

Jihočeská universita v Českých Budějovicích  
Biologická fakulta  
Katedra zoologie

**Vliv vzoru na reakci ptačího predátora na nechráněnou  
aposematickou kořist**



Bakalářská práce

**Michaela Prášková**

školitel: Mgr. Petr Veselý

České Budějovice 2009

Bakalářská práce

**Michaela Prášková (2009) Vliv vzoru na reakci ptačího predátora na nechráněnou aposematickou kořist, počet stran, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, katedra Zoologie, České Budějovice, Česká republika.**

Reakce sýkor koňader (*Parus major*) na šváby argentinské (*Blaptica dubia*) nesoucí papírový samolepící štítek s barevným vzorem odvozeným od vzoru ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*) byla testována. Vzor ruměnice byl modifikován tak, aby odhalil význam oválných černých skvrn na polokrovkách ruměnice v její výstražné signalizaci. Bylo prokázáno, že skvrny jsou nezbytné, nicméně samy o sobě ochranu neposkytují, je třeba je kombinovat se zbytkem vzoru. Přírodní vzor ruměnice je tedy ideálním ochranným signálem, nicméně uměle lze vytvořit i vzor poskytující lepší ochranu.

**Michaela Prášková (2009) The importance of pattern on the reaction of avian predator to unprotected aposematic prey, počet stran, University of South Bohemia, faculty of Science, department of zoology, České Budějovice, Czech Republic.**

Reaction of great tits (*Parus major*) to the Guyana spotted Roach (*Blaptica dubia*) carrying paper sticker shields with colour pattern derived from natural pattern of the red firebug (*Pyrrhocoris apterus*) were examined. Pattern was modified in the purpose to test the necessity of black rounded spots on the firebugs hemelytra. This was proved nevertheless, the spots themselves do not provide protection, they must be combined with the rest of the pattern. The natural pattern of the firebug is optimal protection, an artificial pattern with higher protective function can be made though.

Studie vznikla za finanční podpory Akademie věd České republiky (IAA601410803, RNDr. Roman Fuchs, CSc.: Recognition of predators and other dangerous organisms by terrestrial vertebrates. 2008-2012.), Grantové agentury České republiky (206/08/H044, Prof. RNDr. Jan Lepš, CSc.: Plants, Insects and Vertebrates: Integrated study of ecological and evolutionary interactions. 2008-2011.) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MSM6007665801, doc. ing. Hana Šantrůčková, CSc.: Ecological, evolutionary and experimentally biological approaches to the study of origin and importance of the biodiversity. 2005-2010.).

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím citované literatury.

V Českých Budějovicích, dne

.....

Touto cestou bych chtěla ráda poděkovat všem lidem, kteří mi pomohli s napsáním této bakalářské práce.

Především velké poděkování patří mému školiteli Mgr. Petru Veselému za jeho věcné rady a připomínky, za ochotu, s kterou mi vždy rád pomohl. Nesmím zapomenout, že v časech zlých (ve zkouškovém období) se obětavě postaral o odchycené sýkory a chov švábů.

Velké poděkování patří i mému manželovi za jeho lásku, psychickou i morální podporu po dobu mého studia.

Také bych chtěla poděkovat svým rodičům, kteří mě po dobu mého studia podporovali nejen finančně, ale i po stránce morální.

A v neposlední řadě nesmím zapomenout na své přátele a známé, kteří mě vždycky v těžkých chvílích pomohli, podrželi a dodali energii, abych vše bez problémů zvládla.

# Obsah

## Úvod

|  |   |
|--|---|
| Aposematismus a mimikry.....                                   | 1 |
| Metody aposematismu.....                                       | 2 |
| Ptačí predátoři a jejich smyslové a kognitivní schopnosti..... | 4 |
| Význam vzoru a teček ve výstražné signalizaci hmyzu.....       | 5 |

## Metodika a materiál

|  |    |
|--|----|
| Kořist.....                                    | 8  |
| Predátor.....                                  | 8  |
| Experimentální zařízení a metodika pokusu..... | 9  |
| Statistické hodnocení.....                     | 10 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>Výsledky</b> ..... | 12 |
|-----------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| <b>Diskuze</b> ..... | 14 |
|----------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>Citovaná literatura</b> ..... | 17 |
|----------------------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| <b>Přílohy</b> ..... | 20 |
|----------------------|----|

# 1 Úvod

## 1.1 Aposematismus a mimikry

Aposematismus se začal studovat v druhé polovině 19. století a již v této době si nešlo nepovšimnout výrazného zbarvení u hmyzu, které podle Darwinovy teorie mělo vliv při sexuální selekci. Tuto myšlenku zpochybnil Wallace, který popsal výstražné zbarvení u housenek některých motýlů což se neshodovalo s Darwinovou teorií, neboť se jednalo o nedospělá stadia, na něž by sexuální selekce neměla mít vliv. Později Wallace studoval nejen housenky, ale i výrazné zbarvení brouků, ploščic a vos (vše Komárek 2000). Ke konci 19. století Poulton zavedl pojem aposematismu, avšak pod odlišným významem než jak ho známe dnes.

Slovo aposematismus obecně zahrnuje obrannou strategii, kdy daný organismus se snaží dát najevo své vlastnosti, které jej činí nevhodným coby potrava. Z tohoto důvodu začaly organismy používat různé formy obrany (mechanickou, chemickou, výstražné a kryptické zbarvení, aj.), aby případného predátora odhlavily nebo zmátly (Edmunds 1974). Ohrožení živočichové se mohou vyskytovat také v hejnech a stádech (řada druhů ptáků, savci v travnatých biotopech, hmyz), což jim umožňuje zmást predátora a ztěžuje to predátorovi jejich úspěšné ulovení, nebo naopak umocňuje výstražný signál (Sillén- Tullberg 1985).

Trny, žihadla, chlupy, atd. jsou prvky, které mohou organismus dobře ochránit před predátorem (mechanická ochrana). Chemická ochrana se stala nejvíce studovanou formou obrany. To, že kořist vyloučí chemickou látku z těla je varovným signálem pro predátora, který pomocí čichu pozná, že kořist je nepoživatelná i na větší vzdálenost (Järvi *et al.* 1981, Sillén- Tullberg 1985). Velikou výhodou tohoto typu obrany je ušetření energie predátora, který ji nemusí vydávat k zbytečnému vyhledávání druhu potravy. Důležité také je, aby uměl predátor nechutnou kořist rozpoznat, naučil se jí vyhýbat a zapamatoval si ji (Guilford 1990). Jak již bylo řečeno, chemické látky mohou být vylučovány z různých částí těla (jedové zuby hadů, jedové žlázy na kůži žab, atd.). Také některé druhy hmyzu dokáží ve svém těle hromadit sežrané obranné látky rostlin a používají je pro svoji obranu před predátory (např. housenky motýla *Danaus* ukládají glykosidová kardiaka z živné rostliny rodu *Asclepias*, Ritland 1994 ). Pokud ptáci požijí nápadně zbarvené housenky, vyvolané potíže je přimějí, aby se nadále vyhýbali tomuto rodu housenek. Výstražné zbarvení bývá většinou spojováno v kombinaci červené a černé barvy (korálovci), žluté a černé (vosy), které působí odpudivě pro predátory. Ve výstražném zbarvení se mimo kombinaci dvou barev často objevují i rozmanité vzory, které působí výstražně. Jedním ze vzorů je motiv oka, kdy organismus tak

chce oklamat predátora a odvrátit jeho případný útok (důkladně studováno u motýlů-Lyytinen, Brakefield, Mappes 2003, viz barvy a vzory).

Některé druhy kořisti napodobují navzájem své výstražné zbarvení, tzv. mimetické (Remington 1963, Allen *et* Cooper 1994). Tato speciální technika vede ke snížení pravděpodobnosti napadením predátorem (mimetické zbarvení, vzhled, chování). Učebnice uvádí hned několik typů mimiker. Prvním typem jsou tzv. kamuflážní mimikry. Důležitou roli hraje kryptické zbarvení kořisti, které umožňuje kořisti být nenápadnou v okolí, ve kterém se vyskytuje (např. svrchní křídla nočních motýlů, které připomínají kůru stromů nebo zeleně zbarvený hmyz, který je méně nápadný na listech rostlin). Druhým typem jsou Müllerovské mimikry, které spočívají ve stejně nápadném výstražném zbarvení druhů kořisti (obvykle se střídají černé a nápadné červené nebo žluté pruhy), které predátorovi ukazují nechutnost a jedovatost kořisti (vosy). Výsledkem těchto mimiker je, že predátor se nemusí naučit mnoho různých výstražných vzorů a tím se vyhýbá chybám, které by mohl opakovaně udělat. Třetím typem jsou Batesovy mimikry, které poprvé popsal H. W. Bates v roce 1862. Jejich úkolem je chránit takové druhy kořisti, které nejsou vybaveny žádnými pro predátora skutečně nebezpečnými obrannými mechanismy a využívají existence nebezpečných druhů kořisti, které napodobují svým zjevem a zbarvením (pestřenky napodobují vosy). Aby tento stav mohl fungovat, musejí být batesovští mimetické vzácnější než model (Edmunds 1974). Posledním a zvláštním typem je quasi-Batesovská mimikry. Dnes je nám známa existence různých komplexů druhů, které se navzájem podobají a pro predátora jsou více či méně nechutné/ jedovaté. Méně nechutné/ jedovaté druhy jsou pak více chráněny těmi nechutnými/ jedovatými (MacDougall *et* Dawkins 1998, Speed *et al.* 2000).

