

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Vliv magnetického počasí na hnízdní orientaci čápa bílého
(*Ciconia ciconia*) ve střední Evropě**

Influence of magnetic weather on nest orientation of the white
stork (*Ciconia ciconia*) in Central Europe

Diplomová práce

Autor: Mgr. Lenka Žďárská

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

PRAHA

2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Mgr. Lenka Žďárská

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv magnetického počasí na hnízdní orientaci čápa bílého (*Ciconia ciconia*) ve střední Evropě

Název anglicky

Influence of magnetic weather on nest orientation of the white stork (*Ciconia ciconia*) in Central Europe

Cíle práce

Cílem diplomové práce je zpracování literární rešerše k dané problematice a sledování magnetické orientace čápa bílého při hnízdění.

Metodika

V diplomové práci se zaměříte na zpracování literární rešerše k dané problematice a zdokumentování vlivu magnetismu na čápa bílého při hnízdění. Pomocí webových kamer budou sledována hnízda především v České republice a okolních státech a vždy bude ve stupních zaznamenán směr hlavy a těla jedince sedícího na vejcích nebo mláďatech, směr dospělce a mláďat při krmení, případně směr vajec. Získaná data budou následně porovnána s magnetogramy a statisticky vyhodnocena.

Doporučený rozsah práce

cca 50 stran

Klíčová slova

Ciconia ciconia, hnízdění, magnetismus, magnetická orientace, magnetogram

Doporučené zdroje informací

- Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtěch, O. & Burda, H. 2008 Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105, 13 451-13 455.
- Begall, S., Malkemper, S. E. P., Červený, J., Němec, P. & Burda, H. 2013 Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology* 78, 10-20.
- 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.
- Hart, V., Kušta, T., Němec, P., Bláhová, V., Ježek, M., Nováková, P., Begall, S., Červený, J., Hanzal, V., Malkemper, E.P., Štípek, K., Vole, C. & Burda, H. 2012 Magnetic alignment in carps: Evidence from the Czech Christmas fish market. *PLOS ONE* 7(12), doi:10.1371/journal.pone.0051100.
- Hart, V., Malkemper, E.P., Kušta, T., Begall, S., Nováková, P., Hanzal, V., Pleskač, L., Ježek, M., Policht, R., Husinec, V., Červený, J. & Burda, H. 2013 Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in Zoology* 10(38), doi: 10.1186/1742-9994-10-38.
- Hart, V., Nováková, P., Malkemper, E.P., Begall, S., Hanzal, V., Ježek, M., Kušta, T., Němcová, V., Adámková, J., Benediktová, K., Červený, J. & Burda, H. 2013 Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. *Frontiers in Zoology* 10(80), doi:10.1186/1742-9994-10-80.
- Němec, P. & Vácha, M. 2007 Mechanizmy magnetorecepce. *Vesmír* 86, 284 – 289.
- Vácha, M. & Němec, P. 2007 Kompas a mapa – orientace v geomagnetickém poli. *Vesmír* 86, 224 – 228.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Petra Nováková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2015

Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 12. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2016

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv magnetického počasí na hnízdní orientaci čápa bílého (*Ciconia ciconia*) ve střední Evropě vypracovala samostatně pod vedením Ing. Petry Novákové, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

Ve Svijanech dne 18.4.2016

.....
podpis autora

Na tom to místě bych chtěla poděkovat mé školitelce Ing. Petře Novákové, Ph.D. za vstřícný přístup a trpělivost při sepisování této práce. Dále mé díky patří Ing. Dianě Kořanové, která se spolu s mou školitelkou účastnila sběru prvotních dat.

V neposlední řadě patří velké díky mým rodičům, kteří mě podporovali během všech mých studií.

Abstrakt

Práce se v první kapitole teoretické části zabývá biologií čápa bílého (*Ciconia ciconia* Linnaeus, 1758), který byl použit jako modelový objekt v praktické části. Další kapitoly pojednávají o magnetismu, magnetoreceptci a magnetické orientaci. Magnetorecepce je schopnost vnímat magnetické pole Země a existují tři teorie, které vysvětlují její fungování. Jedná se o teorii elektromagnetické indukce, magnetitovou teorii a teorii chemické magnetorecepce. Následně je představena magnetická orientace a její tři formy, magnetický kompas, magnetická mapa a magnetický alignment. Závěrečná kapitola se věnuje magnetické orientaci ptáků.

Praktická část se zabývá orientací čápa bílého při sezení na hnízdě, přičemž byla sledována orientace hlavy a orientace těla. Z provedených analýz vyplývá, že čápi při sezení na hnízdě preferují severojižní orientaci. Tyto výsledky odpovídají představě, že zvířata při magnetickém alignmentu využívají právě severojižní orientaci.

Klíčová slova: *Ciconia ciconia*, hnízdění, magnetismus, magnetická orientace, magnetogram

Abstract

Theoretical part of this thesis deals with the biology of the White Stork (*Ciconia ciconia* Linnaeus, 1758), which was used as a model object for the practical part. Next chapters deal with magnetism, magnetic orientation and magnetoreception. Magnetoreception is the ability to perceive the Earth's magnetic field, and there exist three theories, that explain functioning of magnetoreception. It is theory of electromagnetic induction, magnetite theory and theory of chemical magnetoreception. Furthermore, there is presented magnetic orientation and its three forms, magnetic compass, magnetic map and magnetic alignment. The final chapter is devoted to magnetic orientation of birds.

The practical part of the thesis deals with the orientation of the white stork, that is sitting on the nest, while the orientation of head and orientation of body are monitored. The analysis suggests, that the storks prefer north-south orientation while are sitting on the nest. These results are consistent with the notion that when animals use magnetic alignment prefer just north-south orientation.

Key words: *Ciconia ciconia*, nesting, magnetism, magnetic orientation, magnetogram

OBSAH

1. ÚVOD.....	13
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
2.1 Čáp bílý (<i>Ciconia ciconia</i> Linnaeus, 1758).....	14
2.2 Magnetismus a magnetické pole Země.....	16
2.3 Magnetorecepce	17
2.4 Magnetická orientace	21
2.5 Magnetická orientace ptáků	23
3. METODIKA	25
3.1 Vstupní data a jejich sběr.....	25
3.2 Analýza dat	28
4. VÝSLEDKY	30
4.1 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2013	30
4.2 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2014	40
4.3 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2015	52
4.4. Souhrnný přehled výsledků	62
5. DISKUZE	64
6. ZÁVĚR	65
7. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	66
8. SEZNAM PŘÍLOH.....	71
9. PŘÍLOHY	72

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulky

Tabulka 1 Azimut, na který kamera mířila	25
Tabulka 2 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2013	31
Tabulka 3 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2013	31
Tabulka 4 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2013	32
Tabulka 5 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2013	32
Tabulka 6 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2013	33
Tabulka 7 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2013	34
Tabulka 8 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 140, r. 2013	35
Tabulka 9 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 140, r. 2013	35
Tabulka 10 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2013	36
Tabulka 11 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2013	36
Tabulka 12 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2013	37
Tabulka 13 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2013	38
Tabulka 14 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2013	39
Tabulka 15 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2013	39
Tabulka 16 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2014	40
Tabulka 17 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2014	41
Tabulka 18 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2014	41
Tabulka 19 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2014	42
Tabulka 20 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2014	43
Tabulka 21 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2014	43
Tabulka 22 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 118, r. 2014	44
Tabulka 23 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 118, r. 2014	44
Tabulka 24 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2014	45
Tabulka 25 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2014	46
Tabulka 26 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2014	47
Tabulka 27 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2014	47
Tabulka 28 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2014	48
Tabulka 29 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2014	48
Tabulka 30 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2014	49
Tabulka 31 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2014	50

Tabulka 32 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2014	51
Tabulka 33 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2014	51
Tabulka 34 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2015	52
Tabulka 35 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2015	53
Tabulka 36 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2015	53
Tabulka 37 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2015	54
Tabulka 38 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2015	55
Tabulka 39 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2015	55
Tabulka 40 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2015	56
Tabulka 41 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2015	56
Tabulka 42 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2015	57
Tabulka 43 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2015	58
Tabulka 44 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2015	59
Tabulka 45 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2015	59
Tabulka 46 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2015	60
Tabulka 47 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2015	60
Tabulka 48 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2015	61
Tabulka 49 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2015	62
Tabulka 50 Přehled výsledků.....	63

Obrázky

Obrázek 1 Rozšíření čápa bílého (<i>Ciconia ciconia</i>): hnízdiště zeleně, zimoviště modře, tahové cesty červeně.....	14
Obrázek 2 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2013	30
Obrázek 3 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2013	30
Obrázek 4 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2013	32
Obrázek 5 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2013	32
Obrázek 6 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2013	33
Obrázek 7 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2013	33
Obrázek 8 Orientace hlavy na hnízdě č. 140, r. 2013	34
Obrázek 9 Orientace těla na hnízdě č. 140, r. 2013	34
Obrázek 10 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2013	36
Obrázek 11 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2013	36

Obrázek 12 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2013	37
Obrázek 13 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2013	37
Obrázek 14 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2013	38
Obrázek 15 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2013	38
Obrázek 16 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2014	40
Obrázek 17 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2014	40
Obrázek 18 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2014	41
Obrázek 19 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2014	41
Obrázek 20 Orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2014	42
Obrázek 21 Orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2014	42
Obrázek 22 Orientace hlavy na hnízdě č. 118, r. 2014	44
Obrázek 23 Orientace těla na hnízdě č. 118, r. 2014	44
Obrázek 24 Orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2014	45
Obrázek 25 Orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2014	45
Obrázek 26 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2014	46
Obrázek 27 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2014	46
Obrázek 28 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2014	48
Obrázek 29 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2014	48
Obrázek 30 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2014	49
Obrázek 31 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2014	49
Obrázek 32 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2014	50
Obrázek 33 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2014	50
Obrázek 34 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2015	52
Obrázek 35 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2015	52
Obrázek 36 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2015	53
Obrázek 37 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2015	53
Obrázek 38 Orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2015	54
Obrázek 39 Orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2015	54
Obrázek 40 Orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2015	56
Obrázek 41 Orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2015	56
Obrázek 42 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2015	57
Obrázek 43 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2015	57
Obrázek 44 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2015	58
Obrázek 45 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2015	58

Obrázek 46 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2015	60
Obrázek 47 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2015	60
Obrázek 48 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2015	61
Obrázek 49 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2015	61

1. ÚVOD

Magnetorecepce je schopnost vnímat magnetické pole Země a mohli bychom ji částečně chápat jako další smysl, avšak úplnému přijetí této myšlenky brání několik skutečností, které je potřeba potvrdit, vysvětlit, případně teprve objevit. Magnetorecepce je uplatňována především v situacích, kdy ostatní smysly již přestávají fungovat, např. za tmy, pod zemí, při zatažené obloze, a je schopna tak předávat informace, které jsou nezbytné například během migrace. Jak bylo zmíněno dříve, magnetorecepce není zcela prozkoumána, protože její výzkum je obtížný, neboť se spolu s projevy magnetické orientace objevuje v součinnosti s ostatními smysly (Vácha a Němec, 2007). Na základě této skutečnosti vznikly teoretické modely a teorie, které teprve čekají na svoje potvrzení, či vyvrácení.

Ptáci patří z hlediska magnetorecepce k nejprozkoumanější skupině živočichů. Většina výzkumů se u nich zabývá magnetickým kompasem, který je v případě ptáků inklinální. U savců je výzkum zaměřen především na magnetický alignment, což je poziční chování, a na rozdíl od magnetického kompasu je spontánní s pevnou směrovou odezvou. Tento typ chování byl zkoumán u skotu, ryb, psů a v předkládané práci je sledován u čápa bílého (*Ciconia ciconia*) při sezení na hnízdě.

Cílem diplomové práce v teoretické části je podat literární přehled znalostí o magnetorepceci a magnetické orientaci. V praktické části se pak zabývám sledováním magnetické orientace čápa bílého při hnízdění, přičemž je sledována orientace hlavy i orientace těla.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Čáp bílý (*Ciconia ciconia* Linnaeus, 1758)

2.1.1 Charakteristika

Čáp bílý (*Ciconia ciconia*) patří mezi brodivé ptáky (Ciconiiformes), kteří jsou svým vzhledem uzpůsobeni k životu a lovu v mělčinách a mokřadech, ve kterých se pomocí dlouhých končetin pohybují a pomocí dlouhého zobáku loví svoji kořist.

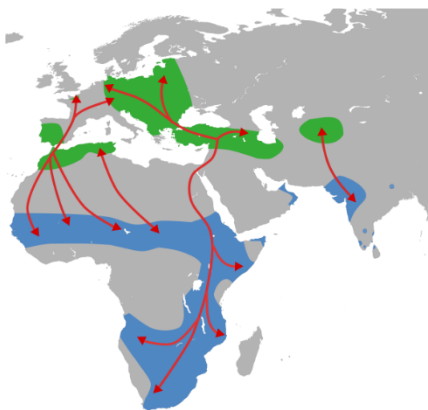
Čáp bílý je vysoký 100-115 cm a téměř polovinu jeho výšky tvoří délka nohou, váha se pohybuje kolem 2,3-4,4 kg a rozpětí křídel je 155-165 cm (Dewey, 2006). Končetiny má dlouhé, holé a mají červenou barvu. Zobák, který je rovný a špičatý, je také červený. Bílé peří na hlavě, krku a těle kontrastuje s černými letkami. Obrysové peří na dolní části krku a na hrudníku je protáhlé a tvoří límeček, který je během námluv nadzvedáván. Samec se od samice neliší vzhledem, ačkoli může být větší (Anonymous¹, 2016).

Mláďata a mladí jedinci mají krycí peří černé, podbarvené hnědě. Zobáky jsou načernalé a končetiny matně hnědé, postupně jak mláďata dospívají, zobák a končetiny získávají červenou barvu (Anonymous¹, 2016).

Čápi jsou téměř němí. Jejich zvukový projev zahrnuje převážně klepání zobákem, což používají hlavně při setkání partnerů na hnízdě (Svensson a kol., 2012).

2.1.2 Rozšíření, biotop a migrace

Evropský podruh čápa bílého se rozmnožuje v několika nespojitých populacích ve velké části Evropy, Středního Východu a na západě centrální Asie. Velmi malá populace se pak rozmnožuje i v oblastech jižní Afriky (Anonymous¹, 2016).



Obrázek 1 Rozšíření čápa bílého (*Ciconia ciconia*): hnízdiště zeleně, zimoviště modře, tahové cesty červeně (Shyamal, 2016)

Biotopem čápa bílého jsou otevřené mokřady, savany, stepi, louky, pastviny a zemědělská pole a dávají přednost oblastem s mělkou, stojatou vodou. Vzhledem k tomu, že preferovaná stanoviště jsou hlavně v zemědělských oblastech a v oblastech s lidskými sídly, dochází v uvedených oblastech k dlouhodobému komensalismu (Dewey, 2006).

Jelikož jsou čápi velcí ptáci, během migrace proto využívají energeticky málo náročné plachtění, pro které je ale nutná přítomnost vzdušných proudů, které se nevyskytují nad vodní hladinou. Tato skutečnost je důvodem toho, že se čápi při migraci velkým vodním plochám, jako je Středozemní moře, vyhýbají. Aby jedinci z evropských populací byli schopni doletět do zimovišť v tropické Africe, řeší tento problém tak, že využívají dvě odlišné migrační trasy. Populace ze západní Evropy přelétají Středozemní moře přes Gibraltarský průliv, zatímco východní populace létá přes Bospor a přes Blízký východ. Migrace je synchronizovaná a hejna tak čítají až 11 000 jedinců. Ptáci při migraci létají na obrovské vzdálenosti, např. ptáci z Dánska při letu do jižní Afriky urazí až 20 000 km. Několik málo jedinců se přes Středozemní moře vydává přímo tak, že letí jižně od jihu Itálie a Řecka. Některé západoevropské populace se připojují k asijskému poddruhu *Ciconia ciconia asiatica*, kteří přezimují v Indii (Anonymous¹, 2016).

