

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**VYUŽITÍ PTILOCHRONOLOGICKÝCH DAT JAKO
UKAZATELE INDIVIDUÁLNÍ KONDICE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Zuzana Šustrová

Vedoucí práce: Ing. Jana Svobodová, Ph.D.

2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením odborným vedením vedoucího práce, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne: 16. dubna 2014

.....

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Svobodové, hlavně za její trpělivost a čas, který mi vždy podle mých potřeb věnovala a se vším výborně poradila. Děkuji také své rodině a blízkým, kteří mě podporují ve studiu.

Abstrakt

Kondici jedinců v ornitologii můžeme vyjádřit mnoha různými způsoby. Jeden z možných způsobů vyjádření kondice je pomocí ornamentů. V této práci v rešeršní části se pojednává o dvou základních barevných ornamentech (melaninových a karotenoidních). Z přehledů studií vyplývá, že čestným ukazatelem kondice (honestsignals) jsou karotenoidní ornamenty melaninové ornamenty jsou považovány za méně věrohodné kondiční ukazatele. V praktické části jsem se zaměřila na žluté karotenoidní ornamenty. U karotenoidních ornamentů mláďat sýkory koňadry (*Parus major*) byla použitím spektrometru hodnocena exprese žlutého ornamentu a následně byla sledována jejich souvislost s individuálními kondičními znaky. Dále byly ještě sledovány hodnoty body mass indexu (BMI), délka ocasních rýdovacích per a délka tarsu. Tato údaje byly staticky hodnoceny v závislosti na barevném vyjádření žlutého karotenoidního peří. Intenzita zbarvení karotenoidního ornamentu mláďat souvisela pouze s délkou tarsu. Mláďata s déleším tarsem měli žlutější ornament. Větší mláďata mohou vytvořit žlutější ornament. Karotenoidní ornament u mláďat by mohl odrážet jejich kondici.

Výsledky mé práce jsou součástí širšího projektu GAČR (505/10/1871), který se zabývá výzkumem polymorfizmu genů vrozené imunity.

Klíčová slova:

Sýkora koňadra (*Parus major*), barevné ornamenty, kondice, melaniny, karotenoidy

Abstrakt

In ornithology, we can express condition of individuals in many different ways. One of the possible ways how to express the condition is using the ornaments. In the theoretical part, this work shows the overview of the differences between two basic colour ornaments (melanin and carotenoid). A research survey of studies shows that the more honest signals of condition are carotenoid ornaments and melanin ornaments are less reliable indicators of condition. In the practical part of this thesis, I focused on the yellow carotenoid ornaments. Using the spectrometer was evaluated the expression of the yellow ornament of Great tits chick (*Parus major*) and then was monitored the influence on the characters of individual condition. There were also monitored the value of body mass index, length of the tail feathers and length of the tarsus. These data were then statistically evaluated depending on the colour expression feathers. It was also found that chicks with heavier tarsus had yellower ornament. Carotenoid ornament of chicks could reflect their condition.

This study was funded by grant project GACR (505/10/1871), which deals with the influence of genetic variability of genes of innate immunity.

Keyword:

Great tit (*Parus major*), coloursornaments, condition, melanin, carotenoids

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍLE PRÁCE.....	8
3	BAREVNÉ ORNAMENTY PEŘÍ	9
3.1	Druhy zbarvení	9
3.2	Vznik, vyjádření, udržení ornamentu	10
3.2.1	Karotenoidní ornamenty	10
3.2.2	Melaninové ornamenty	11
4	MĚŘENÍ A ANALÝZA ORNAMENTŮ	12
4.1	Barevné systémy	12
4.2	Spektrometrické měření barev.....	12
5	PRAKTICKÁ ČÁST.....	14
5.1	Studovaný druh	14
5.2	Metodika	15
5.2.1	Analýza vzorků ornamentů.....	15
5.3	Statické vyhodnocení	16
5.4	Výsledky.....	16
5.5	Diskuze.....	19
6	ZÁVĚR	20
7	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	21
8	PŘÍLOHY	25

1 ÚVOD

Existuje spousta typů barevných ornamentů, a to zbarvení peří, kůže, kožních výběžků nebo zobáku. Barevné ornamenty u ptáků mají v přírodě velký význam. Mohou indikovat kondiční stav nebo sloužit jako čestný signál při výběru partnera (Hill 2006). Jsou to důležité znaky k rozpoznání různých signálů v přírodě, například k rozpoznání nebezpečí nebo maskování (Komárek 2004). Expresí barevného ornamentu může vypovídat o kondičním a zdravotním stavu jedince, jeho věku nebo také k odhadnutí silného vrstevníka v konkurenčních bojích (Andersson 1994). Ovšem jakou úlohu hrají ornamenty v rámci druhu, a co signalizují, zůstává stále nevyřešeno

V této práci jsem se zaměřila na pérové ornamenty ptáků, konkrétně na karotenoidní a melaninové. Hlavním cílem v rešeršní práci bude zjistit, které ornamenty vystihují nejlépe individuální kondici jedinců. Dále budu v praktické části analyzovat barvu žlutých karotenoidů mláďat sýkory koňadry (*Parus major*). Cílem bude zjistit zda a který parametr žluté barvy nejlépe vystihuje kvalitu jedince.