## 1.1 Metody studia aposematismu

Obecně lze rozlišit tři možné přístupy ke studiu aposematismu:

- 1) popsáním aposematických druhů a jejich působení ve volné přírodě (jako první používaná metoda)
- 2) pomocí počítačových programů, které slouží k ověření nebo vyvrácení hypotéz, které se týkají teorií a modelů evoluce aposematismu (MacDougall *et* Dawkins 1998)
- 3) pomocí pokusů, které byly prováděny v terénu (Collins *et* Watson 1983), v laboratoři (Sillén *et* Tullberg 1985) nebo kombinací práce v terénu a laboratoři (D'Heursel *et* Haddad 1999).

Byly studovány různé reakce predátorů na jednotlivé druhy aposematické kořisti (zjišťována její chutnost), působení neofobie, konservatismu, vrozené averze (Lindström *et al.* 2001) nebo na základě předešlé potravní zkušenosti (Coppinger 1970).

Tyto metody můžeme rozdělit také podle druhu pokusovaného predátora a kořisti. Ve většině experimentů bývá nejčastěji predátorem pták. Pták jako predátor je schopen dobře rozpoznat kořist, učit se novým způsobům, jak ji vyhledat a zapamatovat si ji (nejlépe jsou na tom krkavcovití a sýkorovití, podrobněji viz Ptačí predátoři a jejich smyslové a kognitivní schopnosti). Ptačí predátory můžeme dále rozdělit podle toho, zda žijí ve volné přírodě a nebo jsou chovány uměle (tedy v zajetí). Pak musíme rozlišit, zda ptačí predátoři žijící ve volné přírodě jsou pro experimenty odchyceni nebo odchováni. Pokud budeme mít odchycené ptáky, pak jejich reakce budou ovlivněny individuální životní zkušeností, zatímco odchovávaní ptáci mohou být bráni jako naivní. Jen vzácně jsou známi predátoři z jiných tříd obratlovců, např. chameleóni, ještěrky, ropuchy, a jiní (Beddard 1892, Brower *et* Brower 1962).

Naopak modelů kořisti je známo mnohem větší množství. Můžeme hovořit o třech typech. Jedním z nich je člověkem uměle vytvořená kořist (obarvené zrní, obarvená slunečnicová semena – Schlenoff 1984, obarvení mouční červi – Cardoso 1997).

Druhým typem je živá kořist- různé druhy motýlů, ploštic a švábů. Motýli jsou nejčastěji používaným typem kořisti. Byly na nich prováděny mnohé pokusy týkající se výstražné signalizace. Mezi dobře prostudované čeledě patří např. přástevníkovití (*Arctiidae*, Collins *et* Watson 1983), běláskovití (*Pieridae*, Lyttinen *et al.* 1999). Druhým nejčastěji používaným modelem kořisti jsou různé druhy ploštic, na kterých se ve většině pokusech testují výstražné funkce vzorů. Jednou ze zajímavých ploštic je kněžice páskovaná (*Graphosoma lineatum*) v práci Veselého *et al.* (2006). V této práci byla pokusována přírodní forma této kněžice a nahnědo obarvená. Exnerová *et al.* (2003) ve své práci používá ruměnici pospolnou (*Pyrrhocoris apterus*) v divoké a nahnědo obarvené formě. Výsledky ukazují, že přirozené černočervené zbarvení má pro řadu ptáků výstražnou funkci, ale našli se i ptáci, kterým tato kořist připadala jako jedlá a chutná. Také zajímavou prací je práce Veselého a Fuchse (2008), kde byly použity ruměnice pospolná (*Pyrrhocoris apterus*) jako kořist nechutná a šváb argentinský (*Blaptica dubia*) jako kořist chutná. Na oba typy kořisti byly lepeny štítky s divokým ruměnicím vzorem a štítek napodobující hnědou dorzální stranu švába. Výsledky ukázaly, že pokud byl štítek s divokým vzorem ruměnice lepen jak na ruměnici, tak na švába, sýkora nejevila o tento druh kořisti zájem. Pokud byl štítek napodobující dorzální stranu švába lepen na ruměnici, bylo zajímavé, že sýkory ruměnici

nenapadali. Ruměnice má totiž mnoho prvků, které ji před predátorem chrání kromě barevného vzoru (černá tykadla, končetiny, specifický pohyb, pach), takže i přesto že byl na ní lepen nevýstražný štítek, sýkora poznala nejedlou kořist podle těchto znaků.

### 1.3 Ptačí predátoři a jejich smyslové a kognitivní schopnosti

Nejlépe vyvinutým smyslem ptáků je zrak. Ptačí oko velmi dobře vnímá pohyb. Na rozdíl od člověka, který je schopen rozlišit 18-20 obrazů za sekundu, ptáci rozlišují až osminásobně více obrazů za stejně dlouhou dobu (Veselovský 2001). Oko ptáků má stejnou základní stavbu jako oko savců. Některé druhy ptáků mají oči umístěné na straně hlavy, kdy tak vnímají široké zorné pole, zatímco sovy mají oči na čelní straně hlavy, která jim umožňuje binokulární vidění a schopnost odhadovat hloubku pole. Vodní ptáci mají zvláštní čočku, která jim umožňuje vidět na vzduchu i pod vodou. Ptáci mají vyvinuté horní a spodní víčko a tzv. mžurku, což je jemná blanka ve vnitřním oku.

Ptáci mají schopnost barevného vidění (Gill 1994), což jim umožňuje vysoký podíl čípků na sítnici (Veselovský 2001). Barevné vidění jim umožňuje vnímat výstražnou signalizaci kořisti, a tak je pro ně snadnější správně rozhodnout, zda se jedná o chutnou či nechutnou potravu. Od druhé poloviny 20. století se začalo více prací zabývat vnímáním ultrafialového záření zrakem ptáků. Wright poprvé v roce 1972 potvrdil vnímání ultrafialového záření u holuba domácího (*Columbia livia*) a týž rok Huth a Burkhardtam u kolibříka ametystového (*Colibri serrirostris*). Ptáci mají v oku mnoho očních buněk, které jsou citlivé na ultrafialové záření, stejně tak jako na červenou, modrou a zelenou barvu. Díky těmto očním buňkám jsou schopni vnímat ultrafialové záření, které využívají při hledání kořisti nebo při volbě stávajícího partnera. Při volbě partnera samice vnímají viditelné vzory samců jen za přítomnosti ultrafialového záření, které jsou rozhodující pro výběr sexuálního partnera. Výběr partnera pomocí UV světla bylo pozorováno také např. na zebříčce pestré (*Taeniopygia guttata*, Bennet *et al.* 1996) a na slavíku modráčkovi (*Luscinia s. svecica*, Andersson *et al.* 1997), kdy jednoletý samec se liší od starého ve zbarvení v UV spektru, což není naším okem viditelné. Díky ultrafialovému záření byl objeven a prostudován pohlavní dimorfismus sýkory modřinky (*Parus caeruleus*, Anderson *et al.* 1998). Ultrafialové záření má také velký vliv při vyhledávání potravy. Často učebnice uvádějí, že ultrafialové záření při lovu využívají poštolky, které často na zemi hledají močovou stopu hlodavců vyzařující toto záření. Bylo to zjištěno i jiných ptáků, např. u sýkory modřinky (*Parus caeruleus*), která v přítomnosti UV záření našla rychleji housenky můry zelné (*Mamestra brassicae*, Church *et*

al. 1998a). Poté se Church *et al.* (1998b) zabývali vlivy různých kontrastů housenek na jejich přirozeném prostředí v přítomnosti ultrafialového záření. Další práce se týkala sýkory koňadry (*Parus major*), které byla podávána kořist odrážející nebo naopak absorbující ultrafialové záření, kdy se mělo projevit odmítání nebo preference dané kořisti. Důležitým úkolem bylo zjistit, zda v přítomnosti ultrafialového záření lépe rozpoznají nejdle kořist což by znamenalo, že ultrafialové záření by fungovalo u kořisti výstražně jako aposematický signál, což se však nepotvrdilo (Lyytinen *et al.* 2001).

Poslední studie ukazují, že ptáci mají vyvinut i čich. Nejlepší čich mají trubkonosí (*Procellariiformes*), kondoři (*Cathartidae*) a kiviové (*Apteryx*), zatímco zcela nejhorší papoušci a pěvci (Veselovský 2001). Chuť je u ptáků málo rozvinutým smyslem, protože pro ně není důležitý. Mají jen velmi malé množství chuťových receptorů (Hudec 1972). U holuba domácího (*Columbia livia*) bylo zjištěno průměrně 40 chuťových receptorů a u kura domácího (*Gallus gallus domesticus*) 24.

Ptáci díky dobře vyvinutým smyslům jsou schopni se dobře orientovat v prostoru, přijímat informace, které souvisejí se správným ulovením kořisti (Speed 2000) a při volbě sexuálního partnera (Endler 2005). Díky těmto relativně dobrým schopnostem jsou schopni se nevhodnou kořist naučit rozpoznat a zapamatovat si ji. To je také ovlivněno zkušenostmi každého jednatelce s nevhodnou kořistí, kterou pokud predátor napadne, tak si ji ihned zapamatuje a reaguje na ní při dalším setkání odmítavě (Edmunds 1974). Záleží tedy na jednotlivci, jak je schopen nevhodnou kořist si rychle zapamatovat. Kořist svoji nevýhodnost vůči predátorovi ukazuje například výstražnými barvami (červená, bílá nebo žlutá v kombinaci s černou; Forsman *et* Herrström 2004), dobře zapamatovatelnými vzory nebo specifickým zápachem (Gamberale-Stille 2000).

