

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



Synantropizace a hnízdní ekologie straky obecné (*Pica pica*) na Šluknovsku se zaměřením na orientaci stavění hnízd

Bakalářská práce

Autor: Jakub Šulák

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

2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ochrany lesa a myslivosti

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šulák Jakub

Lesnictví

Název práce

Synantropizace a hnízdní ekologie straky obecné (*Pica pica*) na Šluknovsku se zaměřením na orientaci stavění hnízd

Anglický název

Synanthropisation and nesting ecology of the European Magpie (*Pica pica*) in the area of Šluknov (North Bohemia, Czech Republic)

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zpracování podrobné rešerše hnízdní ekologie straky obecné a vyhodnocení vlivu zemského magnetismu na stavbu hnízd zmíněného druhu.

Metodika

V práci se zaměřte na zpracování literární rešerše k dané problematice, popis oblasti, zdokumentování a statistické vyhodnocení magnetické orientace stavění hnízd straky obecné. Pro vyhodnocení zaznamenávejte směr hnízda od osy kmene stromu, umístění hnízda v porostu (okraj, uvnitř), směr převládajícího větru, vzdálenost rušivých vlivů (silnice, elektrárna, vysoké napětí), datum a hodinu, příp. směr potenciálního nebezpečí (cesta apod.). V případě pozorování sedícího ptáka na hnízdě zaznamenejte jeho polohu.

Harmonogram zpracování

Literární rešerši bakalářské práce předložte v elektronické podobě do konce prosince 2012 a vytištěný rukopis práce do 30.4.2013.

Rozsah textové části

cca 30 stran

Klíčová slova

Pica pica, hnízdění, synantropní druh, magnetismus

Doporučené zdroje informací

- Batschelet, E. 1981 *Circular Statistics in Biology*. Academic Press, London. 372 pp.
- 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.
- Burda, H., Marhold, S., Westenberger, T., Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 1990 Magnetic compass orientation in the subterranean rodent *Cryptomys hottentotus* (Bathergidae, Rodentia). *Experientia* 46, 528-530.
- 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.
- 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.
- Mora CV, Davison M, Wild JM, Walker MM. 2004. Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature* 432, 508–511.
- Němec, P. & Vácha, M. 2007 Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, 284 - 289.
- Ritz, T., Adem, S. & Schulten, K. 2000 A model for photoreceptor based magnetoreception in birds. *Biophys. J.* 78, 707–718.
- Vácha, M. & Němec, P. 2007 Kompas a mapa - orientace v geomagnetickém poli. *Vesmír* 86, 224 - 228.
- Wiltschko, R. & Wiltschko, W. 1995 *Magnetic orientation in animals*. Berlin, Germany: Springer.
- Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 2005 Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *J Comp Physiol A* 191, 675–693.
- Wiltschko, W., Munro, U., Ford, H. & Wiltschko, R. 2009 Avian orientation: The pulse effect is mediated by the magnetite receptors in the upper beak. *Proc R Soc B* 276, 2227–2232.

Vedoucí práce

Nováková Petra, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2013


prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.
Vedoucí katedry




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

V Praze dne 8.2.2012

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Synantropizace a hnízdní ekologie straky obecné (*Pica pica*) na Šluknovsku se zaměřením na orientaci stavění hnízd“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph. D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

Ve Šluknově dne 26. 4. 2013

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych velice rád poděkoval Ing. Petře Novákové, Ph.D. za věcné připomínky a rady, kterými mě vedla k dokončení mé bakalářské práce. V neposlední řadě chci poděkovat i mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali v mém studiu.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá synantropizací straky obecné (*Pica pica*). Rozebírá problematiku hnízdní ekologie a zkoumá orientaci postavených hnízd v zájmové oblasti. V teoretické části se práce zabývá ekologií straky obecné a magnetismem živočišné říše, především pak třídou ptáků. Praktická část je založena na zkoumání orientace postavených hnízd. Výsledky jsou okomentovány a porovnány s již provedenými pozorováními.

Klíčová slova: *Pica pica*, hnízdění, synantropní druh, magnetismus

Abstrakt

This bachelor thesis focuses on the synanthropisation of a magpie (*Pica pica*). It analyzes the ecology of nesting and examines the orientation of nests built in the interest area. In its theoretical part, the thesis deals with the ecology of a magpie and animals' magnetism, especially focusing on class Aves. The research is based on observations of the orientation of built nests. The results are commented on and compared to the observations which had been already made before.

Keywords: *Pica pica*, breeding, weed species, magnetism

Obsah

1. Úvod	8
2. Literární rešerše	9
2.1 Straka obecná (<i>Pica pica</i> Linnaeus, 1758)	9
2.1.1 Zoologické zařazení	10
2.1.2 Poddruhy	10
2.1.3 Rozmnožování a péče o mláďata	12
2.1.4 Potravní ekologie	14
2.1.5 Stavba hnízda	14
2.2 Synantropizace	15
2.3 Orientace živočichů	17
2.4 Magnetické pole Země	20
2.4.1 Geomagnetické pole	20
2.4.2 Magnetismus	21
2.4.3 Ověření magnetismu u zvířat	22
2.4.4 Orientace v magnetickém poli	23
2.4.5 Magnetická mapa, magnetický kompas	24
3. Metodika	26
3.1 Charakteristika území	26
4. Výsledky a diskuze	28
5. Závěr	31
6. Seznam použité literatury	32
7. Přílohy	35

1. Úvod

Ke všeobecně známým a v lidských myslích zakořeněným smyslům patří sluch, hmat, zrak, čich a chuť. V současné době díky moderním technologiím můžeme u živočišných druhů pozorovat i další, šestý smysl – magnetickou orientaci. Tento smysl se uplatňuje především ve chvílích, kdy živočich nemůže plně využít svých ostatních smyslů. Využití těchto smyslů narůstá v noci, v podzemí nebo ve velkých podmořských hloubkách, kdy není možné použít zrak při pohybu na velké vzdálenosti. V tuto chvíli slouží magnetické vnímání jako kompas nebo satelitní navigace. Magnetická orientace představuje nejjednodušší odezvu na geomagnetické pole Země (Begall a kol., 2008).

Geomagnetické pole, jak již z názvu vyplývá, je všudypřítomné, tudíž na Zemi není místo kde by se vytratilo a nemohlo být živočichem využité. Zatím není prokázáno, zda magnetismu využívají všechny živočišné druhy, nebo pouze druhy tímto smyslem vybavené. Tento mimořádný smysl byl prokázán u různých zvířat, včetně hmyzu, savců, ryb a obojživelníků (Begall a kol., 2008). Nejvíce využívají magnetismu organismy, které se orientují na velké vzdálenosti, jako jsou například tažní ptáci, velryby aj. Jako první byla magnetická orientace prokázána u rypošů (Marhold a kol., 2007).

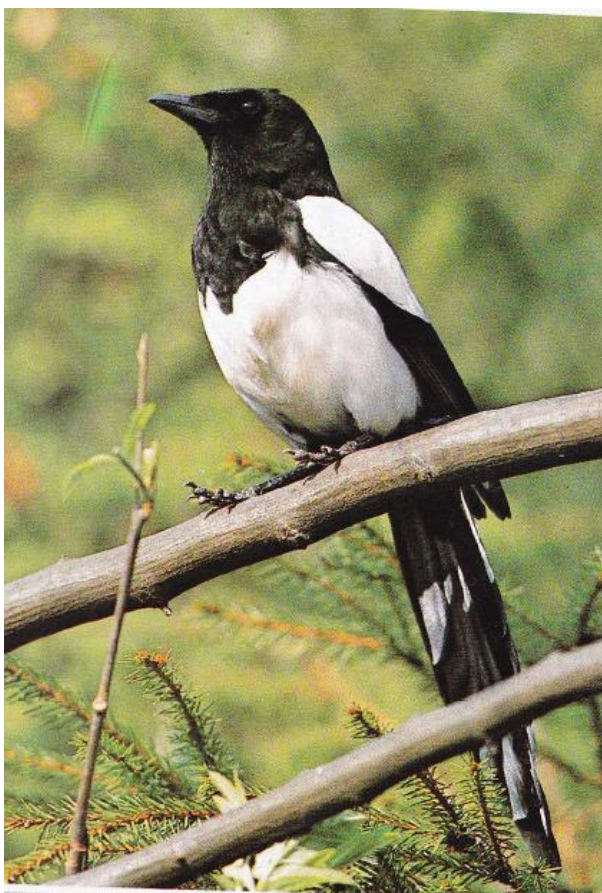
Další případ, kdy bylo zjištěno, že magnetické pole hraje nějakou roli, bylo při sledování orientace zálehů nebo klidových pozic zvířat, tedy v případech, kdy se zvíře nikam nepřesouvá, pouze klidovou pozici svého těla orientuje ve směru geomagnetického pole (Begall a kol., 2008). Pro zjišťování pozic při pastvě zvěře se využívá efektivní metoda, a to satelitní snímky s vysokým rozlišením, u kterých je zřetelné, jakým směrem zvěř postupuje. Skutečnost, že se dobytek po staletí orientuje pomocí vnitřního kompasu, vzbudila u laické i odborné společnosti velkou pozornost i pochybnosti a jsou stále intenzivně diskutovány (Cressey, 2008).