2 CÍLE PRÁCE

1. Cílem této práce je shrnutí teorií a výsledků studií o vztahu mezi karotenoidními a melaninovými ornamenty v závislosti na kondici. Tyto druhově specifické sekundární znaky jsou považovány za tzv. „čestné“ signály kvality zvířat. Předpokládá se tedy, že zbarvení ornamentu daného jedince může vypovídat o kondičním stavu jedince (Badyaev et al. 2000; Senar et al. 2003).
2. Cílem vlastní práce v praktické části je testovat, zda variabilita karotenoidních ornamentů souvisí se základními kondičními znaky (délka tarsu, bodymass index) a s délkou a hmotností ocasních rýdovacích per mláďat sýkory koňadry (*Parus major*).

3 BAREVNÉ ORNAMENTY PEŘÍ

Barevné ornamenty jsou důležitými ukazateli a znaky u ptáků. Představují důležitou roli hlavně při výběru potencionálního reprodukčního partnera a určení kvality kondice jedinců (Hill 2006). Výskyt barevných ornamentů je dán barevnými pigmenty, kterými jsou především melaniny a karotenoidy (McGraw 2006). U ptačích ornamentů je velká vnitrodruhová i mezidruhová variabilita barevného vyjádření ptačích ornamentů (Dale 2006). Variabilita těchto znaků se studuje především z hlediska závislosti kondiční (McGraw et al. 2002; Senar et al. 2003; Peters et al. 2007), imunitní reakce (Anguileria et Amat 2007), kvalitě prostředí (Eeva et al. 1998) nebo rezistenci vůči parazitům (Fitze et Richter 2002).

Výrazné ornamenty se vyskytují častěji u samců než u samic, především u druhů s výrazným pohlavním dimorfizmem (Badyaev et Hill 2000). Některé druhy jsou označovány jako monochromatické, jelikož s lidského pohledu není možno poznat rozdíly mezi zbarvením samce a samice (Eaton 2005, různé atlasy ptáků). Ptáci jsou oproti savcům vybaveni mnohem lepší soustavou barevného vidění, které není omezeno na vlnovou délku 400 – 700 nm jako u člověka, ale jsou schopni vnímat také ultrafialové záření o vlnové délce 300 – 400 nm (Silberglied 1979, Cuthill et al. 2000). Sítnice ptáků obsahuje čtyři typy čípků (tetrachromatické vidění). Jejich spektrálně oddělené pigmenty mají maximální absorpci dlouhých, středních, krátkých a extrémně krátkých vlnových délek. Je uváděno i pět čípků v sítnici ptáku, tím posledním jsou tzv. dvojité čípky, které zaujímají polovinu počtu čípků. Jejich úloha však není doposud jasná, předpokládá se, že slouží k vnímání pohybu, jasů a prostoru (Osorio et al. 1999b, Smith et al. 2002, Jones & Osorio 2004).

3.1 Druhy zbarvení

Zbarvení peří je způsobeno pigmenty nebo je založeno na interferenci a lomu světla od mikrostruktur keratinových vrstev per. Melaninové ornamenty produkují černou, šedou, hnědou, červenohnědou a bledě žlutou barvu, karotenoidové jsou zodpovědné za sytě žlutou, oranžovou, červenou a fialovou (McGraw 2006a, McGraw 2006b). Každý pigment může signalizovat něco jiného. Melaniny často ukazují na hormonální stav, karotenoidy můžou ukazovat na zdravotní stav, či schopnost vyhledávat potravu (McGraw, Mackillop, Dale et. Hauber, 2002). Karotenoidní ornamenty jsou možná citlivějšími indikátory kondice a

kvality jedince než melaniny, jelikož jsou v mnoha případech považovány za čestné ukazatele kondice (Badyaev et al. 2000).

3.2 Vznik, vyjádření, udržení ornamentu

Ornamenty zastávají signální a informační funkci, ale stále tento mechanismus není plně objasněn. Podle studií se na vzniku ornamentu významně podílí pohlavní výběr (Andersson 1994). U druhů pohlavním dimorfismem se výrazné ornamenty častěji objevují u samců (Badyaev et. Hill 2000). Snaha o vývoj maximálního ornamentu může být pro svého nositele velice nákladná a dokonce snižuje jeho životaschopnost (Zahavi 1975).

Aby se ornamenty daly využít v signalizaci, musí být čestnými signály kvality svého nositele. Jejich vývoj a udržování musí být nákladné. Indikátorový model pohlavního výběru říká, že pokud je signál čestný a nákladný, je pro samici výhodné vybrat si takového samce, kterému přítomnost nákladného znaku nevadí (Zahavi 1975).

Není stále přesně známo, jakou ornamenty hrají v rámci druhu úlohu, a co signalizují. Z doposud známých studií ornamenty vznikly a jsou udržovány pomocí kompetice (snaha dvou jedinců využívat tentýž zdroj) za předpokladu, že barevnější, složitější nebo větší ornament je signálem dominance a dobrého zdravotního stavu (Candolin 1999). Dalším názorem je udržení díky samičím preferencím pro určitý znak. Zde opět platí, že barevnější, složitější a větší ornament má přednost při výběru partnera, jelikož signalizuje dobrý zdravotní stav a předpoklady pro péči o potomstvo a podobně (Hill 1990).

