

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra krajinného managementu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv geomagnetismu na chování divokých kachen

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Hanzal, CSc.

Autor: Josef Chodil

České Budějovice, duben 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef CHODIL**
Osobní číslo: **Z10454**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Vliv geomagnetismu na chování divokých kachen**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vyhodnotit vliv zemského magnetismu na chování divokých kachen při přistávání, vzletání a dalších činnostech.

V práci se zaměřte zejména na:

- Zpracování literárního přehledu publikací v řešené oblasti
- Zdokumentování a statistické vyhodnocení magnetické orientace divokých nejméně 1.500 kachen na vybraných rybnících dle dodané metodiky.
- Při vyhodnocování pečlivě zaznamenávejte veškeré údaje v předepsaných tabulkách včetně rušivých vlivů.

Při zpracování bakalářské práce vycházejte z "Opatření děkana Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích ke kvalifikačním, formálním a metodickým požadavkům na závěrečné práce studentů bakalářských a navazujících magisterských oborů" č. 13 z 18.12. 2009.

Literární přehled předložte do konce září 2012 a rukopis práce do konce ledna 2013.

STŘEDNÍ ŠKOLA
KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY
KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY
KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY
KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY
KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

ČERVENÝ,J. - BEGALL,S. - BURDA,H. - NEFF,J. : Low frequency electromagnetic fields disturb magnetic orientation of artiodactyls , lowfrequency electromagnetic field, magnetic orientation, cattle, roe and red deer. Zoologické dny Brno 2009 , Ústav biologie obratlovců AV ČR, v.v.i.; 12.3.2009; Str. 44 - 45 ISBN: 978-80-87189-03-0;
BURDA,H. - BEGALL,S. - ČERVENÝ,J. - NEFF,J. - NĚMEC,A.Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminant. Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America, 2009, roč. 106, č. 14, s. 5708 - 5713. ISSN: 0027-8424.
ČERVENÝ,J. - VOJTĚCH,O. - BURDA,H.: Magnetické krávy a internet přitahují. Vesmír; Svazek periodika: 87; Číslo periodika: 11; 2008. str. 750 - 753, ISSN: 0042-4544

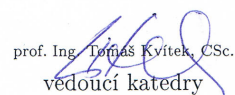
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Hanzal, CSc.
Katedra krajinného managementu

Datum zadání bakalářské práce: 26. března 2011
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice



prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. dubna 2011

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum:

Podpis:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Vladimíru Hanzalovi, CSc. za jeho cenné rady, věcné připomínky, ochotu a odbornou pomoc při vedení této bakalářské práce. Poděkování patří také mým nejbližším za jejich podporu.

Abstrakt

Tato práce se věnuje vlivu magnetického pole Země na orientaci divokých kachen při dosedání na vodní hladině. Různé živočišné druhy vnímají magnetické pole a mohou ho záměrně využívat pro svou orientaci (stěhovaví ptáci, netopýři, podzemní hlodavci, želvy a čolci) Druhou variantou vnímání magnetického pole Země jsou spontánní reakce (směrování při pastvě a odpočinku skotu, jelení a srnčí zvěře, orientace těl kaprů v kádích). Dosedání divokých kachen na vodní hladině je spontánní reakce vnímání magnetického pole. Materiály pro tuto práci byly získány přímým pozorováním v přírodě. Pozorování byla prováděna během různých denních dob a za různého počasí na rybnících. Zaznamenány byly následující údaje: přílet, příprava na přistání, samotné přistání, síla a směr větru, stav počasí, rušivé vlivy, postavení slunce a vzdálenost od břehu při dosednutí. Analýza získaných dat ukázala, že divoké kachny při přistávání preferují jihovýchodní směr.

Klíčová slova: kachna divoká, magnetické pole Země, přistání na vodní hladině

Abstract

This work consists in an influence of the earth's magnetic field to the orientation of the landing of wild ducks on a water surface. Some of the animal species perceive the magnetic field and they can use it for their orientation (migratory birds, bats, underground rodents, turtles and newts) Another variant of perceiving the magnetic field are the natural reactions (move tendency of cattle and deer at the pasturage, the orientation of carp in vats). Landing of wild ducks to a water surface is an unwilled reaction of perceiving the magnetic field. The material for this work was gained by the direct observation in nature. Observation was realized during the different terms of day and during the weather changes. The following data were written down: arrival, landing preparation, whole landing, wind power and the direction, weather conditions, disturbing influences, the position of sun, the distance of the bank during the landing. The analysis of acquired information proved the wild ducks prefer the southeast direction during the landing on a water surface.

Key words: wild duck, earth's magnetic field, landing on a water surface

Obsah:

1. Úvod	9
2. Literární přehled	10
3. Materiál a metody	21
4. Výsledky	23
5. Závěr	26
6. Literatura	27

1. Úvod

Tato práce se zabývá vnímáním magnetického pole u kachny divoké (*Anas platyrhynchos*). Mnozí živočichové vnímají magnetické pole Země a jsou schopni ho využívat pro svou orientaci. Vliv magnetického pole na život různých organismů a jeho vnímání je intenzivně zkoumáno. Živočichové využívají magnetické pole vědomě, nebo vykazují spontánní reakce ve svém chování, které jsou magnetickým polem způsobeny. Vědomě je magnetické pole využíváno k orientaci v prostoru, nebo k dálkové navigaci např. u stěhovavých ptáků a dalších stěhovavých druhů. Mezi spontánní reakce v chování patří např. zarovnání těl v určitém směru při pastvě skotu, nebo při pastvě a odpočinku jelení a srnčí zvěře.

Experimenty k testování tohoto jevu se provádí buď v laboratořích, nebo je chování jednotlivých druhů sledováno přímým pozorováním v přírodě. Tyto experimenty jsou prováděny převážně na obratlovcích – ptáci, želvy, čolci, netopýři, skot a ryby.

Cílem této práce je zjistit, zda divoké kachny při přistávání na vodní hladině vlivem zemského magnetického pole upřednostňují určitý směr.