Cílem této práce je vyhodnocení vlivu zemského magnetismu na stavbu hnízd našeho běžného ptačího druhu straky obecné (*Pica pica*).

2. Literární rešerše

2.1 Straka obecná (*Pica pica* Linnaeus, 1758)

Straka obecná (*Pica pica*) je pták velikostně podobný hrdličce. Křídlo měří až 21 cm, ocas až 28 cm a zobák přibližně 3,7 cm, dospělý pták váží 160-250 g. Má nápadně dlouhý stupňovitý ocas a kovově třpytivé černé a bílé peří. Rýdovací pera jsou z větší části kovově lesklá, tmavozelená, na konci s modrým leskem. Lopatky, dolní část hřbetu a kostřec jsou šedobílé. Zobák, nohy i drápy jsou černé, duhovka oka je tmavohnědá. Samec je nerozeznatelný od samice (Červený a kol., 2003). Díky svému černobílému zbarvení s kovovým leskem tmavých částí těla a dlouhému stupňovitému ocasu je straka téměř nezaměnitelným druhem naší fauny. Za letu má kontrastní kresbu a typické veslovité úderky křídel. Ze všech krkavcovitých je nejvýrazněji zbarvena. Nepřehlédnutelný je stračí skřehotavý hlas, který svádí k pochybnostem, zda-li opravdu patří mezi zpěvné ptactvo. (Dungel a kol., 2001)



Obr. č. 1 Straka obecná (*Pica pica*) (Sauer, 1995).

2.1.1 Zoologické zařazení

Třída: ptáci (*Aves*)

Podtřída: letci (*Neognathae*)

Řád: pěvci (*Passeriformes*)

Čeleď: krkavcovití (*Corvidae*)

Rod: straka (*Pica*)

2.1.2 Poddruhy

Jednotlivé poddruhy rodu *Pica* si jsou velice podobné, jejich proměnlivost není příliš znatelná. Rod má celkem 12 poddruhů, vyskytující se v Asii, Evropě a severovýchodní části Afriky. Od severovýchodu k jihozápadu Evropy se tělesné rozměry strak zmenšují, přičemž jim také tmavne jejich opeření. Ke druhé rozdílnosti znaků dochází mezi populacemi strak ve východní Asii, kde se na jejich letkách zvětšuje rozsah bílého zbarvení, dochází ke změně lesku z černého na zelené a zvětšují se i jejich tělesné rozměry.

Pica Pica camtschatica- Tento poddruh je izolován v severovýchodní části Sibiře. Vzhledem k variabilitě ve zvětšování bílého zbarvení ze západu na východ, má tento poddruh nejvíce zelený lesk křídel a nejrozsáhlejší bílé zbarvení.

Pica pica leucoptera- Je rozšířena v Zabajkálí, středním a východním Mongolsku. Je o něco větší než poddruh *hemileucoptera*, žijící v severním Mongolsku. Má víc zbarvená křídla.

Pica pica sericea- Obývá rozlehlou oblast Číny, Koreu a severovýchodní Barmu. Má relativně krátký ocas. Dříve se tento poddruh považoval za dva odlišné a to *Pica pica janowski* a *Pica pica anderssoni*, tento mýtus vyvrátily až DNA testy.

Pica pica bottanensis- Druh žije v horách střední Číny, západně od jihovýchodního Tibetu. Nejvíce se odlišuje od ostatních poddruhů. Je tělesně nejvyspělejší s nejkratším ocasem a relativně dlouhými křídly.

Pica pica hemileuoptera- Osidluje již zmíněný sever Mongolska a střední Sibiř. Má velký rozsah bílého zbarvení v letkách s více zeleným leskem křídel.

Pica pica asirensis- Jde o nejvíce izolovanou populaci strak. Teritorium tohoto poddruhu je ohraničen Asírským pohořím na jihozápadě Saudské Arábie. Má dlouhá křídla a krátký ocas. Velice tmavě zbarvená s malým rozsahem bílé.

Pica pica bactriana- Žije na rozsáhlém území západní části Ruska až ke střední Asii a k Tibetu. Má více bílého zbarvení v křídlech a zelené zbarvení letek.

Pica pica fennorum- Obývá severovýchodní Skandinávii, Pobaltí a část Ruska. Oproti poddruhu *Pica pica bactriana* má méně bílého zbarvení a letky s modrým leskem. V poměru k velikosti těla má relativně dlouhá křídla.

Pica pica galliae- Výskyt v Belgii, Itálii, Dalmácii a Řecku. Velmi podobná *Pica pica pica*, je jen o něco menší s menším bílým zbarvením.

Pica pica pica- Osidluje Britské ostrovy, severní a střední Evropu, Turecko, Kypr a Blízký východ. U tohoto druhu začalo postupné stěhování do měst. Vrchní část těla je špinavě bílá nebo šedá, má relativně krátká křídla.

Pica pica melanotos- Obývá Pyrenejský poloostrov, Má téměř vždy černou vrchní část těla, je výrazně menší než předešlý poddruh.

Pica pica mauritanica- Poddruh žijící v severozápadní Africe, ze všech poddruhů je nejmenší a zároveň nejtmavší. Vrchní část těla má zelený lesk. (Vacík, 2010)

2.1.3 Rozmnožování a péče o mláďata

Straka obecná si staví relativně nevzhledné hnízdo vysoko v korunách stromů jak v odlehlých částech krajiny, tak i v rušných oblastech měst. Výjimkou nejsou ani hnízda postavená v bezprostřední blízkosti rušných komunikací. Nejdůležitějším stavebním materiálem, který slouží ke stavbě hnízda, jsou suché větve. Vystýlku hnízda pak tvoří kořínky a stébla trav. Shora je hnízdo přikryto opět větévkami, tvořících stříšku nad hnízdem, která slouží především jako ochrana mladých ptáků před případnými predátory. Při příznivých zimách se začínají objevovat vajíčka již během měsíce března. Samice klade mezi 5 až 8 vajíčky. Vajíčka mají olivově skvrnitou barvu s tmavší čepičkou. Velikost vajíček je přibližně 33 x 23 mm (Černý, 2003).



Obr. č. 2 Vajíčka straky obecné (*Pica pica*) (Černý, 2003).

Většinou sedí samice na vejcích 17 až 18 dní od snesení posledního vajíčka, zřídka se na nich vystřídá se samcem. Po této době se začínají líhnout holá a slepá mláďata. Po vylíhnutí jsou mláďata závislá na potravě od rodičů dalších 22 až 27 dní (Dungel, 2001). Do hnízda přináší rodiče potravu ve frekvenci asi 2-5krát za hodinu. V této době usilovněji loví kořist samec. Přibližně po 18 dnech je mládě schopno v případě nebezpečí uprchnout po větvi. Špatně létající mláďata opouští hnízdo okolo 27. dne

života. Asi polovině párů se nepodaří vyvést mláďata, především díky predačnímu tlaku a nedostatku potravy.

Mláďata, kterým se podaří přežít první 3 týdny po vylíhnutí, mají velkou šanci, že opustí hnízdo. Po vylétnutí se zdržují převážně v okolí hnízda. Postupně se stále více osamocují a létají dále od hnízda. Oba rodiče je přibližně 30 dní přikrmují a varují je před případnými predátory, které mohou i fyzicky napadnout, přestože jsou jinak běžně jejich kořistí. Celkově tedy po 6 týdnech získávají mláďata na rodičích úplnou nezávislost, pomalu se začínají houfovat do hejn, které v některých případech čítají i desítky kusů. Po zimě se mladí ptáci začínají párovat a dokonce někteří z nich zahnízdí. Běžně straka hnízdí až ve dvou letech.

Většina strak má své budoucí teritorium do jednotek kilometrů od svého rodného hnízda, delší vzdálenost je výjimečná. Pro zajímavost, nejdelší doložené přemístění činilo 321 km. (Vacík, 2010).