#### **1.4 Význam vzoru a teček ve výstražné signalizaci hmyzu**

Není tolik prací, které by se zabývaly výstražnou funkcí skvrn ve vzoru kořisti, spíše jsou zkoumány jednotlivé barvy ve vzorech aposematické kořisti (Cott 1940, Edmunds 1974). Za nejvíce výstražnou barvu bývá považována červená v kombinaci s černou (Sillén-Tullberg *et al.* 1982, 1985, 2000), u řady blanokřídlých černá v kombinaci se žlutou (Edmunds 1974) a u motýlů bílá nebo oranžová barva (Forsman *et* Herrström 2004).

Zajímavou prací je experiment, který byl prováděn na kuru domácím (*Gallus gallus domestica*) a na motýlech (Forsman *et* Merilaita 1999). V tomto případě byly sledovány dvě vedle sebe symetrické tečky ve velikosti (malé, velké) a asymetrické. Pro srovnání byla

použita chutná kořist bez teček (jen černý podklad). Výsledky nám ukazují, že asymetrické vzory působí méně výstražně než symetrické s malými tečkami, ale ty naopak působí více výstražně v porovnání se symetrickými velkými tečkami.

V další práci byly sledovány oční skvrny na křídlech motýla martináče habrového (*Saturnia pavonia*), kde na horním i dolním křídle byly tyto oční skvrny ohraničeny z venku černou barvou a zevnitř bílým kruhem (Forsman *et* Merilaita 2003).

Další experimenty, které se zabývají skvrnami na křídlech africké druhu motýla *Bicyclus anynana* (Lyytinen, Brakefield, Mappes 2003). V roli predátora byla využita ještěrka a pták a tři formy tohoto motýla, protože se jim odlišně tvoří oční skvrny na křídlech vzhledem k tomu, v jaké oblasti se jejich larvy vyskytují - ovlivňuje to vlhkost (v suché oblasti mohou být oční skvrny redukovány ve velikosti, nebo mohou zcela chybět a křídla budou jen uniformně hnědé; ve vlhké oblasti je vzor tvořen sedmi očními skvrnami na zadním křídle a dvěma na předním; kurantní forma zvaná Bigeye-comet má větší oční skvrny než forma, která se vyskytuje ve vlhkém prostředí). Nejvíce byly napadány a žráni oběma predátory motýli z vlhkých oblastí, nejméně zmutovaná forma (pro své výrazné oční skvrny). Oba druhy predátorů útočily vždy nejprve na křídlo.

Další zajímavou prací testující význam teček a různých tvarů ve vzoru motýlů pomocí umělých papírových modelů ((Forsman *et* Herrström 2004). Jako predátor byla použita kuřata kura domácího (*Gallus gallus domesticus*). První experiment spočíval v podávání kořisti jen černé barvy a poté černý vzor se dvěma tečkami různých barev (modrá, červená, bílá a žlutá). Nejvíce výstražně působily žluté tečky (průkazně), nejméně bílé. Druhý experiment již zkoumal dvě stejné tečky vedle sebe a dvě různé (červená a červená, bílá a bílá, žlutá a červená, žlutá a bílá). V tomto případě byly nejvíce napadány motýli se žlutou a bílou tečkou (průkazně), nejméně dvě bílé tečky. Ve třetí sérii těchto pokusů byly pozorovány symetrické a asymetrické dvojice tvarů ve vzoru (tečky a čtverce a jejich vzájemná kombinace). Nejméně výstražně působily štítky se symetrickými čtverci, protože se s nimi predátor setkává méně často než s tečkami a následně i asymetrický vzor (čtverec, tečka). V poslední řadě byly zkoumány asymetrické velikosti teček ve vzoru, pro kontrolu byly použity symetrické tečky. Nejméně výstražně působily symetrické tečky, čím byly velikost teček asymetrická, tím se snižovala výstražnost vzoru.

Dalším případem výskytu tečkovaného vzoru u aposematického hmyzu jsou sluněčka (Coleoptera, Coccinellidae, Majerus 1994). V jejich případě se zjevně nejedná o simulaci očí, ale běžnost tohoto vzoru v rámci celé čeledi naznačuje, že je zřejmě významný. Jejich význam testovala Dolenská *et al* (in prep), které vyšlo, že sluněčka bez teček jsou

signifikantně hůře chráněna před napadením koňadrou, než slunéčko tečkované (a to v jakémkoliv barevném provedení).

Prokopová (2005) ve své disertační práci nabízela sýkorám koňadrám ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*), nesoucí samolepící papírové štítky s rozmanitými modifikacemi původního vzoru ruměnice (vždy v černo-červené kombinaci). Modifikace se zaměřovaly na jednotlivé části vzoru (tečky na polokrovkách, pronotu, coriu a dalších částech těla), ale i na naprosto umělé formy (polovina černá, polovina červená, náhodně rozmístěné skvrny apod.). Obecně se z jejích výsledků dá usoudit, že umělé vzory a vzory s malým podílem černé ve vzoru jsou napadány poměrně často, nicméně malý vzorek ptáků, na němž byly pokusy prováděny neumožňuje obecnější závěr.

Ve své práci bych měla navázat na tyto experimenty. Hlavní rozdíl je v typu kořisti nesoucí barevný papírový štítek. Místo ruměnice pospolné, která zřejmě poskytuje i další výstražné signály (viz. metodika), byl použit šváb argentinský (*Blaptica dubia*), který je prokazatelně požitelný a chutný pro ptáky. Modifikace ruměnicího vzoru v mé práci se zaměřili na černé okrouhlé skvrny na polokrovkách.

## 2 Metodika a materiál

### 2.1 Kořist

Moje experimenty se týkají ruměnice pospolné (*Pyrrhocoris apterus*, Linnaeus, 1758, Heteroptera: Pyrrhocoridae), ačkoli ona samotná v pokusu vůbec použita nebyla. U této plošnice byla prokázána účinnost varovné signalizace na různé ptačí predátory (Exnerová et al. 2003). Ruměnice je pro potenciální predátory kořist nejedlá pro svůj charakteristický zápach a signalizuje tuto kvalitu černočerveným barevným vzorem. Ruměnici pospolnou můžeme najít běžně v celé Evropě. Larvy i imaga žijí společně, přezimují pouze dospělí jedinci, se kterými se můžeme setkat již od března. Jako zdroj obživy jim slouží rostlinné šťávy ze semen a plodů rostlin řádu Malvales (Socha 1993). Na jejím zbarvení jsou charakteristické okrouhlé černé skvrny na jinak červených polokrovkách. Právě význam těchto skvrn v antipredační signalizaci ruměnice jsem testovala.

V mých pokusech byla testována barva, kontrastnost a provedení skvrn ve vzoru ruměnice pospolné (viz Obr. 1), kdy papírové samolepící štítky byly lepeny na svrchní část švába argentinského (*Blaptica dubia*, Audinet-Serville, 1838, Blattodea: Blaberidae), což je běžný jedlý druh hmyzu (často se používá jako potrava v teraristice). Ve svých experimentech jsem použila třetí larvální stádium švába protože má podobný vzhled, velikost (7-12mm) a tvar těla jako ruměnice pospolná. Šváb na rozdíl od ruměnice je jedlá kořist, liší se tvarem a barvou končetin a tykadel. Švábi byli chováni při teplotě 26°C ve skleněné nádobě. Jako potrava jim byla podávána zelenina (nejčastěji mrkev) a bylo dohlíženo i na dostatek čisté vody, která jim byla pravidelně měněna. Tím, že byly modifikované štítky ruměnice lepeny na švába, mohly být vyloučeny prakticky všechny složky chemické ochrany, plus některé případné další optické signály (tvar končetin a tykadel). Tímto postupem byla získána kořist jedlá, na které mohla být modifikována barva, kontrastnost a provedení vzoru ruměnice.

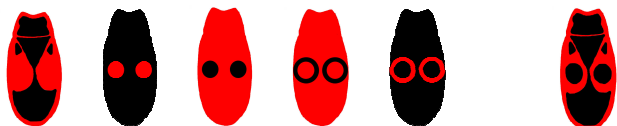
### 2.2 Predátor

Jako predátor v mé práci posloužila sýkora koňadra (*Parus major*, Linnaeus, 1758, Passeriformes: Paridae). Díky její ekologické a potravní přizpůsobivosti se v přírodě setkává s ruměnicí relativně často. Sýkory koňadry byly odchyťovány od října 2007 do března 2008 na

krmítkách v okolí Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích do nárazových sítí. Odchycené jedince jsme ihned okroužkovali, určili pohlaví, věk, změřili je a zvážili. Každý jedinec byl použit jen pro jedinou sérii experimentů.

V místnosti, kde byly sýkory ubytovány do klecí (1-2 dny), byla snížena teplota na 15°C. Potrava jim byla podávána ve formě slunečnicových semen a moučných červů (larvy potemníka moučného *Tenebrio molitor*). Také jsme se starali o dostatek čisté vody.

Po ukončení pokusu byla sýkora vždy vypuštěna zpět do volné přírody.



Obrázek 1. Zkoumané modifikace vzoru ruměnice a její divoký, nezměněný vzor pro srovnání.

## 2.3 Experimentální zařízení a metodika pokusu

Vlastní pokusy se skládaly z nabízení kořisti (moučný červ a šváb s modifikovaným štítkem ruměnice) v klecích k tomu určených (Obr. 2). V této (pokusné) kleci bylo uprostřed bidýlko, v přední části se nacházelo otočné kolečko s osmi mističkami, které sloužilo pro podávání pokusované kořisti, mistička s vodou a zářivka simulující denní světlo. Sýkora byla pozorována přes jednostranně průhledné sklo ze strany experimentátora, aby jí nebyla rušena a plašena. Experimentátor seděl ve tmě (za zataženými závěsy) a klec, kde se pohybovala sýkora, byla velmi dobře osvětlena.