3.2.1 Karotenoidní ornamenty

Karotenoidy jsou látky vyskytující se běžně v přírodě a některé organismy jsou schopné je endogenně vyrábět (Armstrong et. Hearst 1996). Mají mnoho funkcí, například při fotosyntéze a fungují jako pigmenty (Badyaev et al. 2000).

Dělí se na karoteny a xantofyly, které mají rozdílné vlastnosti. Molekula karotenů není substituovaná a molekula xantofylů obsahuje ve své struktuře kyslík (Britton 1995). Karotenoidy využívají stejné absorpční cesty jako lipidy (Erdman, Bierer et Grugger 1993).

Předpokladem čestnosti karotenoidních ornamentů je, že ptáci postrádají enzymy k výrobě karotenoidů, proto si je musí doplňovat potravou (Brush et Power 1976; Hill et al. 2000). Pokud nabídka karotenoidů bude v prostředí limitována, budou schopni tvořit kvalitní ornament jen ti jedinci, kteří jsou schopni obstarat si v potravě dostatek karotenoidů (Goodwin 1984; Hill 2000).

Karotenoidní ornamenty jako čestné signály kvality provází několik hypotéz: Podle studií Hilla (1996) platí, že pokud zvířata nejsou schopná vytvářet karotenoidy ve svém těle, jsou karotenoidy v prostředí vzácné a nákladné na výrobu (Hill et al. 2002). To znamená, že pak barevnější ornament může signalizovat zdraví a schopnosti vyhledávat potravu obohacené o karotenoidy (Hill 1992; Lozano 1994). Další hypotézou podle Hilla (2000) je, že metabolismus a transport karotenoidů do ornamentů je energeticky náročný, proto si pouze zdraví jedinci mohou dovolit investovat do výstavby lepšího ornamentu. Poslední zmíněnou hypotézou je, že karotenoidy jsou užitečné svým nositelům díky imunostimulačnímu a antioxidačnímu potenciálu (Alonso-Alvarez, Bertrand, Devevey, Prost, Faivre, Sorci et Loeschcke 2004b; McGraw et al. 2007; Peters 2007).

3.2.2 Melaninové ornamenty

Melaninové ornamenty mohou být méně citlivými ukazateli kondice, protože je ptáci dokážou částečně syntetizovat (Badyaev et Hill 2000). Vyskytují se nejčastěji ve struktuře peří (McGraw 2006b). Několik studií dokázalo, že exprese melaninových ornamentů nesouvisí s fyzickou kondicí zvířat a je spíše přisuzována genetické dědičnosti (Hill et al. 2009; McGraw et Hill 2000a).

Melaninové ornamenty pravděpodobně nesouvisí s potravními zdroji, ale spíše odrážejí dominanci jedinců v populaci. Dokazuje to několik prací, například studie McGraw et al. (2002), která také potvrdila, že potravní stres neovlivňuje výraz melaninového ornamentu. Dále také studie Evanse et al. (2000), která ukázala, že velikost černého hrdla u vrabce domácího (*Passer domesticus*) udává určitou informaci o postavení jedince v populaci.

Melanin je důležitým antioxidantem, chrání tělo před volnými radikály a také chrání jedince před UV zářením (Griffith et al. 2006).

4 MĚŘENÍ A ANALÝZA ORNAMENTŮ

V této práci byly analyzovány karotenoidní ornamenty mláďat ve vztahu k jejich kondici. Existuje několik barevných systémů k popsání a definování vzniku různých barev. A je několik metod, kterými můžeme barvy měřit a vyhodnocovat, tato kapitola se bude zabývat metodami měření barev.

4.1 Barevné systémy

Existuje několik systémů k popsání a definování vzniku barev. Nejstarším z nich je model, který vytvořili Young, Maxwell a von Helmholtz okolo roku 1800. Model se nazývá RGB barevný model, který je založen na principu míchání barev ze tří základních, těmi jsou: červená, modrá a zelená.

Dalším systémem je HSB systém, který poskytl A. Munsell roku 1930. V tomto modelu jsou stanoveny tři základní parametry barvy: základní barva (*hue*), intenzita barvy (*chroma*) a jas (*brightness*). HSB systém je velice využíván a vyhovuje k porovnání barev.

Další barevné systémy byly ustanoveny Mezinárodní komisí pro osvětlování (*Commission internationale de l'éclairage, CIE*). Je to několik matematických modelů (CIE, LCH nebo CIE LAB), které jsou složeny z nezávislých parametrů *hue*, *brightness* a *chroma*.

4.2 Spektrometrické měření barev

V současné době je nejvíce používanou metodou k měření barev spektrometrické měření. Jedná se o spektrální analýzu barev pomocí spektrofotometru, který měří množství reflektovaného záření v celém ptáky-viditelném světelném spektru (Andersson et Prager 2006). Zdrojem světla pro přístroj, slouží halogenové (wolfram-halogenové, deuterium-halogenové) lampy. Část záření, která se odrazí je snímána měřicí sondou a následně vyhodnocovaná v počítačovém programu. Výsledkem měření je křivka, která zobrazuje množství reflektovaného světla v daných vlnových délkách. Z těchto dat následně vypočítáme hodnoty jasu (*brightness*), barvy (*hue*) a sytosti (*chroma*).