Obr. Č. 3 Stračí hnízdo na mladé borovici. Při silném větru se hnízdo hýbalo přibližně o 1 metr, přesto je pro straku vhodné (Šulák, 2013).

2.1.4 Potravní ekologie

Straky jsou v podstatě schopny žít se čímkoliv. Běžně se živí hmyzem, měkkýši, rostlinnou stravou a drobnými obratlovci, nepohrdne ani mršinou. Většinou se na potravu soustřeďuje na zemi, ale dokáže hledat i na stromech. Straky jsou také nechvalně známé vybíráním vajec a mladých ptáků jiných pěvců. V době krmení sbírají straky bezobratlé živočichy žijící na zemi- housenky, brouky, larvy. Přestože jsou straky špatnými lovci, byly mezi jejich úlovky zaznamenány ještěrky, hadi a žáby. Dokonce byl i pozorován útok na mladého králíka. V pozdějším ročním období převládá rostlinná potrava- bobule, třešně, a semena, která jsou dostupné i v zimě. V poslední době, kdy dochází ke stále většímu osídlení strak v příměstských oblastech, se stávají poměrně velkou složkou jejich potravy odpadky z domácností (Červený a kol., 2003).

2.1.5 Stavba hnízda

Samec se samicí spolu většinou zůstávají v průběhu celého roku. Stavět či opravovat hnízda začínají v lednu až dubnu. Práce na hnízdě jim trvá od jednoho týdne až po tři měsíce. Maximálně třetina strak poupravuje hnízdo z předešlého roku, běžně staví každý rok nové. Zkušené páry začínají stavět dříve a pomaleji, s delší přestávkou na odpočinek před samotnou snůškou. Hnízdo umísťují těsně k vrcholu různých listnatých stromů, výjimkou nejsou ani jehličnany. Hnízdo je v průměru ve výšce kolem 14 metrů nad zemí. V době, kdy nejsou stromy olistěné, je hnízdo téměř nepřehlédnutelné.

Prvním znakem započaté stavby nového hnízda jsou drobné klacíky a bláto umístěné do vidlice větví. Z postupně přibývajících větviček straky vytvoří vnější kostru hnízda. Vnitřní část posléze vystaví množstvím bahna a hlíny, ze kterých vytvoří hnízdní kotlinku. Tu následně vystelou drobnými větévkami, na které naskládají jemnou trávu, mechy a kořínky. Většinou je hnízdo ještě opatřeno stříškou z větví, které slouží jako ochrana mláďat.

Nejintenzivněji staví straky hnízdo v ranních hodinách. Většinu hnízdního materiálu přináší samec, naopak samice tráví více času na samotné úpravě hnízda. Většina stavebního materiálu pochází z jejich teritoria. Větve sbírají straky na zemi, lámou drobné větvičky přímo v koruně, nebo rozeberou svá stará hnízda (Vacík, 2013).

2.2 Synantropizace

Již v dobách prvních zemědělců začalo lákat mnohé druhy blízké soužití s člověkem, především díky snadněji získatelné potravě a novým možnostem hnízdění. Běžně se kolem osídlených oblastí vysazovaly ovocné stromy a keře, takže se postupně vesnice v odlesněné krajině staly útočištěm různých živočichů. Tak byla lidská obydlí postupně osídlena jak malými hlodavci, tak především ptactvem. Mezi nejznámější druhy, které využívají synantropie, patří holub skalní (*Columba livia*), čáp bílý (*Ciconia ciconia*), kafka obecná (*Corvus monedula*), vrabec domácí (*Passer domesticus*), aj.

V dnešních městech patří parky a okrasné zahrady, které původně sloužily jako hospodářsky vyžívané plochy (pastviny, pole), k velice atraktivním útočištěm jak živočišných, tak rostlinných druhů. Na tento uměle vytvořený biotop se soustřeďují živočichové různého původu. Mezi nejhojnější ptáky v parcích patří kos černý (*Turdus merula*), původně lesní druh. Stále přibývají druhy nové, mezi ně patří hrdlička zahradní (*Streptopelia decaocto*), sojka obecná (*Garrulus glandarius*) a nejnověji také straka obecná (*Pica pica*). Například městské populace poštolek obecných (*Falco tinnuncullus*) a krahujců obecných (*Accipiter nisus*) jsou v dnešní době početnější než ve volné přírodě. Některé druhy jsou překvapivě přizpůsobivé. Všudypřítomná liška obecná (*Vulpes vulpes*) si buduje nory v tělesech dopravních komunikací, či dokonce v rozlehlých areálech nákupních center. Výhody života v blízkosti lidí donutily dříve plachá zvířata ke zvyknutí si hluku, stálému vyrušování i nočnímu osvětlení. Tento fakt u nich způsobil i posunutí hranice plachosti. (Červený a kol., 2003).

Do určité míry je straka obecná synantropním druhem už odnepaměti. V některých publikacích z 19. století se můžeme dočíst, že vyhledávání přítomnosti lidí je dlouhodobým znakem strak i na našem území. Všeobecně se jako důvod synantropizace uvádí možné silnější tlaky ze strany dravých predátorů a zároveň jisté konkurenční vztahy s jinými krkavcovitými druhy, zejména s vránou (*Corvus sp.*). Dalším faktorem je i snížená míra pronásledování strak jako škodné ze strany člověka a snadnější získání potravy v městském prostředí. Zřejmě půjde i o faktory, které nejsou příliš viditelné, například klimatické změny. Svoji úlohu bude sehrávat i

geografická poloha v příslušném areálu strak. Mění se chování strak i v ohledu na změnách hnízdní preference jiných ptáků, kterými se straky živí. Dnes na řadě míst ve světě už není žádnou neobvyklou situací, že spatříme straku předovat hnízda kosů na balkónech panelových domů (Mach, 2011).

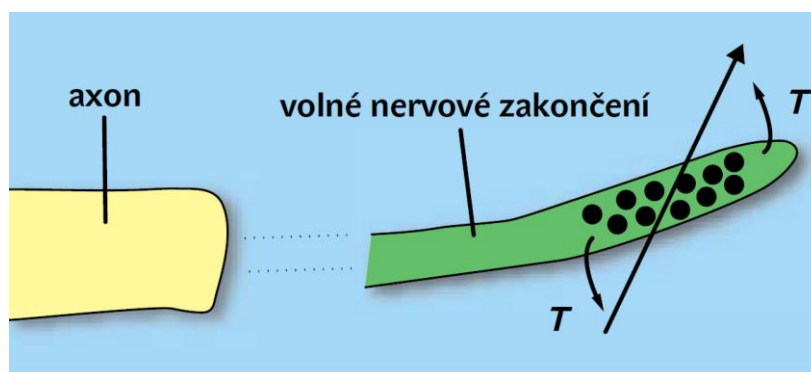


Obr. č. 4 Stračí hnízdo v hustě zastavěné části města Šluknov v bezprostřední blízkosti rušného vlakového nádraží (Šulák,2013).

2.3 Orientace živočichů

Orientace ve volném prostředí je důležitá a nezbytná schopnost pro všechny živočichy. Díky této schopnosti dokáže jedinec určit svoji polohu, hledat potravu, či se vracet na svá hnízdiště. Jako navigace slouží různá vodítka v krajině, zapamatované migrační trasy a především dobře vyvinuté smysly. Způsob orientace živočichů má různé principy, které napomáhají dostat se bezpečně do cíle. Mezi základní prvky orientace patří tzv. orientační kompas, polarizované světlo oblohy, vizuálně rozeznávaná místa a orientační body na zemi (Wehner, 2003).

Zvláštním druhem navigace je tzv. homing, tedy případ, kdy si zvíře přemístěné na neznámé místo dokáže najít cestu domů. Tento jev je znám především u holubů. Holubi přemístění z domácího holubníku několik stovek až tisíc kilometrů daleko byli neprodleně po vypuštění schopni určit přímý směr do rodného hnízda. Slunečního kompasu nejsou holubi schopni využívat okamžitě po narození, ale nejprve se musí naučit rozeznávat dráhu Slunce po obloze v závislosti na čase. Jelikož mláďata holubů nemají tento smysl vyvinut, musí se spoléhat na magnetický kompas. Při pokusech s orientací holubů se připevnilo mláďatům před prvním letem na týl magnety, čímž se narušila schopnost homing orientace, i když byli holubi vypuštěni za slunného dne, měli problém vrátit se do svého hnízda. Tímto pokusem bylo dokázáno, že sluneční kompas se vyvíjí později než kompas magnetický (Able, 1994).