Po umístění sýkory do pokusné klece jí byl podán moučný červ. Když si sýkora zvykla na nové prostředí a na nový způsob podávání kořisti a začala moučné červy žrát, byla jí potrava odebrána. Sýkora následně byla nechána hladovět v kleci jeden a půl až dvě hodiny, aby byla motivována žrát kořist ve vlastním pokusu. Poté mohl začít vlastní pokus, který se skládal z dalších deseti dílčích pokusů. Sýkoře byl vždy podáván jako první moučný červ pro kontrolu potravní motivace a poté šváb s modifikovaným štítkem ruměnice. Takovýto postup byl použit celkem pětkrát. Každá kořist (moučný červ, šváb) byla ponechána v kleci nejdéle pět minut (300 sekund), pak byl dílčí pokus ukončen. Pokud byl červ sežrán sýkorou dříve (do 300 sekund), byl pokus ukončen předčasně.

Celkově byla sledována reakce sýkor na pět různě modifikovaných vzorů ruměnice (viz výše Obr. 1). Každá sýkora byla pokusována jen jednou na jeden vzor a každý vzor byl pokusován na dvaceti sýkorách (celkem bylo tedy do studie zahrnuto 100 ptáků).

Pomocí počítačového programu Observer, ver. 3 (1989 – 1992, ©Noldus) byla zaznamenána během pokusu řada aktiv sýkor (jejich pořadí a doba trvání). Statisticky byly vyhodnoceny následující aktivity: žraní švába (feeding), manipulace se šváby (handling; vzetí do zobáku, nebo jen dotyk zobákem, odhození), počet pozorování švábů zblízka a doba, po kterou byl šváb pozorována zdálky (searching). Všechny proběhlé pokusy byly natáčeny na videokameru a uloženy v archívu pro možné pozdější nahlédnutí.



Obrázek 2. Pokusná klec

## 2.4 Statistické hodnocení

Veškeré testy byly provedeny v programech STATISTICA 7.0. Normalita dat byla testována Kolmogorov-Smirnovovým testem. Do analýz vstupovaly pozorované aktivity v následující podobě:

### **Handling**

Počet ptáků, kteří manipulovali alespoň jednoho předloženého švába (binomická distribuce, hodnoty 0/1), porovnáno Fisherovým exaktním testem.

Počet švábů manipulovaných ptákem (poissonovská distribuce, hodnoty 0-5), porovnáno zobecněným lineárním modelem, (log link function, ANOVA, F test), s post-hoc Tukey HSD porovnáním, vysvětlující proměnná byl typ štítku.

Latence doby, než byl manipulován první šváb (data normalizována logaritmováním), porovnáno jednocestnou analýzou variance.

### **Feeding**

Počet ptáků, kteří sežrali alespoň jednoho předloženého švába (binomická distribuce, hodnoty 0/1), porovnáno Fisherovým exaktním testem.

Počet švábů sežraných ptákem (poissonovská distribuce, hodnoty 0-5), porovnáno zobecněným lineárním modelem, (log link function, ANOVA, F test), s post-hoc Tukey HSD porovnáním, vysvětlující proměnná byl typ štítku.

### **Zblízka**

Počet pozorování ptákem z bezprostřední blízkosti během všech pěti nabídnutí švába (nepodařilo se znormalizovat), porovnáno Kruskal-Wallisovým mediánovým testem.

### **Searching**

Doba, po kterou se pták díval na švába z dálky (suma za všech pěti opakování, nepodařilo se znormalizovat, porovnáno Kruskal-Wallisovým mediánovým testem.



### 3 Výsledky

#### Počet ptáků manipulujících (handling) se švábi

Počty ptáků, kteří manipulovali alespoň s jedním z nabídnutých švábů jsou shrnuty v tabulce 1 a grafu 1 (Přílohy). Jednotlivé skupiny ptáků byly porovnány Fisherovým exaktním testem (výsledky shrnuje tabulka 2, Přílohy).

#### Počet švábů manipulovaných (handling) jednotlivými ptáky

Jednotlivé vzory štítků švába (provedení očních skvrn) mají průkazně vliv na manipulaci sýkory se švábem (GLM, log link function, poisson distribution, jednocestná ANOVA, DF=4, F=21,57075, p=0,000244).

Nejméně byl sýkorou napadán štítek švába se vzorem , nejvíce se vzorem . Tento výsledek vyšel průkazně (Graf 2, Tab. 3, Přílohy).



#### Počet ptáků žeroucích (feeding) švábi

Počty ptáků, kteří sežrali alespoň jednoho z nabídnutých švábů jsou shrnuty v tabulce 1 a grafu 1 (Přílohy). Jednotlivé skupiny ptáků byly porovnány Fisherovým exaktním testem (výsledky shrnuje tabulka 2, Přílohy).


#### Počet sežraných (feeding) švábů

Počet švábů sežraných jednotlivými sýkorami není průkazně ovlivněn typem štítku (GLM, log link function, poisson distribution, jednocestná ANOVA, DF=4, F=1,91524, p=0,114187; Graf 3, Tab. 4, Přílohy).

#### Počet přiblížení zblízka

Nejméně byl zblízka zkoumán štítek švába se vzorem , nejvíce se vzorem  (Graf 4, Přílohy). Nicméně neparametrický test tento trend nepotvrdil jako významný (Kruskal-Wallis, DF=4, Chi=7,852564, p=0,0971).


#### Doba, po kterou byli švábi pozorováni z dálky

Z dálky je nejdéle zkoumán štítek švába se vzorem  (Graf 5, Přílohy), Kruskal-Wallis (DF=4, Chi=18,8, p=0,0009).


### **Latence k první manipulaci se švábem**



Sýkory útočily na všechny vzory štítků švába po přibližně stejně dlouhé době (Graf 6, Přílohy; jednocestná ANOVA, DF=4, F=1,153, p=0,336742).


Po sestavení grafu jen pro manipulující sýkory nebyl výsledek tak jednoznačný. Relativně


nejrychleji byl napadán štítek švába se vzorem  (Graf 7, Přílohy), nicméně nevyváženost dat jen pro manipulující ptáky neumožnilo jejich statistické vyhodnocení.


## 4 Diskuze



Výsledky nám ukazují, že štítek švába se vzorem  byl sýkorami nejméně napadán a žrán. Na tento vzor se nedívají ani zblízka, protože pro ně působí ze všech pokusovaných vzorů nejmíc odpudivě. Tento štítek zřejmě také jako jediný poskytuje švábovi lepší ochranu než původní, nezměněný ruměničí vzor (výsledky jsou neprůkazné).

Štítky švábů se vzory  ,  jsou napadány a žrány podstatně méně než předešlý vzor. Oba tyto vzory obsahují černé nebo červené kruhy na červeném nebo černém podkladu, což by mohlo vypovídat o ochranné funkci kruhů ve vzoru (nepodložené).


Dalším štítkem je divoký, nezměněný ruměničí vzor  (převzatá data), se kterým v pěti případech sýkory manipulovali a ve čtyřech žrali z dvaceti možných pozorováních. Pro švába nesoucího tento štítek to znamená, že mohou existovat jiné kombinace barev červené a černé (výstražné barvy ve vzoru), které švába ochrání mnohem lépe než vzor divoký (v našem případě můžeme hovořit o černých a červených kruzích nebo tečkách na černém nebo červeném podkladu).

Tento štítek  byl napadán relativně nejrychleji, z toho můžeme odvodit, že chrání švába o něco méně než nezměněný ruměničí vzor, což nám ukazuje, že oční skvrny mají důležitou ochrannou funkci ve vzoru.


Naopak štítek švába se vzorem  je nejmíc napadán a žrán, nicméně ho sýkory dlouho pozorují než o jeho výstražnosti rozhodnou. Tento štítek švába zjevně působí na sýkory nejmíc výstražně a poskytuje tak o něco horší ochranu než původní, nezměněný ruměničí vzor (výsledky jsou neprůkazné).

Z našich výsledků nelze vyvodit jednoznačný závěr, protože není možné zjistit, jestli je významnější ve vzoru tečka nebo kruh, ani jestli červený podklad s černým vzorem nebo černý podklad s červeným vzorem je pro predátora více či méně atraktivnější nebo naopak ošklivější. Nejmíc napadnějšími vzory tedy jsou  ,  , což je velmi překvapivé. Znamená to tedy, aby ruměnice byla dobře chráněná před predátory, musí mít ve svém vzoru jak černé

tečky, tak i svůj vlastní obrys vzoru. Pak celý tento vzor působí pro predátory velmi výstražně, ale ne však nejvíc výstražně.

Již dříve byly sledovány různé modifikace vzoru (jen jeho části z původního divokého vzoru- oční skvrny, trojúhelník, apod.) nebo zcela vytvořené umělé vzory (Prokopová 2005). Štítky však byly lepeny na ploštice (zásadní rozdíl). Štítek ploštice se vzorem  působil stejně výstražně jako nezměněný ruměničí vzor (nebyl sýkorami napadán).

Na rozdíl od mého štítku lepeného na švába, se kterým sýkory z dvaceti případů sedmkrát manipulovaly.


Druhý štítek shodný v obou pracích (  ) byl po umístění na ruměnici sýkorou z devíti případů manipulován jen jednou, ale pokud byl štítek lepen na švába (v mém případě), byl výsledek zcela odlišný. Tento vzor ztratil veškerou ochranou funkci a stával se méně chránícím než divoký vzor (z dvaceti případů byl manipulován polovinou sýkor). Z toho výsledku je možné usoudit, že záleží nejen na vzoru jak vypadá, ale i na jakou kořist je lepen (šváb, ploštice- více viz Metodika a materiál).