2. Literární přehled

Magnetorecepce je schopnost některých živočichů zaznamenávat a využívat informace poskytnuté magnetickým polem Země. První zmínky o vlivu magnetického pole Země na chování živočichů se datují ke konci devatenáctého století, první pokusy ukazující na magneticky podmíněné chování se objevují v 60. letech 20. století a v současné době je magnetorecepce jednou z nejkoumanějších oblastí smyslové fyziologie. Fyziologické a neurobiologické důsledky vnímání magnetického pole Země dosud nejsou spolehlivě popsány a samotný magnetoreceptor stále na své objevení čeká (Wiltschko a Wiltschko, 2006).

Byl podán návrh o mechanismu smyslového vnímání magnetického pole pomocí magnetitu (oxid železnato-železitý, Fe_3O_4), který je obsažen v některých buňkách (Beason, 1995).

Geomagnetické pole představuje spolehlivý a všudypřítomný zdroj navigačních informací. Tyto informace mohou být dvojího druhu: magnetický vektor poskytuje směrové informace, které by zvířata mohla využívat jako kompas, zatímco celková intenzita a inklinace může poskytnout informace, které by mohly být použity jako součást navigačních map s uvedením pozice (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

První poznatky o magnetickém poli Země jsou poměrně starého data. Je to dáno tím, že evropští mořeplavci již na konci středověku používali při navigaci kompasu. (Bucha, 1983).

Zdrojem magnetického pole Země je pohyb elektricky vodivých hmot ve vnějším jádře. Z velikosti jádra a hodnot fyzikálních parametrů vyplývá, že typickou časovou jednotkou těchto procesů jsou tisíce let. Z paleomagnetických výzkumů bylo zjištěno, že pole měnilo mnohokrát v minulosti svou polaritu. Interval mezi inverzemi se pohybovaly od desítek tisíců do desítek milionů let. Poslední inverze proběhla před 720 tisíci lety. (Bochníček, Hejda 2004).

Byla vyřčena myšlenka, zda také člověk a někteří větší savci získávají a využívají informace poskytnuté magnetickým polem Země, nebo zda nějak ovlivňuje jejich chování. Získání důkazu bylo však velmi problematické. Vyšetřování magnetické orientace u velkých savců v rámci kontrolovaných laboratorních podmínek je obtížné, ne-li nemožné. Určitá možnost, jak vyšetřit

vnímání magnetického pole, je pozorování těchto velkých savců v přírodě, v jejich přirozeném prostředí (Begall a kol., 2008).

U netopýrů je známo, že se skvěle orientují v noci pomocí echolokace, která však pracuje pouze na krátkou vzdálenost. Málo je známo o tom jak se orientují na větší vzdálenosti. Proto byl proveden experiment na velkém netopýru hnědém (*Eptesicus fuscus*). Byli vypuštěny dvě skupiny netopýrů 20 km od jejich domovů, na které 45 minut před západem slunce a 45 minut po západu slunce bylo působeno pomocí radiové telemetrie, díky které na jednu skupinu působilo magnetické pole otočené o 90° po směru hodinových ručiček a na druhou skupinu o 90° proti směru hodinových ručiček od severu. Po vypuštění první skupina, na kterou působilo magnetické pole ve směru hodinových ručiček, letěla směrem na východ, druhá skupina s působením magnetického pole proti směru hodinových ručiček letěla směrem na západ. Někteří netopýři doletěli do svých domovů během stejné noci, přestože původně byli orientováni mimo domov (Holland a kol. 2006).

U netopýrů bylo zkoumáno, zda používají k orientaci kompas na polaritní, nebo inklinální bázi. Sledování byli visící netopýři během odpočinku v laboratoři za přítomnosti indukovaného magnetického pole dvakrát silnějšího než magnetické pole Země. Pod vlivem normálně vyrovnaného indukovaného pole se netopýři zavěšovali na severním konci jejich klece. Po obrácení vertikální složky magnetického pole zůstali netopýři zavěšeni na severní straně klece. Po obrácení horizontální složky magnetického pole změnili netopýři své pozice a viseli na jižní straně klece. Na základě těchto výsledků se usuzuje, že netopýři používají polaritně založený kompas při vybírání vhodného místa na odpočinek a také pro navigaci při dálkových letech (Wang a kol. 2007).

Orientování pomocí magnetického pole Země je zjištěno u ptáků, kteří se vyznačují sezónní migrací. Nutkání těchto druhů ptáků pohybovat se v migračním směru je tak silné, že i v zajetí mají svá těla orientována v příslušném směru. Testování červenky obecné (*Erithacus rubecola*) ukázalo silnou preferenci příslušného migračního směru. Červenky byly testovány v uměle vytvořeném magnetickém poli. Při otočení magnetického severu o určitý úhel ptáci změnili svou polohu a dali přednost příslušnému směru, který odpovídal jejich migračnímu směru. Toto je jasný důkaz toho, že červenky používají geomagnetické pole Země pro svou orientaci během migračního období (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Ryposh hotentotský (*Cryptomys hottentotus*) je africký podzemní hlodavec. Vytváří rozsáhlé a dlouhé podzemní systémy. Tyto systémy jsou lineárně uspořádané, vždy na jednom konci je umístěno hnízdo a přítomen je jeden dlouhý hlavní tunel, který může být až 200 m dlouhý a tvoří hlavní osu. Ve většině z analyzovaných nor byl hlavní tunel rozšířen zhruba na jižní straně. Významná schopnost ryposhů držet se v jednom směru při budování tohoto dlouhého hlavního tunelu vedla ke spekulacím o možných orientačních podnětech. K otestování, zda je ryposh hotentotský schopen používat magnetické pole k orientaci, byly provedeny experimenty, které byly založeny na spontánní tendenci ke stavění hnízd na stejném místě v kruhové aréně. Pokud byla zvířata pod vlivem magnetického pole Země, dávala přednost jihovýchodnímu sektoru. Když byl magnetický sever otočen o 120° nebo 180°, zvířata změnila polohu svých hnízd odpovídajícím způsobem. Tím bylo dokázáno, že ryposh hotentotský využívá magnetické pole Země pro svou orientaci (Burda a kol., 1990).