Obr. č. 5 Model převodního mechanismu inspirovaný objevem nanokrytalů magnetitu ve volných nervových zakončeních u holuba (Němec a kol., 2007).

Migrujícími druhy je pak především využívána magnetická orientace. Migrující živočichové si utváří migrační cestu, která se skládá z navigačních možností jedince. Správně zvolená cesta dokáže přinést výhody jako vyhnoutí se nepříznivým podmínkám, přístup ke vzdáleným lokalitám s potravou a především, vyvarování se kontaktu s predátorem (Able, 1994). Mezi nejvýznamnější živočichy s velkými migračními cestami patří především mořští živočichové, kteří se vyvinou pro daný druh na specifickém místě (želvy) a poté migrují přes oceán za potravou. Po několika letech se jako pohlavně zralí jedinci vrací do své rodné oblasti, kde se dále rozmnožují (Lohmann *a kol.*, 2008).

Mezi převratný objev patří důkaz o zrakových orientačních schopnostech včel, který učinil Karl von Frisch. Dokázal, že včely využívají polarizované světlo jako důležitý orientační doplněk. Po tomto objevu začaly pokusy i na dalších hmyzích družicích, velmi často jsou k nim využívány mravenci. Stejně jako včely totiž i mravenci využívají naše Slunce jako spolehlivý směrový kompas (Wehner, 2003). Problémem této orientace je občasná nedostupnost slunečního svitu. Když je slunce v zákrytu stromů nebo mraků, neposkytují paprsky přesné informace a mravenec se musí za hnízdem či potravou vydávat přibližným směrem a svůj světelný kompas neustále „přenastavovat“ (Wehner, 2003). Slunečního svitu při svých migracích využívá jako hlavní vodítko motýl monarcha (*Danaus plexippus*), jehož početné populace migrují každý rok za potravou velké vzdálenosti z Kanady do Mexika (Sauman *a kol.*, 2005). Dalším testovaným druhem na sluneční kompas byl mravenec *Cataglyphis fortis*. Tento mravenec byl prověřován ve schopnosti vrátit se zpět do své mateřské oblasti- homing. Mravencům byly poskytnuty dvě cesty: podél známých značek nebo využití vektoru stanoveným Sluncem. Výsledky byly pro vědce překvapivě odlišné. Více než polovina mravenců si pro svůj návrat vybrala cestu pomocí slunečního vektoru, než aby využila značky v okolí (Wehner, 2003).

Orientace podle značek prostředí je založená na vizuálních podnětech okolí, které si živočichové dokážou spojit s určitým směrem, např. při hledání potravy nebo návratu k hnízdu. Značkou nemusí vždy být pouze vizuální prvek (např. solitérní strom uprostřed pole), ale také pachové či zvukové stopy plynoucí z prostředí.

Schopnost zapamatovat si několik značených cest byla zjištěna u mravenců a včel. Včely si dokážou zapamatovat současně několik cest, ze kterých jsou poté schopny

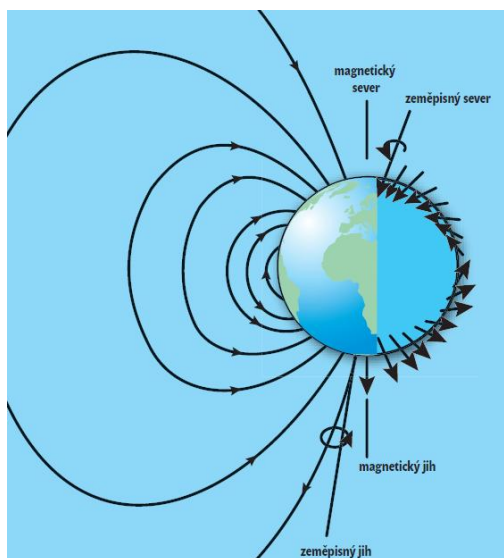
doletět zpět do svého mateřského úlu (Wehner, 2003). Mravenci rodu *Cataglyphis* získávají informace o současné poloze jedince vzhledem k místu potravy nebo hnízdu. Mravenec hledající potravu se pohybuje klikatou cestou, ale v každém bodě, kde dojde ke změně směru, je informován o své pozici. Jakmile objeví zdroj potravy, vrátí se nejkratší cestou zpět do hnízda. Mravenci si zapamatují zachycené prvky s jeho příslušným umístěním v terénu. Tímto způsobem se mravenec dokáže orientovat v terénu až do dalšího místa, ve kterém si zapamatuje další prvek. Jeden mravenec se tímto způsobem naučí během života několik cest ke zdrojům potravy a cesty zpět k mraveništi. Během raného života si mravenci udržují stále stejný směr ke zdrojům potravy a současně se vyhýbají směrům, ve kterých při hledání potravy nebyli úspěšní. Nenažde-li mravenec na své cestě potravu, při příští cestě se vydá posledním úspěšným směrem (Wehner, 2003).

Další velice důležitou součástí fyziologických procesů jsou chemické signály. Tyto chemické stopy slouží také k orientaci a navigaci v prostředí. Tyto stopy jsou distribuovány v proměnlivém prostředí, např. vzduchem a vodou. Schopnost vnímat a odpovídat na tyto signály se vyskytuje u všech živých organismů. Mezi živočichy řídicí se chemickými podněty patří např. lososi. Losos běžně využívá k navigaci prvky magnetického pole, ale při návratu do rodné řeky, začne využívat citlivějšího vnímání chemických prvků (Lohmann a kol., 2008).

2.4 Magnetické pole Země

2.4.1 Geomagnetické pole

Jádro naší planety je tvořeno tekutou směsí, která se skládá ze železa a niklu. V tomto tekutém jádru se pohybují elektricky nabitě částice, které vytváří magnetické pole Země. Podobně jako magnet má magnetické pole Země dva póly. Magnetické siločáry opouští povrch blízko jižního pólu, dále se ohýbají podél Země a opět do ní vstupují poblíž severního pólu. Geomagnetické pole je pro nás nezbytné především proto, že slouží jako kryt před přicházejícími rychlými částicemi ze Slunce, tedy před slunečními bouřemi. Tento jev je nám znám především jako přírodní úkaz, známý jako polární záře. Na druhou stranu může solární bouře napáchat velké škody v oblasti světové infrastruktury. Může přerušit rozvody elektrické energie, zabezpečovací zařízení, posádky letadel atd. (Wiltschko a kol., 2010). Přestože nejsme jako lidé schopni vnímat magnetické pole, závisí moderní společnost právě na tomto neviditelném jevu, jelikož téměř každé elektrické zařízení je závislé na elektromagnetismu. Pro mnoho jiných živočichů je ale geomagnetické pole mnohem důležitější. Ve spojitosti s hledáním migračních cest nebo při hledání potravy jejich životy závisí právě na správném použití magnetického pole (Winklhofer, 2010).



Obr. č. 6 Vyobrazení Země jako magnetického dipólu, vyznačeny jsou indukční čáry geomagnetického pole (Vácha a kol, 2003).

2.4.2 Magnetismus

Magnetorecepce je rozšířená, i když zatím tajemná, smyslová schopnost. Všimli jste si někdy, že stáda pasoucích se zvířat všichni míří stejným směrem? Obrázky z Google Earth potvrzují, že zvířata mají tendenci přizpůsobit své tělo ve směru od severu k jihu. Jeleni také předvádí toto chování - jev, který byl zřejmě bez povšimnutí pastevců a lovců po tisíce let. Země může být viděna jako obrovský magnet, s magnetickým severem a jihem nacházejícím se v blízkosti zeměpisných pólů (Mitchell, 2008) Zemědělci a pozorovatelé přírody a krajiny vědí, že většina skotu a ovcí na pastvě, míří stejným směrem. Mnoho z nich se pídí po důvodu, a taky po tom, které faktory určují směr, ve kterém se dobytek natáčí. Zkušenosti ukazují, že krávy se natáčí tváří do větru, zatímco ovce tváří pryč od větru. Zvířata vystavují co nejvíce tělesného povrchu slunci v chladných i teplejších denních dobách. Několik vědeckých studií se rovněž zabývalo podmínkami pastvy skotu a ovcí z hlediska termoregulace, tedy, že se zaměřili na magnetickou orientaci za optimálních povětrnostních podmínek. Takto bylo potvrzeno, že dobytek stojí kolmo ke slunci v chladných slunečných dnech, a to zejména v časných ranních hodinách. Dobytek vystavuje co největší plochu těla krátkovlnnému záření a získává tak teplo. Na druhou stranu v zimě se dobytek natáčí rovnoběžně se silnými větry, aby minimalizoval plochu vystavenou tepelné ztrátě spojené s větrem. Zřejmě ale neexistují žádné informace, zda dobytek vykazuje stejné natáčení os těla v období nočního pasení (Begall a kol. 2008).

