivnit nasměrování těla, patří například pohyb ve svahu, vítr, oslnění sluncem apod. (Begall et al. 2008).

Není proto divu, že hypotéza předpokládající schopnost živočichů využívat pro orientaci magnetické pole, kterou formuloval Alexander Theodor von Middendorff r. 1859, čekala na svou experimentální podporu více než 100 let. Nicméně od poloviny šedesátých let minulého století postupně přibývají důkazy svědčící o této schopnosti živočichů a magnetorecepce si zvolna klesá cestu do učebnic fyziologie a etologie (Vácha et Němec 2007).

V posledních desetiletích byla pozičnímu chování věnována jen mizivá pozornost na rozdíl od mnohem více studované magnetické orientace. První domněnky o tomto

chování živočichů se objevily kolem roku 1960, ale až v uplynulých pár letech se tento „šestý smysl“ dostal do pozornosti vědců. Výzkum pozičního chování nám vnesl nové poznatky na magnetorecepci savců. Studium tohoto pozičního chování živočichů je z hlediska zvolení metody velmi náročné. Volba vhodné metody je závislá převážně na živočichovi, který je předmětem dané studie. Velkým problémem jsou hlavně velcí savci, nýbrž jejich velikost téměř znemožňuje jejich zkoumání v laboratoři. Většinu dat je tak nutné získávat pozorováním ve volné přírodě (Begall et al. 2013).

Åkesson et Alerstam (1998) používají satelitní skladby z putování albatrosů ze dvou různých chovných oblastí a zkoumali rozdíly u pěti magnetických parametrů (intenzita pole, horizontální intenzita pole, vertikální intenzita pole, sklon a deklinace) v každé oblasti k určení, zda nějaké dva parametry tvoří mřížku, která by mohla být použita jako základ pro bi-souřadnice mapy v této oblasti. Nenašli žádnou obecnou kombinaci některých dvou parametrů, které by mohly být použity ve všech oblastech jižního oceánu a dospěly k závěru, že nepravidelné a slabé přechody v některých částech regionu je použití bi-souřadnic magnetických map nepravděpodobné.

### 3. 3. 1 Faktory ovlivňující poziční chování

Mnoho faktorů ovlivňuje směrovou orientaci živočichů. Zvířata se instinktivně chovají tak, aby nepříznivé faktory minimalizovala a naopak z příznivých faktorů měla co největší užitek. Již v dávných dobách zemědělci vyzorovali, že jejich hospodářská zvířata se staví čelem nebo naopak zády proti větru, aby v důsledku konvekce snížili tepelné ztráty. Při slunečném počasí během chladnějších dní se naopak staví kolmo ke slunci, aby dopadající paprsky dopadaly na co největší povrch těla. Ale i přesto žádné vědecké studie či moudrost našich předků nevysvětlily poziční chování živočichů za ideálních podmínek.

Begall et al. (2008) ve své studii zmiňuje možné vlivy, které by mohly mít za následek poziční chování skotu a spárkaté zvěř, hlavně tedy jelení a srnčí. Mezi velmi důležité faktory zahrnuje právě zvědavost, vítr, slunce, zvyky, sklon terénu, ale i migrování za potravou.

Studie prováděné v posledních letech ukazují, že magnetický alignment je u živočichů rozšířen mnohem více, než se původně očekávalo. Toto chování vyvolává otázky o jeho biologickém významu (Begall et al. 2013).

### 3. 3. 1. 1 Nízkofrekvenční elektromagnetické pole

V posledních několika desetiletích dochází k diskusi o možných fyziologických, behaviorálních nebo patologických vlivech nízkofrekvenčního elektromagnetického pole (ELFMs) na organismus živočichů. Interakce mezi magnetickým smyslem a ELFMs byla pozorována např. u savců (Vanderstraeten et Burda 2011).

Oblasti s nejsilnějším ELFMs můžeme najít přímo pod elektrickým vedením v místě, kde vodiče vlivem prověšení jsou nejbližší k povrchu země. Téměř zanedbatelných hodnot dosahuje intenzita ELFMs ve vzdálenosti 20 – 70 m (dle velikosti vedeného napětí) od osy vedení (Burda et al. 2009).

Právě tok elektrického proudu vodičem generuje ve svém okolí nízkofrekvenční elektromagnetické pole. Magnetické pole je tím silnější, čím je větší elektrický proud. Naopak, s rostoucí vzdáleností od vodiče intenzita ELFMs klesá (Halliday et al. 2000).

Podobně také Burda et al. (2009) vyzoroval, že při klidové fázi nebo při pastvě má dobytek a jeleni tendenci sladit své tělo s osou geomagnetického pole v severojižním směru. Mechanismy, které jsou základem tohoto chování, nejsou dosud známy. V článku poukázal na to, že extrémně nízké frekvence magnetického pole generované vedením vysokého napětí narušují sladění orgánů těchto zvířat s geomagnetickým polem. Orientace těla dobytka a srnčí zvěře byla náhodná na pastvinách pod nebo v těsné blízkosti elektrického vedení. Rušivý účinek magnetického pole se zmenšil při zvětšení od vodičů. Tyto nálezy představují důkaz pro magnetické cítění u velkých obratlovců.

### 3. 3. 1. 2 Sluneční záření

Až třemi způsoby může slunce ovlivňovat zvířata. Slunce aktivuje sluneční kompas, má vliv na termoregulaci a může způsobovat oslnění. Oslnění přichází v úvahu jen ráno a v pozdních odpoledních hodinách, kdy se slunce nachází nízko nad obzorem. Termoregulaci prostřednictvím slunečních paprsků zvířata využívají hlavně v chladných

dnech, tedy v dopoledních hodinách. Naopak při vysokých teplotách, v horkých dnech, využívají stínu, který jim poskytuje vegetace (Begall et al. 2008).

Oslnění ale nemůžeme pokaždé posuzovat z lidského hlediska. Mnoho zvířat (např. přežvýkavci) má oči umístěny laterálně, na rozdíl od člověka, který má oči umístěny frontálně (Begall et al. 2013). Při navigaci zvířat, která jsou schopna vnímat polarizované světlo, hraje důležitou roli sluneční kompas. U spárkaté zvěře a skotu parametry sítnice s největší pravděpodobností tuto schopnost vylučují (Begall et al. 2008).

### 3. 3. 1. 3 Proudění vody

Tento faktor nám spíše ovlivňuje chování živočichů žijících ve vodě. Aby ryby snížily hydrodynamický odpor, zlepšily také proudění okysličené vody žábry a usnadnily si tak lov kořisti přinášené proudem, tak se v silném proudu otáčejí hlavou proti proudu (Begall et al. 2013).

### 3. 3. 1. 4 Proudění vzduchu

Jestliže by proudění vzduchu mělo být hlavním činitelem ovlivňujícím poziční chování zvířat, tak by muselo být hodně silné a přicházet hlavně z jižního nebo severního směru. Ale tento stav je velmi nepravděpodobný, protože na severní polokouli převažuje proudění západní. Pokud by proudění vzduchu skutečně bylo rozhodujícím faktorem pozičního chování zvířat, tak by se nejspíše zvířata orientovala v ose západ-východ nebo severozápad-jihovýchod (Begall et al. 2008).