Slepec egyptský (*Spalax ehrenbergi*) je podzemní hlodavec, který obývá rozsáhlý systém tunelů, který nikdy neopouští, pokud k tomu není donucen. Aby mohl přežít, musí být schopen se v tomto systému efektivně orientovat. Byla provedena studie, která zkoumala, zda je slepec egyptský schopen vnímat a používat magnetické pole Země pro orientaci v prostoru. Experimenty byly prováděny v uměle vytvořeném magnetickém poli. U jedné skupiny jedinců bylo sledováno, zda preferují určitý směr pro stavbu hnízd a komor pro potravu. Druhá skupina byla vystavena magnetickému poli, které bylo experimentálně posunuto o 180°. První skupina dávala při budování hnízd a ukládání potravy významnou přednost v jižním sektoru labyrintu, zatímco druhá skupina budovala svá hnízda a ukládala potravu v severním sektoru, což odpovídalo posunu magnetického pole. Dále bylo zjištěno, že na orientaci u slepce egyptského nemá vliv světlo (Kimchi a Terkel, 2001).

Křeček sibiřský (*Phodopus sungorus*) byl testován na to, zda využívá informace magnetického pole. Křečci byli nejprve drženi v kleci kde za pomoci magnetu a světla byli naučeni stavět hnízdo na určité ose. Byli rozděleni do dvou skupin. Skupina A byla naučena stavět hnízdo na ose 45° - 225° a skupina B byla naučena na osu 135° - 315°. K testu byla připravena kruhová nádoba, o průměru 81 cm, jejíž stěny byly namalovány černě a celá nádoba byla neprostupná pro světlo.

Do středu nádoby byl umístěn materiál pro stavbu hnízda. Křečci byli v nádobě umístěni tři hodiny před setměním a ráno byli opět odebráni. Byla provedena kontrola polohy vybudovaného hnízda. Na křečky umístěných v testovacích nádobách působilo přirozené magnetické pole Země a magnetické pole uměle vytvořené. Uměle vytvořené magnetické pole bylo odkloněno postupně o 90°, 180° a 270° od severu. Každý křeček byl jednou testován na příslušné magnetické pole. U skupiny A byla hnízda stavěna na výsledné ose 33° - 213° a u skupiny B na ose 119° - 299°. Výsledky tedy prokázaly, že křeček je schopen využívat magnetické pole (Deutschlander a kol., 2003).

Schopnost vnímání magnetického pole byla testována u laboratorní myši C57BL/6J. Toto testování bylo zaleženo na podobných principech jako u křečka sibiřského. Myši měly v klecích, na které působilo magnetické pole, určeno místo pro budování hnízd. Myši byly učeny k tomu, aby si svá hnízda stavěly na těchto připravených místech. Toho bylo dosaženo a myši si stavěly svá hnízda na daném místě v kleci. Poté se přistoupilo k samotnému testování. Myši byly odebrány ze svých klecí a byly umístěny do kruhových nádob o průměru 88 cm. Tyto nádoby byly neprůhledné z toho důvodu, aby myši nereagovaly na žádné vnější podněty. Do středu byl umístěn materiál na stavbu hnízda. Do těchto nádob byly myši umístěny vždy 2 – 3 hodiny před setměním, ráno byly opět odebrány a byla zaznamenána poloha a azimut hnízda. Každá myš byla testována celkem čtyřikrát. První testování bylo v přirozeném magnetickém poli Země, druhé testování v magnetickém poli posunutém o 90°, třetí v magnetickém poli posunutém o 180° a čtvrté testování v magnetickém poli posunutém o 270°. Myši se naučily azimut hnízd ve svých výcvikových klecích a podle něho umísťovaly hnízda v testovacích nádobách. Poloha hnízd byla měněna odpovídajícím způsobem s posouváním magnetického pole. Tímto experimentem bylo zjištěno, že myši jsou schopné se cílevědomě orientovat pomocí magnetické pole (Muheim a kol. 2006).

Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) je jeden z ekonomicky nejdůležitějších druhů sladkovodních ryb, býval oblíbený již ve starověkém Římě. Kapr je jedním z tradičních vánočních jídel ve střední a východní Evropě. V České republice jsou kapři prodáváni vždy v předvánočním čase. Prodejci je drží v kruhových kádích. A právě toho bylo využito k testování magnetorecepce kaprovitých ryb. Bylo shromážděno 817 digitálních fotografií 80 kádí na 25 místech v Praze a jejím okolí

a v několika městech v severozápadních a jižních Čechách. Fotografie byly pořizovány, když byly ryby aspoň tři minuty v klidu. Zaznamenávala se také přítomnost případných přívodů vody a dalších okolních podnětů. Každá fotografie byla pečlivě přehodnocena. Byly zaznamenány osy těl jednotlivých kaprů. Nakonec bylo rozhodnuto vzorky, které obsahovaly přívod vody a další možné vnější podněty pro orientování kaprů, vyřadit z testování. Touto neinvazivní metodou bylo zjištěno, že kapři mají tendenci orientovat svá těla v severojižním směru (Hart a kol. 2012).

Pstruh duhový (*Salmo gairdneri*) byl testován na magnetorecepci v laboratořích za přítomnosti přirozeného magnetického pole a nulového magnetického pole. Bylo získáno 32 pstruhů duhových mladších šesti měsíců a 32 pstruhů duhových starších jednoho roku. Byli rozděleni do osmi skupin po osmi jedincích. Poté byli pstruzi přeneseni do dvou testovacích zařízení. V prvním bylo přirozené magnetické pole a v druhém bylo vytvořeno nulové magnetické pole. Pstruzi byli umístěni do modrých platových bazénů o průměru 1,2 m, které byly naplněny čerstvou vodou do hloubky 20,3 cm při teplotě 12°C. V polovině těchto bazénů byl slabý proud získaný čerpadly a v polovině nebyl žádný proud. Po dvaceti minutách byla zaznamenána orientace všech jedinců dvěma pozorovateli. Po vyhodnocení záznamů bylo zjištěno, že skupiny pstruhů testovaných v přirozeném magnetickém poli preferují zarovnání těl v severovýchodním směru. Na toto zarovnání neměl vliv věk jedinců ani přítomnost nebo nepřítomnost proudu. Naopak ve skupinách, které byly rozmístěny v nulovém magnetickém poli, byli jednotliví pstruzi rozmístěni náhodně bez preference určitého směru (Chew a Brown, 1989).