2.1.3 Potrava

Čápi jsou vzhledem k přijímané potravě oportunisté, což znamená, že přijímají široké spektrum kořisti. Jejich kořist zahrnuje různý hmyz, štíry, pavouky, žáby, pulce, ryby, ještěrky, hady, koryše, žížaly, malé savce jakou jsou hlodavci a mláďata či vejce ptáků, kteří hnízdí na zemi.

Během období sucha se potravou stává především hmyz a myši, ve vlhkých obdobích jsou to pak hlavně různí vodní živočichové. V rámci regionů se primární kořist liší v závislosti na tom, kteří živočichové v jednotlivých regionech převažují (Dewey, 2006).

2.1.4 Rozmnožování

Čápi jsou během období rozmnožování monogamní, ale po skončení hnízdění se tyto páry rozpadají. Pokud se další rok obnoví původní pár, je to dané spíše vztahem ke konkrétnímu hnízdu, než vůči sobě samým. V období hnízdění páry mezi sebou vytvářejí neformální kolonie tak, aby byla jednotlivá hnízda od sebe vzdálena na dohled a na doslech, což napomáhá při ochraně hnízd (Anonymous¹, 2016).

Období páření začíná každý rok na jaře, v březnu nebo v dubnu. Jako první se na hnízdo vracejí samci, kteří během doby, kdy čekají na přilet samic, opravují a zvětšují hnízdo, jež využívali v předchozím roce. Než započne samotné páření, musí nejprve dojít k námluvám mezi jedinci. Během tohoto procesu se samec na hnízdě krčí do inkubační polohy, natáhne krk a začne vrtět hlavou ze strany na stranu. Pokud samec samici přijme, jejich pouto se upevňuje tím, že ptáci pohybují hlavami nahoru a dolů s roztaženými křídly. Toto je doprovázeno klapáním zobáků. Kratší námluvy naznačují, že k páření mezi těmito jedinci došlo také v předchozím roce (Dewey, 2006; Anonymous¹, 2016).

Hnízda čápů jsou obrovská a objemná, mohou mít až 2 m v průměru a 3 m do hloubky. Postavena jsou z materiálu, který je v dané době nejvíce dostupný, např. různé větve, traviny, rákos, hadry, papír apod. Obě pohlaví se na jeho stavbě podílejí, ačkoli větší přínos má samec, který donáší více materiálu. Hnízda jsou především umístována na vyvýšená místa, jako jsou věže, střechy, telegrafní sloupy, sloupy vysokého napětí, komíny, stromy, apod. Ve výjimečných případech je lze nalézt i na zemi (Anonymous¹, 2016).

Samice obvykle klade 3-5 vajíček, ve výjimečných případech se objevují snůšky i se sedmi vajíčky. Inkubace se pohybuje kolem 34 dní a na vejcích sedí oba rodiče. Rodiče krmí mláďata až do věku 8-9 týdnů, kdy dochází k přepeření. V této době se mladí jedinci začínají osamostatňovat a opouštějí své hnízdo, ačkoli se i nadále vrací, aby žebrali o jídlo od svých rodičů. Pohlavní dospělosti dosahují ve čtvrtém roce života a mohou se dožít až 30 let.

2.2 Magnetismus a magnetické pole Země

Magnetismus je jev, který se projevuje pohybem nositele elektrického náboje. Tento pohyb má několik podob. Jeden z nich se projevuje jako elektrický proud ve vodiči, další jako pohyb nabitých částic v prostoru, nebo to může být pohyb elektronu v elektronovém orbitalu (Anonymous², 2016).

Vliv magnetismu se děje prostřednictvím magnetického pole, což je fyzikální pole, jehož zdrojem je pohybující se elektrický náboj (Anonymous³, 2016). Důkazem pro přítomnost magnetického pole je magnetická síla pohybujícího se náboje v poli. Směr této síly je kolmý jak na pole, tak i na rychlost náboje (Anonymous², 2016).

Obecně se dá říci, že magnetické pole Země se podobá dipólovému poli obrovského tyčového magnetu, jehož siločáry vystupují z jižní polokoule, ovíjejí se okolo zeměkoule a opět do ní vstupují na severní polokouli (Johnsen a Lohmann, 2005). Tato skutečnost má za následek to, že na jižní polokouli siločáry směřují nahoru, v oblasti magnetického rovníku

jsou rovnoběžné se zemským povrchem a na severní polokouli míří dolů (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Magnetické pole Země se popisuje pomocí intenzity magnetického pole a inklinace. Inklinací úhel siločar na magnetických pólech je 90° , zatímco v oblasti magnetického rovníku je to 0° . Protože se inklinací úhel mění se zeměpisnou šířkou, v pravidelném gradientu od severu k jihu od 90° k -90° , a zvířata jsou schopny tuto změnu detekovat, dokáží na základě této změny určit zeměpisnou šířku své polohy (Lohmann a Lohmann, 1994). Pro hledání východo-západního gradientu je využívána celková intenzita magnetického pole. I zde existuje gradient hodnot, ačkoli není tak pravidelný jako u inklinace, zhruba lineární je v oblasti Jižní Ameriky, Afriky a dále směrem na východ (Vácha a Němec, 2007). Pokud jsou tedy živočichové schopni vnímat intenzitu magnetického pole a zároveň i inklinaci, dokáží na základě získaných informací určit svoji polohu. Tato schopnost je pak obdobou GPS (Lohmann, 2010).

Prvky magnetického pole se v prostoru a čase pravidelně, či nepravidelně mění (Able, 1994), přičemž tyto změny tak mohou mít vliv na orientaci. Dále dochází k ovlivnění magnetického pole vnějšími vlivy, jako jsou magnetické bouře způsobené elektromagnetickým zářením ze Slunce (Johnsen a Lohmann, 2005), případně antropogenní působení v podobě vedení vysokého napětí.

2.3 Magnetorecepce

Magnetorecepce je definována jako schopnost cítit/vnímat magnetické impulzy (intenzitu a/nebo orientaci lokálního geomagnetického pole) a přenést je do nervového systému, kde je extrahuje, zpracuje a interpretuje jako příslušnou informaci (Moritz a kol., 2007).

Už v roce 1859 byla Alexandrem Theodorem von Middendorff formulována hypotéza předpokládající schopnost živočichů využívat pro svoji orientaci magnetické pole. Teprve od šedesátých let 20. století je ale tato hypotéza postupně potvrzována především díky behaviorálním experimentům (Vácha a Němec, 2007).

Výskyt magnetorecepce byl prokázán u všech tříd obratlovců a byl objeven i u některých bezobratlých, jako jsou měkkýši, koryši a hmyz. Všeobecně se jedná především o migrující druhy, ale magnetorecepce se objevuje i u druhů nemigrujících, např. u much, kuřat nebo rypošů (Lohmann, 2010).

Asi mezi nejvíce prozkoumané živočichy z hlediska magnetorecepce patří ptáci, dále jsou často zkoumáni především čolci, želvy a včely. Výzkum magnetorecepce je prováděn jak ve volné přírodě, tak i v laboratorních podmínkách, v kruhové aréně, a často je při něm využíváno magnetické ovlivnění živočicha a je zkoumána především preference směrů při určité činnosti živočicha. Hlavními představiteli výzkumu jsou manželé Wiltschkovi z Frankfurtské univerzity, kteří se především zabývají orientací ptáků a jejím magnetickým ovlivněním (Vácha a Němec, 2007).

Ačkoli bylo provedeno velké množství pokusů, které potvrdily schopnost magnetorecepce u některých živočichů, stále nedošlo k úplnému přijetí magnetorecepce jako nového smyslu, protože není stále znám jeho receptor a převodní mechanismus (Němec a Vácha, 2007).

Lokalizaci centra magnetorecepce brání několik významných faktorů. Jedním z nich je skutečnost, že magnetické pole proniká všemi tkáněmi, takže by se magnetické receptory mohly vyskytovat kdekoli v těle živočicha (Johnsen a Lohmann, 2005).

Dalšími faktory, které brání nalezení magnetoreceptorů, je pravděpodobnost, že budou velmi malé, budou rozptýleny ve velkém objemu tkáně nebo může dojít k transdukcii (přenos signálu) ve formě souboru chemických reakcí, takže by v tomto případě nebylo nezbytně nutné, aby zde existovala zjevná struktura nebo orgán s funkcí magnetorecepce (Johnsen a Lohmann, 2005).

Na závěr je nutno přiznat, že člověk tento smysl buď úplně postrádá, anebo si ho není vědom, což ztěžuje použití vlastní intuice k nalezení takovýchto orgánů (Johnsen a Lohmann, 2005).

Vzhledem k tomu, že se stále nedaří nalézt receptor magnetorecepce, není ani možné studovat převodní mechanismus, bylo proto navrženo několik hypotetických modelů, který převod signálu vysvětlují (Němec a Vácha, 2007).

V následující části jsou uvedeny tři hlavní hypotézy magnetorecepce.

2.3.1 Elektromagnetická indukce

Pohybuje-li se vodič magnetickým polem kolmo k indukčním čarám, budou se v něm náboje přeskupovat tak, že se jeden konec nabije kladně a druhý záporně. Tímto se tak mezi konci vodiče vytvoří elektromotorické napětí. Když jsou oba konce propojeny vodivým stacionárním médiem, vytvoří se elektrický obvod, kterým protéká proud. Tento jev je znám jako elektromagnetická indukce (Němec a Vácha, 2007).

Na základě elektromagnetické indukce je vysvětlována schopnost žraloků a rejnoků vnímat elektromagnetické pole Země. Podle této hypotézy fungují Lorenziniho ampule, což jsou kanálky vyplněné aminopolysacharidy ústící na povrch zvířete hlavně v oblasti rypce, jako vodiče a mořská voda jako stacionární vodící médium. Citlivé elektroreceptory pak na vnitřním konci ampule detekují pokles napětí indukovaného proudu, fungují vlastně jako voltmetry (Johnsen a Lohmann, 2005; Němec a Vácha, 2007).

Tento model je velmi jednoduchý a dobře funguje pouze v případě, že se při úvahách zanedbává pohyb vodního sloupce. Když se zvíře pohybuje vodorovně, vzniká v Lorenziniho ampulích, které jsou orientovány dorzo-ventrálně, napěťový gradient, jehož velikost je závislá na rychlosti pohybu a úhlu mezi směrem plavání a magnetickým vektorem. Pokud se tedy zvíře pohybuje na sever nebo na jih, je indukované napětí nulové, když se pohybuje na východ nebo na západ, je napětí maximální. Jak je zřejmé, vždy jsou dva směry, které jsou neodlišitelné na základě receptorového napětí. Tento problém je zvíře schopno zvrátit a to tak, že se při pohybu vychýlí ze směru plavby a porovná změnu své orientace se změnou receptorového napětí (Němec a Vácha, 2007).

Johnsen a Lohmann (2005) uvádějí další dva faktory, které komplikují už tak jednoduchý model, kromě toho, že mořské prostředí nebývá za normálních podmínek stacionární. Jedním z nich je skutečnost, že elektroreceptory nejsou schopny zaznamenávat stacionární pole, pro které původně tato hypotéza vznikla. A za druhé, mořské proudy jsou také vodiče pohybující se napříč magnetickým polem Země, čímž vytvářejí vlastní elektrické pole. Aby se tak zvíře mohlo orientovat v prostoru, musí být schopno odlišit elektrické pole vzniklé vlastním pohybem a elektrické pole vzniklé díky mořským proudům.

V roce 1995 Paulin vytvořil teorii, která tyto problémy řeší tím, že předpokládá, že žraloci získávají rozhodující směrové informace magnetického pole spíše z oscilujících elektrických polí, které vznikají v důsledku pohybu hlavy ze strany na stranu (Paulin, 1995).

Jelikož vzduch není tak vodivý jako mořská voda, ptáci a suchozemští živočichové nejsou schopni využívat magnetoreceptci založenou na elektromagnetické indukci, jak byla popsána výše (Johnsen a Lohmann, 2005).

Výše zmíněná teorie zůstává stále jen teorií, neboť doposud nebyly objeveny přímé důkazy, které by svědčily o tom, že zvířata používají magnetickou indukci k detekci magnetického pole. Nicméně skutečností je, že některé paprskoploutvé ryby a žraloci mají citlivý elektrický smysl, kterým mohou detekovat slabé elektrické impulsy vydávané tělem své kořisti, a tento smysl je dostatečně citlivý, aby mohl vnímat slabé magnetické pole Země (Lohmann a Johnsen, 2000; Johnsen a Lohmann, 2005).

2.3.2 Magnetitová teorie

Tato teorie je založena na předpokladu, že některé specializované buňky obsahují feromagnetický materiál, zejména biogenní magnetit (Fe_3O_4), jehož prostřednictvím je vnější magnetické pole spojeno s nervovým systémem (Winklhofer, 2009).

Nejjednodušší představa je taková, že magnetit se chová jako strelka kompasu v geomagnetickém poli. Točivý moment pak vytváří mechanickou deformaci, což v kombinaci s mechanoreceptory může vytvořit potenciál receptoru, a tudíž vyvolat nervový signál (Winklhofer, 2009). Jiný model předpokládá, že rotující krystaly magnetitu otevírají iontové kanály přímo. Díky otevřeným kanálkům pak mohou proudit ionty přes buněčné membrány nervových vláken a produkovat elektrické signály sloužící ke komunikaci mozku s nervovým systémem (Johnsen a Lohmann, 2005; Lohmann, 2010).

Podmět pro zkoumání magnetitu a jeho fungování v živočišném těle podaly výzkumy zabývající se magnetickou orientací u bakterií, které jsou schopny magnetotaxe, orientace a pohybu v preferovaném směru geomagnetického pole (Blakemore, 1975; Frankel a Blakemore, 1980). Tento jejich pohyb je umožněn díky magnetickým krystalům magnetitu (Fe_3O_4) nebo greigitu (Fe_3S_4), jenž se nacházejí v magnetozomech (Balkwill a kol., 1980; Frankel, 1984; Schüller a Frankel, 1999).

Přítomnost magnetitu v tělních tkáních byl zjištěn u včel, ptáků, mořských želv a u dalších zvířat, u kterých je známo, že se orientují pomocí magnetického pole (Johnsen a Lohmann, 2005).

Magnetit se u zvířat nalézá ve dvou formách. Většina nalézaného magnetitu je ve formě jednodoménových krystalů a je podobná té, která byla objevena u bakterií. Tyto krystaly jsou malé, permanentní magnety, které se otáčejí volně podle magnetického pole Země. Druhá forma krystalů, nazývaní se superparamagnetická, je menší než předchozí a má různé magnetické vlastnosti. Jedním z charakteristických rysů těchto krystalů je, že jejich magnetická osa může rotovat a sledovat tak směr okolního pole Země, zatímco je samotný krystal nehybný. Naopak u jednodoménových krystalů je osa nepohyblivá a krystal se tak musí otáčet sám, aby sledoval pole (Lohmann a Johnsen, 2000).

Aby magnetit fungoval jako magnetoreceptor, musí být ve funkčním kontaktu s nervovým systémem. Přestože je tento kontakt předpokládán, existuje jen málo výzkumů, které by přinášely komplexní pohled na celý systém (Němec a Vácha, 2007).

2.3.3 Chemická magnetorecepce

Teorie chemické magnetorecepce vychází z předpokladu, že k magnetorecepci dochází díky neobvyklým biochemickým reakcím, které jsou ovlivněny magnetickým polem Země. V rámci těchto reakcí pak vznikají jako meziprodukty páry volných radikálů, podle kterých je tato teorie známá také jako teorie volných radikálů (Lohmann, 2010).