Prostřednictvím proudění vzduchu jsou předávány pachové informace, které tak mohou potencionální kořist upozornit na přítomnost predátora, ale také naopak, predátorům to může usnadnit vyhledání kořisti (Begall et al. 2013).

### 3. 3. 1. 5 Sklon terénu

Zvířata, která odpočívají nebo se pohybují v terénu s větším sklonem (více jak 6 °), upřednostňují tak směrové zarovnání po vrstevnici před zarovnáním kolmo k vrstevnici (Begall et al. 2013).

### 3. 3. 1. 6 Ostatní vlivy

Na směrovou orientaci zvířat mají vliv i behaviorální reakce. Mezi nejčastější patří zaměření pozornosti směrem, odkud zvíře očekává nebezpečí, zvědavé pozorování neznámých objekt nebo pozorování a číhání na kořist (Begall et al. 2013).

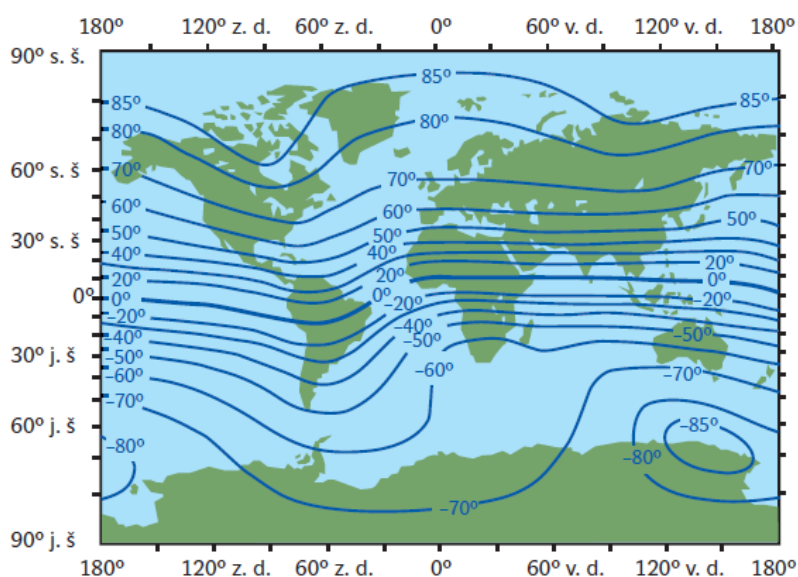
Je důležité, abychom při sledování zvířat, vzali všechny tyto faktory v úvahu.

### 3. 4 Magnetická orientace

Magnetické pole Země nám poskytuje různé typy informací. K nejznámějším patří severní a jižní polarita geomagnetických siločár, kterou je možné identifikovat obyčejným kompasem. Inklinaci neboli variabilní úhel sklonu, mají siločáry. Inklinace dosahuje hodnot od 0 ° na rovníku po 90 ° na pólech. Rozdíly jsou také patrné v intenzitě geomagnetického pole, nejslabší je na rovníku a nejsilnější na pólech (O'Neill 2013).

Několik článků se zabývalo zkoumáním magnetické mapy s využitím pro navigaci u různých zvířat, např. čolci (Fischer et al. 2001), aligátoři (Rodda 1984), mořské želvy (Lohmann et Lohmann 1994, 1996; Lohmann et al. 2001, 2004; Putman et al. 2011) a ptáci (Beck et Wiltschko 1988; Munro et al. 1997; Akesson et Alerstam 1998; Fischer et al. 2003).

Polaritu magnetického pole Země můžeme využít jako kompas a intenzitu magnetického pole jako součást navigační mapy. Magnetické pole Země tedy znamená pro zvířata vždy dostupný a spolehlivý zdroj navigačních informací (Wiltschko et Wiltschko 2012).



Obrázek č. 3: Inklinace magnetického pole Země. Na mapě jsou vyznačeny izokliny, tj. linie spojující místa se stejnou inklinací (Vácha et Němec 2007)

### 3. 4. 1 Magnetický kompas

Jako u prvních živočichů byl tento jev prokázán u stěhovavých ptáků. Až později byl tento fylogeneticky rozšířený jev prokázán u mnoha jiných druhů živočichů: obojživelníků (Phillips et al. 2002; Schlegel 2007), ryb (Chew et Brown 1989; Shcherbakov et al. 2005; Takebe et al. 2012), hmyzu (Vácha et al. 2010; Buehlmann et al. 2012), hlodavců (Burda et al. 1990), mořských želv (Light et al. 1993; Lohmann et Lohmann 2006), netopýřů (Holland et al. 2008).

Magnetický kompas dává zvířatům přímý směr k severu. Orientace magnetickým kompasem má dva druhy, inklinanční a polaritní kompas. Polaritní kompas funguje stejně jako náš obyčejný kompas, kdy se zvíře pomocí něho určí sever a poté úhel v severojižní magnetické ose (Wiltschko et Wiltschko 2001). Zajímavostí je, že všechna zvířata nepoužívají stejný druh magnetického kompasu. Například savci využívají polaritní kompas, kdežto naopak ptáci používají inklinanční kompas (Wiltschko et Wiltschko 2012).

Inklinanční kompas není ale schopný určit polaritu. Polarita je určována znaménkem inklinace, ale živočich ze sklonu magnetických siločar určí směr k pólu a rovníku. Při migraci přes magnetický rovník se živočich setkává s problémem, poněvadž inklinace na

magnetickém rovníku je nulová a zde inklinální kompas nefunguje (Lohmann et Lohmann 1994).

Právě živočichové, kteří využívají magnetický kompas, jsou velmi citliví na intenzitu magnetického pole. Při pokusu s pěvcí v laboratoři, červenkou obecnou, bylo zjištěno, že při simulovaném zvýšení intenzity magnetického pole došlo u ptáků k dezorientaci. Až po třech dnech si červenky na změnu přivykly a začaly se opět orientovat dle magnetického kompasu (Wiltschko et Wiltschko 2001).

### 3. 4. 2 Magnetická mapa

Magnetická mapa slouží k nalezení směru k cíli a k určení polohy. Předpokladem, pro využívání navigační mapy je velmi důležité citlivé vnímání geomagnetického pole Země, ale také znalost postavení Slunce, hvězd a důležitých orientačních bodů v krajině. Magnetická mapa je z části vrozená a z části také získaná zkušenostmi (Wiltschko et Wiltschko 2007).

Dosud nebylo popsáno, jak zvířata, jakým mechanismem, získávají potřebné informace a jak vlastně takovou mapu „vidí“. Předpokládá se několik odlišných způsobů, kdy některé z nich mohou být spojeny s nekonvenčními navigačními strategiemi (Lohmann et Lohmann 2006).