Měření vzorků peří pomocí spektrometru může probíhat ihned v terénu přímo na zvířatech (Doucet 2002; Montgomerie 2006) nebo později v laboratoři. K laboratornímu

měření je k dispozici vzorek peří, který byl odebrán při odchycích v terénu. Měří se navrstvený vzorek peří (Siefferman et Hill 2003).

Obě metody mají své výhody a nevýhody. Výhodou pro měření v terénu je menší stres pro jedince, ale určité riziko při manipulaci s přístrojem v otevřené krajině. I když laboratorní měření znamená pro jedince vystavení většímu stresu, zapříčiněným vytržením vzorku peří, má tato metoda své výhody. Umožňuje z dlouhodobého hlediska případné opakování měření a poskytuje materiál i pro další analýzy (Quesada et Senar 2006). Ovšem nesprávným skladováním, by mohlo dojít ke změnám barevnosti, zapříčiněnými působením různých znehodnocujících vlivů (Veselovský 2001).

5 PRAKTICKÁ ČÁST

5.1 Studovaný druh

Sýkora koňadra (*Parus major*), druh čeledi sýkorovitých (*Paridae*), řádu pěvců (*Passeriformes*; Walters 1994), je naše největší a nejtěžší evropská sýkora. Její strukturní ornamenty jsou sytě černá hlava s modravým leskem, čistě bílé tváře, modrošedě zbarvená křídla a ocasní část a olivově zeleně zbarvený hřbet. Břišní pruh je černý (melaninový ornament) a břišní strany žluté (karotenoidní ornament). Tento palearkticky rozšířený stálý druh je v ČR celoplošně početně zastoupen v lesích všech typů, v blízkosti lidských obydlí a městských částí (parky, sady; Šťastný et Hudec 2011). Hnízdí dvakrát ročně v dutinách stromů, větví nebo skalín a využívá i hnízda jiných ptáků a vyvěšené budky. Hnízdo si staví z mechu a vystýlá hustou vrstvou chlupů nebo měkkého chmýří, kterým přikrývá vejce, když opouští hnízdo (Waltres 1994) Doba hnízdění je duben až květen a mláďata obstarávají oba rodiče (Šťastný et Hudec 2011). Velikost snůšky je 5 až 11 vajec, vzácně 12 až 18 vajec (Walters 1994). Potravou je pro sýkory hmyz, housenky a semena obsahující tuk (Šťastný et Hudec 2010). Samci jsou teritoriální a monogamní (Norris 1990).

Je mnoho studií, které u sýkor ukázaly, že ornamenty s kondicí korelují a i takové, které korelaci neprokázaly. Například podle studie Senaraat al. (2003) nebyla zjištěna kondiční závislost melaninového ornamentu k věku, pohlaví ani lokalitě. Jiná studie ukazuje jako kondičně závislé žluté karotenoidní ornamenty, které jsou silně ovlivněny kvalitou prostředí (Hůrak 2000).

Tato práce je součástí širšího grantového projektu, který se zabývá genetickým polymorfismem Toll-like receptorů a imunologickými změnami v průběhu zánětu u ptáků.

5.2 Metodika

K vlastnímu výzkumu mi byly poskytnuty materiály získané z terénní práce, která probíhala na přelomu dubna a května 2012. Práce probíhala v Čimickém a Ďáblickém háji v Praze – Kobylisích (viz mapy, přílohy č. 1, 2), kde jsou lesní porosty s převahou dubu zimního (*Quercus petrae*), modřínu opadavého (*Larix decidua*), lípy srdčité (*Tiliacordata*), dubu letního (*Quercus robur*) a habru obecného (*Carpinus betulas*). Jedná se tedy o vhodný biotop pro sýkoru koňadru (*Parus major*). Budky jsou zde rozmístěny v pravidelné síti s rozestupy cca 50 metrů (viz mapy, příloha č. 1,2). Nejdříve se v terénu lokalizovaly hnízdící páry, pravidelně se kontrolovaly budky a sledovalo se načasování a velikost snůšky. Kondiční údaje a biometrické údaje se sledovaly ihned po vylíhnutí. Mláďatům byla změřena délka tarsu levé nohy digitální šuplerou (Kinex, type 6040.2 přesnost 0.01 mm) a hmotnost digitální vahou (Pesola PPS200). Vážení a měření probíhalo vždy 15. den po vylíhnutí. Dále byl odebrán standardní vzorek žlutého břišního krycího peří a standardní vzorek jednoho rýdovacího pera, a to druhý z pravé části ocasních per. Poté byla mláďata vrácena do budek.

Na analytických vahách byla naměřena hmotnost vzorků rýdovacích per a pomocí digitálního posuvného měřidla byla zjištěna délka. Body mass index (BMI) mláďat byl určen jako poměr hmotnosti a délky tarsu. Výsledná statická analýza probíhala na vzorcích 158 mláďat.