Magnetorecepce je jako smysl v živočišné říši velice rozšířená. Prokázána byla u všech tříd obratlovců, ale také u měkkýšů, korýšů a u hmyzu. Magnetorecepčí rozumíme schopnost živočichů vnímat magnetické pole Země. Nejvíce je tento smysl rozšířen u migrujících druhů. Také jelenovití a dobytek využívá magnetismu Země ke svému pozičnímu chování, např. pastva či odpočinek. Odpočívající a pasoucí dobytek má tendenci srovnat své tělo s osami geomagnetického pole Země v severojižním směru. Základní mechanismy tohoto chování nám zůstávají stále neznámé (Burda, 2008). U žádného živočicha totiž není přesně prokázáno, jakým způsobem je využíván (Lohman, 2010). Magnetorecepce byla prokázána také u včel na základě mnoha pozorování. Při pokusu se změnou stávajícího magnetického pole

za použití magnetu, se změni chování včel ve stavbě včelího díla a v orientaci ke svému mateřskému úlu (Hsu a kol., 2007). V případě, že se vytvoří příliš silné magnetické pole, nastanou nepatrné změny ve včelích tanečcích. Změny zmizí, když se magnetické změny vrátí zpět do normálního stavu (Kirschvink a kol., 1981). Pokud tedy magnetorecepci chápeme jako další smysl, musí mít organismus vlastní smyslový orgán, jako je tomu např. u čichu či zraku, a to magnetoreceptory přímo napojené na nervovou soustavu. Magnetorecepce potřebuje vysvětlení, jak mohou být stimuly magnetického pole převedeny na citlivou nervovou soustavu (Kirschvink a kol., 1981). Právě centra kde jsou umístěné smysly jako čich či zrak nám jsou dobře známy, kdežto magnetoreceptory se mohou nacházet kdekoliv ve zvířecím těle, kde mohou být rozptýlené ve tkáních. Získávání informací může probíhat i díky chemickým reakcím, ale nemusí být lokalizovány jen v jedné tkáni (Lohmann, 2010).

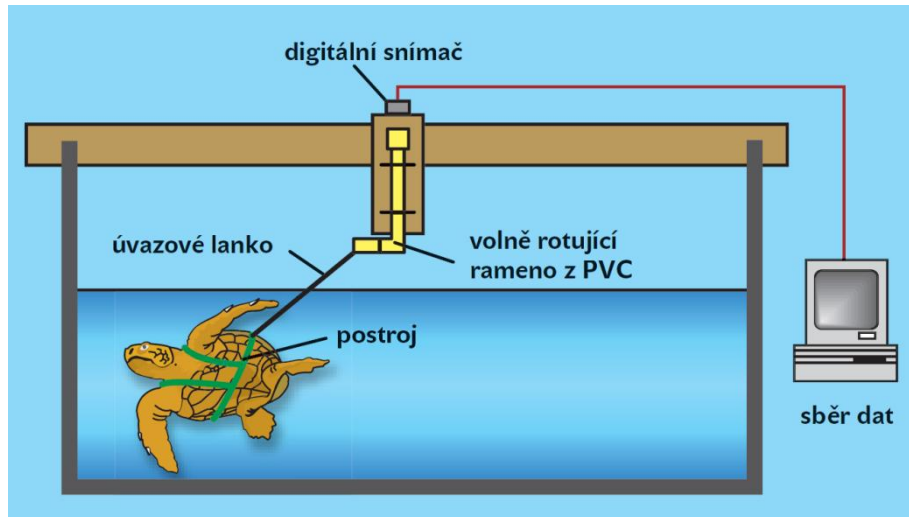
2.4.3 Ověření magnetismu u zvířat

Jedním z nejčastěji používaných nástrojů používaných pro ověření magnetické orientace je tzv. kruhová aréna. Jedná se o kruhový bazén (terárium), do kterého se umístí testovaný živočich. Uvnitř zařízení není žádné navigační vodítko, kromě magnetických siločar, do jejichž středu je živočich umístěn. Samozřejmostí jsou velké cívky, kterými je možné libovolně otáčet, zeslabovat či zesilovat uměle vytvořené magnetické pole. Výsledky testů se vynášejí do cirkulačních diagramů, ze kterých se dále vyhodnocují cirkulační statistiky. Díky překlápění vertikální složky pole došlo k objevu, že existují 2 typy magnetického kompasu- polaritní a inklinanční (Vácha a kol, 2007).

Polaritní kompas detekuje směr vektoru i s jeho polaritou, bezpečně tedy živočich pozná, kde je magnetický jih a sever. K jeho funkci s největší pravděpodobností není potřeba světlo. Byl prokázán u některých bezobratlých, rypošů a lososů (Wiltschko a kol., 2006).

Inklinanční kompas nevyužívá polarity. Místo toho detekuje axiální směr siločar a tím zjišťuje směr k pólu, kde siločáry ukazují k zemi a směr k rovníku. Zde je naopak

inklinace nulová. Tento způsob je vyvinut u ptáků, který je závislý na světle a u mořských želv, u kterých není k jeho funkci světlo potřeba (Wiltschko a kol., 2006).



Obr. č. 7 Schéma laboratorního zařízení pro sledování migračního směru želv (Vácha a kol, 2007).

2.4.4 Orientace v magnetickém poli

Živočichové mají možnost orientovat se v magnetickém poli několika způsoby. Jedním z nich je schopnost využít směrovou informaci. Zvíře tedy udržuje ve velké míře směr od severu k jihu- magnetický kompas. Druhým způsobem je určení přesné geografické polohy jedince za využití magnetického pole- mapový smysl. Zvíře tedy dokáže určit svojí přesnou polohu. Mapový smysl dokáží využít především migrující zvířata. Nejvíce ho využívají tažní ptáci (Lohmann, 2010). Ptáci mají dostatečně vyvinuté smyslové schopnosti, aby mohli využívat jak magnetickou mapu, tak magnetický kompas (Kirschvink a kol, 1981). Ptáci také dokáží určit svou polohu jak z nebeských těles, tak i z magnetického pole. Během migrační sezony upřednostňují více nebeská tělesa, před využitím magnetického pole. I tak jsou oba způsoby poziční informace vnímány a každý ptačí druh si tak určuje specifický migrační koridor. Nejvýznamnějším důvodem, proč využívají ptáci více než jeden orientační způsob, je jejich občasná nedostupnost, lépe řečeno nepřesnost. Nebeská tělesa nemusí být pokaždé jasně viditelná, proto je lepší mít v záloze

magnetické pole. Nevýhodou ovšem je, že i magnetické pole je náchylné k různým magnetickým anomáliím a tak může dojít i ke zmatení živočicha v jinak přesné orientaci v magnetickém poli. V takových případech dochází k situacím, že se ptáci musí rozhodnout pro několik možností. Buď se spolehnout na nebeská tělesa a nebudou vnímat signály z magnetického pole, nebo se budou spoléhat na magnetické pole a nebudou vnímat informace i nebeských těles. Třetí, nejhorší možnost je, že budou nepřesnými informacemi dezorientováni (Wiltschko a kol., 1998).

2.4.5 Magnetická mapa, magnetický kompas

Magnetická mapa vyžaduje podstatně vyšší citlivost na změny v síle a směru složek magnetického pole, než při použití magnetického kompasu (Lohmann a kol., 2007). Jsou nám známy dva typy map, mozaiková a gradientová.

Gradientová mapa je závislá na dvou komponentech, na uniformitě a velikosti gradientového pole. Tyto dva komponenty se vzájemně prolínají (Able, 1994). Někteří ptáci, obojživelníci však dokážou využít poziční informaci a jsou tak schopni lokalizovat se v prostoru a přesně se orientovat k cíli (Wiltschko, 2006). K určení své pozice potřebuje mít dva na sebe kolmé gradienty veličiny, které se mění s geografickou délkou a šířkou (Vácha a kol., 2007).