Wiltschko et Wiltschko (2001) prováděli pokus na poštovních holubech. Zjistili, že když vypustili mladé nezkušené holuby, tak se na neznámém místě řídili jen navigačním kompasem. Kdežto starší zkušení holubi byli schopni zapamatovat si reliéf terénu a krajiny z minulých letů a vrátili se domů mnohem dříve, protože dokázali dokonale využít navigační mapu.

Mořské želvy karet mají magnetickou mapu již vrozenou, v Atlantickém oceánu využívají místní magnetické souřadnice jako značky, na kterých se otáčejí určitým směrem. I v laboratoři měnily směr pohybu, jestliže bylo vytvořeno magnetické pole, které svými parametry odpovídalo bodu obratu v oceánu (Vácha et Němec 2007).

Využití geomagnetického pole jako mapy je však stále kontroverzní téma a literatura uvádí protichůdné důkazy v této otázce (Alerstam 2006; Freake et al. 2006).



## 4. Metodika

### 4.1 Lokalita sledování

Hrabánky byly měřeny v honitbě MS Dolánky, kde jsem hostem. MS Dolánky se nachází ve středočeském kraji v okrese Praha-východ. Honitba se nachází v nadmořské výšce 390 až 450 m n. m. Jedná se o smíšenou honitbu s převahou lesů, zemědělská půda zaujímá asi 20 % honitby. Honitbou protéká mnoho menších říček, které se vlévají do Šembery. Součástí jsou i dva rybníky. V honitbě je ze zvěře normovaná pouze zvěř srnčí, každý rok probíhá sčítání zvěře. V této práci není zahrnuto přímé pozorování srnců, ale pouze nepřímé pozorování prostřednictvím hrabánek a měření jejich orientace buzolou, kde se zaznamenával pouze azimut.

Zálehly byly měřeny v honitbě MS Dolánky a v lokalitě na Plzeňsku. Lokalita na Plzeňsku se nachází v nadmořské výšce od 310 do 360 m n. m. a lesy v této lokalitě jsou převážně smíšené. V honitbě se nejvíce ze zvěře nachází jelen sika, prase divoké a srnec obecný.

### 4.2 Metody a způsoby sledování

V rámci této diplomové práce nebylo zahrnuto přímé pozorování, ale pouze nepřímé pomocí měření hrabánek. Data byla sbírána, měřena a zapisována do tabulek. Měření probíhalo na různých místech v revíru, jak v lese, tak na louce. Bylo prováděno měření kompasem s přesností na 10°. Při pozorování byl zaznamenáván směr hrabánek. Byl měřen předpokládaný směr hlavy srnce dle rýh v hrabáncích od spárků. Hrabánky, u kterých nešlo odhadnout směr, nebyly měřeny.

Měření bylo prováděno pravidelně po celé období, hlavně tedy při říji. Byly měřeny jen hrabánky, které se nacházely více jak 50 metrů od vedení vysokého napětí, protože víme, že vysoké napětí ruší magnetickou orientaci.

V případě zálehů byl měřen předpokládaný směr hlavy zvěře. U zálehů, kde nešlo odhadnout směr hlavy zvěře, jak ležela, tak tyto zálehy nebyly měřeny. Měření bylo prováděno pravidelně, hlavně v době napadnutí sněhu.

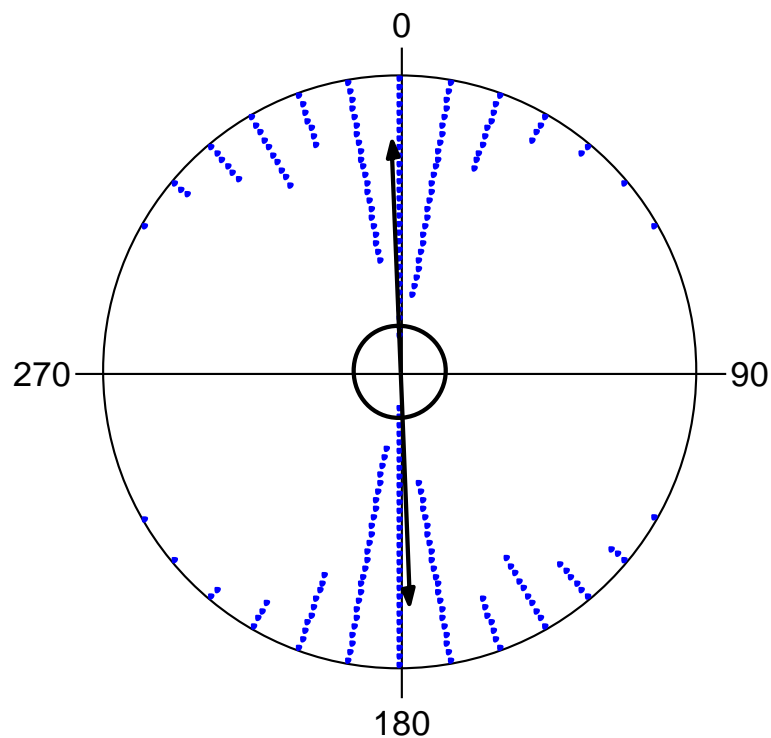
K vyhodnocení naměřených dat byl použit statistický program Oriana, který je zaměřen především na analýzu a vizualizaci směrů a další kruhová data. Prostřednictvím tohoto programu se vypočítává velká škála speciálních typů statistik důležitých pro práci s naměřenými daty ve stupních, v průběhu dne nebo v jiných kruhových stupnicích a vypočítají se primární statistické údaje: medián a kruhový průměr, různá opatření kruhové disperze jako střední délky vektoru ( $r$ ), kruhový rozptyl a koncentrace, intervaly spolehlivosti a kruhová směrodatná odchylka. Je k dispozici mnoho jednotlivých testů a zkoušek, jako je například Raův test roztečí nebo Rayleighovův test jednotnosti. Naměřená data mohou být srovnána různými zkouškami, například Watson-Williams test.

Pomocí programu Oriana lze zpracovávat celou řadu kruhových datových typů. Vedle úhlových údajů uvedených ve stupních (jednosměrné či obousměrné, které jsou pro nás známé jako vektorové a axiální), můžeme zadat kruhová data jako denní dobu, den v týdnu či měsíc v roce, směry kompasu a mnoho dalších. Můžeme také zadat jakýkoliv typ lineárních numerických dat (směr větru, rychlost větru či ujetou vzdálenost), které pak můžeme použít v některých typech grafů či kruhových lineárních korelacích. Pro vyhodnocení dat je k dispozici celá řada typů grafů.