U úhoře říční (*Aguilla Aguilla*) bylo zkoumáno, zda při plavání v kruhové nádrži dává přednost určitému směru. Pozorování stacionárních úhořů odhalila dva hlavní preferované směry: sever a jih. Směr východní byl vždy nejvíce opomíjen. U migrujících úhořů ze vzdálených vnitrozemských lokalit byla zjištěna směrová preference stejná jako u stacionárních úhořů, ale pouze na začátku migrační sezóny. Migrující úhoři ulovení v blízkosti Severního moře v hlavní migrační sezóně upřednostňovali severní směr, okrajově také severozápadní a západní (Tesch a Lelek, 1973).

Potěr lososa nerky (*Oncorhynchus nerka*) byl sledován v kruhových nádržích v době, kdy měl migrovat od místa svého zrození do jezer. Testován byl ve dne a v noci. Potěr ze dvou různých populací se pohyboval v odpovídajících směrech, kterým by se pohyboval při migraci do jezer. Při posunutí magnetického pole o 90° došlo ke změně pohybu potěru také o 90° v noci a to i v případě, kdy byli pod širým nebem. Během dne změnil pohyb v posunutém magnetickém poli pouze potěr testovaný v krytých nádržích. Potěr, který byl testován v posunutém magnetickém poli a zároveň měl výhled na nebe, zachoval pohyb ve stejném směru i přes posun magnetického pole o 90° (Quinn, 1980).

Magnetorecepce byla zkoumána také u čolků. Čolci se na krátkou vzdálenost orientují pomocí zvukových a čichových podnětů, to je však nepravděpodobné pro orientaci na velké vzdálenosti. Hledání rybníku pomocí čichu je také závislé na větrných podmínkách. Migrace čolků mezi stanovišti je založená na sofistikovanějších mechanismech. Na to, zda čolci využívají magnetické pole pro svou orientaci na delší vzdálenosti, byl proveden experiment. Čolci pro testování byli odchyceni během migrační sezóny. V prvním případě to bylo 9,05 km jihozápadně od testovacího místa a ve druhém případě 19 km severovýchodně od testovacího místa. Celkově bylo odchyceno 64 čolků hranatých (*Lissotriton helveticus*). Testování začalo dvě hodiny po setmění při celkově zatažené obloze, kdy Měsíc ani hvězdy nebyli vidět. Každý čolek byl testován individuálně v plastové nádrži o průměru 44 cm a výšce 24 cm. Po umístění do testovací nádrže byli ponecháni pět minut v klidu. Po pěti minutách byl zaznamenán pohyb čolka podle mokré stopy kterou po sobě zanechal. Každý čolek byl testován pouze jednou v jednom ze čtyř magnetických polí (přirozené magnetické pole, posunuté o 90°, posunuté o 180°, posunuté o 270°). Výsledky těchto pozorování ukázaly, že čolci výrazně orientovali svá těla směrem ke svým domovským rybníkům, ze kterých byli odchyceni (Diego-Rasilla a kol., 2008).

Mladé karety obrovské (*Chelonia mydas*), které obývají pobřežní vody v Severní Karolíně se vyznačují sezónní migrací, při které se vracejí do specifických oblastí. Karety obsazují pobřežní body Severní Karolíny od dubna do září a během října a listopadu migrují směrem na jih z důvodu poklesu teploty vody. Jsou schopné orientovat se konkrétním směrem i poté, co byly přemístěny. Testy tedy byly prováděny v letním období a v období října až listopadu.

K otestování navigačních mechanismů byly odchyceny mladé karety obrovské v pobřežních vodách Severní Karolína. Experimenty byly prováděny v laboratoři. Karety byly testovány v experimentální kruhové nádrži. Stěny nádrže nebyly průhledné, aby na karety nepůsobily žádné vnější podněty z okolí nádrže. Každá kareta byla přivázána na gumovém lanku k otočnému rameni uloženém uprostřed nádrže a volně plavala. Během pobytu každé karety v testovací nádrži byly zaznamenávány jejich směrové údaje. Výsledky ukázaly, že v letním období se karety orientují směrem k místu zachycení a v období října a listopadu se orientují ve směru sezónní migrace (Avens a Lohmann, 2004).

Liška obecná (*Vulpes vulpes*) loví kořist charakteristickým způsobem. Tento způsob lovu se nazývá myškování. Liška při tomto způsobu lovu skáče do výšky a na kořist udeří shora. Toto chování při lovu lišek bylo pozorováno zkušenými biology a lovci u volně žijících lišek v různých denních dobách na různých stanovištích České republiky. Lišky při přípravě na útok preferovaly postavení ve směru severovýchodním. Nebyl žádný významný rozdíl u útoků v nízké vegetaci ve srovnání s útoky ve vysoké vegetaci, nebo sněhu. Nicméně, severovýchodně orientované útoky byly úspěšnější než útoky v jiných směrech. Jinými slovy, 74% z úspěšných útoků bylo zaměřeno na azimut 20°, zatímco útoky v jiných směrech byly z velké části neúspěšné. Útoky vedené v úhlovém rozmezí 340°- 40° byly velmi úspěšné (72.5%), útoky v úhlovém rozmezí 160°- 220° měli úspěch 60%, zatímco útoky v jiných směrech měli úspěch pouze 18%. Vliv na směrovou preferenci a úspěšnost při lovu nelze vysvětlit účinkem světelných podnětů, protože pozorování byla provedena v různých denních dobách, v různých ročních obdobích, pod zataženou i pod jasnou oblohou. Směrová preference není daná ani směrem větru, který byl různý v různých dnech pozorování a jen zřídka kdy vál ve směru od severu nebo od jihu (Červený a kol., 2011).