Mechanismus párových radikálů byl navržen jako podklad pro magnetický kompas ptáků (Schulten, 1982). Uvedený proces začíná přenosem elektronů z molekuly donoru na molekulu akceptoru, takže každé molekule tak zůstane nepárový elektron (Lohmann, 2010). Radikálová dvojice má dva nepárové elektrony s nepárovými spiny elektronu v každém radikálu. Spiny se mohou nacházet ve dvou postaveních, singletovém, kde jsou spiny antiparalelní, a tripletovém, kde jsou spiny paralelní. Postavení spinů radikálového páru ovlivňuje chemické vlastnosti, reakční rychlost a výtěžek z chemické reakce. Účinek slabého vnějšího magnetického pole ovlivňuje velmi jemné vnitřní magnetické pole, které umožňuje přechody mezi singletovými a tripletovými stavy radikálových párů, takže tím ovlivňuje probíhající chemické reakce. Vliv vnějšího pole závisí nejen na jeho intenzitě, ale také na jeho orientaci vzhledem k molekulární stavbě (Winklhofer, 2009).

U organismů vznikají volné radikály nejčastěji ve fotopigmentech (např. chlorofylu nebo flavinu), takže tato teorie tedy stanovuje úzké sepětí magnetorecepce s fotorecepcí (Němec a Vácha, 2007). Na základě této skutečnosti se předpokládá, že pokud magnetoreceptory vůbec existují, v tomto případě by mohly být zároveň i fotoreceptory. Uvažuje se, že by magnetoreceptory mohly být fotoreceptory zvané kryptochromy, protože se zdá, že mají požadované vlastnosti a vyskytují se v sítnici stěhovavých ptáků, která vykazuje vysokou úroveň nervové činnosti při magnetické orientaci (Lohmann a Johnsen, 2000).

Přestože doposud nebyly předloženy přímé důkazy pro existenci chemické magnetorecepce, některé výzkumy ukazují souvislost mezi magnetorecepcí a optickou soustavou. V několika studiích bylo také navrženo spojení mezi magnetorecepcí a šišinkou (Semm a kol., 1984; Deutschlander a kol., 1999 atd.), což je endokrinní žláza v mezimozku produkující hormon melatonin, který ovlivňuje cirkadiální rytmus.

2.4 Magnetická orientace

Geomagnetické pole představuje spolehlivý a všudypřítomný zdroj navigační informace. Tato informace může být dvojího typu: magnetický vektor poskytuje směrové informace, které mohou živočichové použít jako kompas, zatímco celková intenzita anebo

sklon může poskytnout informace vhodné pro použití navigační mapy (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

U živočichů se objevují oba typy informací používané v odlišných situacích. Nicméně úroveň znalostí se v jednotlivých skupinách liší. Ptáci společně se želvami jsou nejvíce prozkoumanou skupinou, zatímco o ostatních obratlovcích a členovcích je velmi málo informací (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

2.4.1 Magnetický kompas

Magnetický kompas zvířata používají ke stanovení směru pomocí magnetického pole. Poprvé byl prokázán u migrujících ptáků, přičemž bylo využito jejich spontánního chování během migrační sezóny (Wiltschko a Wiltschko, 2005).

Tato schopnost je fylogeneticky rozšířena a existuje v dalších několika skupinách, včetně bezobratlých, měkkýšů, koryšů a hmyzu, stejně jako ve všech pěti třídách savců (Johnsen a Lohmann, 2005).

Díky překlápění vertikální složky pole se zjistilo, že existují dva typy kompasů: polaritní a inklináční (Němec a Vácha, 2007).

Živočichové mající polaritní kompas mohou rozlišovat severní a jižní magnetický pól z polarity horizontální složky pole (Moritz a kol., 2007). Tímto kompasem se orientují například netopýři (Holland a kol., 2008, 2010; Wang a kol., 2007) a podzemní hlodavci (Marhold a kol., 1997; Thalau a kol., 2006)

Inklináční kompas je založen na axiálním průběhu siločar a jejich inklinaci (úhel mezi vektorem magnetického pole a horizontální rovinou) (Wiltschko a Wiltschko, 1996; Moritz a kol., 2007). Využívají ho hlavně ptáci a želvy, ale i čolci (Němec a Vácha, 2007).

2.4.2 Magnetická mapa

Zvířata, která používají magnetickou mapu, dokáží využít informace z magnetického pole, jeho inklináční úhel a intenzitu, k posouzení jejich přibližné zeměpisné polohy nebo jejich pozici vzhledem k určenému cíli. Tuto schopnost mají želvy, humři a několik dalších zvířat (Boles a Lohmann, 2003; Lohmann, 2010).

2.4.3 Magnetický alignment

Magnetický alignment, neboli poziční chování, je na rozdíl od magnetického kompasu spontánní s pevnou směrovou odezvou, kdy se živočich otáčí v prostoru tak, aby srovnal

své tělo podél či kolmo na siločáry magnetického pole. Obvykle se objevuje bimodální nebo quadrimodální orientace, avšak s přibývajícím výzkumem se ukazuje, že živočichové mají i unimodální orientaci, při které se ale směr nemusí nutně shodovat s magnetickými světovými stranami (Begall a kol., 2013).

Poziční chování bylo prokázáno u různých obratlovců, ale i u hmyzu, např. u včel. Jeho projevy jsou zaznamenávány jak při odpočinku zvířat, tak i v pohybu, např. při krmení, lovu, vyměšování apod. (Begall a kol., 2013).

2.5 Magnetická orientace ptáků

Schopnost magnetické orientace ptáků byla objevena již v 60. letech 20. století. Později bylo zjištěno, že tato schopnost je založena na stejném principu jako technický kompas a ptáci při jeho použití využívají axiálního průběhu siločar a jejich inklinaci, proto se tento princip začal nazývat inklinální kompas (Wiltschko a Wiltschko, 2009). Princip tohoto kompasu spočívá v tom, že nepodává přesnou informaci o poloze magnetického severu a jihu, ale ptáci rozlišují oblast, kde siločáry směřují k zemi a oblast, kde siločáry směřují nahoru (Wiltschko a Wiltschko, 1993).

Magnetický kompas byl poprvé popsán u červenky obecné (*Erithacus rubecula*), přičemž bylo využito jejich tendencí pohybovat se v kleci v období migrace ve svém migračním směru. Mohly tak být použity Helmholtzovy cívky, díky kterým bylo možné kontrolovaně měnit magnetické pole. Ukázalo se, že když se severní magnetický pól posune pomocí cívky, zatímco celková intenzita a sklon zůstanou téměř beze změn, stejně tak i další směrové podněty, ptáci změni svoje směrové preference podle změny magnetického severu. Tyto výsledky tak ukázaly, že ptáci vyhledávají směr za použití magnetického pole (Wiltschko, 1968).

Za druhou složku navigace se dá považovat schopnost, díky které může jedinec určit směr svého cíle z aktuální polohy. Tato magnetická mapa je založena na změnách intenzity anebo úhlu magnetického pole. Intenzita přirozeného magnetického pole se mění o 6-12 nT/km podél severojižní osy, ale tento pravidelný gradient je v některých místech rušen. Jedním z rušivých vlivů je odchylka asi o 50-100 nT, která vyplývá z denního kolísání intenzity magnetického pole způsobené slunečním cyklem, dalším zdrojem jsou prostorové změny v magnetickém poli způsobené nestejnomyšerností ve složení zemské kůry (Beason, 2005). Poprvé se začalo o této schopnosti uvažovat v 70. letech 20. století, kdy při pokusech

s poštovními holuby (*Columba livia f. domestica*) docházelo při dočasných změnách magnetického pole k vymizení jejich charakteristického chování (Keeton a kol., 1974 apod.).

Od těchto dob bylo provedeno mnoho pokusů, které zkoumaly magnetickou orientaci jak migrujících, tak i nemigrujících druhů ptáků (Gudmundsson a Sandberg, 2000; Freire a kol., 2007; Voss a kol., 2007; Freire a Birch, 2010 apod.) z různých úhlů pohledu. V poslední době přinesla zajímavé výsledky studie Harta a kol. (2013), která se zabývá přistáváním kachny divoké (*Anas platyrhynchos*) na vodní hladině. Bylo zjištěno, že ptáci za bezvětří přistávají na vodě v severojižní ose bez ohledu na směr příletu. V rámci výzkumu byly posuzovány různé faktory, které by mohly mít vliv na směr přistání (roční období, denní doba, počasí, lokalita, zeměpisná šířka, magnetická deklinace), avšak jejich vliv na preferenci směru přistávání nebyl objeven. Dále bylo zjištěno, že poloha magnetického severu je lepší ukazatel směru přistání než geografický sever (Hart a kol., 2013).

3. METODIKA

3.1 Vstupní data a jejich sběr

Vstupní data byla získávána tak, že byly pořizovány snímky internetových stránek, na které byl přenášen záznam z kamer sledující hnízdění čápů. Snímky byly pořizovány buď ručně pomocí funkce printsceen, anebo pomocí programu Sittershoter, který umožňuje snímkování vybraných webových stránek a jejich následné ukládání. Díky automatizaci uvedeného programu bylo tak možné získat značné množství záznamů.

Analýza jednotlivých snímků byla provedena pomocí kompasové růžice, která byla přiložena k monitoru počítače tak, aby její sever byl zorientován směrem za obrazovku, což zajistilo slepé měření. Následně byl odměřen směr natočení hlavy a těla čápa na hnízdě a zaznamenána činnost (sezení na hnízdě, krmení, páření apod.), kterou jedinec na hnízdě vykonával. Avšak do statistických byla použita pouze data týkající se sezení na hnízdě, neboť počet měření náležející ostatním činnostem byl vůči množství dat pro sezení na hnízdě velmi malý, a nebylo by tak možné získat statisticky významné výsledky. Před provedením statistických analýz bylo nutné naměřená data přepočítat dle směru, na který kamera mířila, a porovnat je s magnetogramy.

Tabulka 1 Azimut, na který kamera mířila

Hnízdo č.	Azimut kamery
67	320°
101	0°
112	170°
118	50°
122	40°
125	130°
140	20°
147	320°
151	80°
209	10°

Bylo sledováno 10 hnízd v různých oblastech České republiky a v okolních státech po dobu tří let, od roku 2013 do roku 2015. Existuje mnohem více kamer, které sledují hnízdící čápy, avšak někteří provozovatelé nebyli ochotni sdělit informaci o azimutu kamery. Ne z každého hnízda za všechna tři sledovaná období byla data dostupná, což bylo způsobeno

tím, že ne každý rok na sledovaném hnízdě došlo k hnízdění, případně na internetových stránkách nebyl přenos dosažitelný.

Celkem bylo pořízeno 41 273 snímků, a jelikož byla sledována jak orientace hlavy jedince, tak orientace jeho těla, odpovídá tomuto počtu 82 546 měření. Na jeden rok v průměru připadá 1 703 snímků, tedy 3 406 dat. Největší množství dat bylo pořízeno v roce 2015, neboť metodika sledování byla nejlépe podchycena a čapí hnízda byla sledována po nejdelší dobu.

3.1.1 Hnízdo č. 67

Toto hnízdo se nachází na věži Staroměstské radnice ve městě Dinkelsbühl, které leží na severozápadě Bavorska.

Sledování hnízdících ptáků proběhlo ve všechna tři sledovaná období a celkově bylo získáno 10 114 snímků. V roce 2013 bylo toto hnízdo sledováno od 4.5. do 12.7. a bylo pořízeno 2 956 dat během 59 dní. V dalším roce bylo pořízeno již 3 988 dat během 29 dní od 19.3. do 28.4. Nejvíce měření bylo získáno v roce 2015 a to 13 284 během 54 dní od 3.3. do 6.6.

3.1.2 Hnízdo č. 101

Umístění hnízda č. 101 je na střeše radnice ve městě Isny im Allgäu, které se nachází v jihovýchodním Bádensku-Württembersku.

Data pocházejí z roku 2013, 2014 i z r. 2015. V roce 2013 probíhalo sledování 57 dní, od 4.5. do 12.7. a bylo získáno 1 344 měření. V následujícím roce bylo naměřeno 2 948 dat během 23 dní, v období od 19.3. do 13.4. V r. 2015 získáno velké množství dat a to 14 012, neboť sledování probíhalo v průběhu nejdelšího období, od 21.2 do 17.5., a během nejvíce dní (78).

3.1.3 Hnízdo č. 112

Uvedené hnízdo se nachází v obci Aurach ve středním Bavorsku.

K jeho sledování došlo v roce 2014 a 2015 a celkově bylo pořízeno 3 068 snímků. V r. 2014 bylo naměřeno 980 dat, která byla získávána v období od 19.3 do 14.5., během 47 dní. V dalším roce bylo získáno již 5 156 měření během 63 dní, od 3.3. do 14.5.

3.1.4 Hnízdo č. 118

Toto hnízdo je umístěno ve výšce 8 m na stožáru na sušení hadic v obci Pištín, 13 km severozápadně od Českých Budějovic.

Sledování proběhlo pouze v roce 2014, v období od 8.4. do 29.5. a během 40 dní bylo získáno 776 měření.

3.1.5 Hnízdo č. 122

V záchranné stanici zvířat Makov v okrese Písek se nachází sledované hnízdo s číslem 122. Jsou na něm sledováni hendikepovaní čápi během hnízdění a péče o mláďata.

Sledování proběhlo jak v roce 2014, tak i v r. 2015. Od 8.4.2014 do 17.5.2014 během 37 dní bylo získáno 824 dat a v roce 2015 se jednalo o 856 měření, které byly pořízeny v období 22.3.-17.5, a jednalo se o 49 sledovacích dní.

3.1.6 Hnízdo č. 125

Hnízdo č. 125 je umístěno na budově základní školy v obci Plinkout, která se nachází v okrese Olomouc.

Hnízdící ptáci byli zaznamenáni ve všech třech sledovacích obdobích a celkově bylo získáno 417 snímků. V období 1.5.2013 až 31.5.2013 za 27 dní bylo pořízeno 236 měření, v roce 2014 se jednalo o 386 dat v průběhu 23 dní, v období 22.4.-17.5. V posledním sledovaném roce se od 4.4. do 18.5. naměřilo 212 dat za 41 dní.

3.1.7 Hnízdo č. 140

Uvedené hnízdo se nachází v krajském městě Ebersberg, v Horním Bavorsku.

Sledováno bylo pouze 25 v roce 2013 od 15.5. do 10.7. a bylo pořízeno 190 snímků, tedy 380 měření.

3.1.8 Hnízdo č. 147

Hnízdo č. 147 se nachází v největším parku v Mannheimu (spolková země Bádensko-Württembersko), v Luisenparku.

Celkově bylo na tomto hnízdě za všechna tři sledovaná období získáno 6 590 snímků. V roce 2013 bylo za období 15.5.-10.7. naměřeno 936 údajů v průběhu sledovacích dní. V následujícím roce bylo získáno již 3 246 dat, ačkoli sledování trvajících od 22.3 do 3.5.

proběhlo během méně sledovacích dní (36). V posledním sledovaném roce v úseku od 22.2 do 22.4. bylo během 42 naměřeno 8 998 údajů.

3.1.9 Hnízdo č. 151

Toto hnízdo se nachází na střeše budovy dobrovolných hasičů v Rheinmünsteru, což je město v Bádensku-Württembersku.

Sledování tohoto hnízda proběhlo v roce 2013, 2014 i v r. 2015, díky čemuž bylo nasbíráno 9 553 snímků, jedná se tedy o 19 106 měření. V roce 2013 bylo v období 15.5.-10.7. v průběhu 44 dní nasbíráno 1 728 dat. V následujícím roce to bylo již 2 830 měření, ačkoli sběr dat proběhl pouze během 17 dní, od 22.3. do 13.4. Nejvíce dat bylo získáno v roce 2015 a to 14 548. Toto sledování proběhlo v průběhu 62 dní, v období 11.3.-18.5.

3.1.10 Hnízdo č. 209

Hnízdo č. 209 se opět nachází ve spolkové zemi Bádensko-Württembersko a to tentokrát ve městě Göggingen.