## 5. Výsledky

### 5. 1 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování v lese

Axiální vyjádření magnetické orientace zvěře při hrabákování v lese



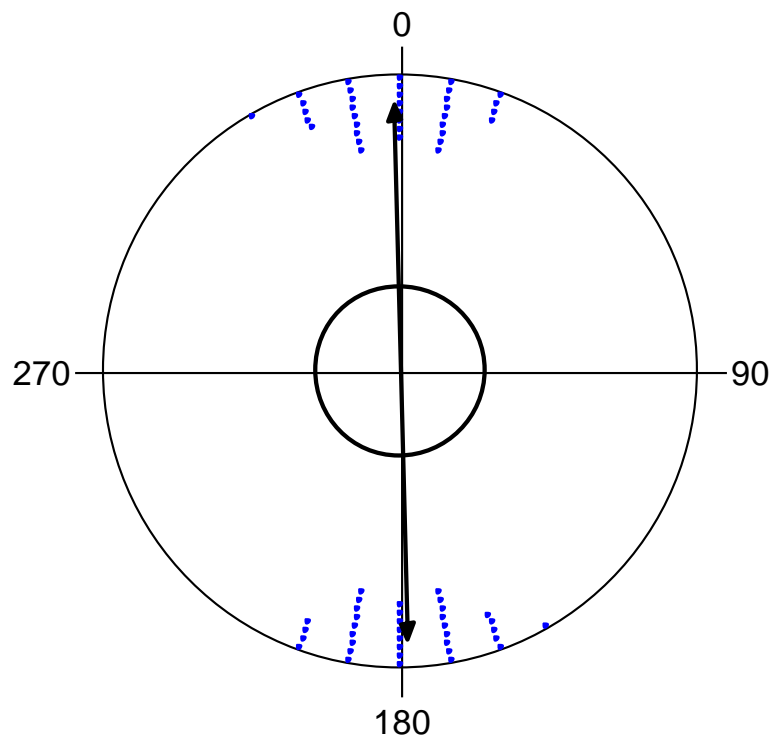
Obrázek č. 4: Axiální rozdělení 124 dat získaných z nepřímo pozorovaných hrabákových snců z hrabákových v lese. Výsledný vektor je  $178^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>124</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>177,671°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,775
Concentration	2,592
Circular Variance	0,112
Circular Standard Deviation	20,438°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	74,54
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----
Watson's U2 Test (Uniform, U2)	-----
Watson's U2 Test (p)	-----

Tabulka č. 1: Základní statistika

## 5. 2 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování na louce

Axiální vyjádření magnetické orientace zvěře při hrabákování na louce



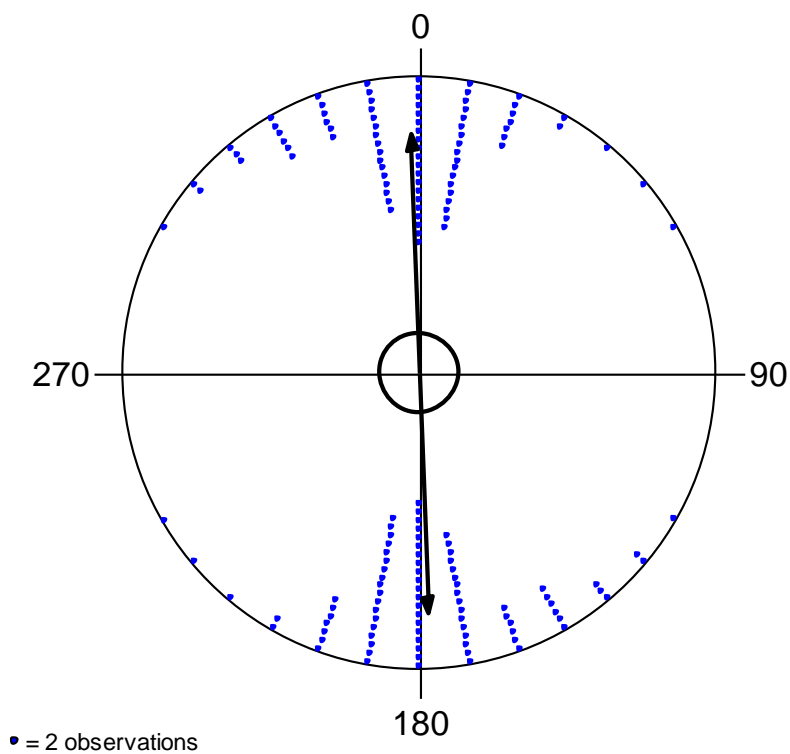
Obrázek č. 5: Axiální rozdělení 36 dat získaných z nepřímo pozorovaných hrabákových srovců z hrabákových na louce. Výsledný vektor je  $179^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>36</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>178,663°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,898
Concentration	5,215
Circular Variance	0,051
Circular Standard Deviation	13,258°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	29,059
Rayleigh Test (p)	1,93E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----
Watson's U2 Test (Uniform, U2)	-----
Watson's U2 Test (p)	-----

Tabulka č. 2: Základní statistika

### 5. 3 Výsledky nepřímého pozorování při hrabákování souhrn

Axiální vyjádření magnetické orientace zvěře při hrabákování - souhrn



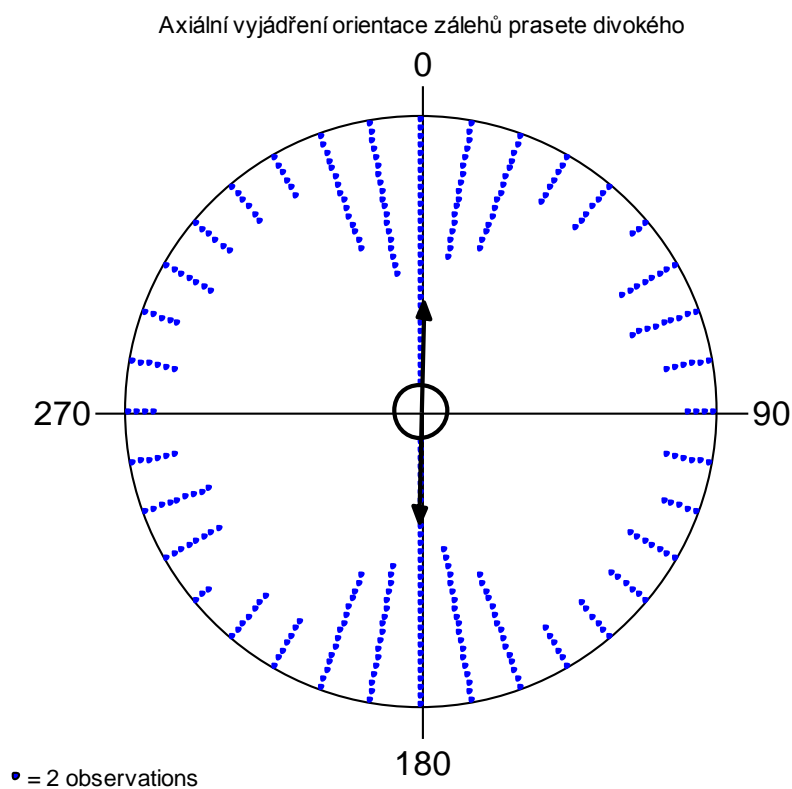
Obrázek č. 6: Axiální rozdělení 160 dat získaných z nepřímo pozorovaných hrabákových srovnání z hrabákové v porostu a na louce. Výsledný vektor je  $178^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>160</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>177,92°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,803
Concentration	2,898
Circular Variance	0,099
Circular Standard Deviation	18,98°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	103,153
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----
Watson's U2 Test (Uniform, U2)	-----
Watson's U2 Test (p)	-----