Chování podle magnetického pole Země bylo zjišťováno přímým pozorováním v přírodě u pasoucího se a odpočívajícího jelena lesního (*Cervus elaphus*) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*). Pozorování bylo prováděno v různých lokalitách České republiky, za různých klimatických podmínek, v různých denních dobách. Klimatické údaje byly zaznamenávány v den pozorování. Do výzkumu byli zařazeni jedinci, kteří si nevšimli pozorovatele, ani jím nebyli ovlivňováni. Jedinci, kteří se zjevně vyhřívali na slunci, byli vyloučeni

z výzkumu, stejně jako pohybující se jedinci. Dále byla zaznamenána a analyzována orientace zálehů odpočívající jelení a srnčí zvěře na sněhu. Osy těl u srnčí a jelení zvěře při pastvě a odpočinku byly orientovány přibližně v severojižním směru. Zálehy ve sněhu, byly přibližně ve stejném rozsahu. Přímá pozorování odhalila, že většina zvěře při pastvě a odpočinku je otočena směrem na sever. Při pohledu kolem sebe a kontrole okolí stačí zvířatům pouze otočit hlavou, ale nemění směr osy jejich těl (Červený a kol, 2008).

Vliv magnetického pole na toto zarovnání těl byl jasně určen po vyloučení jiných podnětů, které mohou ovlivnit chování zvěře. Vítr jako faktor ovlivňující zarovnání těl může být vyloučen u jelení a srnčí zvěře při odpočinku, protože jelení a srnčí na odpočinek vyhledávají místa hluboko v lesích, která jsou chráněna proti větru. Vítr v lesích je také tlumen a mění svůj směr místně a nepředvídatelně. Zálehy byly většinou čerstvé, pocházející z předchozí noci. Klimatické údaje týkající se těchto konkrétních nocí naznačovaly bezvětřné situace nebo větry z různých směrů. Protože přímá pozorování pastvy a odpočinku jelenů a srnců probíhala především v bezvětřných dnech, může vliv větru být vyloučen. Dalším podnětem, který teoreticky může ovlivňovat zarovnání těl jelení a srnčí zvěře, je slunce, které však také bylo vyloučeno. Slunce může ovlivnit zarovnání třemi způsoby: termoregulace, sluneční kompas a odvracení k zabránění oslnění. Na základě přímého pozorování pastvy a odpočinku jelení a srnčí zvěře může být termoregulace jasně vyloučena. Termoregulace může být vyloučena také z nočních pozorování a orientace nočních zálehů. Nebyla zjištěna ani žádná korelace mezi polohou jelenů a denní dobou během sledování. Také oslnění od slunce mohlo být na základě přímých pozorování vyloučeno (Begall a kol., 2008).

Zemědělci a pozorovatelé přírody vědí, že většina skotu a ovcí při pastvě má hlavu stejným směrem. Mnoho z nich se ptalo na důvody a faktory, které určují směr, který vykazují. Moudrost a zkušenosti zemědělců říkají, že skot se staví hlavou do větru, zatímco ovce se otáčí hlavou pryč od větru. Díky několika vědeckým studiím zabývajících se předmětem směřování skotu a ovcí při pastvě z hlediska termoregulace bylo potvrzeno, že skot stojí kolmo ke slunci v chladných a slunečných dnech a to zejména v časných ranních hodinách maximální povrchovou plochou těla. Zároveň se skot orientuje rovnoběžně se silnými větry v zimě, aby minimalizoval plochu těla vystavenou tepelné ztrátě. Ale ani nejlepší

znalosti zemědělců a vědecké studie neposkytly odpovědi na otázku, které faktory určují společné zarovnání skotu a ovcí jedním směrem za příznivých podmínek, tzn. je bezvětří, nesvítí slunce a je optimální teplota (Begall a kol., 2008).

Myšlenka, jak efektivně hodnotit zarovnání skotu při pastvě, se zrodila náhodně. Byla snaha získat ze satelitních snímků informace o magnetoreceptci člověka, ale první co pozorovatel spatřil na satelitních snímcích, bylo stádo skotu, ve kterém se všichni jedinci pásli hlavou směrem na sever. Toto objevení dalo možnost vzniku výzkumu magnetorecepce skotu (Červený a kol, 2008).

K určení, zda skot vnímá a používá magnetické pole Země, byla použita internetová aplikace Google Earth. Díky této aplikaci byly získány naskenované vzorky dat s orientací zvířat v různých lokalitách po celém světě v různých dobách. Celkem bylo vyhodnoceno 8510 kusů skotu z 308 náhodně vybraných pastvin ze šesti kontinentů: Afriky, Asie, Austrálie, Evropy, Severní Ameriky a Jižní Ameriky. Pozornost byla věnována vyhodnocení pastvin v rovinaté krajině. Záznamy zahrnují obě pohlaví a různá plemena mléčného i masného skotu. Rozlišení většiny satelitních snímků neumožňuje jasně a jednoduše rozlišovat mezi hlavou jednotlivců a zadní částí těla, takže záznamy byly omezeny pouze na osy těl. Dále nebylo rozlišeno mezi pasoucím se, odpočívajícím a pohybujícím se jednotlivcem. Obrázky špatného rozlišení a pastviny nacházející se v blízkosti moře, ve svahu, nebo v blízkosti lidských sídel nebyly analyzovány. Z analýzy byl vyloučen také skot, pohybující se na cestách, stojící u přírodních žlabů a zavlažovacích míst a telata pohybující se v blízkosti krav. Tělesné osy skotu na satelitních snímcích ukázaly výraznou preferenci severojižního směru (Begall a kol, 2008).