Výstražnost teček ve vzoru byl podrobně zpracován v práci s motýli (Forsman *et* Herrström 2004). Byly sledovány asymetrické a symetrické velikosti teček ve vzoru motýlů. Výsledky nám ukazují, že nejvíce výstražně působí vzory, kde je větší rozdílnost ve velikosti teček. Forsman také ve své práci uvádí případy, kdy byly sledovány dvě tečky stejné barvy. Nejvíce výstražně působí dvě symetrické žluté tečky na černém podkladu, což nebylo zase až tak překvapivé, protože kombinace žluté a černé barvy působí pro predátory výstražně. V dalším dílčím pokusu byly pozorovány dvě stejné a dvě různé tečky vedle sebe, kdy nejvíce výstražně působily dvě bílé tečky vedle sebe, což také nebylo překvapivé. Například u motýlů již dávno byly sledovány vzory na bílém podkladu, kde u čeledi přástevníkovitých (*Arctiidae*) bílý podklad působil odpudivě, naopak u čeledi běláskovitých (*Pieridae*) se nejednalo o výstražnou funkci a motýly byly sýkorami napadáni hned bez zaváhání (Lyytinen *et al.* 1999).

Dále byla zkoumána symetrie a asymetrie vzorů ve velikosti teček (Forsman *et* Merilaita 1999). Zajímavé je, že asymetrické vzory jsou pro predátory nejméně výstražné, zatímco nejvíce výstražně působí symetrické tečky malých rozměrů. To bylo zřejmě ovlivněno tím, že s takovýmto typem kořisti se mohou predátoři ve volné přírodě setkat (oční skvrny motýlů), proto na ně asymetrické vzory působily nejméně výstražně.

Poslední práce, kde je zmínka o očních skvrnách se týká motýla rodu (*Bicyclus anynana*; Lyytinen, Brakefield, Mappes 2003). Nejméně byly napadány a žrány zmutované formy tohoto druhu motýla (velmi výrazné oční skvrny na křídlech).

Výsledkem všech těchto prací je, že oční skvrny plní ve vzoru kořisti výstražnou funkci, kdy tak dávají predátorovi vědět o své nevhodnosti. Nicméně záleží na jejich velikosti, kombinaci, barvě a v neposlední řadě i na použití vhodné kořisti pro dané experimenty.

Má práce je zjevně hůře srovnatelná s výše zmíněnými, vzhledem k silné nepodobnosti použité kořisti (šváb vs. motýl). Nicméně, základní principy antipredační signalizace pomocí skvrn pravděpodobně fungují podobně u obou typů kořisti. Obecně lze z mých výsledků vyvodit, že ve vzoru ruměnice je nezbytná přítomnost černých teček, nicméně tečky samy o sobě výstražnou funkci neplní. Přirozený vzor ruměnice je tedy ideálním řešením, nicméně mé experimenty dokázaly, že lze uměle vytvořit ještě efektivnější ochranu (  ).

## Citovaná literatura

- Andersson, S., J. Ornborg, *et al.* (1998). "Ultraviolet sexual dimorphism and assortative mating in blue tits." *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **265** (1395): 445-450.
- Bennet, A. T. D., I. C. Cuthill, *et al.* (1996). "Ultraviolet vision and mate choice in zebra finches." *Nature* **380**: 433-435.
- Brower, L. P. *et* J. V. Z. Brower (1962). "Investigation into mimicry." *Nat. History* 71: 8-19.
- Cardoso, M. Z. (1997). "Testing chemical defence based on pyrrolizidine alkaloids. *Animal Behaviour* 54: 985-991.
- Cooper, J. M. *et* J. A. Allen (1994). "Selection by wild birds on artificial dimorphic prey on varied backgrounds." *Biological Journal of the Linnean Society* 51: 433-446.
- Coppinger, R. P. (1970). "The effect of experience and novelty on avian feeding behaviour with reference to the evolution of warning coloration in butterflies. II. Reactions of naive birds to novel insects." *The American Naturalist* 104: 323-340.
- Cott, H. B. (1940). *Adaptive coloration in animals*. London, Methuen.
- D'Heursel, A. *et* C. F. B. Haddad (1999). "Unpalatability of *Hyla semilineata* tadpoles (Anura) to captive and free-ranging vertebrate predators." *Ethology Ecology & Evolution* **11**(4): 339-348.
- Dolenská, M., Nedvěd O. *et al.* (in prep). „What constitutes optical warning signals of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) towards bird predators – colour, pattern or general look?“.
- Edmunds, M. (1974). *Defence in animals, A survey in antipredator defences*. Essex, Longman.
- Endler, J. A. *et* P. W. Mielke (2005). "Comparing entire colour patterns as birds see them." *Biological Journal of the Linnean Society* **86**(4): 405-431.
- Endler, J. A., D. A. Westcott, *et al.* (2005). "Animal visual systems and the evolution of color patterns: Sensory processing illuminates signal evolution." *Evolution* **59**(8): 1795-1818.
- Exnerová, A., E. Landová, *et al.* (2003). "Reactions of passerine birds to aposematic and nonaposematic firebugs (*Pyrrhocoris apterus*, Heteroptera)." *Biological Journal of the Linnean Society* **78**(4): 517-525.
- Forsman, A., S. Merilaita (1999). "Fearful symmetry: pattern size and asymmetry affects aposematic signal efficacy." *Evolutionary Ecology* **13**: 131-140. Printed in the Netherlands.
- Forsman, A., S. Merilaita (2003). "Fearful symmetry? Intra-individual comparisons







- of asymmetry in cryptic vs. signalling colour patterns in butterflies." *Evolutionary Ecology* **17**(5-6): 491-507.
- Forsman, A., J. Herrström (2004). "Asymmetry in size, shape, and color impairs the protective value of conspicuous color patterns." *Behavioral Ecology* **15**(1):141-147.
- Gamberale-Stille, G. (2000). "Decision time and prey gregariousness influence attack probability in naive and experienced predators." *Animal Behaviour* **60**: 95-99.
- Guilford, T. (1990). "Evolutionary Pathways to Aposematism." *Acta Oecologica- International Journal of Ecology* **11**(6): 835-841.
- Church, S. C., A. T. D. Bennett, I. C. Cuthill, *et al.* (1998). Does Lepidopteran larval crypsis extend into the ultraviolet? *Naturwissenschaften* **85**: 189- 192.
- Järvi , T., B. Sillén-Tullberg, *et al.*(1981). "The Cost of Being Aposematic- an Experimental- Study of Predation on Larvae of Papilio- Machaon by the Great Tit Parus- Major." *Oikos* **36**(3): 267-272.
- Järvi , T., B. Sillén-Tullberg, *et al.*(1981). "Individual Versus Kin Selection for Aposematic Coloration- Reply." *Oikos* **37**(3): 393-395
- Komárek, S. (2000). *Mimikry, aposematismus a příbuzné jevy: mimetismus v přírodě a vývoj jeho poznání.* 192 stran. Praha, Vesmír.
- Lindström, L., R. V. Alatalo, *et al.* (1999). "Reaction of hand-reared and wild-caught predators toward warningly colored, gregarious, and conspicuous prey." *Behavioral Ecology* **10**(3): 317-322.
- Lindström, L., R. V. Alatalo, *et al.* (1999). "Can aposematic signals evolve by gradual change?" *Nature* **397**(6716): 249-251.
- Lyytinen, A., R. V. Alatalo, *et al.* (1999). "Are European white butterflies aposematic?" *Evolutionary Ecology* **13**(7-8): 709-719.
- Lyytinen, A., R. V. Alatalo, *et al.*(2001). "Can ultraviolet cues function as aposematic signals?" *Behavioral Ecology* **12**(1): 65-70.
- Lyytinen, A., P. M. Brakefield, *et al.* (2003). "Significance of butterfly eyespots as an anti-predator device in ground-based aerial attacks." *Oikos* **100**(2): 373-379.
- MacDougall, A. *et M. S. Dawkins* (1998). "Predator discrimination error and the benefits of Mullerian mimicry." *Animal Behaviour* **55**: 1281-1288.
- Majerus, M.E.N. (1994). "Ladybirds". HarperCollinsPublishers, London.
- Prokopová, M. (2005). "Aposematismus ruměnice pospolné *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae): vliv druhu predátora a barevného vzoru na účinnost varovné signalizace."