Celkově bylo na tomto hnízdě pořízeno 916 snímků během tří let. V období 4.5.2013-13.5.2013, za 8 sledovacích dní, bylo naměřeno pouze 72 údajů. V roce 2014 bylo získáno již 475 měření a to v průběhu 44 dní od 2.4. do 28.5. V závěrečném roce sledování se jednalo o 900 dat, které byly získány měřeními za 64 dní, od 10.3 do 18.5.

3.2 Analýza dat

3.2.1 Statistický program Oriana

Analýza dat byla provedena pomocí programu Oriana, což je statistický program pro Microsoft Windows. Tento program umožňuje analyzovat směry a další kruhová data, která jsou měřena ve stupních, během dne, týdne atd. Mezi další funkce uvedeného programu je schopnost porovnávat data uložená v různých souborech (Kovach, 2009).

Díky tomuto softwaru je možné počítat základní statistické údaje, jako např. kruhový průměr a medián. V neposlední řadě je schopen propočítávat různé hodnoty kruhového rozptylu, jimiž jsou např. délka středního vektoru, koncentrace, kruhová a směrodatná odchylka, a jejich příslušné intervaly spolehlivosti. Program také poskytuje možnost provést jedno-výběrové (Rayleighův test, Raoův test rozpětí) a párové a více-výběrové testy (Watson-Williams F-test, χ^2 test) a taktéž i párové korelace (Kovach, 2009).

Stejně jako jiné obdobné statistické programy má i program Oriana k dispozici různé typy grafů, které slouží k znázornění výsledků různých analyzovaných dat, včetně kruhových dat. Mezi patřičné grafy náleží růžicové diagramy, histogramy pro kruhová data, vektorové grafy apod. (Kovach, 2009).

3.2.2 Rayleighův test rovnoměrnosti

Tento test patří mezi jedno-výběrové a jeho předpokladem je taková nulová hypotéza, která uvádí, že data jsou distribuována rovnoměrně, bez shluků kolem dokola.

Hodnota Z se počítá jako $Z = n \cdot r^2$, kde n je počet pozorování a r je délka středního vektoru. Delší střední vektor a z toho vyplývající větší koncentrace dat kolem průměru snižuje pravděpodobnost, že data budou rovnoměrně rozdělena. Pravděpodobnost menší než zvolená hranice významnosti (obvykle 0,05) znamená, že data nejsou distribuována rovnoměrně a vykazují známky přednostního směru (Kovach, 2009).

4. VÝSLEDKY

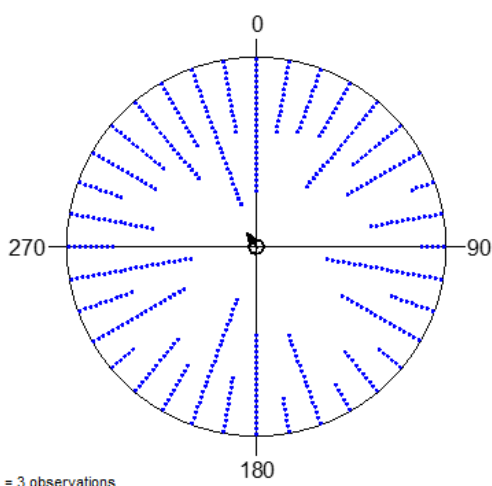
V následujících podkapitolách jsou uvedeny výsledky provedených analýz. Výsledky jsou vyjádřeny pomocí grafů (Obrázek 2 - 49) a základní statistické údaje z proběhlých statistických analýz jsou uvedeny v tabulkách (Tabulka 2 - 49).

Jednotlivé grafy vyjadřují angulární rozdělení naměřených dat, která byla získána z monitoringu čápů při sezení na hnízdě, přičemž byl sledován zvláště směr hlavy a směr těla. K vyhodnocení nasbíraných dat byl použit Rayleighův test, kterým jsou statistická data vyhodnocována na základě průměrného vektoru. Hodnota středového vektoru μ udává preferovaný směr a délka průměrného vektoru r znázorňuje statistickou signifikanci (významnost) a vnitřní kruh označuje hranici 5% významnosti Rayleighova testu. Aby byl výsledek průkazný, musí délka průměrného vektoru přesáhnout zvolenou hladinu významnosti.

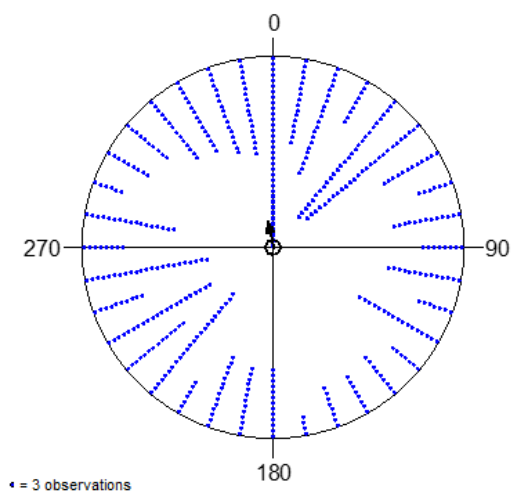
Mezi základními statistickými údaji, jež jsou uvedeny v tabulkách, se nachází např. počet pozorování, velikost výsledného vektoru, kruhová směrodatná odchylka apod.

4.1 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2013

4.1.1 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 67



Obrázek 2 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2013



Obrázek 3 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2013

V roce 2013 bylo na hnízdě č. 67 provedeno 1 478 měření orientace hlavy a stejný počet měření orientace těla. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením naměřených dat, je v případě orientace hlavy $324,733^\circ$ (Tabulka 1) a v případě orientace těla $347,646^\circ$ (Tabulka 2).

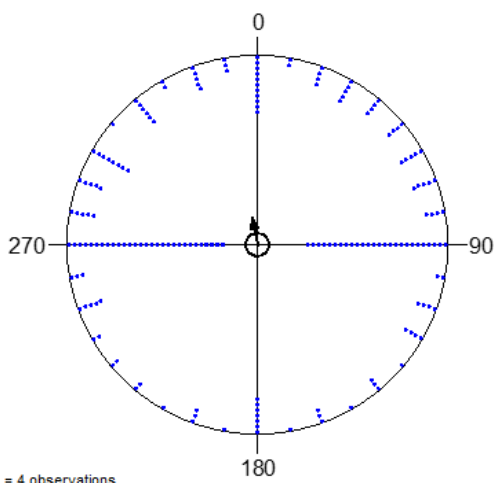
Tabulka 2 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1478
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	324,733°
Length of Mean Vector (r)	0,089
Concentration	0,18
Circular Variance	0,911
Circular Standard Deviation	125,896°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	11,827
Rayleigh Test (p)	7,31E-6

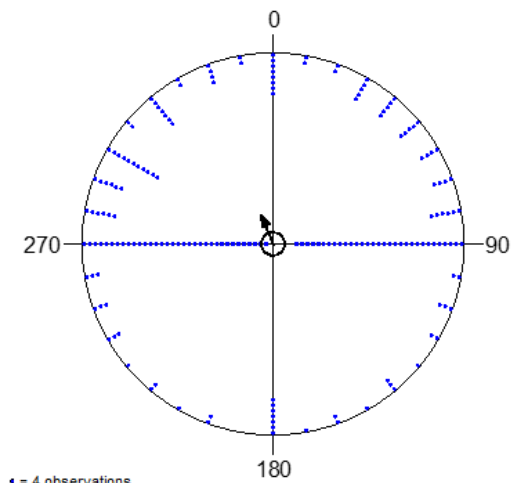
Tabulka 3 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1478
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	347,646°
Length of Mean Vector (r)	0,142
Concentration	0,288
Circular Variance	0,858
Circular Standard Deviation	113,146°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	29,926

4.1.2 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 101



Obrázek 4 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2013



Obrázek 5 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2013

Statistická analýza provedená na hnízdě č. 101 na 672 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla byla pro oba dva případy průkazná. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor $347,984^\circ$ (Tabulka 4), pro orientaci těla $335,839^\circ$ (Tabulka 5).

Tabulka 4 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2013

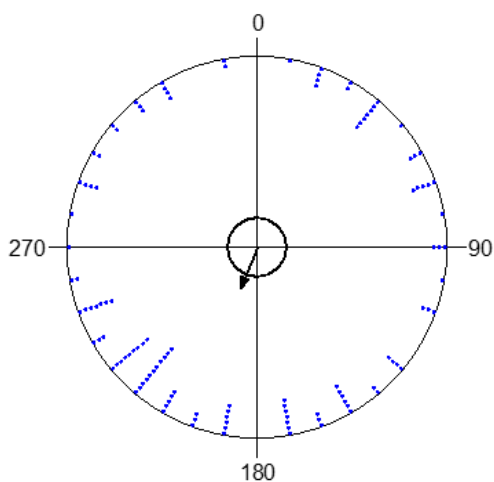
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	672
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$347,984^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,148
Concentration	0,3
Circular Variance	0,852
Circular Standard Deviation	$111,905^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	14,814
Rayleigh Test (p)	$3,68E-7$

Tabulka 5 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2013

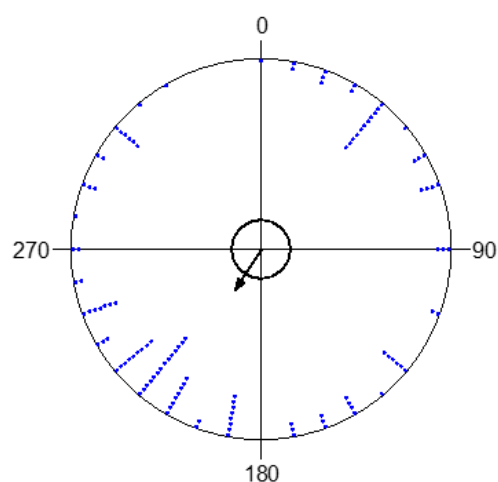
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	672
Data Grouped?	Yes

Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	335,839°
Length of Mean Vector (r)	0,164
Concentration	0,332
Circular Variance	0,836
Circular Standard Deviation	108,968°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	18,051
Rayleigh Test (p)	1,45E-8

4.1.3 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 125



Obrázek 6 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2013



Obrázek 7 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2013

Průměrný vektor pro orientaci hlavy na hnízdě č. 125 v roce 2013 byl 203,326° (Tabulka 6) a pro orientaci těla 213,043° (Tabulka 7). Každá skupina dat obsahovala 118 měření a v obou případech Rayleighův test poskytl statisticky významné výsledky.

Tabulka 6 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2013

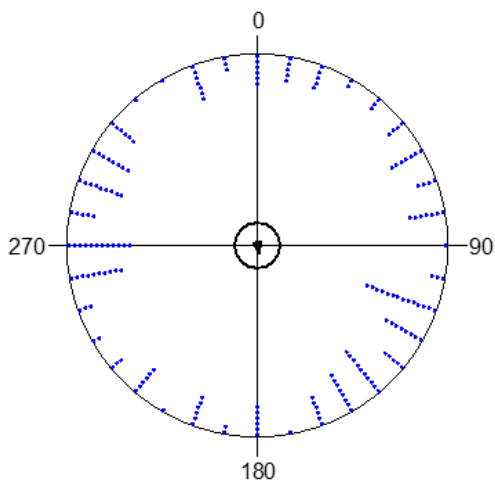
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	118
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	203,326°
Length of Mean Vector (r)	0,224
Concentration	0,46
Circular Variance	0,776
Circular Standard Deviation	99,073°

One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	5,934
Rayleigh Test (p)	0,003

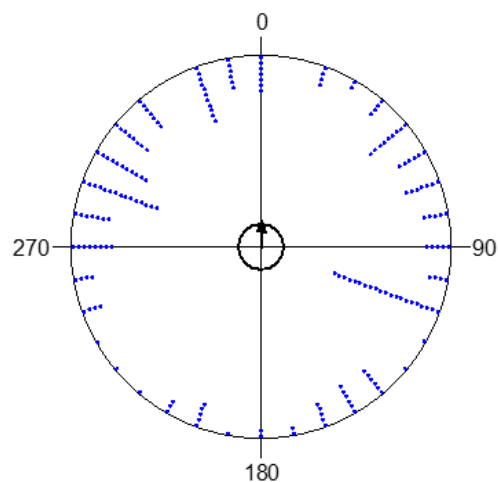
Tabulka 7 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	118
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	213,043°
Length of Mean Vector (r)	0,251
Concentration	0,519
Circular Variance	0,749
Circular Standard Deviation	95,256°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	7,439
Rayleigh Test (p)	5,88E-4

4.1.4 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 140



Obrázek 8 Orientace hlavy na hnízdě č. 140, r. 2013



Obrázek 9 Orientace těla na hnízdě č. 140, r. 2013

Na hnízdě č. 140 v roce 2013 bylo provedeno 190 měření orientace hlavy a stejný počet měření orientace těla. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením naměřených dat, je v případě orientace hlavy $169,099^\circ$ (Tabulka 8) a v případě orientace těla $0,967^\circ$

(Tabulka 9). Jelikož Rayleighův test směrové preference pro orientaci hlavy byl pod hranicí průkaznosti ($r < 0,05$) (Tabulka 8), výsledek pro orientaci hlavy není statisticky významný.

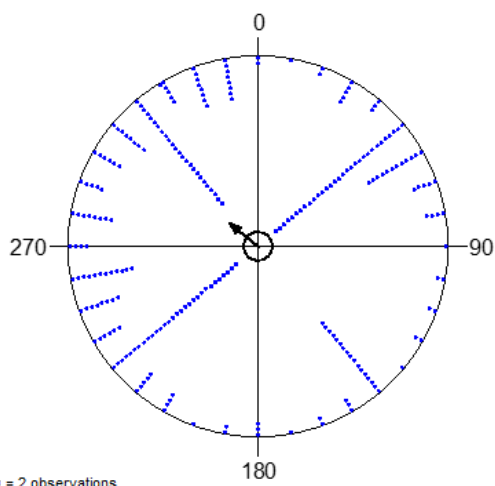
Tabulka 8 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 140, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	190
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	169,099°
Length of Mean Vector (r)	0,039
Concentration	0,077
Circular Variance	0,961
Circular Standard Deviation	146,118°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,285
Rayleigh Test (p)	0,752

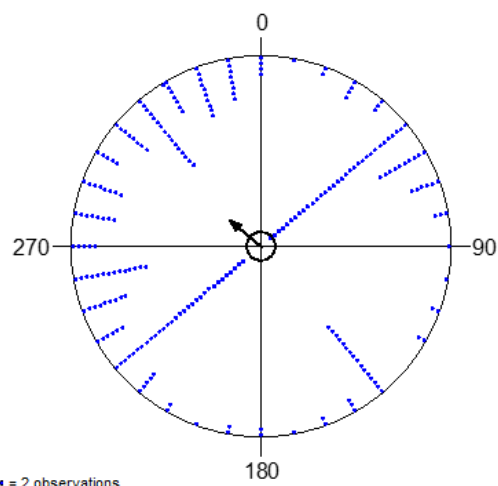
Tabulka 9 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 140, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	190
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	0,967°
Length of Mean Vector (r)	0,139
Concentration	0,281
Circular Variance	0,861
Circular Standard Deviation	113,759°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	3,687
Rayleigh Test (p)	0,025

4.1.5 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 147



Obrázek 10 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2013



Obrázek 11 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2013

Statistickou analýzou na 468 měřeních orientace hlavy byl zjištěn průměrný vektor s azimutem $309,369^\circ$ (Tabulka 10). Pro stejný počet měření orientace těla byl průměrný vektor $308,761^\circ$ (Tabulka 11).