U skotu také musely být vyloučeny možné faktory ovlivňující zarovnání. Pokud by byl vítr hlavním faktorem určujícím orientaci hodnoceného skotu, je třeba předpokládat, že byly větrné podmínky stejné ve většině z 308 vybraných pastvin rozmístěných geograficky a v různých časech. Dále by se muselo předpokládat, že vítr byl silný a vál převážně ze severních a jižních směrů, což je velmi nepravděpodobné. Větrné atlasy ukazují, že převládající větry v jednotlivých zemích jsou variabilní v průběhu celého roku a jsou převážně západní. Regionální a slabší větry jsou však velmi variabilní v průběhu celého roku. Kdyby byl vítr určujícím faktorem pro zarovnání těl, bylo by buď náhodné rozložení tělesné orientace, nebo by dobytek byl orientován na západo-východ, nebo severozápad-

jihovýchod. Druhým teoretickým faktorem je slunce, které může ovlivnit orientaci třemi způsoby: termoregulace, sluneční kompas a odvracení k zabránění oslnění. Zvířata se vystavují slunečnímu výhřevu za chladných slunečních dní většinou v ranních a dopolední hodinách po chladných nocích. Zvířata stojí tak, že si nestíní navzájem jeden druhému a většinou se nepasou. Žádné snímky, které by naznačovaly vyhřívání na slunci nebyly nalezeny. Skot čelící stresu z horka se nepase a hledá kryt např. ve stínu stromů, pokud jsou k dispozici. Ve zkoumaném vzorku nebyly žádné obrázky, které by vzbuzovaly podezření, že je skot tepelně namáhaný. U slunečního kompasu je známo, že hraje důležitou roli při navigaci. Je známo, že tato zvířata mohou vnímat polarizované světlo tak, aby se mohli orientovat pomocí slunečního kompasu dokonce i ve dnech, ve kterých je oblačno. Zvířata, u kterých je známo, že vnímají polarizované světlo a používají sluneční kompas především pro dálkovou navigaci, jsou v podstatě denní živočichové. Naopak přežvýkavci jsou aktivní v průběhu celého dne s několika nočními pastvami i v hluboké zimě. Navíc, i když jasný důkaz chybí, sítnicové parametry skotu mluví jasně proti kapacitě vnímání polarizovaného světla. Odvracení tváře pryč od slunce, aby se zvířata vyhnula oslnění, by mohlo hrát roli ráno nebo pozdě odpoledne, kdy je slunce nízko a vedlo by to k východozápadní orientaci. Tento aspekt může být jasně vyloučen u většiny satelitních snímků, díky viditelným krátkým stínům. Po vyloučení klimatických faktorů jako je vítr, slunce a teplota dospěli vědci k závěru, že magnetické pole Země je nejpravděpodobnější faktor zodpovědný za zarovnání skotu na pastvinách (Begall a kol, 2008).

Magnetické zarovnání představuje nejjednodušší směrovou odezvu na geomagnetické pole. Na rozdíl od magnetického kompasu není cílem navigování, ale představuje spontánní a pevnou směrovou odezvu. Magnetické zarovnání může být vyjádřeno zvířaty během odpočinku, pasení, krmení a lovu (Begall a kol., 2012).

Analyzována byla tělesná orientace skotu a srnčí zvěře v lokalitách, kde je magnetické pole Země narušováno dráty vysokého napětí. Šlo o zjištění, zda může lokální odchylka magnetických polí ovlivnit dříve popsané orientační chování. Ocelové stožáry odchylují přirozené magnetické pole Země v okruhu až 30 m. Dráty vysokonapěťového vedení produkují střídavé magnetické pole, které pochází z elektrického proud, o frekvenci 50/60 Hz, což způsobuje tzv. extrémně

nízkofrekvenční magnetická pole. Takováto pole jsou nejsilnější přímo pod dráty vedení uprostřed přesně mezi dvěma stožáry, kde se vodiče díky prověšení dostanou nejnižší k zemi. Hustota magnetického proudění slábne s narůstající vzdáleností směrem od drátů vedení (Burda a kol. 2009).

Extrémně nízkofrekvenční elektromagnetická pole narušují orientaci. Skot a srnčí zvěř odpočívající a pasoucí se na volných pastvinách a loukách vykazuje konzistentní severojižní orientaci. Studovaný dobytek v Evropě, který se pásal v lokalitách bez vedení elektrických drátů ve vzdálenosti alespoň 500 m od elektrického vedení, orientoval svá těla významně podle severojižní osy. Oproti tomu skot pasoucí se pod či v blízkosti drátů vysokonapěťového vedení byl náhodně rozmístěn (tzn. bez jakékoliv preference směrování jejich tělesné osy určitým směrem). Podobně i srnčí zvěř v lokalitách bez drátů elektrického vedení vykazovala zhruba severojižní směrování, zatímco v blízkosti drátů vysokonapěťového vedení vykazovala náhodnou tělesnou orientaci. Směrování ovlivněné elektrickým vedením mohlo být zaznamenáno, pokud byl brán v potaz všechen skot pasoucí se až do vzdálenosti 150 m od drátů elektrického vedení. To samé platí pro srnčí zvěř pasoucí se až do vzdálenosti 50 m od drátů elektrického vedení (Burda a kol. 2009).

3. Materiál a metody

Údaje o směru přistávání divoké kachny byly získávány v období března, dubna a června 2012. Celkem bylo zaměřeno přistání 1229 divokých kachen na vodní hladině. Všechna přistání byla měřena na stojatých vodách na rybnících „Dobrá vůle“ a „Skutek“, které se nacházejí v „Nadějské rybníční soustavě“ nedaleko města Lomnice nad Lužnicí a obce Klec a na „Líbalově rybníku“, který se nachází nedaleko města Veselí nad Lužnicí.

Měření probíhalo v ranních, pozdně odpoledních a večerních hodinách, během zatažených, polojasných i slunečních dní. Přílet a přistání jedinců bylo sledováno pouhým okem pozorovatele, nebo pomocí dalekohledu ve vzdálenosti 10-100 m. Zaznamenávány byly tři fáze letu: přílet, příprava na přistání a samotné přistání. Příletem se rozumí směr, ze kterého kachny přiletěly a byly prvně spatřeny. Příprava na přistání (obr. 1) je poslední fáze letu těsně před dosednutím na vodní hladinu. Směr přistání (obr. 2) byl zaznamenán při dotyku kachny s vodní hladinou. Tyto směry byly měřeny pomocí kompasu s odchylkou 5°.