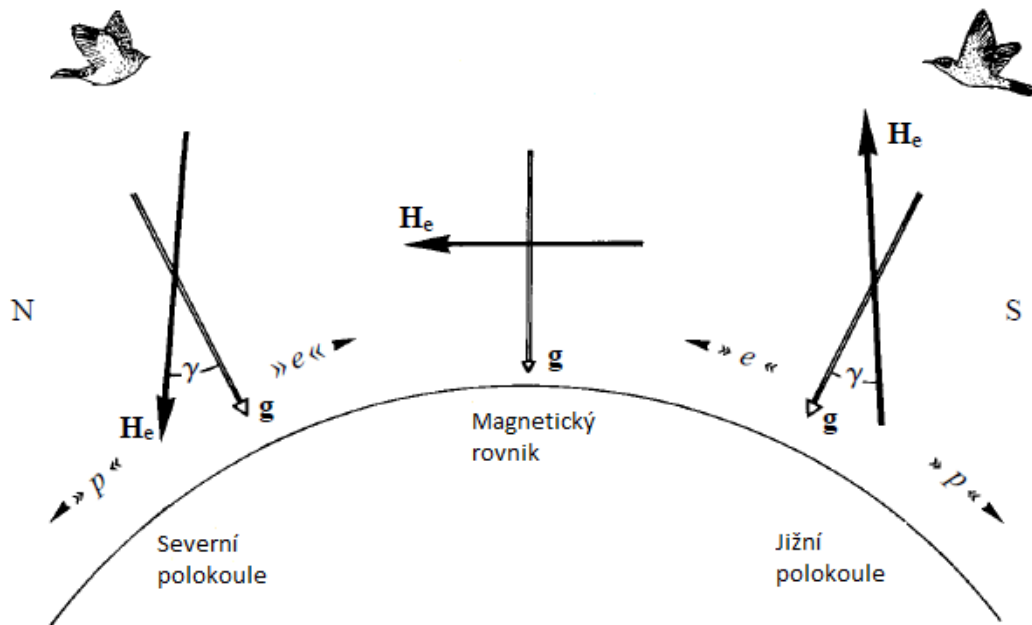
Mozaiková mapa je odvislá na prostředí a prostoru kde se živočich vyskytuje. Touto mapou se dokáží řídit ptáci, kteří mají dostatečné informace o prostředí. Mozaiková mapa je omezena prostorem, kdežto gradientová takto omezena není.

Magnetický kompas využívají živočichové k přímému určení severního či jižního pólu. Jsou znám dva druhy kompasu, polaritní a inklináční.

Kompas polaritní rozeznává směr z polarity horizontální složky pole, stanovuje tím úhel mezi severojižní osou a směrem trasy. Polaritním kompasem se orientují netopýři (Holland a kol., 2008).

Inklináční kompas jsou schopni využít především želvy a ptáci. Tímto kompasem není možné určit polaritu, ale z úhlu siločar lze poměrně přesně rozlišit směr k pólu a rovníku na severní nebo jižní polokouli (Lohmann a kol., 1994).

Na obou polokoulích začíná ptačí migrace na podzim a ptáci se vydávají směrem k rovníku. Na severní polokouli znamená rovník jižní směr, na jižní polokouli je to směr severní (Moravcová, 2011).



Obr. č. 8 Přelet ptáků přes magnetický rovník. Po přeletu musí ptáci „přenasadit“ svůj inklinální kompas, aby byli schopni dále pokračovat správným geografickým směrem. (Wiltschko a kol., 1996).

U červenek evropských (*Erithacus rubecula*) byl magnetický kompas popsán vůbec poprvé. Odchycené červeny byly během roku v kleci, kde nevykazovaly žádnou nezvyklou aktivitu. Jakmile nastalo období migrace, začaly se červeny pohybovat v části klece, která byla ve směru jejich přirozené migrace (Wiltschko a kol., 1996). Mezi obratlovci se vyvinuly odlišné recepční mechanismy vnímající informace z magnetického kompasu. U obojživelníků se předpokládá inklinální kompas závislý na světle, stejný jako mají ptáci (Thalau a kol., 2006). Magnetický kompas může být ovlivňován také vlnovou délkou světla, jak je tomu u obojživelníků (Phillips a kol., 1992).

3. Metodika

Teoretická část práce je zaměřena na zpracování literární rešerše k problematice magnetismu a ekologie straky obecné (*Pica pica*). Ke zjišťování informací bylo použito především zahraničních studií. V části praktické části byl zaznamenáván orientační směr postavených hnízd straky obecné. Při vyhodnocování byl zaznamenáván směr hnízda k hlavní ose kmene stromu. Při objevení hnízda byla co nejpřesněji změřena světová strana, ke které je hnízdo postaveno. Jelikož nebyla k dispozici digitální buzola, jsou hodnoty zaznamenány po pěti nebo deseti stupních. Dále bylo sledováno umístění hnízda v porostu, zda je v porostu nebo na jeho okraji a směr převládajících větrů. U převládajících větrů bylo využito místních znalostí, kdy ve Šluknovském výběžku převládají SZ větry, což bylo potvrzeno i při hledání hnízd. Další informací pro práci byly vzdálenosti rušivých vlivů, které by mohly směr stavby hnízda narušit. Mezi rušivé vlivy patří např. vysoké napětí, elektrárna, silnice. Vzhledem k tomu, že v zájmovém území žádná elektrárna není, největší rušivý vliv způsobovaly silnice a vedení vysokého napětí. Nakonec jsem zaznamenával datum měření. Na průzkumu jsem pracoval od března 2013 do začátku dubna 2013.

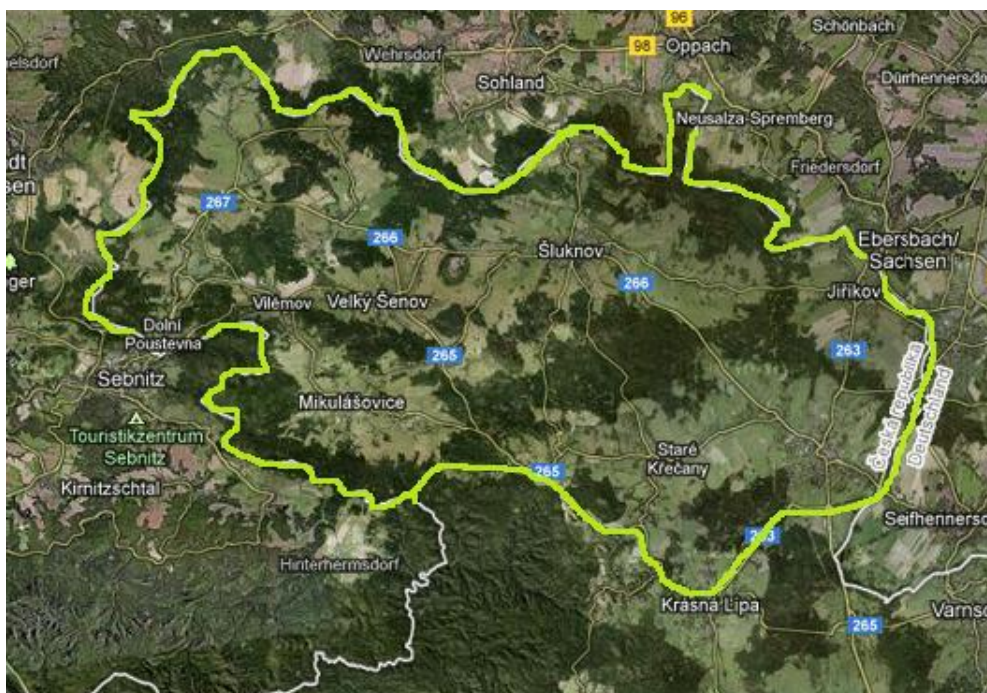
Data byla přepsána do programu Microsoft Excel, ze kterého byla poté vyexportována do programu Oriana 4.01 (Kovach Computin). V tomto programu byla následně data statisticky vyhodnocena.

3.1 Charakteristika území

Jak již bylo zmíněno, zájmové území byl Šluknovský výběžek. Výběžek se nachází v severní části okresu Děčín a tvoří severovýchodní část Ústeckého kraje. Šluknovský výběžek patří do mírně teplé oblasti. Podnebí Šluknovského výběžku se v mnohém liší od vnitřních Čech. Lužické hory oddělují oblast od České kotliny a vystavují ji silným oceánickým vlivům, které se projevují mírnějšími zimami a chladnějšími léty, menšími ročními i denními výkyvy teplot a větším množstvím

srážek a velkou oblačností. Na průběh ročních teplot vzduchu má velký vliv nadmořská výška a reliéf krajiny (Melichar J., 2008).