Tabulka 10 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2013

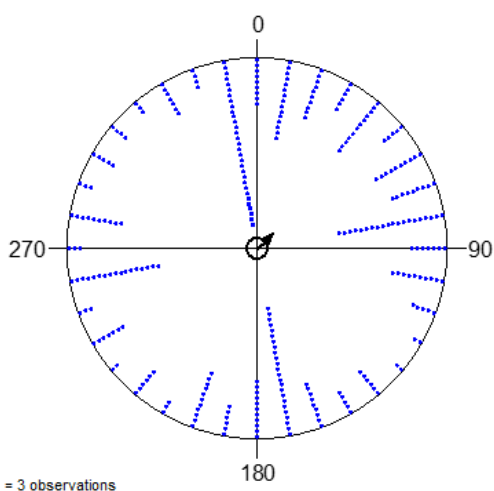
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	468
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	$309,369^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,194
Concentration	0,396
Circular Variance	0,806
Circular Standard Deviation	$103,722^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	17,661
Rayleigh Test (p)	2,14E-8

Tabulka 11 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2013

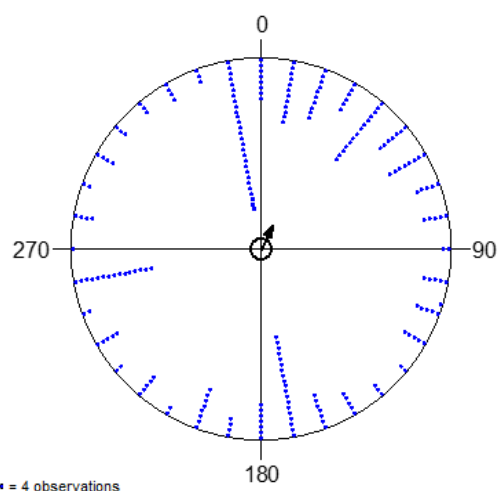
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	468
Data Grouped?	No

Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	308,761°
Length of Mean Vector (r)	0,215
Concentration	0,44
Circular Variance	0,785
Circular Standard Deviation	100,454°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	21,64
Rayleigh Test (p)	4,00E-10

4.1.6 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 151



Obrázek 12 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2013



Obrázek 13 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2013

Statistická analýza provedená na hnízdě č. 151 na 864 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla byla pro oba dva případy průkazná. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor 43,033° (Tabulka 12), pro orientaci těla 25,785° (Tabulka 13).

Tabulka 12 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2013

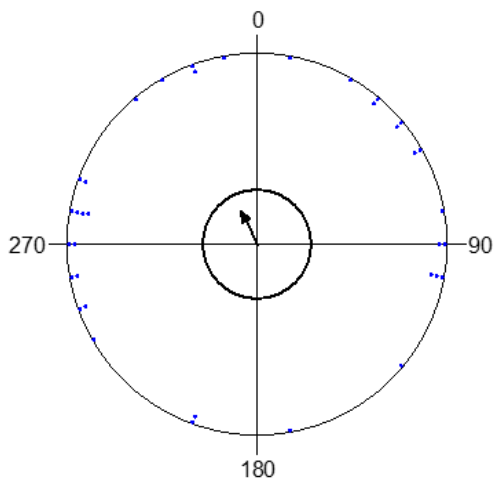
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	864
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	43,033°
Length of Mean Vector (r)	0,112
Concentration	0,226
Circular Variance	0,888

Circular Standard Deviation	119,823°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	10,891
Rayleigh Test (p)	1,86E-5

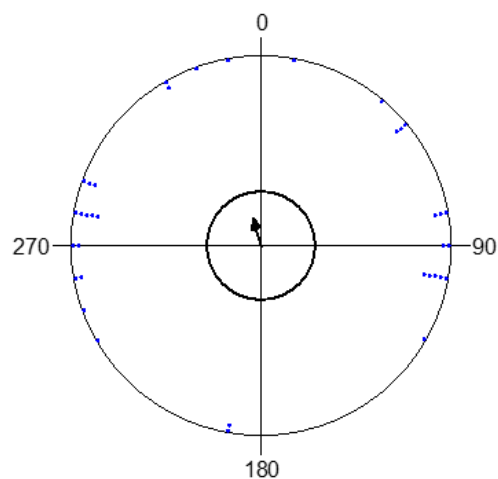
Tabulka 13 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2013

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	864
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	25,785°
Length of Mean Vector (r)	0,139
Concentration	0,28
Circular Variance	0,861
Circular Standard Deviation	113,872°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	16,637
Rayleigh Test (p)	5,95E-8

4.1.7 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 209



Obrázek 14 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2013



Obrázek 15 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2013

Průměrný vektor pro orientaci hlavy na hnízdě č. 209 v roce 2013 byl 333,16° (Tabulka 14) a pro orientaci těla 343,753° (Tabulka 15). Každá skupina dat obsahovala pouze 36 měření, a přesto jsou výsledky statisticky významné.

Tabulka 14 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2013

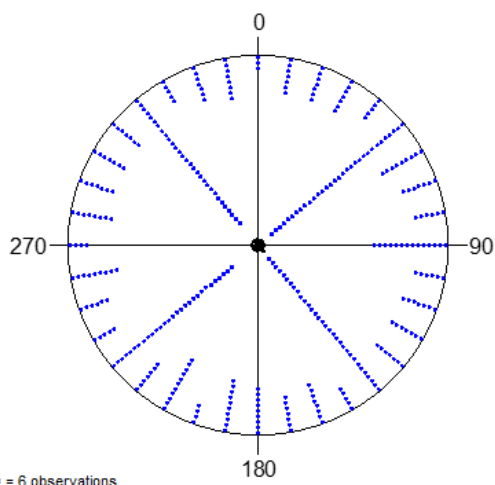
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	36
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	333,16°
Length of Mean Vector (r)	0,192
Concentration	0,391
Circular Variance	0,808
Circular Standard Deviation	104,14°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	1,323
Rayleigh Test (p)	0,268

Tabulka 15 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2013

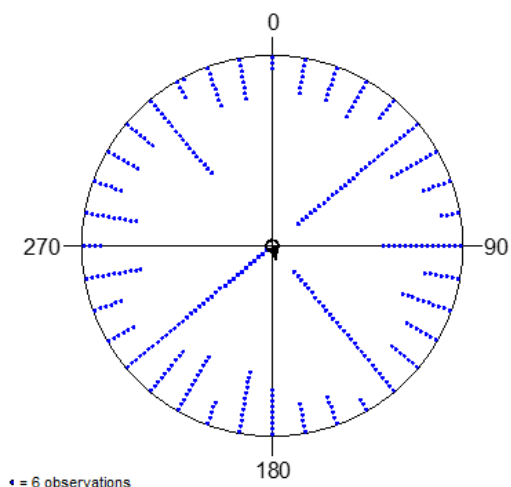
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	36
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	343,753°
Length of Mean Vector (r)	0,151
Concentration	0,306
Circular Variance	0,849
Circular Standard Deviation	111,382°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,822
Rayleigh Test (p)	0,442

4.2 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2014

4.2.1 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 67



Obrázek 16 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2014



Obrázek 17 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2014

V roce 2014 bylo na hnízdě č. 67 zpracováno celkem 3 988 měření, 1 994 měření pro orientaci hlavy a stejný počet i pro orientaci těla. Průměrný vektor pro orientaci hlavy byl $135,745^\circ$ (Tabulka 16) a pro orientaci těla $168,235^\circ$ (Tabulka 17). Výsledky pro orientaci hlavy nejsou statisticky významné, neboť délka průměrného vektoru nepřesahuje zvolenou hladinu významnosti ($r < 0,05$).

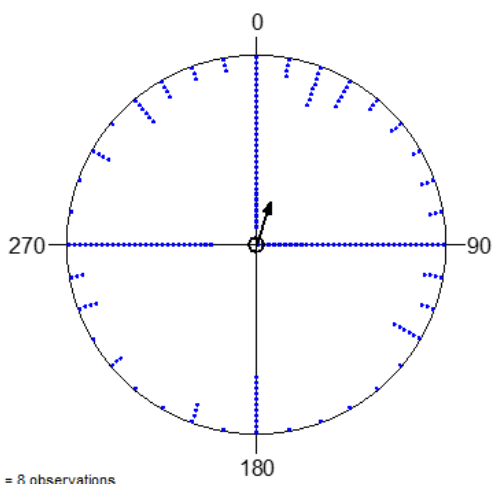
Tabulka 16 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1994
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$135,745^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,041
Concentration	0,083
Circular Variance	0,959
Circular Standard Deviation	$144,629^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	3,408
Rayleigh Test (p)	0,033

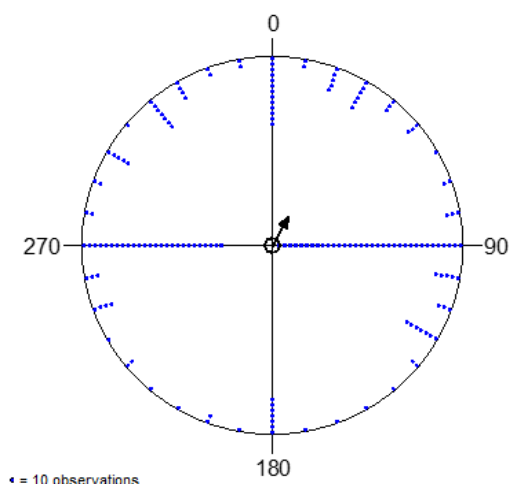
Tabulka 17 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1994
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	168,235°
Length of Mean Vector (r)	0,066
Concentration	0,133
Circular Variance	0,934
Circular Standard Deviation	133,516°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,738
Rayleigh Test (p)	1,60E-4

4.2.2 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 101



Obrázek 18 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2014



Obrázek 19 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2014

Statistická analýza provedená na hnízdě č. 101 na 1 474 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla vykazovala pro oba dva případy statisticky průkaznou preferenci určitého směru. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor 18,239° (Tabulka 18), pro orientaci těla 27,037° (Tabulka 19).

Tabulka 18 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2014

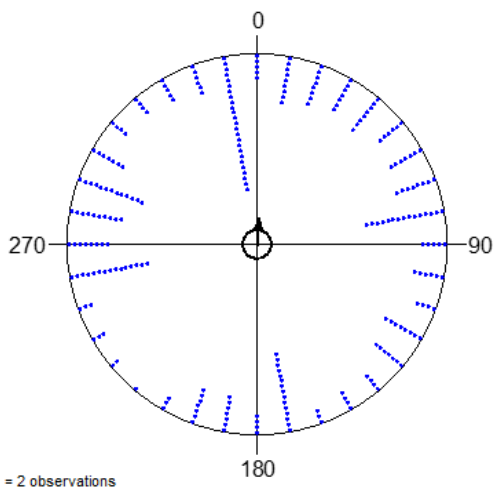
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1474

Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	18,239°
Length of Mean Vector (r)	0,238
Concentration	0,49
Circular Variance	0,762
Circular Standard Deviation	97,106°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	83,372
Rayleigh Test (p)	<1E-12

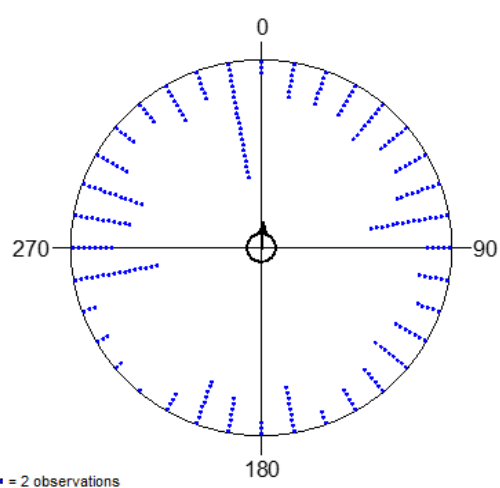
Tabulka 19 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1474
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	27,037°
Length of Mean Vector (r)	0,171
Concentration	0,348
Circular Variance	0,829
Circular Standard Deviation	107,649°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	43,194
Rayleigh Test (p)	<1E-12

4.2.3 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 112



Obrázek 20 Orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2014



Obrázek 21 Orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2014

Na hnízdě č. 112 v roce 2014 bylo provedeno 490 měření orientace hlavy a stejný počet měření orientace těla. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením naměřených dat, je v případě orientace hlavy $3,975^\circ$ (Tabulka 20) a v případě orientace těla $4,052^\circ$ (Tabulka 21).

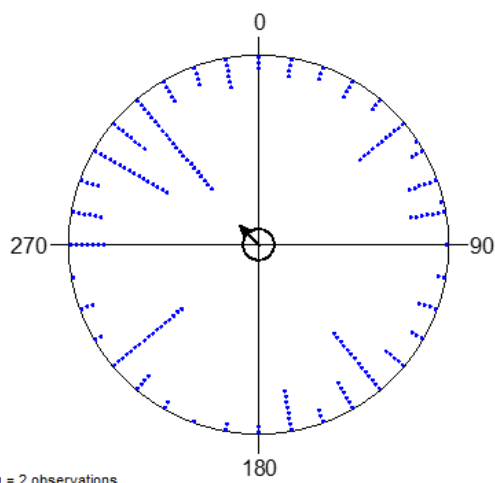
Tabulka 20 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	490
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$3,975^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,135
Concentration	0,273
Circular Variance	0,865
Circular Standard Deviation	$114,581^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,981
Rayleigh Test (p)	1,26E-4

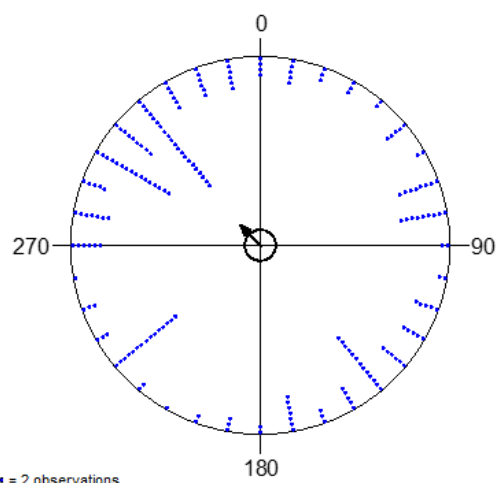
Tabulka 21 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	490
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$4,052^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,137
Concentration	0,277
Circular Variance	0,863
Circular Standard Deviation	$114,158^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	9,25
Rayleigh Test (p)	9,61E-5

4.2.4 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 118



Obrázek 22 Orientace hlavy na hnízdě č. 118, r. 2014



Obrázek 23 Orientace těla na hnízdě č. 118, r. 2014

V roce 2014 bylo na tomto hnízdě statisticky zpracováno celkem 776 měření. Průměrný vektor orientace hlavy získaný ze statistické analýzy 388 měření byl $314,758^\circ$ (Tabulka 22). Pro stejný počet dat naměřených na orientaci těla byl průměrný vektor $314,825^\circ$ (Tabulka 23).

Tabulka 22 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 118, r. 2014

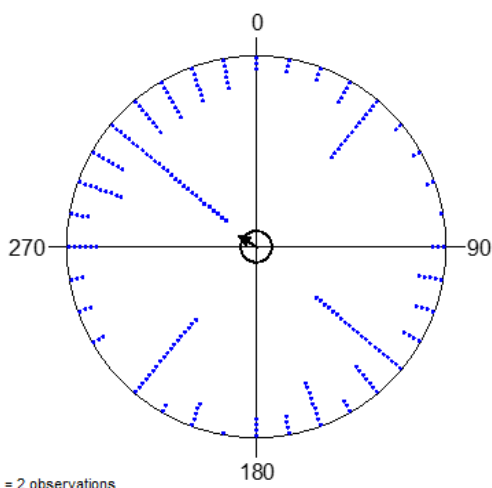
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	388
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	$314,758^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,146
Concentration	0,294
Circular Variance	0,854
Circular Standard Deviation	$112,48^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,224
Rayleigh Test (p)	$2,68E-4$

Tabulka 23 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 118, r. 2014

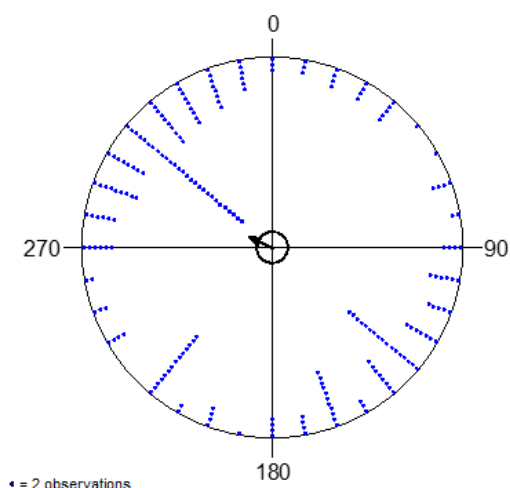
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	388

Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	314,825°
Length of Mean Vector (r)	0,151
Concentration	0,306
Circular Variance	0,849
Circular Standard Deviation	111,403°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,851
Rayleigh Test (p)	1,43E-4

4.2.5 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 122



Obrázek 24 Orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2014



Obrázek 25 Orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2014

Statistická analýza provedená na hnízdě č. 122 na 412 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla vykazovala pro oba dva případy statisticky průkaznou preferenci určitého směru. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor 300,441° (Tabulka 24), pro orientaci těla 295,01° (Tabulka 25).