Kromě směru přistávání byly zaznamenávány další parametry: síla a směr proudění větru, velikost hejna, čas, datum, postavení slunce na obloze, vzdálenost od břehu při dosednutí, velikost vegetace na břehu, stav počasí, případné rušivé vlivy a jejich vzdálenost. Směr a síla proudění větru byla zaznamenávána pomocí ručního anemometru. Do analýzy byly zařazeny údaje o přistávání, které byly naměřeny při síle větru maximálně 7 km/h. Směr proudění větru během měření byl různý v různé dny. Počet jedinců byl většinou 1-3 při přistání, méně často přiletělo větší hejno. Jako stav počasí bylo zaznamenáváno, zda svítí slunce, je oblačno, nebo polojasno.

Kruhové statistiky byly provedeny pomocí programu Oriana 4.01 (Kovach Computing). Průměrné směrové vektory byly vypočteny podle směrů jednotlivých přistání získaných během pozorování. Pomocí Rayleighova testu bylo ověřeno, zda se získaná data významně liší od náhodného rozdělení.



Obrázek 1: Příprava na přistání.

Zdroj: profimedia.cz



Obrázek 2: Přistání na vodní hladině. Šipka na obrázku znázorňuje směr měření.

Zdroj: profimedia.cz

4. Výsledky

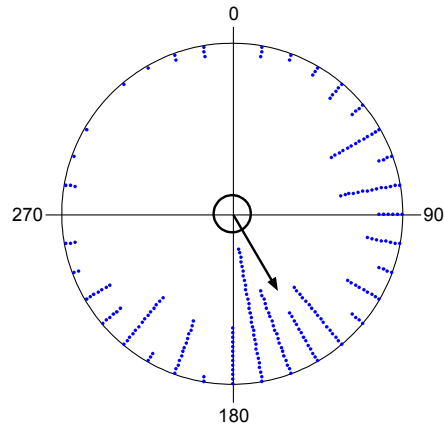
Výsledky měření jsou zachyceny v tabulce 1. Graficky jsou znázorněny v cirkulárních grafech na obrázku 3,4,5,6,7 a 8. Body v grafech označují jednotlivé jedince a jimi preferovaný směr při přistávání. Šipka představuje průměrný preferovaný směr, její délka je úměrná jejich koncentraci v určitém směru. Vnitřní kružnice znázorňuje 5% hranici významnosti Rayleighova testu, výšeč 95% interval spolehlivosti. Pokud šipka průměrného vektoru přesáhne kružnici 5% hranice významnosti, je orientace určitým směrem statisticky významná - získaná data se liší od náhodného rozdělení. Data jsou vyhodnocena angulárně, to znamená, že je vyhodnocen směr, ve kterém kachny přistávaly na vodní hladině.

Rybník	Průměrný vektor	Délka průměrného vektoru (r)	95% interval spolehlivosti	Rayleighův test
„Dobrá vůle“ před dosednutím	141,642°	0,494	± 9,81°	57,155
„Dobrá vůle“ při dosednutí	149,832°	0,492	± 9,858°	56,667
„Líbalův rybník“ před dosednutím	148,695°	0,554	± 23,854°	9,207
„Líbalův rybník“ při dosednutí	161,333°	0,561	± 23,505°	9,428
„Skutek“ před dosednutím	116,977°	0,133	± 55,04°	2,064
„Skutek“ při dosednutí	133,982°	0,13	± 56,204°	1,98

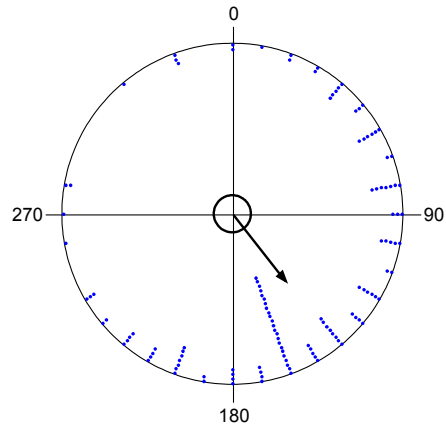
Tabulka1: Výsledky měření na jednotlivých rybnících.

Výsledky z měření na Líbalově rybníku a rybníku Dobrá vůle ukazují, že divoké kachny při přistávání na vodní hladině preferují jihovýchodní směr. U rybníku Skutek je průměrný vektor orientovaný také na jihovýchod, avšak jeho délka nepřesahuje 5% hranici významnosti Rayleighova testu a nevychází ani 95%

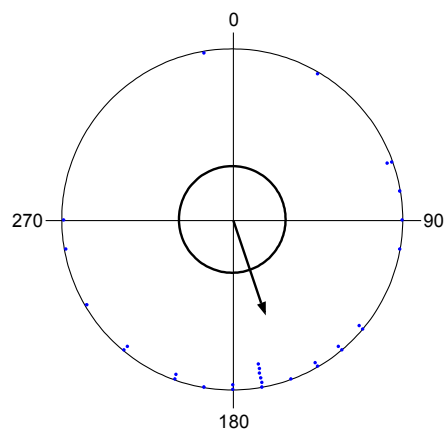
interval spolehlivosti. Tato skutečnost může být způsobena větrnými podmínkami, případně dalšími vlivy a tyto výsledky mohou být porovnány s dalšími měřeními.



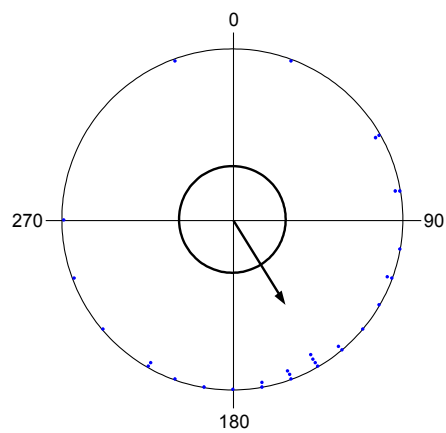
Obrázek 3: „Dobrá vůle“ při přistávání.