5.2.1 Analýza vzorků ornamentů

Vzorky žlutého břišního karotenoidního ornamentu byly naměřeny spektrometrem Avantes 2048 za pomoci počítačového softwaru Anasoft 7.7, který byl s přístrojem propojen. Na podložním sklíčku byly vyskládány vždy dvě kupičky po 20 pírkách, ke kterým se přikládala měřící sonda po směru struktury pera. Byl zachován stejný odstup a úhel přikládání sondy. Pro eliminaci možnosti volby pořadí per ve vrstvě, byly měřené kupičky celkem 8krát přeskládány a znovu přeměřeny. Tento způsob měření má vysokou opakovatelnost měření (Eliáš 2013). Touto metodou je možno měřit množství reflektovaného záření v celém viditelném spektru. V rozmezí vlnových délek 300-700 nm bylo měřeno množství odraženého světla od vzorku. Z naměřených dat byly vypočítány hodnoty jasu (brightness), barvy (hue), a sytosti (saturation). Jas je zde součtem nebo průměrem všech reflektancí. Hodnota barvy je definována jako vlnová délka, kde byla hodnota reflektance nejvyšší (λR_{max}) (Johnsen et al.

2003) nebo při nejasném jedním vrcholem křivky jako střední vlnová délka mezi minimální a maximální hodnotou reflektance ($\lambda_{Rmid} = [R_{max} + R_{min}] / 2$; Mougeot 2008). Nejsledovanější je parametr sytosti, který představuje sumu reflektancí ve žlutém spektru podle vzorce $(550-625nm/B1)$ a parametr (UVS1) je analogií parametru YS1 pro UV spektrum (300-399nm).

5.3 Statické vyhodnocení

Byl analyzován vztah mezi parametry barvy karotenoidního ornamentu a kondičními znaky jedince. Pro každý parametr barvy jako závislé proměnné byl sestaven lineární regresní (LM) model, který předpokládá normalitu dat u standardizovaných reziduálů. Shapiro testem Normality bylo testováno normální rozdělení měřených parametrů.

Jako nezávislé, vysvětlující proměnné, byly stanoveny délky rýdovacích per, délky tarsů a body mass indexy mláďat. Do modelu byly zahrnuty jen proměnné, jež nebyly vzájemně korelovány. Míra závislosti mezi proměnnými byla testována pomocí korelační matice. Korelační hodnoty byly vypočteny pomocí Spermanova korelačního koeficientu. Jako těsný korelační vztah mezi jednotlivými proměnnými byl definován vztah s korelačním koeficientem $R \geq 0,06$. Všechny analýzy byly provedeny ve statickém počítačovém programu R 2.15.2 (R DevelopmentCore Team 2008).

5.4 Výsledky

Všechny měřené znaky měly přibližně stejnou hodnotu variability, nejnižší variabilita byla u saturace (tab. č. 1)

Nebyla zjištěna korelace mezi parametry body mass index, délkou tarsu ani délkou rýdovacího pera (tab. č. 2), tyto hodnoty byly použity jako vysvětlující proměnné do lineárních regresních modelů.

Dále byla pomocí Spermanova korelačního koeficientu zjištěna korelace mezi saturací a chroma, proto byl vynechán model pro saturaci, u které byla silná korelace (tab. č. 3).

Na základě testování LM modelů nebyly zjištěny žádné významné vztahy mezi brightness, UVchroma, saturation a kondičními znaky. Pouze mezi brightness a velikostí tarsu, UV chroma a délkou tarsu byl vztah na hranici signifikace (Tab. č.4, 5; Přílohy 3, 4, 5).

Byla zjištěna signifikantní závislost mezi Ychroma a délkou tarsu (Tab. č. 6, obr. č. 1). Tedy sytost pozitivně koreluje s velikostí tarsu, z čehož vyplynulo, že větší mláďata, měly žlutější ornament.

Tab. č.1: Variabilita znaků u mláďat sýkory koňadry, n=158

	min	max	průměr	SD	SE	CV
Brightness	7039,01	13700,90	10469,11	1002,08	79,72	9,57
Chroma	0,43	0,61	0,53	0,037	0,003	6,99
Uvchroma	0,66	0,86	0,77	0,04	0,003	5,16
Saturace	0,23	0,25	0,24	0,004	0,0003	1,72
Délka rýdováku	26,98	40,51	34,52	2,62	0,21	7,6
Tarsus	14,93	32,16	22,39	1,4	0,11	6,25
BMI index	0,56	1,46	0,78	0,1	0,008	12,85

Zdroj: vlastní výzkum autora

Tab. č.2: Korelační matice podle spermanovo korelačního koeficientu,

R > 0,06 = signifikantní vztah

	Rýdovák	Tarsus	BMI
Rýdovák		0,38	0,14
Tarsus	< 0,001		-0,2
BMI	0,071	0,132	

Pozn.: nad diagonálou = velikost rýdovacího pera, pod diagonálou = hladiny významnosti