Tabulka 24 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2014

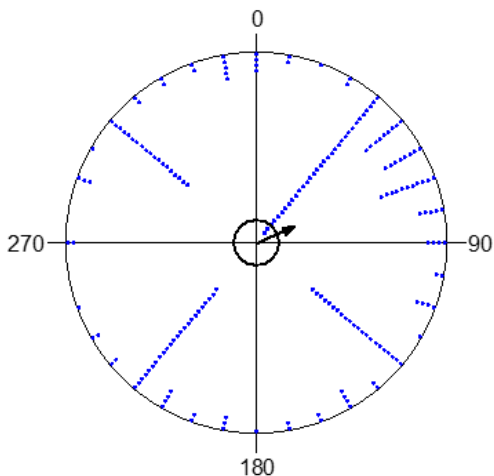
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	412
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	300,441°
Length of Mean Vector (r)	0,111

Concentration	0,224
Circular Variance	0,889
Circular Standard Deviation	120,041°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	5,112
Rayleigh Test (p)	0,006

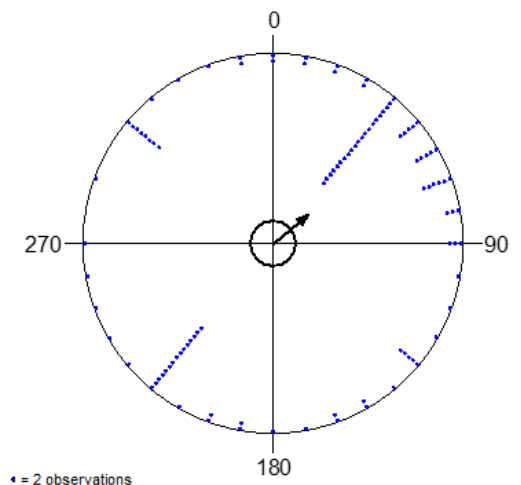
Tabulka 25 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	412
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	295,01°
Length of Mean Vector (r)	0,131
Concentration	0,264
Circular Variance	0,869
Circular Standard Deviation	115,503°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	7,079
Rayleigh Test (p)	8,43E-4

4.2.6 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 125



Obrázek 26 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2014



Obrázek 27 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2014

Průměrný vektor pro orientaci hlavy na hnízdě č. 125 v roce 2014 byl 65,702° (Tabulka 26) a pro orientaci těla 50,11° (Tabulka 27). Každá skupina dat obsahovala 193 měření a Rayleighův test ukázal, že výsledky jsou statisticky průkazné.

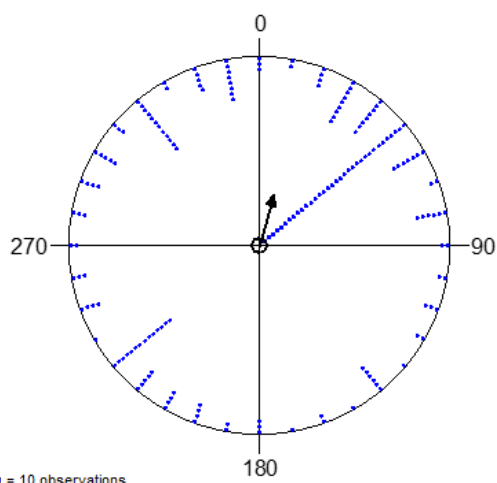
Tabulka 26 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	193
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	65,702°
Length of Mean Vector (r)	0,209
Concentration	0,428
Circular Variance	0,791
Circular Standard Deviation	101,317°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,463
Rayleigh Test (p)	2,11E-4

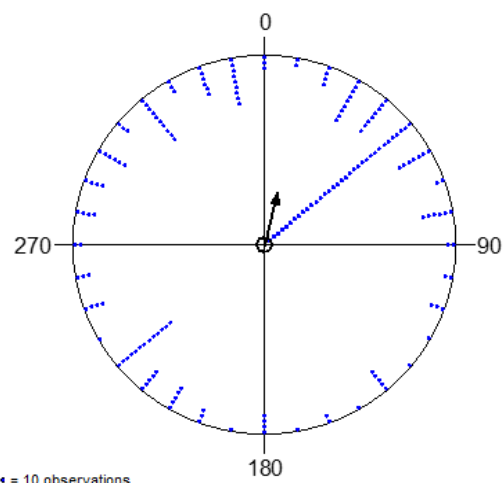
Tabulka 27 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	193
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	50,11°
Length of Mean Vector (r)	0,23
Concentration	0,473
Circular Variance	0,77
Circular Standard Deviation	98,206°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	10,225
Rayleigh Test (p)	3,63E-5

4.2.7 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 147



Obrázek 28 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2014



Obrázek 29 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2014

Celkově bylo na hnízdě č. 147 naměřeno 3 246 dat, z toho 1 623 bylo pro orientaci hlavy a taktéž 1 623 měření pro orientaci těla. Průměrný vektor pro orientaci hlavy byl na základě statistické analýzy 15,864° (Tabulka 28) a pro orientaci těla 12,749° (Tabulka 29).

Tabulka 28 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2014

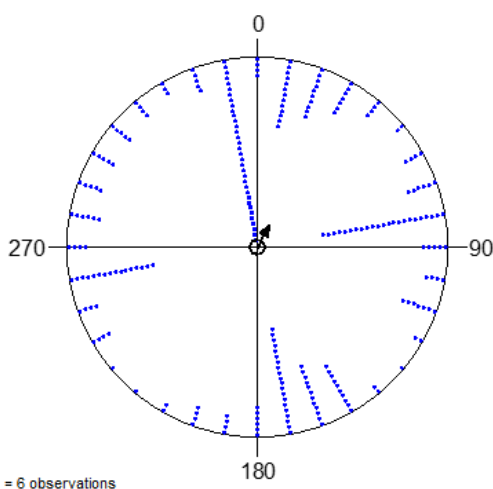
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1623
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	15,864°
Length of Mean Vector (r)	0,273
Concentration	0,568
Circular Variance	0,727
Circular Standard Deviation	92,289°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	121,213
Rayleigh Test (p)	<1E-12

Tabulka 29 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2014

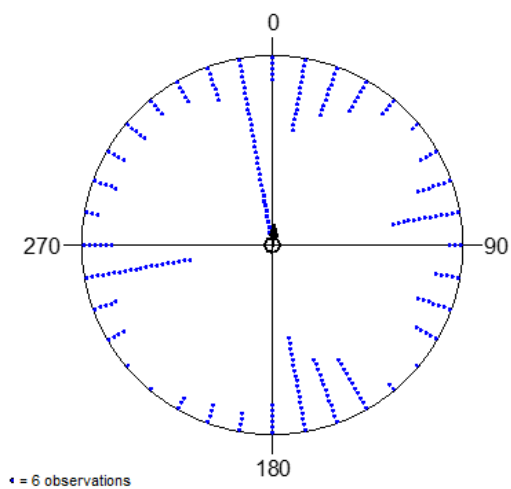
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1623
Data Grouped?	Yes

Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	12,749°
Length of Mean Vector (r)	0,277
Concentration	0,577
Circular Variance	0,723
Circular Standard Deviation	91,791°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	124,641
Rayleigh Test (p)	<1E-12

4.2.8 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 151



Obrázek 30 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2014



Obrázek 31 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2014

Statisticky významné výsledky přinesla analýza 1 415 měření orientace hlavy a stejného počtu měření orientace těla na hnízdě č. 151. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením, byl pro orientaci hlavy 28,426° (Tabulka 30) a pro orientaci těla 3,659° (Tabulka 31).

Tabulka 30 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2014

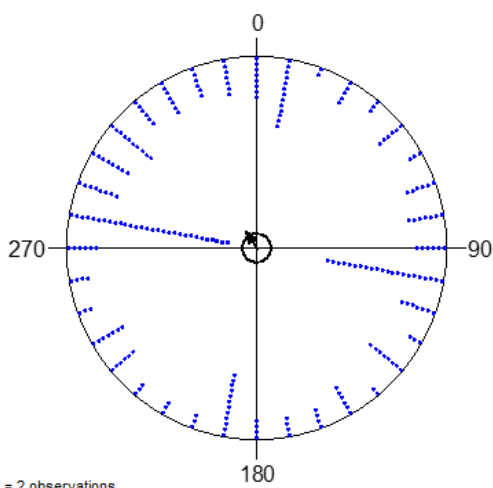
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1415
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	28,426°
Length of Mean Vector (r)	0,128
Concentration	0,259

Circular Variance	0,872
Circular Standard Deviation	116,079°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	23,344
Rayleigh Test (p)	7,27E-11

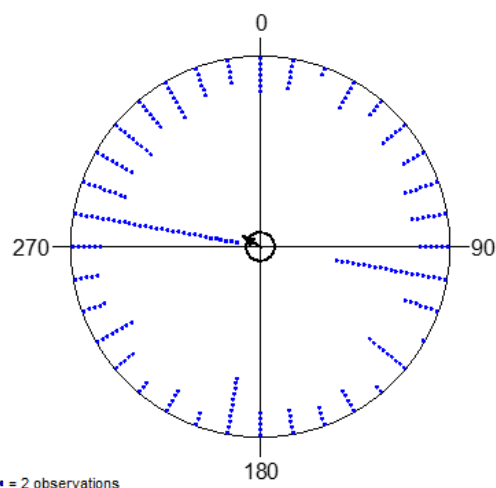
Tabulka 31 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2014

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	1415
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	3,659°
Length of Mean Vector (r)	0,109
Concentration	0,22
Circular Variance	0,891
Circular Standard Deviation	120,517°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	16,954
Rayleigh Test (p)	4,33E-8

4.2.9 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 209



Obrázek 32 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2014



Obrázek 33 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2014

Statistická analýza provedená na hnízdě č. 209 na 475 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla vykazovala pro oba dva případy statisticky průkaznou preferenci

určitého směru. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor $325,276^\circ$ (Tabulka 32), pro orientaci těla $301,631^\circ$ (Tabulka 33).

Tabulka 32 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2014

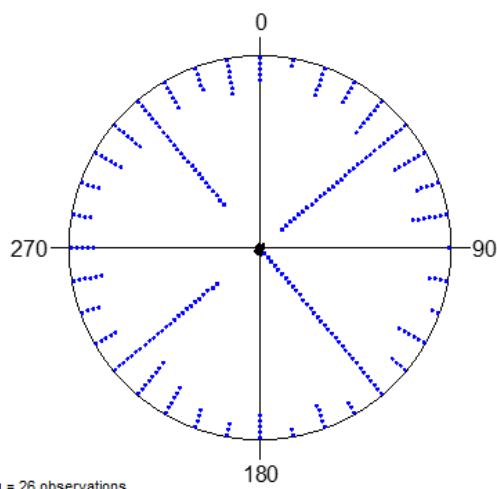
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	475
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$325,276^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,105
Concentration	0,211
Circular Variance	0,895
Circular Standard Deviation	$121,623^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	5,246
Rayleigh Test (p)	0,005

Tabulka 33 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2014

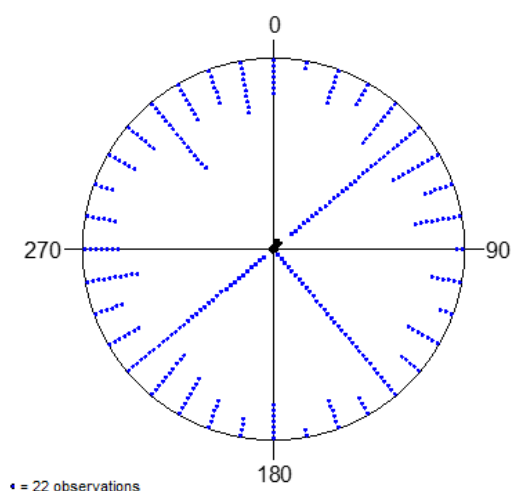
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	475
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$301,631^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,108
Concentration	0,217
Circular Variance	0,892
Circular Standard Deviation	$120,961^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	5,508
Rayleigh Test (p)	0,004

4.3 Orientace hlavy a těla čápa bílého při sezení na hnízdě v roce 2015

4.3.1 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 67



Obrázek 34 Orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2015



Obrázek 35 Orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2015

Na hnízdě č. 67 v roce 2015 bylo provedeno 6 642 měření orientace hlavy a stejný počet měření orientace těla. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením naměřených dat, je v případě orientace hlavy $32,381^\circ$ (Tabulka 34) a v případě orientace těla $198,251^\circ$ (Tabulka 35). Jelikož Rayleighův test směrové preference pro orientaci hlavy i těla byl pod hranicí průkaznosti ($r < 0,05$) (Tabulka 35), výsledek pro orientaci hlavy není statisticky významný.

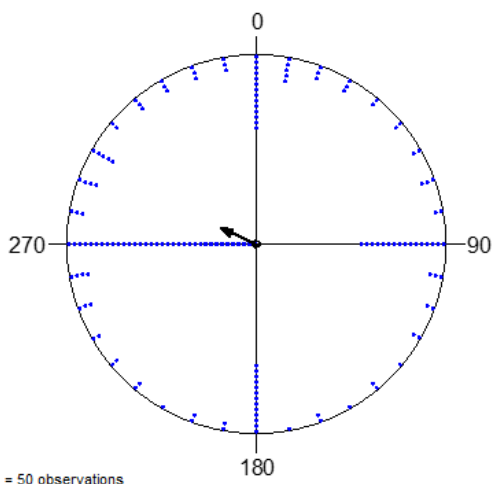
Tabulka 34 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 67, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	6642
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$32,381^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,029
Concentration	0,057
Circular Variance	0,971
Circular Standard Deviation	$152,668^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	5,481
Rayleigh Test (p)	0,004

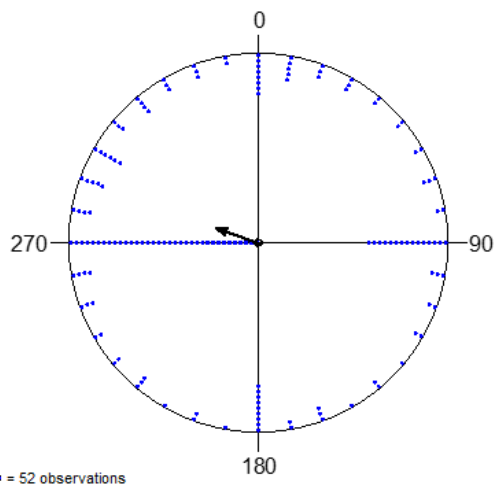
Tabulka 35 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 67, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	6642
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	198,251°
Length of Mean Vector (r)	0,007
Concentration	0,013
Circular Variance	0,993
Circular Standard Deviation	181,176°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,302
Rayleigh Test (p)	0,739

4.3.2 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 101



Obrázek 36 Orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2015



Obrázek 37 Orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2015

V roce 2015 bylo na tomto hnízdě statisticky zpracováno celkem 14 012 měření. Průměrný vektor orientace hlavy získaný ze statistické analýzy 7 006 měření byl 294,919° (Tabulka 36). Pro stejný počet dat naměřených na orientaci těla byl průměrný vektor 289,684° (Tabulka 37).