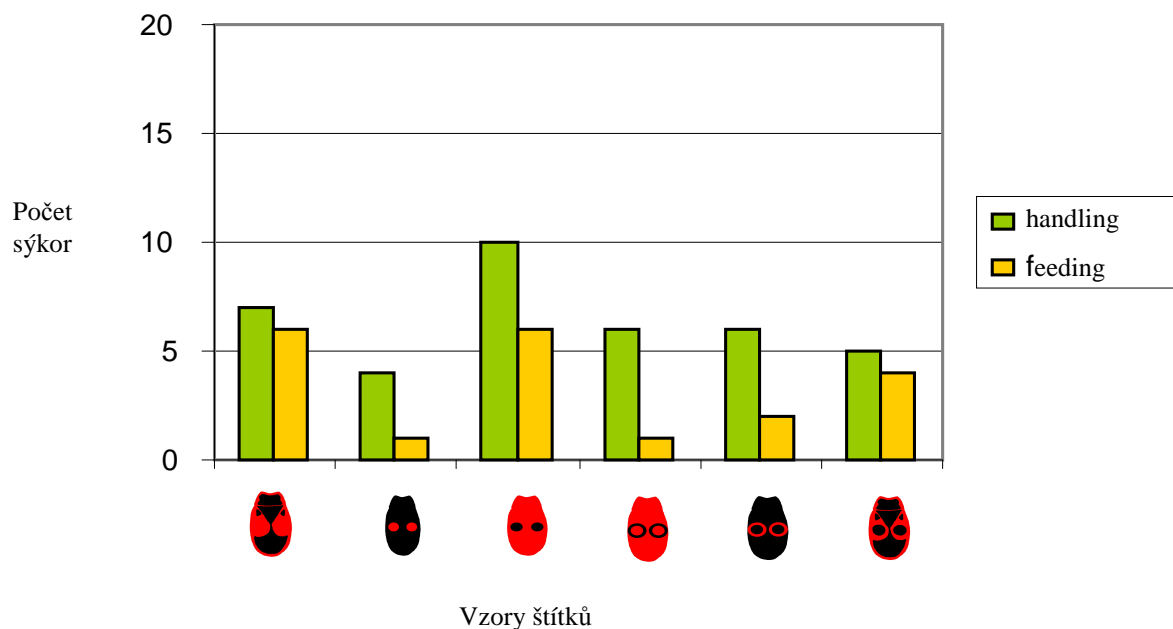
Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 49 stran.

- Remington, C. L. (1963). "Historical backgrounds of mimicry." Proceedings of the XVI International Congress of zoology vol. 4, Washington D.C., August 20-27: 145-147.
- Ritland, D. B. (1994). "Variation in Palatability of Queen Butterflies (*Danaus-Gilippus*) and Implications Regarding Mimicry." *Ecology* **75**(3): 732-746.
- Schlenoff, D.F. (1984). "Novelty- a Basis for Generalization in Prey Selection." *Animal Behaviour* **32** (AUG): 919-921.
- Schlenoff, D.F. (1984). "Novelty- a Basis for Generalization in Prey Selection." *Animal Behaviour* **32** (AUG): 919-921.
- Silén-Tullberg , B., C. Wiklund, *et al.* (1982). "Aposematic coloration in adults and larvae of *Lygaeus equestris* and its bearing on Mullerian mimicry: an experimental study on predation on living bugs by the great tit *Parus major*." *OIKOS* **39**: 131-136.
- Silén-Tullberg, B. (1985a). "The significance of coloration per se, independent background, for predator avoidance of aposematic prey." *Animal Behaviour* **33**: 1382-1384.
- Silén-Tullberg, B. (1985b). "Higher survival of aposematic than a cryptic form a distasteful bug." *Oecologia* **67**: 411-415.
- Sillén *et* Tullberg (2000)
- Socha, R. (1993). "Pyrrhocoris Apteris (Heteroptera) - an Experimental Model Species: a Review." *European Journal of Entomology* **90**(3): 241-286.
- Speed, M. P., N. J. Alderson, *et al.* (2000). "Testing Mullerian mimicry: an experiment with wild birds." *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **267**(1444): 725-731.
- Veselý, P. (2006). "Vliv nedávné potravní zkušenosti ptačího predátora na fungování obranné signalizace hmyzí kořisti." Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 35 stran.

## 5 Přílohy

Tabulka 1. Počet manipulujících (handling) a žeroucích (feeding) ptáků pro jednotlivé vzory. Data pro nezměněný vzor ruměnice byla převzata z diplomové práce Mgr. Petra Veselého (2006).

| Vzor   | Celkem | Handling | Feeding |
|--|--------|----------|---------|
|   | 20     | 7        | 6       |
|   | 20     | 4        | 1       |
|   | 20     | 10       | 6       |
|   | 20     | 6        | 1       |
|   | 20     | 6        | 2       |
|  | 20     | 5        | 4       |



Graf 1. Počet manipulujících (handling) a žeroucích (feeding) ptáků pro jednotlivé vzory. Data pro nezměněný vzor ruměnice byla převzata z diplomové práce Mgr. Petra Veselého (2006).

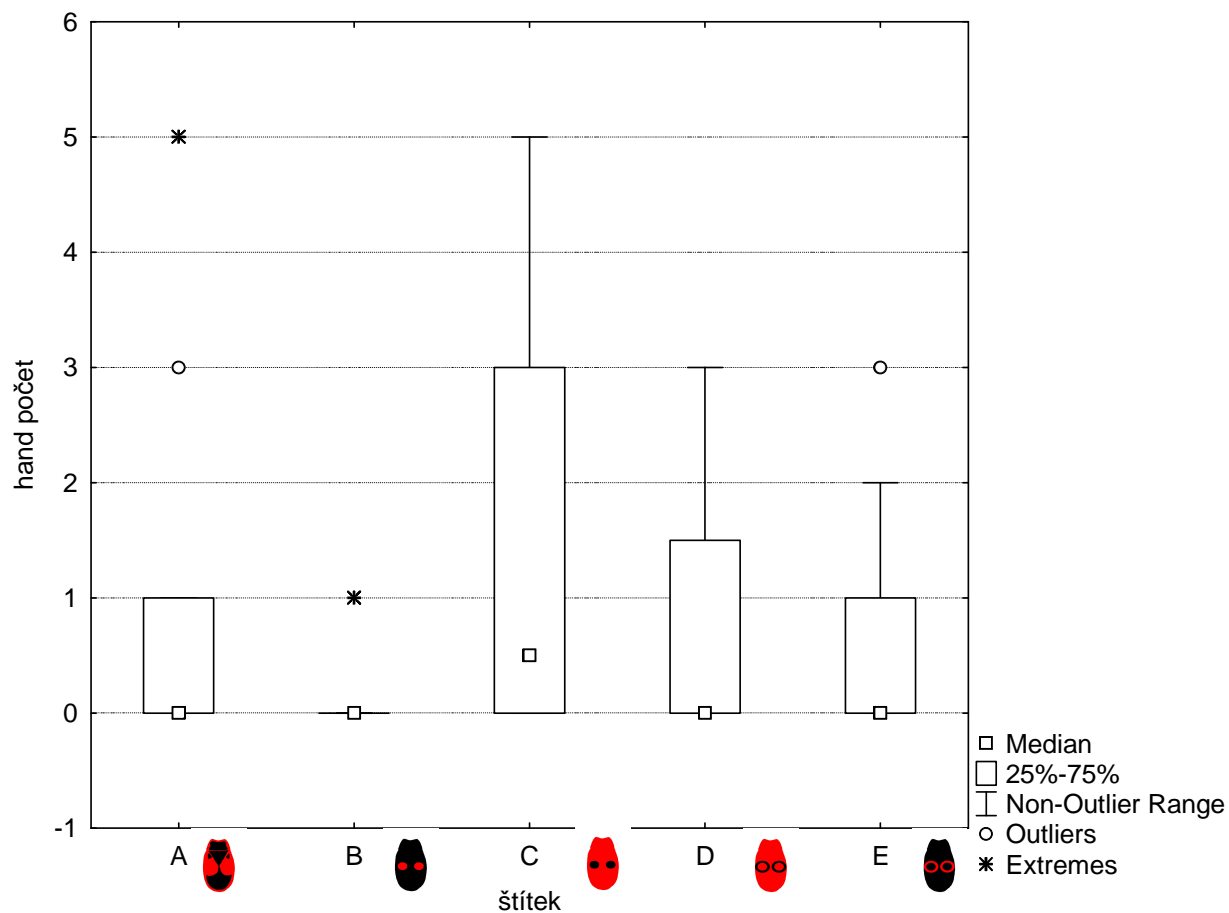
Tabulka 2. Fisherův exaktní test (hladiny významnosti p) pro sýkory, které manipulovaly a žraly šváby (průkazný rozdíl je označen tučně).

| <b>Handling</b> | Fisher exact test     |  | <b>Feeding</b> | Fisher exact test     |
|-----------------|-----------------------|--|----------------|-----------------------|
| Porovnání       | Hladina významnosti p |  | Porovnání      | Hladina významnosti p |
| A-B             | 0,2401                |  | A-B            | <b>0,0457</b>         |
| A-C             | 0,2616                |  | A-C            | 1                     |
| A-D             | 0,5                   |  | A-D            | <b>0,0457</b>         |
| A-E             | 0,5                   |  | A-E            | 0,1176                |
| A-wild          | <b>0,0479</b>         |  | A-wild         | <b>0,0457</b>         |
| B-C             | 0,3582                |  | B-C            | 1                     |
| B-D             | 0,3582                |  | B-D            | 0,5                   |
| B-E             | 0,1666                |  | B-E            | <b>0,0457</b>         |
| B-wild          | 0,1666                |  | B-wild         | 0,1176                |
| C-D             | 1                     |  | C-D            | 0,5                   |
| C-E             | 0,3655                |  | C-E            | 0,3582                |
| C-wild          | 0,5                   |  | C-wild         | 0,1708                |
| D-E             | 0,0954                |  | D-E            | 0,3582                |
| D-wild          | 0,5                   |  | D-wild         | 0,1708                |
| E-wild          | 0,5                   |  | E-wild         | 0,3307                |

Ukázky jednotlivých vzorů švábů pro přehlednost předchozí tabulky:

A B C D E wild

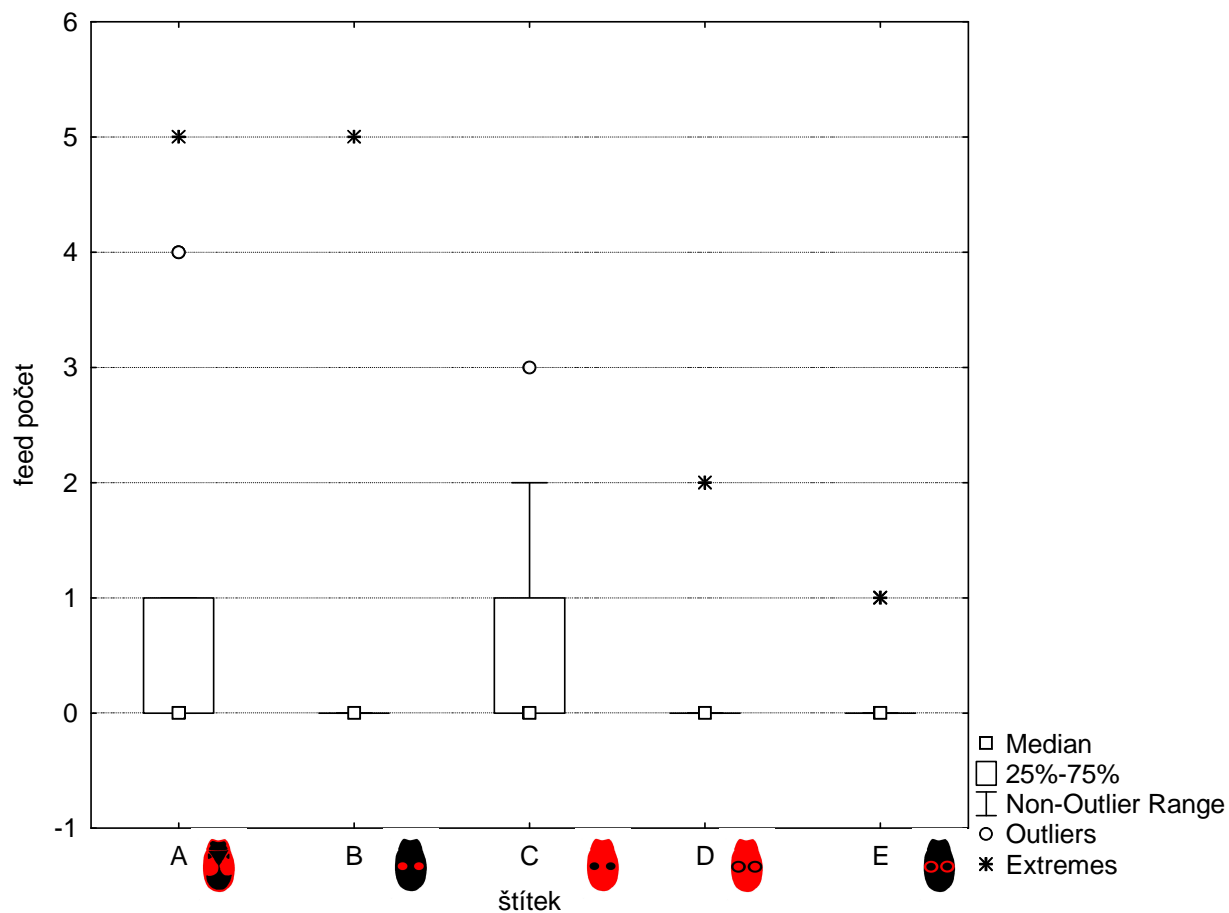




Graf 2. Počet švábů manipulovaných sýkorami.











Tabulka 3. Výsledky post-hoc Tukeyho HSD testu pro počet manipulovaných švábů (tučně jsou označeny průkazné rozdíly).

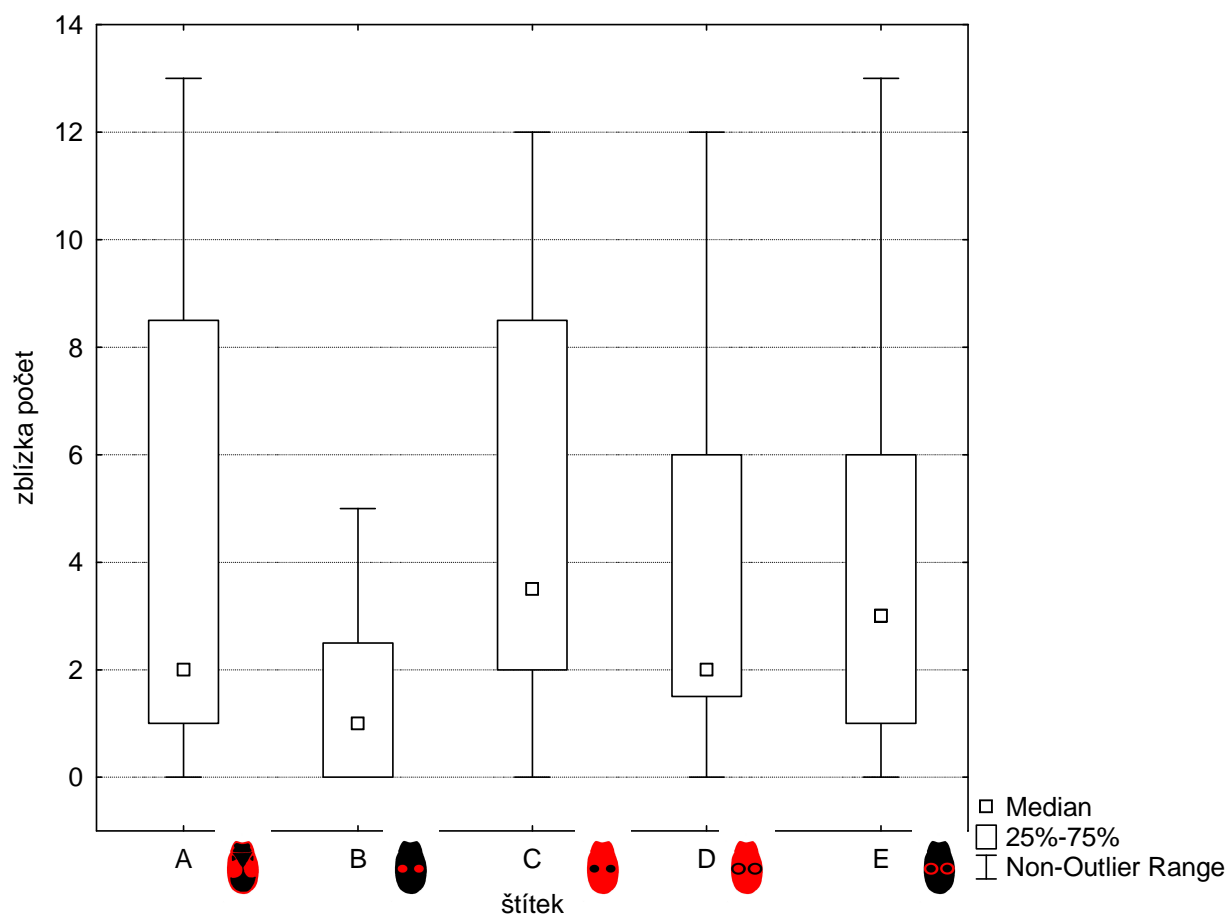
|  |          | 0,249532        | 0,869770        | 0,813018 | 0,674493 |
|--|----------|-----------------|-----------------|----------|----------|
|  | 0,249532 |                 | <b>0,026484</b> | 0,869770 | 0,950408 |
|  | 0,869770 | <b>0,026484</b> |                 | 0,249532 | 0,155928 |
|  | 0,813018 | 0,869770        | 0,249532        |          | 0,999308 |
|  | 0,674493 | 0,950408        | 0,155928        | 0,999308 |          |



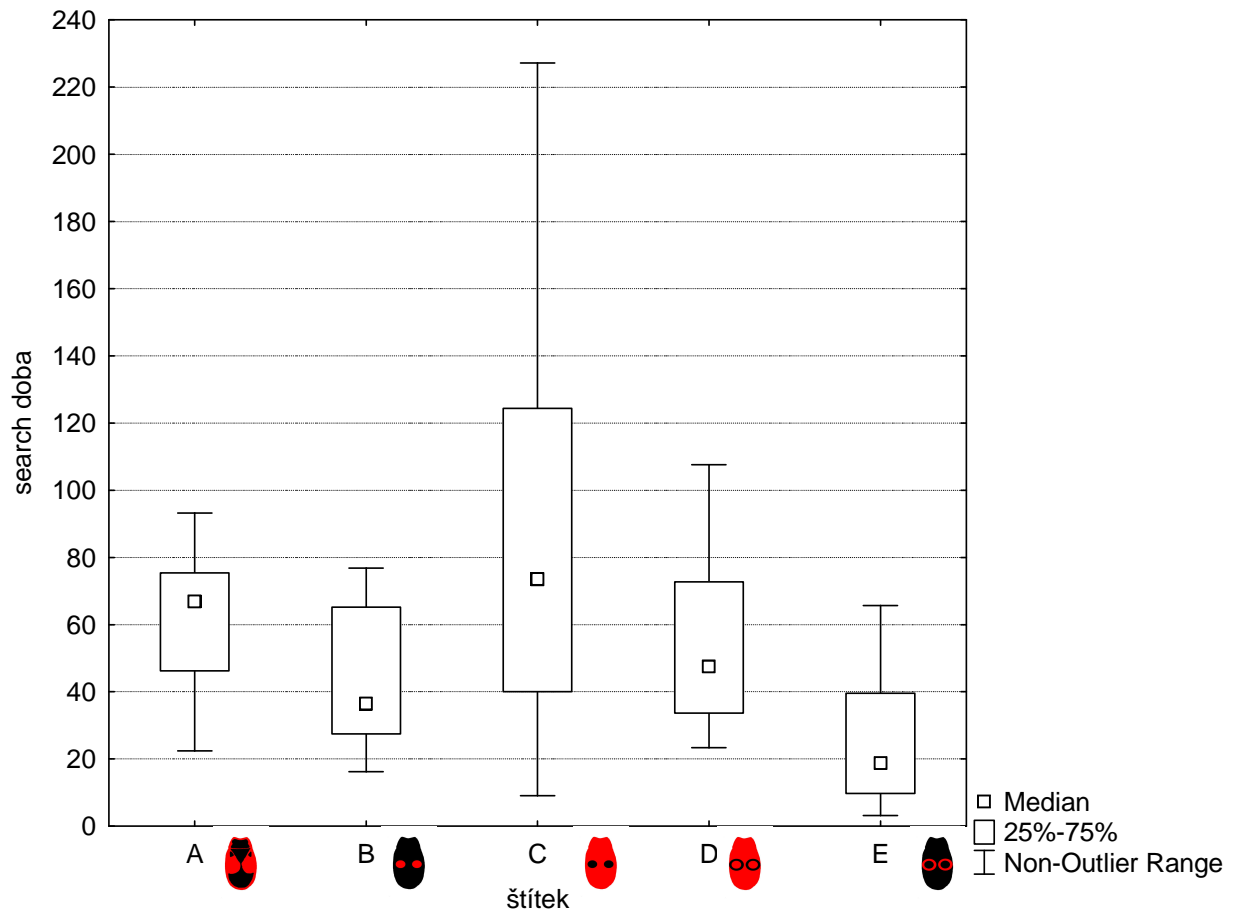
Graf 3. Počet švábů sežraných sýkorami.