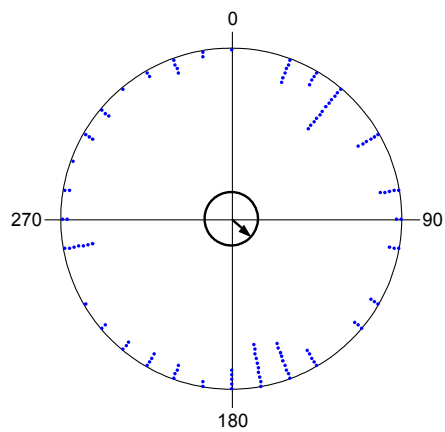
Obrázek 4: „Dobrá vůle“ při přípravě na přistání.



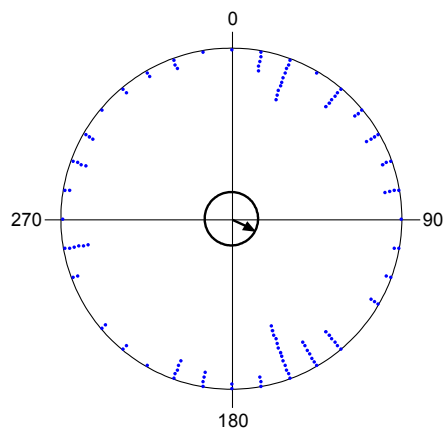
Obrázek 5: „Libalův rybník“ při přistávání.



Obrázek 6: „Libalův rybník“ při přípravě na přistání.



Obrázek 7: „Skutek“ při přistávání.



Obrázek 8: „Skutek“ při přípravě na přistání.

5. Závěr

Tato práce si kladla za cíl ověřit, zda na divoké kachny přistávající na vodní hladině působí magnetické pole Země. Měření probíhalo přímým pozorováním divokých kachen v přírodě a výsledky ukazují významnou orientaci kachen při přistávání jihovýchodním směrem. Výsledky pozorování z jednotlivých rybníků: „Dobrá vůle“ při přistávání (průměrný vektor = $149,832^\circ$, délka průměrného vektoru (r) = 0,492, 95% interval spolehlivosti $\pm 9,858^\circ$, Rayleighův test = 56,667), „Dobrá vůle“ při přípravě na přistání (průměrný vektor = $141,642^\circ$, $r = 0,494$, 95% interval spolehlivosti $\pm 9,81^\circ$, Rayleighův test = 57,155), „Líbalův rybník“ při přistávání (průměrný vektor = $161,333^\circ$, $r = 0,561$, 95% interval spolehlivosti $\pm 23,505^\circ$, Rayleighův test = 9,428), „Líbalův rybník“ při přípravě na přistání (průměrný vektor = $148,695^\circ$, $r = 0,554$, 95% interval spolehlivosti $\pm 23,854^\circ$, Rayleighův test = 9,207), „Skutek“ při přistávání (průměrný vektor = $133,982^\circ$, $r = 0,13$, 95% interval spolehlivosti $\pm 56,204^\circ$, Rayleighův test = 1,98), „Skutek“ při přípravě na přistání (průměrný vektor = $116,977^\circ$, $r = 0,133$, 95% interval spolehlivosti $\pm 55,04^\circ$, Rayleighův test = 2,064; obr. 8). Cíl byl tedy splněn a bylo zjištěno, že magnetické pole má vliv na chování divokých kachen při dosedání na vodní hladinu.

6. Literatura

Avens L., Lohmann K.J. (2004) Navigation and seasonal migratory orientation in juvenile sea turtles. *The Journal of Experimental Biology* 207, 1771-1778

Beason R.C., Dussourd N., Deutschlander M. (1995) Behavioural evidence for the use of magnetic material in magnetoreception by a migratory bird. *J Exp Biol* 198:141–146

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* 105:13451–13455

Begall S., Malkemper E.P., Červený J., Němec P., Burda H. (2012) Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammal Biol Epub* July 2012; <http://dx.doi.org/10.1016/j.mambio.2012.05.005>

Bochníček J., Hejda P. (2004) Magnetické pole Země a kosmické počasí. *Československý časopis pro fyziku*, 54: 200-203

Bucha V., Janáčková A., Sirán G. (1983) Zemské magnetické pole v současnosti a v minulosti. *Československý časopis pro fyziku*, 33: 446-460

Burda H., Begall S., Červený J., Neef J., Němec P. (2009) Extremely lowfrequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106: 5708–5713

Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltschko, R. & Wiltschko, W. (1990) Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathyergidae). *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

Červený J., Vojtěch O., Burda H. (2008) Magnetické krávy a internet přitahují. *Vesmír*; Svazek periodika: 87; Číslo periodika 11: 750-753

Deutschlander M.E., et al. (2003) Learned magnetic compass orientation by the Siberian hamster, *Phodopus sungorus*. *Anim Behav* 65:779–786

Diego-Rasilla F.J., Luengo R.M, Phillips J.B. (2008) Use of a Magnetic Compass for Nocturnal Homing Orientation in the palmare Newt, *Lissotriton helveticus*. *Ethology* 114: 808-815

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*, vol. 7, issue 12, p. e51100

Holland R.A., Thorup K., Vonhof M., Cochran W.W., Wikelski M. (2006) Bat orientation using Earth's magnetic field. *Nature* 444:653–702

Chew G.L., Brown G.E. (1989) Orientation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in normal and null magnetic fields. *Can J Zool* 67: 641–643

Kimchi T, Terkel J (2001) Magnetic compass orientation in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi*. *J Exp Biol* 204:751–758

Muheim R., Edgar N.M., Sloan K.A., Phillips J.B. (2006) Magnetic compass orientation in C57BL/6 mice. *Learn Behav* 34:366–373

Quinn T.P. (1980) Evidence for celestial and magnetic compass orientation in lake migrating sockeye salmon fry. *J Comp Physiol A* 137: 243–248

Tesch F., Lelek A. (1973) Directional behaviour of transplanted stationary and migratory forms of the eel, *Anguilla anguilla*, in a circular tank. *Neth J Sea Res* 7: 46–52

Wang Y., Pan Y., Parsons S., Walker M.M., Zhang S. (2007) Bats respond to polarity of a magnetic field. *Proc R Soc London Ser B* 274:2901–2905

Wiltschko R., Wiltschko W. (2006) Magnetoreception. *BioEssays*, 28: 157–168

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