Tabulka 36 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 101, r. 2015

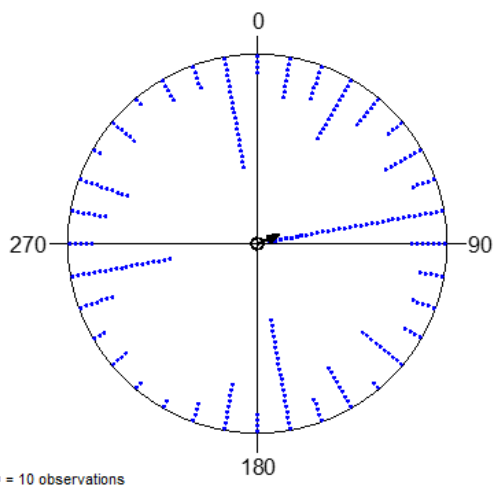
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	7006

Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	294,919°
Length of Mean Vector (r)	0,208
Concentration	0,426
Circular Variance	0,792
Circular Standard Deviation	101,516°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	303,468
Rayleigh Test (p)	<1E-12

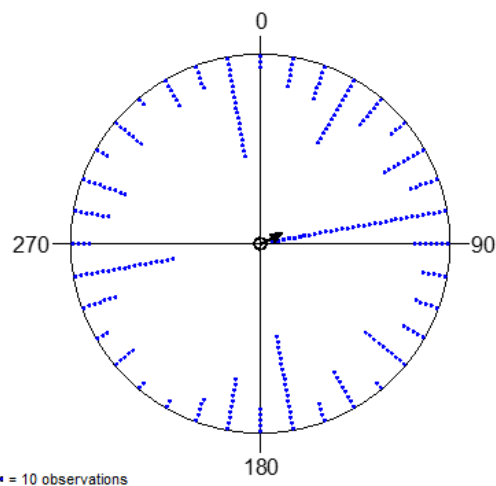
Tabulka 37 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 101, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	7006
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	289,684°
Length of Mean Vector (r)	0,238
Concentration	0,491
Circular Variance	0,762
Circular Standard Deviation	97,025°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	398,166
Rayleigh Test (p)	<1E-12

4.3.3 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 112



Obrázek 38 Orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2015



Obrázek 39 Orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2015

Statisticky významné výsledky přinesla analýza 2 578 měření orientace hlavy a stejného počtu měření orientace těla na hnízdě č. 112. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením, byl pro orientaci hlavy $64,642^\circ$ (Tabulka 38) a pro orientaci těla $62,115^\circ$ (Tabulka 31).

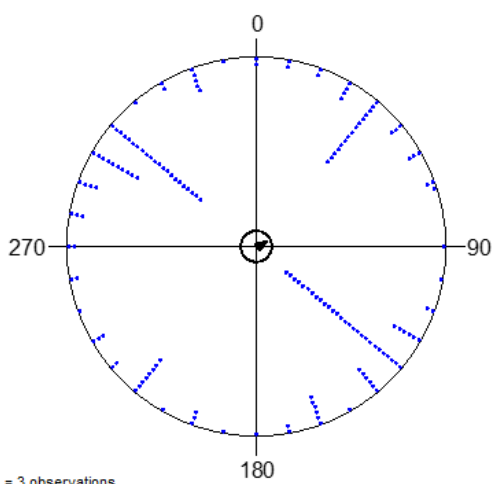
Tabulka 38 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 112, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	2578
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$64,642^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,119
Concentration	0,24
Circular Variance	0,881
Circular Standard Deviation	$118,222^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	36,498
Rayleigh Test (p)	$<1E-12$

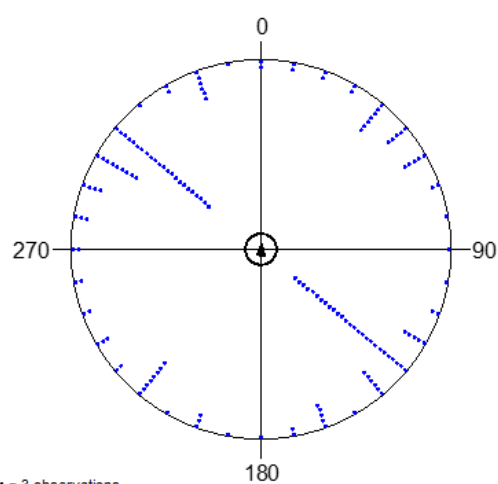
Tabulka 39 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 112, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	2578
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$62,115^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,12
Concentration	0,242
Circular Variance	0,88
Circular Standard Deviation	$117,916^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	37,311
Rayleigh Test (p)	$<1E-12$

4.3.4 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 122



Obrázek 40 Orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2015



Obrázek 41 Orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2015

Celkově bylo na hnízdě č. 122 naměřeno 856 dat, z toho 428 bylo pro orientaci hlavy a taktéž 428 měření pro orientaci těla. Průměrný vektor pro orientaci hlavy byl na základě statistické analýzy $57,906^\circ$ (Tabulka 40) a pro orientaci těla $4,838^\circ$ (Tabulka 41). Rayleighův test určil, že výsledky pro orientaci těla nejsou statisticky významné.

Tabulka 40 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 122, r. 2015

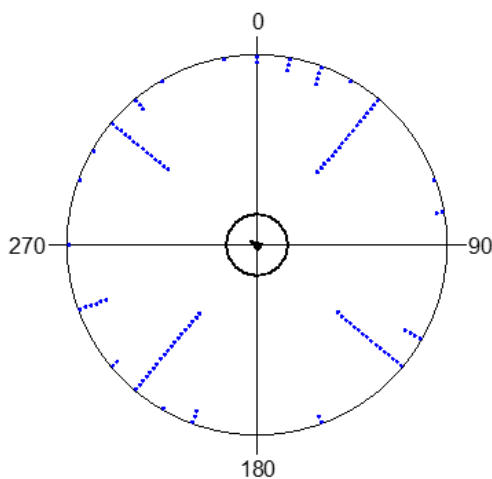
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	428
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	$57,906^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,058
Concentration	0,117
Circular Variance	0,942
Circular Standard Deviation	$136,593^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	1,456
Rayleigh Test (p)	0,233

Tabulka 41 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 122, r. 2015

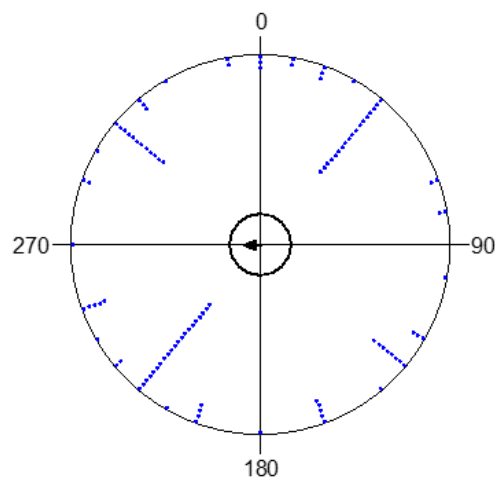
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	428

Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	4,838°
Length of Mean Vector (r)	0,032
Concentration	0,063
Circular Variance	0,968
Circular Standard Deviation	150,552°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,429
Rayleigh Test (p)	0,651

4.3.5 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 125



Obrázek 42 Orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2015



Obrázek 43 Orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2015

Průměrný vektor pro orientaci hlavy na hnízdě č. 125 v roce 2015 byl 301,462° (Tabulka 42) a pro orientaci těla 270,119° (Tabulka 43). Každá skupina dat obsahovala 106 měření a v případě výsledků pro orientaci hlavy Rayleighův test ukázal, že výsledky jsou statisticky neprůkazné, což znamená, že zde není preferovaný směr orientace.

Tabulka 42 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 125, r. 2015

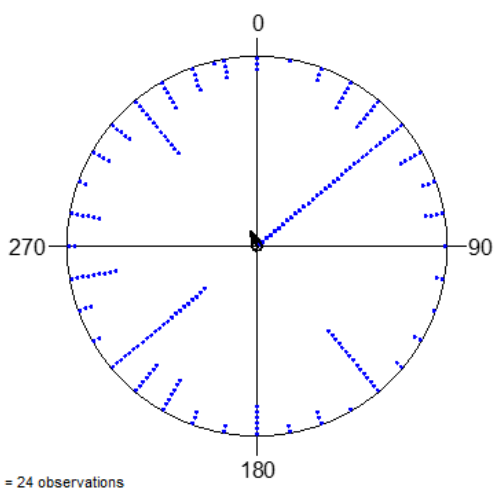
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	106
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	301,462°
Length of Mean Vector (r)	0,042

Concentration	0,083
Circular Variance	0,958
Circular Standard Deviation	144,445°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,184
Rayleigh Test (p)	0,832

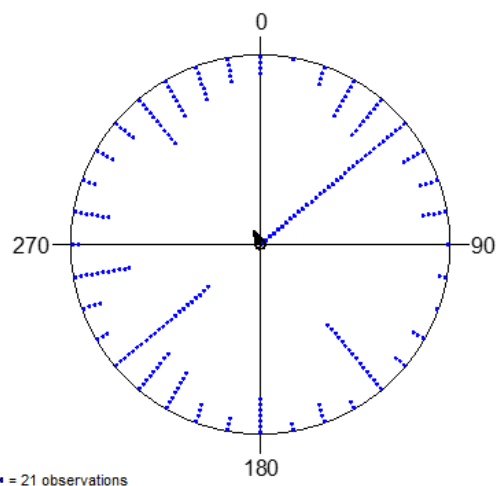
Tabulka 43 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 125, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	106
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	270,119°
Length of Mean Vector (r)	0,083
Concentration	0,167
Circular Variance	0,917
Circular Standard Deviation	127,768°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	0,734
Rayleigh Test (p)	0,48

4.3.6 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 147



Obrázek 44 Orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2015



Obrázek 45 Orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2015

Na hnízdě č. 147 v roce 2015 bylo provedeno 4 499 měření orientace hlavy a stejný počet měření orientace těla. Průměrný vektor, který je angulárním vyjádřením naměřených

dat, je v případě orientace hlavy $336,279^\circ$ (Tabulka 44) a v případě orientace těla $333,445^\circ$ (Tabulka 45).

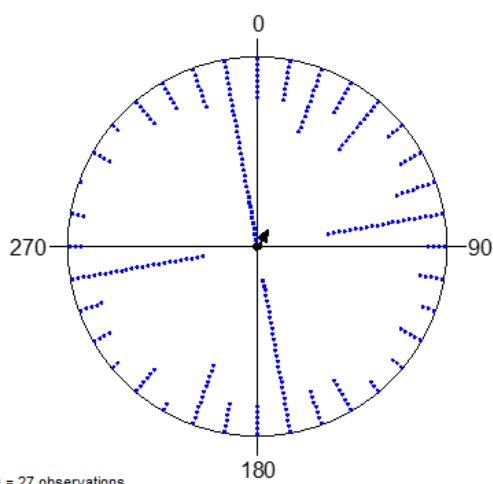
Tabulka 44 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 147, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	4499
Data Grouped?	No
Group Width (& Number of Groups)	-
Mean Vector (μ)	$336,279^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,087
Concentration	0,174
Circular Variance	0,913
Circular Standard Deviation	$126,65^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	33,971
Rayleigh Test (p)	<1E-12

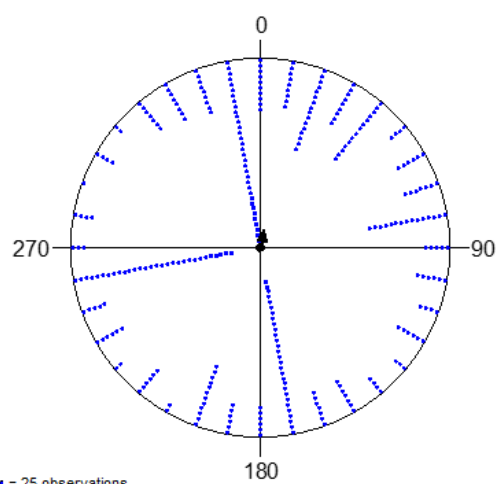
Tabulka 45 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 147, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	4499
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$333,445^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,08
Concentration	0,161
Circular Variance	0,92
Circular Standard Deviation	$128,682^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	29,004
Rayleigh Test (p)	<1E-12

4.3.7 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 151



Obrázek 46 Orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2015



Obrázek 47 Orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2015

V roce 2015 statistická analýza provedená na hnízdě č. 151 na 7 274 měřeních jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla byla pro oba dva případy průkazná. V případě orientace hlavy byl průměrný vektor $28,236^\circ$ (Tabulka 46), pro orientaci těla $7,006^\circ$ (Tabulka 47).

Tabulka 46 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 151, r. 2015

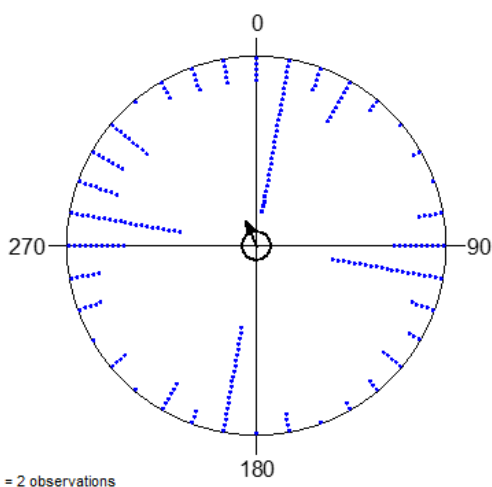
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	7274
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	$10^\circ(36)$
Mean Vector (μ)	$28,236^\circ$
Length of Mean Vector (r)	0,1
Concentration	0,201
Circular Variance	0,9
Circular Standard Deviation	$123,016^\circ$
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	72,41
Rayleigh Test (p)	$<1E-12$

Tabulka 47 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 151, r. 2015

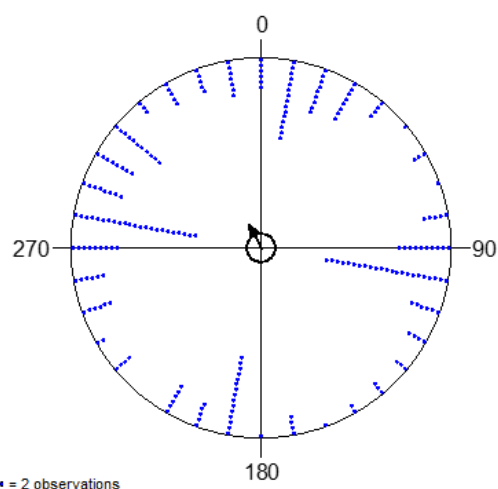
Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	7274
Data Grouped?	Yes

Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	7,006°
Length of Mean Vector (r)	0,097
Concentration	0,195
Circular Variance	0,903
Circular Standard Deviation	123,806°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	68,232
Rayleigh Test (p)	<1E-12

4.3.8 Orientace čápa bílého na hnízdě č. 209



Obrázek 48 Orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2015



Obrázek 49 Orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2015

V roce 2015 bylo na hnízdě č. 209 statisticky zpracováno celkem 900 měření. Průměrný vektor orientace hlavy získaný ze statistické analýzy 450 měření byl 335,377° (Tabulka 48). Pro stejný počet dat naměřených na orientaci těla byl průměrný vektor 332,193° (Tabulka 49).