Tabulka č. 3: Základní statistika



## 5. 4 Výsledky měřených zálehů u prasete divokého

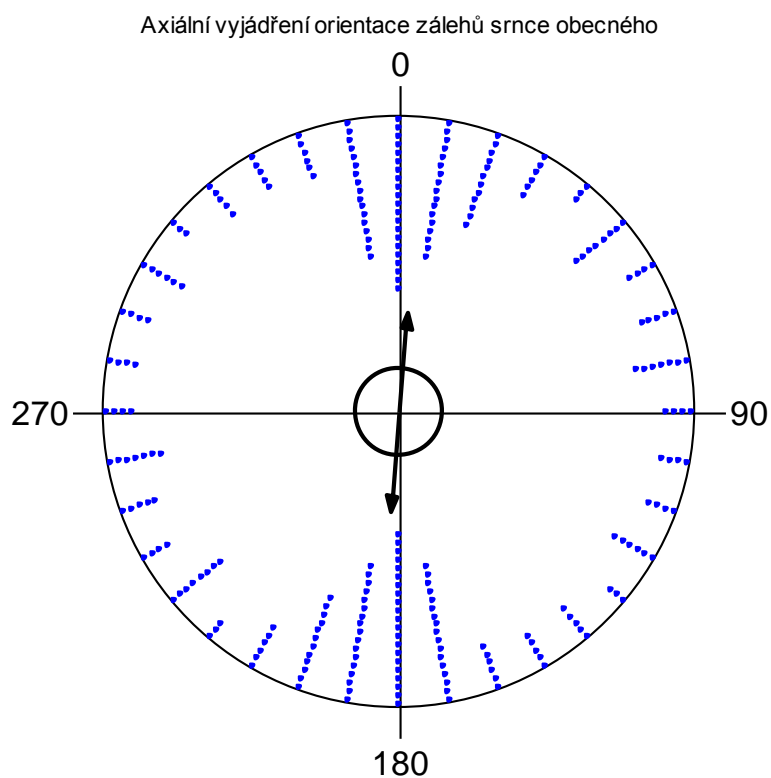


Obrázek č. 7: Axiální rozdělení 647 dat získaných z měření zálehů prasete divokého na lokalitě Kostelce nad Černými Lesy a na Plzeňsku. Výsledný vektor je  $0,9^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>347</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>0,929°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,37
Concentration	0,797
Circular Variance	0,315
Circular Standard Deviation	40,387°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	47,552
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka č. 4: Základní statistika

## 5. 5 Výsledky měřených zálehů u srnce obecného

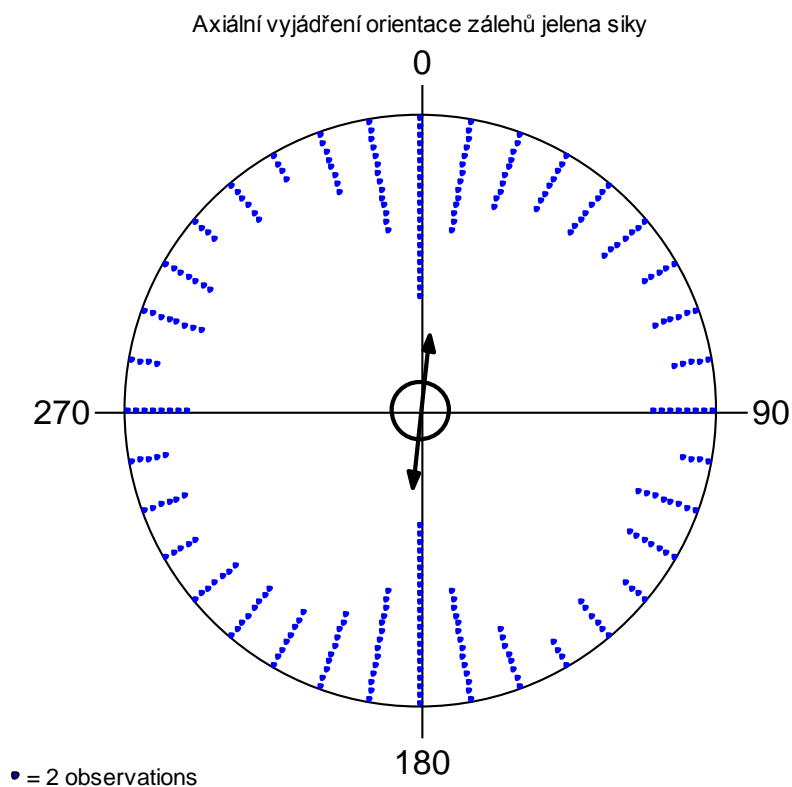


Obrázek č. 8: Axiální rozdělení 137 dat získaných z měření zálehů srnce obecného na lokalitě Kostelce nad Černými Lesy a na Plzeňsku. Výsledný vektor je  $5^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>137</b>
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10° (18)
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>4,751°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,337
Concentration	0,715
Circular Variance	0,332
Circular Standard Deviation	42,274°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	15,525
Rayleigh Test (p)	1,81E-7
Rao's Spacing Test (U)	-----
Rao's Spacing Test (p)	-----

Tabulka č. 5: Základní statistika

## 5. 6 Výsledky měřených zálehů u jelena siky



Obrázek č. 9: Axiální rozdělení 287 dat získaných z měření zálehů jelena siky na lokalitě Kostelce nad Černými Lesy a na Plzeňsku. Výsledný vektor je  $6^\circ$  a představuje ho šipka. Délka šipky ukazuje statistickou signifikanci a vnitřní kruh ukazuje hranici významnosti Rayleighova testu.

Variable	Axial
Data Type	Axial
<b>Number of Observations</b>	<b>287</b>
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
<b>Mean Vector (<math>\mu</math>)</b>	<b>5,85°</b>
Length of Mean Vector (r)	0,259
Concentration	0,537
Circular Variance	0,37
Circular Standard Deviation	47,06°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	19,317
Rayleigh Test (p)	4,08E-9
Rao's Spacing Test (U)	337,422
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01

Tabulka č. 6: Základní statistika

## 6. Diskuse

Poziční chování je definováno jako nejjednodušší směrová odezva na působení magnetického pole Země (Begall et al. 2013).

Po prvních výzkumech, které proběhly v letech 1960 až 1985 u termitů, dvoukřídlého hmyzu a včel, tak nebyla magnetickému alignmentu věnována v oblasti výzkumu větší pozornost (Wiltschko et Wiltschko 2000). Až před několika málo lety začalo být poziční chování aktuální, kdy došlo k potvrzení, že magnetorecepce je častější, než se předpokládalo (Begall et al. 2008). Toto poziční chování bylo vyzorováno u ryb, donedávna jediné třídy obratlovců, u které byl zjištěn. Například úhoři říční preferují severojižní osu, ale tato směrová preference k magnetickému poli je závislá na sezónních změnách v chování úhořů (Wiltscho et Wiltschko 1995). I Becker (1974) zkoumal směrovou preferenci u ryb, hlavně u karase zlatého, u kterého také byla prokázána preference podél severojižní nebo východ západní osy. I u nás proběhl výzkum u kaprů v kádích, kde také bylo zjištěno, že kapři orientují své tělo podél severojižní osy (Hart et al. 2012).