Zdroj: vlastní výzkum autora

Tab. č. 3: Korelační matice podle Spearmanova korelačního koeficientu,

$R > 0,06$ = signifikantní vztah

	Brightness	chroma	UVchroma	Saturation
Brightness		0,09	-0,13	0,07
Chroma	0,244		0,37	0,94
UVchroma	0,105	< 0,001		0,5
Saturation	0,357	< 0,001	< 0,001	

Pozn.: nad diagonálou = Brightness, pod diagonálou = hladiny významnosti

Zdroj: vlastní výzkum autora

Tab. č. 4: Výsledky lineárního regresního modelu pro parametr Brightness

Brightness	F	P
Rýdovák	1.159	0.283
Tarsus	3.526	0.062
BMI	0.166	0.684

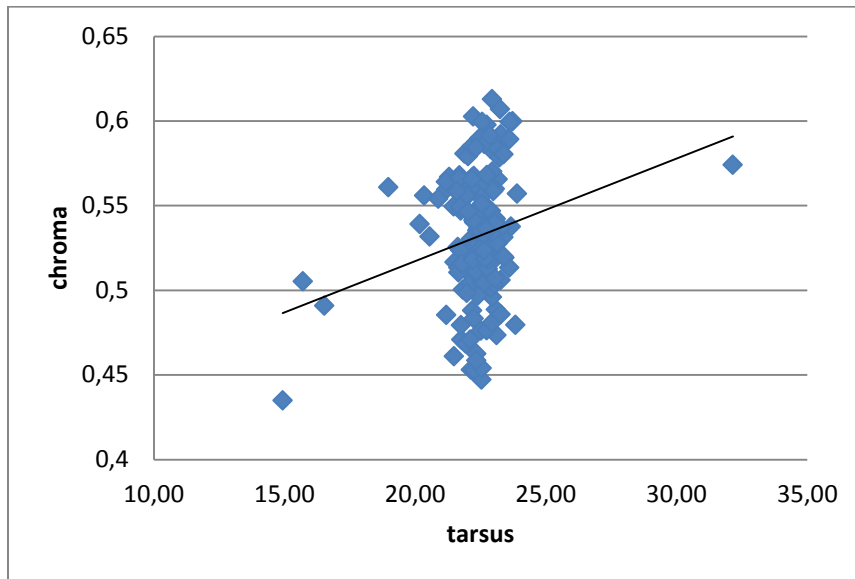
Tab. č. 5: Výsledky lineárního regresního modelu pro parametr pro UVchroma

UVchroma	F	P
Rýdovák	1.159	0.283
Tarsus	3.526	0.062
BMI	0.166	0.684

Tab. č. 6: Výsledky lineárního regresního modelu pro parametr Chroma

Chroma	F	P
Rýdovák	0.006	0.941
Tarsus	5.048	0.026
BMI	3.436	0.066

Obr. č. 1: Graf závislosti mezi parametrem Chroma a délkou tarsu. Pozitivní lineární závislost



Zdroj: vlastní výzkum autora

5.5 Diskuze

Ve většině studií byla potvrzena kondiční závislost karotenoidních ornamentů (Hill 2000, Johnsen et al. 2003, Senar et al. 2003, Peters 2007, 2011). V naší studii se nijak výrazně neprokázala. Nebyly zjištěny žádné výrazné korelace mezi měřenými parametry a kondičními znaky. Naše studie pouze dokazuje, podle signifikantního vztahu mezi sytostí a velikostí tarsu, že větší mláďata, mají žlutější ornament.

Dalším citlivým indikátorem kondice daného jedince může být hmotnost rýdovacího pera (Muñoz et al. 2011), tuto teorii potvrzuje studie Eliáše (2013), kde zjistil pozitivní vztah mezi hmotností těchto per a leskem (*brightness*) karotenoidního ornamentu mláďat. Může tedy znamenat, že mláďata v lepší kondici jsou schopna vytvořit lesklejší karotenoidní ornament. Podobné výsledky dokazují další studie. Například u samců hýlů rudých (*Carpodacus erythrinus*) jas červené náprsenky hraje důležitou roli při mimopárovém oplození, kdy samci s vyššími hodnotami brightness měli méně cizích potomků ve svých hnízdech a zároveň měli více potomků v cizích hnízdech (Albrecht et al. 2009). Také studie Murphy et Pham (2012) ukázala pozitivní korelaci s celkovým jasným strukturním zbarvením ocasních per momota hnědého (*Eumomota superciliosa*). Tyto studie dokazují, že kondici jedince může odrážet délka rýdovacího pera.

V naší studii bohužel nebyla prokázána ani pozitivní korelace mezi BMI a parametrem barvy, jako například ve studii Jonsena et al. (2003), která probíhala na mláďatech sýkory modřinky (*Paruscaeruleus*). Tato korelace je potvrzena dalšími studiemi (Slagsvold et Lifjelda 1985; Ferns et Hinsley 2007) na sýkoře koňadře.