Tabulka 4. Výsledky post- hoc Tukeyho HSD testu pro počet žeroucích švábů.

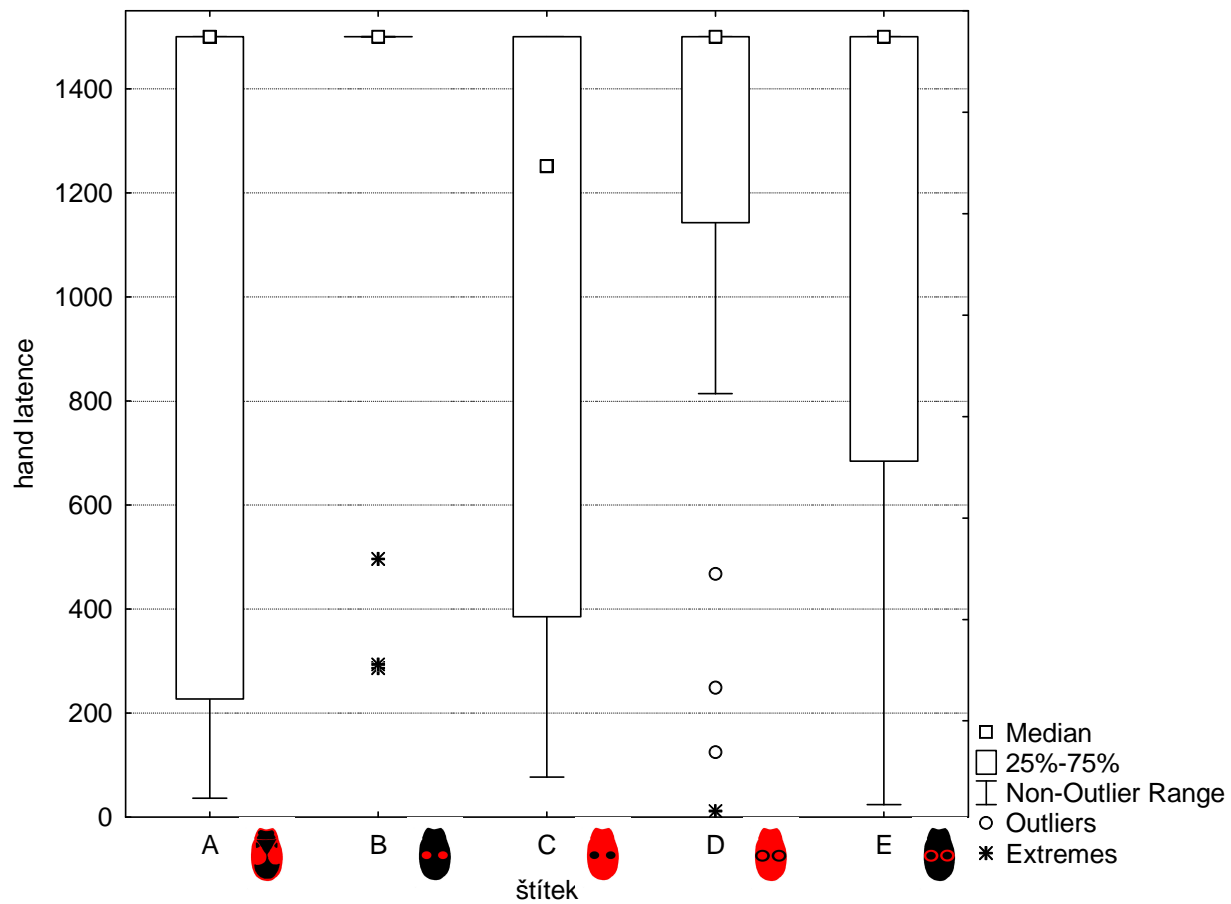
|   |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|
|  |   | 0,407042  | 0,930975  | 0,177333  | 0,177333  |
|  | 0,407042  |   | 0,873875  | 0,989228  | 0,989228  |
|  | 0,930975  | 0,873875  |   | 0,607265  | 0,607265  |
|  | 0,177333  | 0,989228  | 0,607265  |   | 1,000000  |
|  | 0,177333  | 0,989228  | 0,607265  | 1,000000  |   |



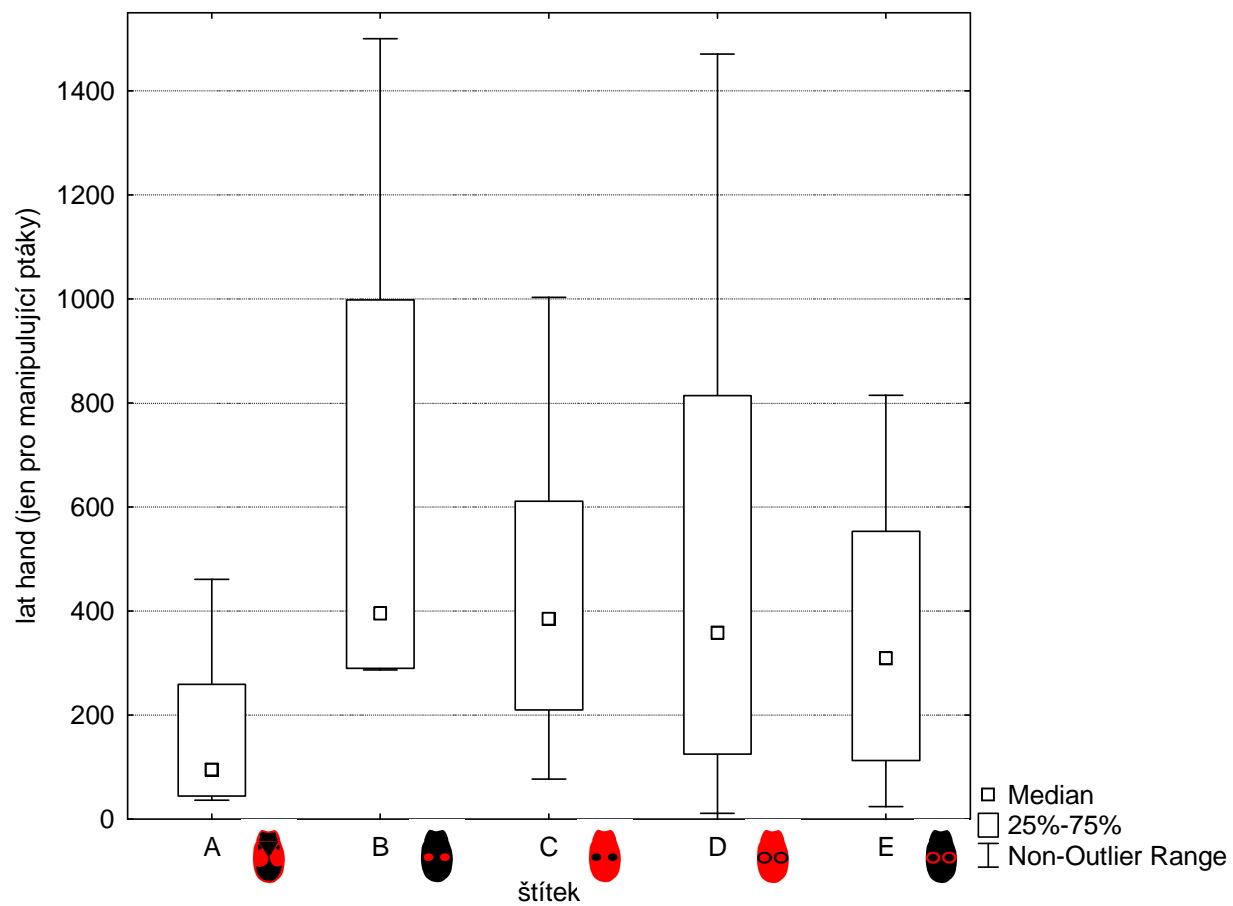
Graf 4. Počet přiblížení ptáků zblízka (ve všech pěti nabídnutí švába).



Graf 5. Doba, po ktorou byli švábi pozorováni sýkorami zdálky.



Graf 6. Latence sýkor k první manipulaci se šváby.



Graf 7. Latence k první manipulaci se šváby (jen pro manipulující sýkory).