Podle záznamů meteorologické stanice Šluknov (nadmořská výška 365 m) činí padesátiletý průměr roční teploty 7,1°C. Nejteplejším měsícem je červenec (průměrná teplota +16,4°C), nejstudenějším měsícem leden (-2,1°C). Uvedené teplotní poměry se týkají výškové hladiny okolo 350 m. Vyšší polohy budou mít teplotní poměry v rozpětí 6,5- 7,0°C. Naproti tomu nižší polohy Šluknovské pahorkatiny, zejména široká plochá údolí Křečan, Jiříkova a Rumburka, budou mít i vyšší průměrné teploty, okolo 7,0 až 7,5°C. Vodních srážek spadne v oblasti v rozmezí 700 až 800 mm v závislosti na okolním reliéfu. Například ve Šluknově je průměrný roční úhrn srážek 821 mm. Výjimku představuje v kladném smyslu prostor Lužických hor, kde srážky dosahují hodnot až 1000 mm. Nejvlhčím měsícem na většině území je červenec. Pro Šluknovský výběžek je charakteristický zvýšený průměrný počet dnů se srážkami, okolo 135 dnů. Největší úhrn srážek je v prosinci a v listopadu. V jarních měsících se projevují nejvýrazněji specifika regionu nižšími teplotami a tím způsobeným pozdějším nástupem jara v krajině. Převládajícím směrem větrů ve Šluknovském výběžku je již zmíněný směr severozápadní (ČHMÚ).



Obr. č. 9 Zobrazení zájmového území, kde probíhala šetření

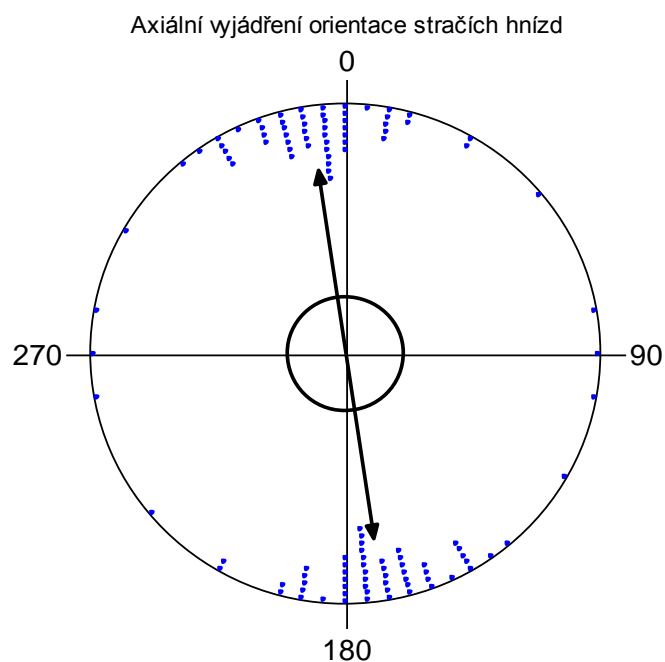
(zdroj: <https://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>).

4. Výsledky a diskuze

Od března 2012 do začátku dubna 2013 bylo ve Šluknovském výběžku změřeno 58 stračích hnízd. Hnízda byla měřena v různých částech měst, polí a lesů.

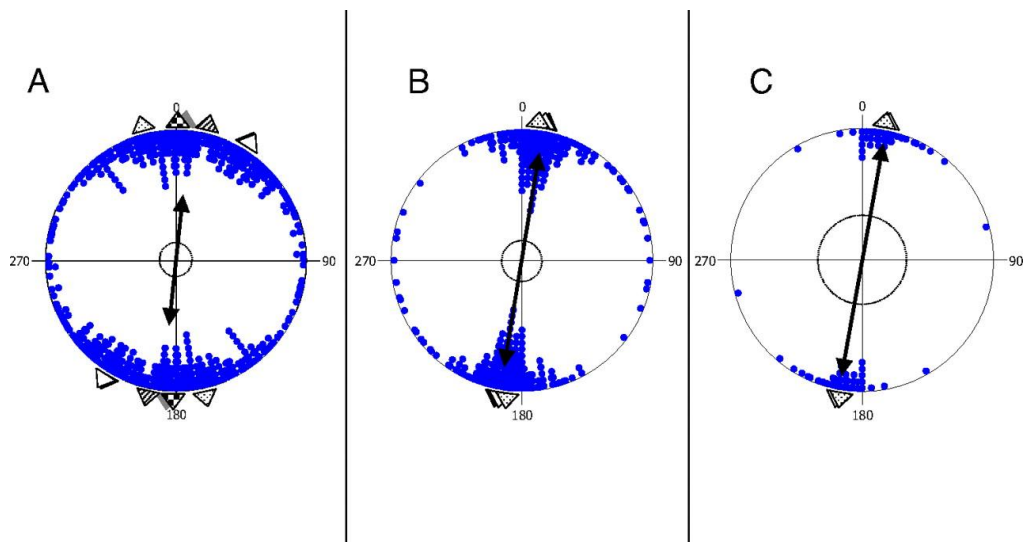
Variable	Axial
Data Type	Axial
Number of Observations	58
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	
Mean Vector (μ)	171,661°
Length of Mean Vector (r)	0,74
Median	175°
Concentration	2,283
Circular Variance	0,13
Circular Standard Deviation	22,228°
95% Confidence Interval (-/+ for μ)	165,987°
	177,334°
99% Confidence Interval (-/+ for μ)	164,205°
	179,116°
One Sample Tests	
Rayleigh Test (Z)	31,767
Rayleigh Test (p)	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	248,276
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01
Watson's U2 Test (Uniform, U2)	1,923
Watson's U2 Test (p)	< 0.005

Tab 1 Výsledné statistické hodnoty 58 změřených hnízd.



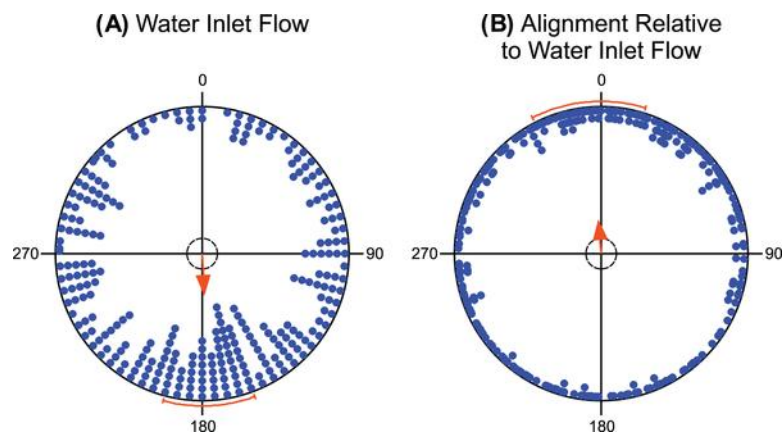
Obr. č. 10 Axiální vyjádření orientace postavených hnízd.

Hlavní směr byl u mnou naměřených hodnot $171,661^{\circ}$. Tato hodnota nasvědčuje tomu, že i straka obecná (*Pica pica*) se při stavbě svých hnízd soustřeďuje na postavení hnízda ve směru severojižní orientace. Jde tedy o další živočišný druh, u kterého je důkaz, že je schopný magnetorecepce? Zatím není známo nic o recepci magnetického pole a jeho praktickém využití v orientaci zvířat, jak nám vysvětluje Burda a kol. (2008). Na druhou stranu se výsledky shodují s pozorováním zvěře pomocí satelitních snímků, který provedli Begall a kol. (2008). Dokazují také hlavní orientační směr v severojižním směru.



Obr. č. 11 Axiální údaje odhalující severojižní uspořádání v době pastvy a odpočinku.
A- skot, B- srnec, C- jelen (Begall et al, 2008).

Překvapivým zjištěním byla studie provedená týmem České zemědělské univerzity v Praze pod vedením Ing. Harta, Ph.D. v roce 2011. Průzkum byl proveden na celkem 14537 rybách, umístěných v 80 kruhových kádích na celkem 25 stanovištích. Průzkum byl zaměřený na axiální směr kaprů v kádích. Nejčastějším směrem byla orientace v severojižním směru.



Obr. č. 12 Z axiálního směru je zřejmé, že nejčastější poloha ryb byla právě v severojižním směru. (Hart, 2012).

Výsledky jsou o to zajímavější, že kapr není tažná ryba a tudíž se nepotřebuje orientovat pomocí magnetických siločar.