6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnutí moderních poznatků o základních ornamentech peří (melaninových a karotenoidních). Tedy jakými činiteli jsou tyto sekundárně pohlavní znaky ovlivňovány a jakou signalizují informaci v komunikaci u ptáků. Většina studií ukazuje, že karotenoidní znaky byly silně ovlivňovány individuálním kondičním a zdravotním stavem zvířat a poskytují mnohem lepší informaci o kondici. Naproti tomu melaninové znaky nejsou kondičně závislé a neovlivňují ve větší míře jejich úroveň vyjádření. Proto se předpokládá, že nejlepší indikátory kondice a kvality prostředí jsou karotenoidní ornamenty.

V této práci byla provedena studie na sýkorách koňadrách (*Parus major*), ve které bylo podstatou zjistit, zda variabilita karotenoidních ornamentů koreluje se základními kondičními znaky a délkou a hmotností ocasních rýdovacích per. Nebyly ovšem zjištěny žádné významné korelace mezi kondičními znaky a měřenými parametry ani pozitivní korelace mezi BMI a parametrem barvy. Pouze bylo zjištěno, že větší mláďata, měli žlutější karotenoidní ornament. Dokazuje to naše studie podle signifikantního vztahu mezi sytostí ornamentu a velikostí tarsu. Výsledky této práce naznačují, že by karotenoidní ornament mohl signalizovat kondici mláďat. Avšak je nutno tyto skutečnosti a další vztahy ověřit.

7 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

AGUILERA E. et AMAT J. A., 2007: *Carotenoids, immune response and the expression of sexual ornaments in male greenfinches (Carduelis chloris)*. *Naturwissenschaften* 94: 895–902.

ARMSTRONG G. A. et HEARST J. E., 1996: Carotenoids .2. Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis. *Faseb Journal* 10: 228-237

ALONSO-ALVAREZ C., BERTRAND S., DEVEVEY G., GAILLARD M., PROST J., FAIVRE B. et SORCI G., 2004a: *An experimental test of the dose-dependent effect of carotenoids and immune activation on sexual signals and antioxidant activity*. *The American Naturalist* 164: 651–659.

ALONSO-ALVAREZ C., BERTRAND S., DEVEVEY G., PROST J., FAIVRE B., SORCI G. ET LOESCHCKE V., 2004b: *IDEAS AND PERSPECTIVES Increased susceptibility to oxidative stress as a proximate cost of reproduction*. *Ecology Letters* 7: 363-368.

ANDERSON M. B., 1994: *Sexual Selection*. Princeton University Press, Chichester, 445 s.

BADYAEV A. V. et HILL G. E., 2000: *Evolution of sexual dichromatism: contribution of carotenoid- versus melanin-based coloration*. *Biological Journal of the Linnean Society* 69: 153–172.

BRUSH A. H. et POWER D. M., 1976: *House Finch Pigmentation - Carotenoid Metabolism and Effect of Diet*. *Auk* 93: 725-739.

CANDOLIN U., 1999: *Male-male competition facilitates female choice in sticklebacks*. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 266: 785-789.

EATON M. D., 2005: *Human vision fails to distinguish widespread sexual dichromatism*

- amongsexually „monochromatic“ birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 10942–10946.
- EEVA T., LEHIKONEN E. et RÖNKÄ M., 1998: *Air pollution fades the plumage of the Great Tit*. *Functional Ecology* 12: 607–612.
- ERDMAN J. W., BIERER T. L. et GUGGER E. T., 1993: *Absorption and Transport of Carotenoids. Carotenoids in Human Health* 691: 76-85.
- FITZE P. S. et RICHNER H., 2002: *Differential effects of a parasite on ornamental structures based on melanin's and carotenoids*. *Behavioral Ecology* 13, No. 3: 401–407.
- GOODWIN T. W., 1984: *The biochemistry of carotenoids*. Vol. 2. Animals. Chapman et Hall, New York.
- HILL, G. E., 1990: *Female House Finches Prefer Colorful Males – Sexual Selection for A Condition-Dependent Trait*. *Animal Behaviour* 40: 563–572.
- HILL G. E., 2000: *Energetic constraints on expression of carotenoid-based plumage coloration*. *Journal of Avian Biology* 31: 559–566.
- HÖRAK P., VELLAU H., OTS I. et MÖLLER A. P., 2000: *Growth conditions affect carotenoid-based plumage coloration of great tit nestlings*. *Naturwissenschaften* 87: 460–464.
- JAGANNADHAM M. V., 1999: *The structure of carotenoids*. *Correspondence. Tree* 14: 236.
- JOHNSEN A., DELHEY K., ANDERSSON S. et KEMPENAERS B., 2003: *Plumage colour in nestling blue tits: sexual dichromatism, condition dependence and genetic effects*. *Proceedings of the Royal Society* 270: 1263–1270.
- MCGRAW K. J., 2006a: *Mechanics of carotenoid-based coloration*. In: HILL G. E. et MCGRAW K. J. [eds]: *Bird Coloration*. Volume 2. Function and Evolution. Harvard

University Press, Cambridge: 177–243.

MCGRAW K. J., 2006b: *Mechanics of melanin-based coloration*. In: HILL G. E. et

MCGRAW K. J. [eds]: *Bird Coloration*. Volume 2. Function and Evolution. Harvard University Press, Cambridge: 243–295.