Toto chování bylo studováno také u jiných druhů savců, například u skotu, srnčí a jelení zvěře (Begall et al. 2008; Burda et al. 2009). Při přímém pozorování orientace těla u jelena evropského (*Cervus elaphus*) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*) při odpočinku a pastvě v České republice, stejně jako při měření jeleních loží (tj. otisk těla jelena ve sněhu) bylo zjištěno, že zvířata mají silnou tendenci sladit své tělo přibližně v severojižním směru (Begal et al. 2008). Ale stejně jako tomu bylo u dobytka, tak také srnčí zvěř byla náhodně orientována v okolí vysokonapěťového elektrického vedení (Burda et al. 2009).

Magnetorecepce bylo též prokázána u lišek při lovu myši (tzv. myškování) ve sněhu nebo vysoké trávě). Lišky využívali schopnosti vnímat magnetické pole Země zřejmě k určení vzdálenosti myši, kterou ve vysoké trávě neviděly, ale pouze slyšely. Lišky lovily myš nejčastěji s hlavou směřující k severu a jejich úspěšnost byla mnohem větší než u lišek, které myškovaly na jinou světovou stranu (Červený et al. 2011).

Toto chování může být narušeno elektrickým vedením vysokého napětí, což prokázal Burda et al. (2009). Zvířata, která se pásala přímo pod vedením nebo ve vzdálenosti do 150 m od vedení, tak vykazovala náhodné postavení osy těla.

O biologickém významu magnetického alignmentu lze zatím ale jen spekulovat. Při udržení určitého směru může tak tato schopnost poskytnout důležitou informaci pro prostorovou orientaci a synchronizovat tak směr jejich pohybu (Begall et al. 2008, 2011).

Z výsledků předkládané práce je zřejmé, že výsledné vektory  $178^\circ$  a  $179^\circ$  u nepřímého pozorování hrabánek ukazují, že srnčí zvěř preferuje severojižní směr s převahou severu při hrabákování. Z výsledků práce a při porovnání s jinými autory lze předpokládat, že srnčí zvěř je ovlivňována magnetickým polem Země, projevuje se u ní magnetický alignment při teritoriálním chování.

Tyto výsledky jsou ve shodě s prací Begall et al. (2008), ve které autoři zkoumali poziční chování srnčí zvěře při pastvě a odpočinku, skotu na pastvinách a zálehy jelení zvěře. Všechny tyto druhy zvěře měli tendenci vykazovat orientaci těla v severojižním směru. U jelení zvěře udávají vektor  $10,2^\circ/190,2^\circ$ , u skotu  $6,4^\circ/186,4^\circ$  a u srnčí  $9,1^\circ/189,1^\circ$ .

Výsledky podporují i závěry prací Begall et al. (2008), Červeného et al. (2011), Burdy et al. (2009) a Harta et al. (2012), kteří uvádějí, že magnetický alignment zvířat by mohlo být projevem magnetické orientace.



## 7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo popsat způsob života srnce obecného, naší nejběžnější spárkaté zvěře, hlavně její teritoriální chování. Dalším cílem bylo zjistit vliv geomagnetického pole Země na teritoriální chování srnčí zvěře pomocí měření hrabánek formou nepřímého pozorování.

Od konce dubna do začátku září žijí srnci teritoriálním životem a po zbytek roku se z nich stává zvěř společenská žijící v tlupách. Teritorium si značí pomocí pachových žláz na hlavě při vytloukání parůžků a mezi spárky při hrabákování.

Z výsledků základní statistiky všech naměřených dat je zřejmé, že geomagnetické pole Země má vliv na srnce při hrabákování a u ostatních zkoumaných zvířat u zálehů. Projevuje se jedním ze způsobů magnetického orientace a to magnetickým alignmentem, tedy pozičním chováním zvěře. Srnci při hrabákování preferují severojižní směr s převahou jižního směru, kdy toto tvrzení je podloženo výslednými vektory  $178^\circ$ ,  $179^\circ$  a  $178^\circ$ . Při měření zálehů prasete divokého, srnce obecného a jelena siky na dvou lokalitách byl také prokázán směr v severojižní ose s převahou severního směru, což je podloženo výslednými vektory  $0,9^\circ$  u prasete divokého,  $5^\circ$  u srnce obecného a  $6^\circ$  u jelena siky.

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že magnetické pole Země by mohlo ovlivňovat chování savců a v organismu probíhajících některých fyziologických procesů.

Výsledky diplomové práce mohou napomoci k dalšímu výzkumu magnetické orientace. Bude jistě velmi zajímavé, až se v budoucnosti podaří odhalit smyslové orgány živočichů schopné vnímat magnetické pole Země a zjistí se přesné funkce a využití těchto orgánů.

## 8. Literatura

- Able, K. P. 1994: Magnetic orientation and magnetoreception in birds. *Progress in Neurobiology*, 42: 449 – 473 pp.
- Åkesson, S., Alerstam, T. 1998: Oceanic navigation: are there any feasible geomagnetic bi-coordinate combinations for albatrosses? *Journal of Avian Biology*, 29: 618 – 625 pp.
- Alerstam, T. 2006: Conflicting evidence about long-distance animal navigation. *Science*, 313: 791 – 794 pp., doi: 10.1126/science.1129048.
- Baker, R. R. 1987: Integrated use of moon and magnetic compasses by the heart-and-dart moth, *Agrotis exclamatoris*. *Animal Behaviour*, 35 (1): 94 – 101 pp.
- Beck, W., Wiltschko, W. 1988: Magnetic factors control the migratory direction of pied flycatchers. In: Ouellet, H. (ed.), *Acta XIX Congress of International Ornithology*. Univ. Of Ottawa Press, 1955 – 1962 pp.
- Becker G. 1974: Einfluss des Magnetfelds auf das Richtungsverhalten von Goldfischen. *Naturwissenschaften*, 61: 220 – 221 pp.
- Begall, S., Červený, J., Neff, J., Vojtěch, O., Burda, H. 2008: Alignment in grazing and resting cattle and deer: What herdsmen and hunters have never noticed. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105: 13451 – 13455 pp.
- Begall, S., Burda, H., Červený, J., Gerter, O., Neef-Weisse, J., Němec, P. 2011: Further support for the alignment of cattle along magnetic field lines: reply to Hert et al. *Journal of Comparative Physiology A.*, 197: 1127-1133 pp., doi: 10.1007/s00359-011-0674-1.
- Begall, S., Malkemper, E. P., Červený, J., Němec, P., Burda, H. 2013: Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology - Zeitschrift für*

Säugetierkunde. 78 (1): 10 - 20 pp., ISSN 1616–5047, doi: 10.1016/j.mambio.2012.05.005.