5. Závěr

Straka obecná patří mezi běžný druh naší fauny. Jedná se o typický druh našich měst i volné krajiny. Úkolem bylo potvrdit či vyvrátit schopnost vnímání magnetické orientace při stavbě hnízd právě tímto ptákem. Jedná se o málo prozkoumaný smysl, který je v současnosti velice diskutovanou problematikou. Pomoc magnetického pole využívají k orientaci především migrující živočichové, např. želvy a ptáci. Magnetické pole slouží tažným ptákům především jako směrová navigace. Ti ze získaných informací upravují svá vodítka tak, aby je dovedla na cílové místo.

Cílem práce bylo především získání dalších informací a poznatků k problematice magnetické orientace živočichů. Byla zkoumána stračí hnízda, konkrétně jejich postavení ke světové straně vzhledem k ose stromu.

Závěrem bych chtěl konstatovat, že i straka obecná (*Pica pica*) se orientuje severojižním směrem. Potvrzuje tak, že většina živočichů využívá magnetorecepci jak při migraci či běžné orientaci, tak v mém případě i ke stavbě hnízd.

6. Seznam použité literatury

Able K. P., 1994: Magnetic orientation and magnetoreception in birds. *Neurobiology* 42, pp 449-473.

Begall S., Červený J., Neff J., Vojtěch O. et 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.

Burda H., Červený J. a Vojtěch O., 2008: Magnetické krávy a internet přitahují. *Vesmír* 86, listopad 2008.

Cressey, D., 2008. „Magnetic cows“ are visible from space. *Nature News* 2008 doi: 10.1038/news.2008.1059, News.

Černý W., 2003. Ptáci, 7. vydání, Aventinum, 351 s. ISBN 80-7151-223-0.

Červený J., Kamler J., Kholová H., Koubek P., Martínková N., 2003. Encyklopedie myslivosti, 1. vydání, Ottovo nakladatelství. 591 s. ISBN 80-7181-901-8.

Český hydrometeorologický ústav, 2012. Historická data. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data&last=false

Dungel J., Hudec K., 2001. Atlas ptáků České a Slovenské republiky, 1. vydání, Academia. 249 s. ISBN 80-200-0920-2.

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, časopis PLoS ONE 2012.

Holland, R. A., Kirschvink, J. L., Doak, T. G. and Wikelski, M., 2008. Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field. *PLOS* 3, e1676.

Hsu, C-Y, Ko, F-Y, Li, C-W, Fann, K. and Lue, J-T, 2007. Magnetoreception systém in honeybees (*Apis mellifera*). *PloS ONE* 2(4): 395.

Kirschvink J. L. et Gould J. L., 1981: Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals. *Biosystems* 13: 181-201.

Letecký snímek, 2013, Dostupný z : <https://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>

Lohmann J. K., 2010: Magnetic-field perception. *Nature* 464: 1140-1142.

Lohmann K. J., Lohmann C. M. F. & Putman N. F., 2007. Magnetic maps in animals: nature's GPS. *The Journal of Experimental Biology* 210: 3697-3705.

Lohmann, J.K., Putman, N.F. and Lohmann, C.M.F., 2008. Geomagnetic imprinting: A unifying hypothesis of long-distance natal homing in salmon and sea turtles. *PNAS* 105: 49.

Lohmann, K.J. and Lohmann, C.M.F., 1994. Detection of magnetic inclination angle by sea turtles: A possible mechanism for determining latitude. *J. exp. Biol.* 194: 23-32.

Mach J., 2011, Východočeská pobočka České společnosti ornitologické. Vystaveno 14. 9 2011. Dostupné z: http://www.vcpcso.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=647%3Akolik-strak-hnizdi-ve-svitavach&catid=33%3Ahnizdni&Itemid=1&lang=cs

Marhold, S., Burda, H., Kreilis, I. and Wiltschko, W., 1997. Magnetic orientation in common mole-rats from Zambia. Orientation and navigation – birds, human and other animals, paper 5. Oxford: Royal Institute of Navigation.

Melichar J., 2003. Vlastivěda Šluknovského výběžku pro školy a veřejnost, 1. vydání, Sdružení pro rozvoj Šluknovska. 250 s. ISBN 80-2541-704-2.

Mitchell 2008, Cattle shown to align north-south. Vystaveno 28. Srpna 2008. Dostupné z: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/7575459.stm>

Moravcová P., 2011: Ověření poziční magnetické orientace savců, DIPLOMOVÁ PRÁCE, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 50 s.

Němec P., Vácha M., 2007. Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, květen 2007.

Phillips, J.B. and Bordland, S.C., 1992. Behavioral evidence for use of a light-dependent magnetoreception mechanism by a vertebrate. *Nature* 359: 142-144.

Sauer F., 1995. Ptáci lesů, luk a polí, 1. vydání, Ikar, 286 s. ISBN 80-85830-99-X.

Sauman, I., Briscoe, A.D., Zhu, H., Shi, D., Froy, O., Stalleicken, J., Yuan, Q., Casselman, A. and Reppert, S.M., 2005. Connecting the navigational clock to sun compass input in monarch butterfly brain. *Neuron* 46: 457-467.

Thalau, P., Ritz, T., Burda, H., Wegner, R.E. and Wiltschko, R., 2006. The magnetic compass mechanisms of birds and rodents are based on different physical principles. *J. R. Soc. Interface* 3: 583-587.

Vacík R., 2010. Stračí stránky. Vystaveno 8. 2010. Dostupné z: <http://www.zcm.cz/straka/index.html>

Vácha M. et němec P., 2007: Orientace v geomagnetickém poli, Kompas a mapa, *Vesmír* 86, str. 224-228.

Válková T., 2010: Na světle závislá magnetorecepce hmyzu, RIGORÓZNÍ PRÁCE. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 108 s.

Wehner R., 2003: Desert and navigation: how miniature brains solve complex tasks. In *J Comp Physiol A* 189: 579-588.

Wiltschko R. & Wiltschko W. , 2006. Magnetoreception. *BioEssays* 28: 157- 168.

Wiltschko R. & Wiltschko W., 2010. Avian magnetic compass: Its functional properties and physical basis, *Current Zoology* 56: 265-276.

Wiltschko, W., and Wiltschko, R., 1996. Magnetic orientation in birds. *The journal of experimental biology* 199: 29-38.

Winklhofer M., 2010, Magnetoreception. *J. R. Soc. Interface* 7: S131-S134.

7. Přílohy

Číslo hnízda	Směr hnízda ve stupních	Směr převládajících větrů	Případné nebezpečí
1	175	SZ	silnice
2	170	SZ	elektrické vedení
3	160	Z	-
4	190	SZ	vlaková trať
5	145	Z	elektrické vedení
6	180	Z	silnice
7	175	Z	silnice
8	160	SZ	-
9	150	Z	elektrické vedení
10	175	SZ	-
11	180	-	silnice
12	175	SZ	silnice
13	175	SZ	-
14	190	Z	silnice
15	150	Z	Silný vítr
16	270	SZ	-
17	210	SZ	Těžba kamene
18	175	Z	-
19	140	SZ	elektrické vedení
20	165	Z	silnice
21	80	SZ	-
22	175	SZ	vlaková trať
23	190	Z	vlaková trať
24	280	Z	silnice
25	120	-	-
26	160	Z	-
27	155	SZ	Silný vítr
28	195	SZ	elektrické vedení
29	175	Z	silnice
30	170	-	silnice
31	230	SZ	-
32	170	-	elektrické vedení
33	180	SZ	silnice
34	165	SZ	silnice
35	190	SZ	silnice
36	170	Z	elektrické vedení
37	210	SZ	-
38	165	SZ	-
39	150	SZ	elektrické vedení
40	170	-	vlaková trať
41	165	SZ	silnice
42	185	SZ	silnice
43	150	Z	-

44	175	Z	silnice
45	180	Z	silnice
46	170	SZ	-
47	165	SZ	elektrické vedení
48	195	Z	silnice
49	180	Z	-
50	165	SZ	elektrické vedení
51	175	SZ	elektrické vedení
52	160	-	silnice
53	150	SZ	-
54	180	SZ	silnice
55	165	Z	silnice
56	190	SZ	elektrické vedení
57	180	SZ	vlaková trať
58	175	SZ	silnice

Příloha č. 1 Seznam 58 hnízd se směrem hnízd, směrem převládajících větrů a s případným nebezpečím (Šulák, 2013).



Příloha č. 2 Hnízdo č. 58 postavené přímo nad dopravní komunikací (Šulák, 2013).



Příloha č. 3 Stračí hnízdo č. 20 ve Vilémovském parku (Šulák, 2013).



Příloha č. 4 Hnízdo č. 36 na hrázi rybníka na Janovce (Šulák, 2013).