Tabulka 48 Základní statistické údaje - orientace hlavy na hnízdě č. 209, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	450
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	335,377°
Length of Mean Vector (r)	0,139
Concentration	0,28

Circular Variance	0,861
Circular Standard Deviation	113,881°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,66
Rayleigh Test (p)	1,73E-4

Tabulka 49 Základní statistické údaje - orientace těla na hnízdě č. 209, r. 2015

Variable	Angles
Data Type	Angles
Number of Observations	450
Data Grouped?	Yes
Group Width (& Number of Groups)	10°(36)
Mean Vector (μ)	332,193°
Length of Mean Vector (r)	0,14
Concentration	0,283
Circular Variance	0,86
Circular Standard Deviation	113,603°
One Sample Test	
Rayleigh Test (Z)	8,828
Rayleigh Test (p)	1,47E-4

4.4. Souhrnný přehled výsledků

V následující tabulce č. 50 je uveden pro názornost souhrnný přehled výsledků. Červeně jsou vyznačeny výsledky, které nejsou signifikantní.

Tabulka 50 Přehled výsledků

Hnízdo č.	2013					2014					2015				
	Počet měření	Orientace hlavy	r	Orientace těla	r	Počet měření	Orientace hlavy	r	Orientace těla	r	Počet měření	Orientace hlavy	r	Orientace těla	r
67	1 478	324,733°	0,089	347,646°	0,142	1 994	135,745°	0,041	168,235°	0,066	6 642	32,381°	0,029	198,251°	0,007
101	672	347,984°	0,148	335,839°	0,164	1 474	18,239°	0,238	27,037°	0,171	7 006	294,919°	0,208	289,684°	0,238
112	-	-	-	-	-	490	3,975°	0,135	4,052°	0,137	2 578	64,642°	0,119	62,115°	0,120
118	-	-	-	-	-	388	314,758°	0,146	314,825°	0,151	-	-	-	-	-
122	-	-	-	-	-	412	300,441°	0,111	295,01°	0,131	428	57,906°	0,058	4,838°	0,032
125	118	203,326°	0,224	213,043°	0,251	193	65,702°	0,209	50,11°	0,230	106	301,462°	0,042	270,119°	0,083
140	190	169,099°	0,039	0,967°	0,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
147	468	309,369°	0,194	308,761°	0,215	1 623	15,864°	0,273	12,749°	0,277	4 499	336,279°	0,087	333,445°	0,080
151	864	43,033°	0,112	25,785°	0,139	1 415	28,426°	0,128	3,659°	0,109	7 274	28,236°	0,100	7,006°	0,097
209	36	333,16°	0,192	343,753°	0,151	475	325,276°	0,105	301,631°	0,108	450	335,377°	0,139	332,193°	0,140

5. DISKUZE

Z provedených analýz vyplývá, že čápi při sezení na hnízdě preferují severojižní orientaci. Tyto výsledky odpovídají představě, že zvířata při magnetickém alignmentu využívají právě severojižní orientaci. Tyto poznatky byly zjištěny u několika skupin obratlovců (Hart a kol., 2012; Hart a kol., 2013; Červený a kol., 2011 apod.). Begall a kol. (2008) toto chování zjistili u tura domácího (*Bos primigenius*), kdy využívali satelitní snímky z Google Earth, nebo u jelena evropského (*Cervus elaphus*) a srnce obecného (*Capreolus capreolus*) jejich přímým pozorováním během odpočinku a pastvy.

Na rozdíl od orientace těla nemá orientace hlavy v některých případech jasný severojižní směr, což může být způsobeno tím, že čáp sleduje okolí a případné nebezpečné vlivy. Taktéž zobák používá k manipulaci s předměty na hnízdě a k úpravě okolí.

Obecně se neprůkazné výsledky a odchylky od severojižní preference dají mimo jiné vysvětlit tím, že na jedince sedícího na hnízdě může mít účinek nepřehledné množství vnějších vlivů, jako je elektrosmog, magnetické bouře, případně lokální anomálie, jejichž působení by bylo nutné změřit na místě. Již ve studii Burdy a kol. (2009) bylo zjištěno že, magnetické pole, které vzniká ve vedení vysokého napětí, mění preferenci severojižní směru.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo uvedení literárního přehledu znalostí o magnetoreceptci, magnetické orientaci a souvisejících témat. První kapitola rešerše se nejprve zabývala biologií čápa bílého (*Ciconia ciconia*), teprve až další kapitoly podaly informace o magnetoreceptci a souvisejících tématech. V kapitole o magnetoreceptci byly představeny tři hlavní hypotézy, které popisují její princip. V následující kapitole jsem se zabývala magnetickou orientací a jejími typy. Na závěr literární rešerše jsem uvedla některé znalosti týkající se magnetické orientace ptáků.

Předmětem praktické části předkládané diplomové práce byla analýza snímků hnízdících čápů. Byla sledována orientace hlavy a těla při sezení na hnízdě a následně statisticky vyhodnocena. Sledování probíhalo ve třech hnízdních obdobích, v roce 2013, 2014 a 2015. Monitoring se odehrával na 10 hnízdech, z nichž tři jsou v České republice, a zbytek je umístěn v různých oblastech Spolkové republiky Německo.

Celkem bylo zpracováno 41 273 snímků, v analýzách tedy bylo dohromady použito 82 546 měření. Převážná většina výsledků vykazovala statistickou významnost, což znamená, že čáp preferoval konkrétní směr při sezení na hnízdě. Touto preferencí byl jak pro orientaci hlavy, tak pro orientaci těla převážně severojižní směr. Odchyly při orientaci hlavy mohou být způsobeny tím, že ptáci hlavou sledují okolí a případné nebezpečí, či svůj zobák při sezení na hnízdě používají k úpravě hnízda a peří.

V současné době existuje mnoho výzkumů zabývajících se magnetickou orientací u různých druhů živočichů, zkoumají její přítomnost, zda a jak je ovlivněna, preferované směry během rozličných činností. Bohužel stále nejsou známy magnetické receptory a přenašeče, a proto především v této oblasti je stále velký prostor pro další výzkumy.

7. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- ABLE, K. P. Magnetic orientation and magnetoreception in birds. *Neurobiology*. 1994, vol. 42, no. 4, s. 449-473.
- ANONYMOUS¹. European white stork. *Smithsonian National Zoological Park* [online]. [2016] [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <https://nationalzoo.si.edu/Animals/Birds/Facts/fact-europwhitestork.cfm>
- ANONYMOUS². Magnetism. *Encyclopædia Britannica* [online]. [2016] [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/science/magnetism>
- ANONYMOUS³. Magnetické pole. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. [2016] [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A9_pole
- BALKWILL, D. L., MARATEA, D. a BLAKEMORE, R. P. Ultrastructure of a magnetotactic spirillum. *Journal of Bacteriology*. 1980, vol. 141, no. 3, s. 1399-1408.
- BEASON, R. C. Mechanisms of magnetic orientation in birds. *Integrative and Comparative Biology*. 2005, vol. 45, no. 3, s. 565-573.
- BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J., VOJTĚCH, O. a BURDA, H. Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008, vol. 105, no. 36, s. 13451-13455.
- BEGALL, S., MALKEMPER, E. P., ČERVENÝ, J., NĚMEC, P. a BURDA, H. Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*. 2013, vol. 78, no. 1, s. 10-20.
- BLAKEMORE, R. Magnetotactic bacteria. *Science*. 1975, vol. 190, no. 4212, s. 377-379.
- BOLES, L. C. a LOHMANN, K. J. True navigation and magnetic maps in spiny lobsters. *Nature*. 2003, vol. 421, no. 6918, s. 60-63.
- BURDA, H., BEGALL, S., ČERVENÝ, J., NEEF, J. a NĚMEC, P. Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009, vol. 106, no. 14, s. 5708-5713.

- ČERVENÝ, J., BEGALL, S., KOUBEK, P., NOVÁKOVÁ, P. a BURDA, H. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology Letters*. 2011, vol. 7, no. 3, s. 355-357.
- DEUTSCHLANDER, M. E., BORLAND, S. C. a PHILLIPS, J. B. Extraocular magnetic compass in newts. *Nature*. 1999, vol. 400, no. 6742, s. 324-325.
- DEWEY, T. *Ciconia ciconia*. *Animal Diversity Web* [online]. [2006] [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: http://animaldiversity.org/accounts/Ciconia_ciconia/
- FRANKEL, R. B. Magnetic guidance of organisms. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*. 1984, vol. 13, no. 1, s. 85-103.
- FRANKEL, R. B. a BLAKEMORE, R. P. Navigational compass in magnetic bacteria. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 1980, vol. 15-16, no. 3, s. 1562-1564.
- FREIRE, R. a BIRCH, T. E. Conditioning to magnetic direction in the Pekin duck (*Anas platyrhynchos domestica*). 2010, vol. 213, no. 20, s. 3423-3426.
- FREIRE, R., MUNRO, U. H., ROGERS, L. J., WILTSCHKO, R. a WILTSCHKO, W. Chickens orient using a magnetic compass. *Current Biology*. 2007, vol. 15, no. 16, s. R620-R621.
- GUDMUNDSSON, G. A. a SANDBERG, R. Sanderlings (*Calidris alba*) have a magnetic compass: orientation experiments during spring migration in Iceland. *Journal of Experimental Biology*. 2000, vol. 203, no. 20, s. 3137-3144.
- HART, V., KUŠTA, T., NĚMEC, T., BLÁHOVÁ, V., JEŽEK, M., NOVÁKOVÁ, P., BEGALL, S., ČERVENÝ, J., HANZAL, V., MALKEMPER, E. P., ŠTÍPEK, K., VOLE, CH. a BURDA, H. Magnetic alignment in carps: Evidence from the Czech Christmas fish market. *PLoS ONE*. 2012, vol. 7, no. 12, e51100.
- HART, V., MALKEMPER, E. P., KUŠTA, T., BEGALL, S., NOVÁKOVÁ, P., HANZAL, V., PLESKAČ, L., JEŽEK, M., POLICHT, R., HUSINEC, V., ČERVENÝ, J. a BURDA, H. Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in Zoology*. 2013, vol. 1, no. 10, s. 1-10.
- HOLLAND, R. A., KIRSCHVINK, J. L., DOAK, T. G. a WIKELSKI, M. Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field. *PLoS One*. 2008, vol. 3, no. 2, e1676.

- HOLLAND, R. A., BORISSOV, I., SIEMERS, B. M. A nocturnal mammal, the greater mouse-eared bat, calibrates a magnetic compass by the Sun. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010, vol. 107, no. 15, s. 6941-6945.
- JOHNSEN, S. a LOHMANN, K. J. The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nature Reviews Neuroscience*. 2005, vol. 6, no. 9, s. 703-712.
- KEETON, W. T., LARKIN, T. S. a WINDSOR, D. M. Normal fluctuations in the Earth's magnetic field influence pigeon orientation. *Journal of Comparative Physiology*. 1974, vol. 95, no. 2, s. 95-103.
- KOVACH, W. L. *Oriana – Circular Statistics for Windows, version 3*. [online]. Pentraeth, Wales, U. K.: Kovach Computing Services, 2009 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.kovcomp.com/oriana3man.pdf>
- LOHMANN, J. K. Magnetic-field perception. *Nature*. 2010, vol. 464, s. 1140-1142.
- LOHMANN, K. J. a JOHNSEN, S. The neurobiology of magnetoreception in vertebrate animals. *Trends in Neurosciences*. 2000, vol. 23, no. 4, s. 153-159.
- LOHMANN, K. J. a LOHMANN, C. M. F. Detection of magnetic inclination angle by sea turtles: A possible mechanism for determining latitude. *Journal of Experimental Biology*. 1994, vol. 194, no. 1, s. 23-32.
- MARHOLD, S., WILTSCHKO, W. a BURDA H. A magnetic polarity compass for direction finding in a subterranean mammal. *Naturwissenschaften*. 1997, vol. 84, no. 9, s. 421-423.
- MORITZ, R. E., BURDA, H., BEGALL, S. a NĚMEC, P. Magnetic compass: A useful tool underground. In: BEGALL, S., BURDA, H. a SCHLEICH, C. E. (eds.). *Subterranean rodents: News from underground*. Berlin: Springer, 2007, s. 161-174. ISBN 978-3-540-69276-8.
- NĚMEC, P. a VÁCHA, M. Mechanismy magnetorecepce. *Vesmír*. 2007, vol. 86, Květen, s. 284-289.
- PAULIN, M. G. Electroreception and the compass sense of sharks. *Journal of Theoretical Biology*. 1995, vol. 174, no. 3, s. 325-339.

- SEMM, P., NOHR, D., DEMAINE, C. a WILTSCHKO, W. Neural basis of the magnetic compass: Interactions of visual, magnetic and vestibular inputs in the pigeon's brain. *Journal of Comparative Physiology A*. 1984, vol. 155, no. 3, s. 283-288.
- SHYAMAL. Čáp bílý. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. [2016] [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%A1p_b%C3%AD%C3%BD
- SCHULTEN, K. Magnetic field effects in chemistry and biology. *Festkörperprobleme*. 1982, vol. 22, s. 61-83.
- SCHÜLER, D. a FRANKEL, R. B. Bacterial magnetosomes: microbiology, biomineralization and biotechnological applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1999, vol. 52, no. 4, s. 464-473.
- SVENSSON, L., MULLARNEY, K., ZETTERSTROM, D. a GRANT, P. J. Ptáci Evropy, Severní Afriky a Blízkého východu. 2. vyd. Plzeň: Ševčík, 2012. 448. ISBN 978–80–7291–224–7.
- THALAU, P., RITZ, T., BURDA, H., WEGNER, R. E. a WILTSCHKO, R. The magnetic compass mechanisms of birds and rodents are based on different physical principles. *Journal of the Royal Society Interface*. 2006, vol. 3, no. 9, s. 583-587.
- VÁCHA, M. a NĚMEC, P. Kompas a mapa. *Vesmír*. 2007, vol. 86, Duben, s. 224-228.
- VOSS, J., KEARY, N. a BISCHOF, H. J. The use of the geomagnetic field for short distance orientation in zebra finches. *Neuroreport*. 2007, vol. 18, no. 10, s. 1053-1057.
- WANG, Y., PAN, Y., PARSONS, S., WALKER, M. a ZHANG, S. Bats respond to polarity of a magnetic field. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2007, vol. 274, no. 1627, s. 2901-2905.
- WILTSCHKO, W. Über den Einfluß statischer Magnetfelder auf die Zugorientierung der Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 1968, vol. 25, no. 5, s. 537-558.
- WILTSCHKO, W. a WILTSCHKO, R. Magnetic orientation in birds. *Journal of Experimental Biology*. 1996, vol. 199, no. 1, s. 29-38.
- WILTSCHKO, W. a WILTSCHKO, R. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of Comparative Physiology A*. 2005, vol. 191, no. 8, s. 675-693.

WILTSCHKO, R. a WILTSCHKO, W. Avian navigation. *An International Journal of Ornithology*. 2009, vol. 126, no. 4, s. 717-743.

WINKLHOFER, M. The physics of geomagnetic-field transduction in animals. *Magnetics, IEEE Transactions on*. 2009, vol. 45, no. 12, s. 5259-5265.

8. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Hnízdo č. 67	72
Příloha 2 Hnízdo č. 101	72
Příloha 3 Hnízdo č. 112	73
Příloha 4 Hnízdo č. 118	73
Příloha 5 Hnízdo č. 122	74
Příloha 6 Hnízdo č. 125	74
Příloha 7 Hnízdo č. 140	75
Příloha 8 Hnízdo č. 147	75
Příloha 9 Hnízdo č. 151	76
Příloha 10 Hnízdo č. 209	76

9. PŘÍLOHY



Příloha 1 Hnízdo č. 67



Příloha 2 Hnízdo č. 101



Příloha 3 Hnízdo č. 112



Příloha 4 Hnízdo č. 118



Příloha 5 Hnízdo č. 122



Příloha 6 Hnízdo č. 125



Příloha 7 Hnízdo č. 140



Příloha 8 Hnízdo č. 147



Příloha 9 Hnízdo č. 151



Příloha 10 Hnízdo č. 209