- Bonadonna, F., Bajzak, C., Benhamou, S., Igloi, K., Jouventin, P., Lipp, H. P., Dell’Omo, G. 2005: Orientation in the wandering albatross: interfering with magnetic perception does not affect orientation performance. *Proceedings of The Royal Society B*, 272: 489 – 495 pp., doi:10.1098/rspb.2004.2984.
- Buehlmann, C., Hansson, B. S., Knaden, M. 2012: Desert Ants Learn Vibration and Magnetic Landmarks. *PLoS ONE*. 7 (3). e33117, doi:10.1371/journal.pone.0033117.
- Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltschko, R., Wiltschko, W. 1990: Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyergidae). *Experientia*, 46 (5): 528 – 530 pp., doi: 10.1007/BF01954256.
- Burda, H., Begall, S., Červený, J., Neef, J., Němec, P. 2009: Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (14): 5708–5713 pp., doi: 10.1073/pnas.0811194106.
- Černý, J. V. 2000: *Myslivost’ – příruční kniha pro myslivce a přátele myslivosti*, Praha, Venator, 702 pp.
- Červený, J. 2003: *Encyklopedie myslivosti*, Praha, Ottovo nakladatelství, 591 pp.
- Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P., Burda, H. 2011: Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology letters*, 72: 355 – 357 pp., doi: 10.1098/rsbl.2010.1145.
- Chew, G., Brown, G. E., 1989: Orientation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in normal and null magnetic fields. *Canadian Journal of Zoology*, 67 (3): 641 – 643 pp.

- Drmota, J. 2003: Lovectví, Tišňové, nakladatelství SURSUM, 320 pp.
- Drmota, J., Kolář, Z., Zbořil, J. 2007: Srnčí zvěř v našich honitbách, Praha, Grada Publishing, a.s, 251 pp.
- Dungel, J., Gaisler, J. 2002: Atlas savců České a slovenské republiky, Praha, Academia, 150 pp.
- Fischer, J. H., Freake, M. J., Borland, S. C., Phillips, J. B. 2001: Evidence for the use of magnetic map information by an amphibian. *Animal Behaviour*, 62: 1 – 10 pp.
- Fischer, J. H., Munro, U., Phillips, J. B. 2003: Magnetic navigation by a migrant? Avian migration, Springer, 423 – 432 pp., doi: 10.1007/978-3-662-05957-9\_30.
- Flydal, K., Korslund, L., Reimers, E., Johansen, F., Colman, J. E. 2009: Effects of Power Lines on Area Use and Behaviour of Semi-Domestic Reindeer in Enclosures. *Journal of Ecology*, 14 pp., doi:10.1155/2009/340953.
- Freake, M. J., Muheim, R., Phillips, J. B. 2006: Magnetic maps in animals: a theory comes of age? *The Quarterly Review of Biology*, 81: 327 – 347 pp., doi: 10.1086/511528.
- Freire, R., Birch, T. E. 2010: Conditioning to magnetic direction in the Pekin duck (*Anas platyrhynchos domestica*). *The Journal of Experimental Biology*, 213: 3423 – 3426 pp., doi:10.1242/jeb.047613.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. 2000: Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky, část 3: Elektřina a magnetismus, Brno, Vutium, 310 pp.
- Hart, V., Kušta, T., Němec, P., Bláhová, V., Ježek, M., Nováková, P., Begall, S., Červený, J., Hanzal, V., Malkemper, E. P., Štípek, K., Vole, Ch., Burda, H. 2012: Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market. *PLoS ONE*. 7 (12). e51100. doi:10.1371/journal.pone.0051100.

- 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.
- Hell, P. 1979: *Srnčia zver*, Bratislava, Príroda, 310 pp.
- Hintnaus, J. 1985: *Nové poznatky o výživě a dietetice volně žijících zvířat*, Pardubice, ÚVO.
- Holland, R. A., Kirschvink, J. L., Doak, T. G., Wikelski, M. 2008: Bats Use Magnetite to Detect the Earth's Magnetic Field. *PLoS ONE*. 3 (2). e1676. doi:10.1371/journal.pone.0001676.
- Hromas, J., Bláhovec, B., Konfršt, A., Kovařík, J., Kučera, V., Lankaš, K., Mlejnek, J., Novák, R. 2000: *Myslivost*, Písek, Matice lesnická spol. s.r.o., 491 pp.
- Keeton, W. T. 1969: Orientation by pigeons: Is the sun necessary? *Science* 165: 922 - 928 pp., doi: 10.1126/science.165.3896.922.
- Keeton, W. T. 1971: Magnets interfere with pigeon homing. *Proceedings of The National Academy of Sciences of the U. S. A.*, 68: 102-106 pp.
- Light, P., Salmon, M., Lohmann, K. J. 1993: Geomagnetic orientation of loggerhead sea turtles: evidence for an inclination compass. *The Journal of Experimental Biology*, 182: 1 – 9 pp.
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. F., 1994: Detection of magnetic inclination angle by sea turtles: a possible mechanism for determining latitude. *The Journal of experimental biology*, 194: 23 – 32 pp.
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. 1996: Detection of magnetic field intensity by sea turtles. *Nature*, 380: 59 – 61 pp.

- Lohmann, K. J., Cain, S. D., Dodge, S. S., Lohmann, C. M. F. 2001: Regional magnetic fields as navigational markers for sea turtles. *Science*, 294: 364 – 366 pp., doi: 10.1126/science.1064557.
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. F., Ehrhart, L. M., Bagley D. A., Swing, T. 2004: Animal behaviour: geomagnetic map used in sea-turtle navigation. *Nature*, 428: 909 – 910 pp., doi:10.1038/428909a.
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. F. 2006: Sea turtles, lobsters, and oceanic magnetic maps. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39 (1): 49 – 64 pp., doi:10.1080/10236240600563230.
- Merkel, F. W., Fromme, H. G. 1958: Untersuchungen fiber das Orientierungsvermögen nächtlich ziehender Rotkehlchen, *Erithacus rubecula*. *Naturwissen*, 45 (20): 499-500 pp.
- Merkel, F. W., wiltschko, W. 1965: Magnetismus und Richtangfinden zug unruhiger Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Vogelwarte*, 23: 71-77 pp.
- Middendorf, A. von 1859: Die Isepipetsen Russlands; Grundlagen zur Efforschung der Zugzeiten and Zugrichtungen der Vogel Russlands. *Mere. Acad. Sci. St. Petersbourg* 8: 1 - 143 pp.
- Mitchell, E. 2008: Cattle shown to align north-south. *BBC News*, Science reporter.
- Mouritsen, H., Huyvaert, K. P., Frost, B. J., Anderson, D. J. 2003: Waved albatrosses can navigate with strong magnets attached to their head. *Journal of Experimental Biology*, 206: 4155 – 4166 pp., doi: 10.1242/jeb.00650.
- Munro, U., Munro, J. A., Phillips, J. B., Wiltschko, R., Wiltschko, W. 1997: Evidence for a magnetite-based navigational “ map ” in birds. *Naturwissenschaften*, 84 (1): 26 – 28 pp., doi: 10.1007/s001140050343.

- Němec, P., Vácha, M., 2007: Mechanizmy magnetorecepce, Jak živočichové vnímají magnetické pole Země. Vesmír, 86: 284 – 289 pp.
- O'Neill, P. 2013: Magnetoreception and baroreception in birds. *Development, Growth & Differentiation*, 55 (1). 188–197 pp., doi: 10.1111/dgd.12025.
- Phillips, J. B., Borland, S. C., Freake, M. J., Brassart, J., Kirschvink, J. L. 2002: 'Fixed-axis' magnetic orientation by an amphibian: non-shoreward-directed compass orientation, misdirected homing or positioning a magnetite-based map detector in a consistent alignment relative to the magnetic field? *The Journal of Experimental Biology*, 205: 3903–3914 pp.
- Putman, N. F., Endres, C. S., Lohmann, C. M. F., Lohmann, K. J. 2011: Longitude perception and bicoordinate magnetic maps in sea turtles. – *Current Biology*, 21 (6): 1 – 4 pp.
- Rakušan, C., Brož, V., Hromas, J., Husák, F., Kohoutek, J., Lochman, J., Macourek, J., Páv, J., Wolf, R. 1988: *Základy myslivosti*, vydal Český myslivecký svaz ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze, 416 pp.
- Reichholf, J., 1996: *Savci*, Praha, Knižní klub a Ikar, 287 pp.
- Ritz, T., Adem, S., Schulten, K., 2000: A model for photoreceptor-based magnetoreception in birds. *Biophysical Journal*, 78 (2): 707–718 pp.
- Rodda, G. H. 1984: The orientation and navigation of juvenile alligators: evidence of magnetic sensitivity. *Journal of Comparative Physiology A*, 154 (5): 649 – 658 pp., doi: 10.1007/BF01350218.
- Shcherbakov, D., Winklhofer, M., Petersen, N., Steidle, J., Hilbig, R., Blum, M. 2005: Magnetosensation in zebrafish. *Current biology*, 15 (5): 161–162 pp., doi:10.1016/j.cub.2005.02.039.

- Schlegel, P. A. 2007: Spontaneous preferences for magnetic compass direction in the American red-spotted newt, *Notophthalmus viridescens* (Salamandridae, Urodela). *Journal of Ethology*, 25 (2): 177 – 184 pp., doi: 10.1007/s10164-006-0016-x.
- Southern, W. E. 1969: Orientation behavior of ring-billed gull chicks and fledglings. *The Condor*, 71: 418 - 425 pp, doi: 10.2307/1365740.
- Takebe, A., Furutani, T., Wada, T., Koinuma, M., Kubo, Y., Okano, K., Okano, T. 2012: Zebrafish respond to the geomagnetic field by bimodal and group-dependent orientation. *Scientific Reports*, 2 (727), doi: 10.1038/srep00727.
- Vach, M. 1993: Srnčí zvěř, Uhlířské Janovice, Silvestris, 402 pp.
- Vácha, M., Němec, P., 2007: Kompas a mapa. *Vesmír*, 86/4: 224 – 228 pp.
- Vácha, M., Kvíčalová, M., Puzová, T. 2010: American cockroaches prefer four cardinal geomagnetic positions at rest. *Behaviour*, 147: 425 – 440 pp., doi:10.1163/000579509X12580965484148.
- Válková, T., Vácha, M. 2012: How do honeybees use their magnetic compass? Can they use the North? 2 - 6 pp.
- Vanderstraeten, J., Burda, H. 2011: Does magnetoreception mediate biological effects of power-frequency magnetic fields?. *Science of The Total Environment*, 417 – 418: 299 – 304 pp., doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.08.071.
- Viguer, C. 1882: Le sens de l'orientation et ses organes chez les animaux et chez rhomme. *Rev. Phil. Fr. Etranger*, 14: 1 – 36 pp.
- Wiltschko, W., 1968: Über den Einfluß statischer Magnetfelder auf die Zugorientierung von Rotkehlchen *Erithacus rubecula*. *Z. Tierpsychol*, 25: 537 – 558 pp.
- Wiltschko, R., Wiltschko, W., 1995: *Magnetic Orientation in Animals*. Springer,



Berlin, 297 pp.

- Wiltscho W., Wiltscho R., Munro, U. 2000: Light Dependent Magnetoreception in Birds: Does Directional Information Change with Light intensity? *Naturwissenschaften*, 87 (1): 36 - 40 pp.
- Wiltschko, W., Wiltschko, R. 2001: Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis, 1 - 3 pp.
- Wiltschko, R., Wiltschko, W. 2012: Magnetoreception. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 739: 126–141 pp., doi: 10.1007/978-1-4614-1704-0\_8.
- Wiltschko, W., Freire, R., Munro, U., Ritz, T., Rogers, L., Thalau, P., Wiltschko, R. 2007: The magnetic compass of domestic chickens, *Gallus gallus*. *J. Exp. Biol.*, 210: 2300 – 2310 pp.
- Wiltschko, W., Wiltschko, R., Ritz, T. 2011: The mechanism of the avian magnetic compass. *Procedia Chemistry*, 3 (1): 276 – 284 pp.
- Yeaglev, H. L. 1947: A preliminary study of a physical basis of bird navigation. *Journal of Applied Physics*, 18 (12): 1035-1063 pp.
- Yeaglev, H. L. 1951: A preliminary study of a physical basis of bird navigation II. *Journal of Applied Physics*, 22 (6): 746 – 760 pp.
- Zimmerman, P. H., Pope, S. J., Guilford, T., Nicol, Ch. J. 2008: Involvement of the sun and the magnetic compass of domestic fowl in its spatial orientation. *Applied Animal Behaviour Science*, 116: 204 – 210 pp.

## 9. Přílohy

Příloha – tabulky

Tabulka č. 1 Základní statistika

Tabulka č. 2 Základní statistika

Tabulka č. 3 Základní statistika

Tabulka č. 4 Základní statistika

Tabulka č. 5 Základní statistika

Tabulka č. 6 Základní statistika

Příloha – fotodokumentace

Obr. č. 1 Areál rozšíření srnce obecného

Obr. č. 2 Magnetické pole Země

Obr. č. 3 Inklinace magnetického pole Země

Obr. č. 4 Axiální rozdělení dat získaných z nepřímo pozorujících hrabánkujících srnců

Obr. č. 5 Axiální rozdělení dat získaných z nepřímo pozorujících hrabánkujících srnců

Obr. č. 6 Axiální rozdělení dat získaných z nepřímo pozorujících hrabánkujících srnců

Obr. č. 7 Axiální rozdělení dat získaných z měření zálehů prasete divokého

Obr. č. 8 Axiální rozdělení dat získaných z měření zálehů srnce obecného

Obr. č. 9 Axiální rozdělení dat získaných z měření zálehů jelena siky

Obr. č. 10 Buzola

Obr. č. 11 Zálehy

Obr. č. 12 Hrabánkující srnec obecný



Obr. č. 10: Buzola

(Kořata, 2013)



Obr. č. 11: Zálehy

(Kořata, 2014)





Obr. č. 12: Hrabánkující srnec obecný

(Franěk, 2011)