MCGRAW K. J., 2006c: *Mechanics of uncommon colors: Pterins, porphyrins, psittacoflavin*s. In: Hill G. E. et McGraw K. J. [eds]: *Bird Coloration*. Volume 1. Mechanisms and Measurements. Harvard University Press, Cambridge: 354–399.

MCGRAW K. J., MACKILLOP E. A., DALE J. et HAUBER M. E., 2002: *Different colors reveal different information: how nutritional stress affects the expression of melanin- and structurally based ornamental plumage*. *The Journal of Experimental Biology* 205: 3747–3755.

MOUGEOT F., 2008: *Ornamental comb colour predicts T-cell-mediated immunity in male red grouse *Lagopus lagopus scoticus**. *Naturwissenschaften* 95: 125–132.

MUÑOZ A., APARICIO J. M. et BONAL R., 2011: *Male barn swallows use different signalling rules to produce ornamental tail feathers*. *Evolutionary Ecology*. 6: 1217–1230.

MURPHY T. G. et PHAM T. T., 2012: *Condition and brightness of structural blue-green: motmottail-racket brightness is related to speed of feather growth in males, but not in females*. *Biological Journal of the Linnean Society* 106: 673–681.

NICOLAUS R. A., 1968: *Melanins*. Herman, Paris.

NORRIS K. J., 1990: *Female choice and the quality of parental care in the Great Tit (*Parus major*)*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 27: 275–281.

OSORIO D., VOROBYEV M., JONES C. D., 1999b: *Colour vision of domestic chicks*. *The*

Journal of Experimental Biology, 202, 2951–2959

PETERS A., DELHEY K., JOHNSEN A. et KEMPENAERSK B., 2007: *The condition dependent development of carotenoid-based and structural plumage in nestling Blue Tits: males and females differ*. *The American Naturalist* 169: 123–136.

SENAR J. C., FIGUEROLA J. et DOMÉNECH J., 2003: *Plumage coloration and nutritional condition in the great tit *Parus major*: the roles of carotenoids and melanins differ*. *Naturwissenschaften* 90: 234–237.

SILBERGLIED R. E., 1979: Communication in ultraviolet. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10, 373–398

SLAGSVOLD T. et LIFJELD J. T., 1985: *Variation in plumage coloration of the great tit *Parus major* in relation to habitat, season, and food*. *J. Zool., Lond. A* 206: 321–328.

ŠŤASTNÝ K. et HUDEC K. [eds.], 2010: *Rod *Parus* Linnaeus – Sýkora*. In: Šťastný K. et Hudec K. [eds.], 2010: *Fauna ČR. Ptáci díl III/2*. Academia, Praha, 703–713.

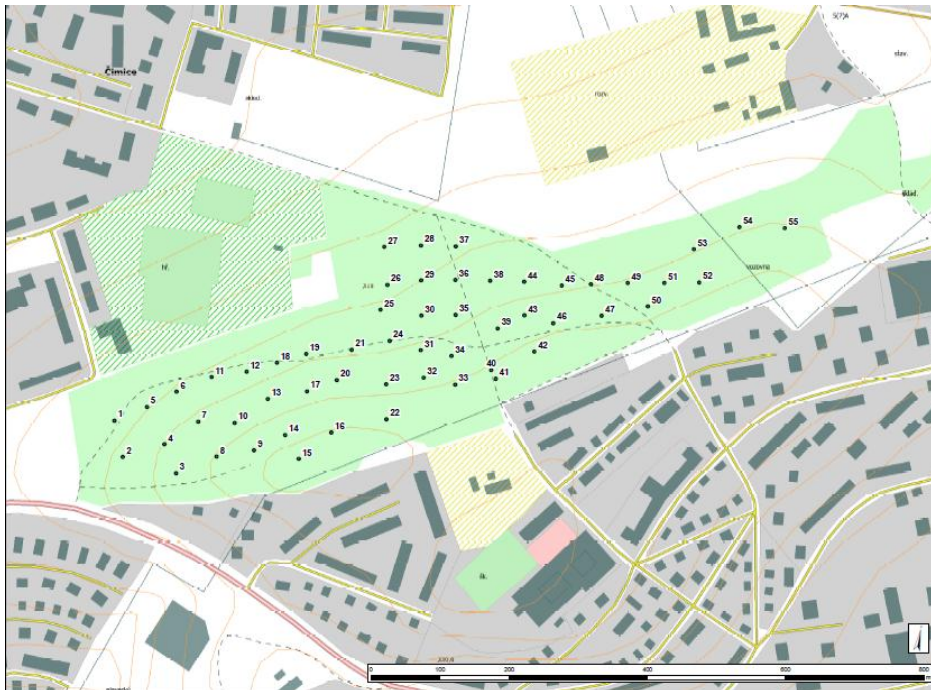
TSCHIRREN B., FITZE P. S. et RICHNER H., 2003: *Proximate mechanisms of variation in the carotenoid-based plumage coloration of nestling great tits (*Parus major* L.)*. *Journal of Evolutionary Biology* 16: 91–100.

ZAHAVI A., 1975: *Mate Selection – Selection for A Handicap*. *Journal of Theoretical Biology* 53: 205–214.

WALTERS M., 1994: *DK Handbooks – Bird's eggs*. Kindersley Limited, London, 256s.

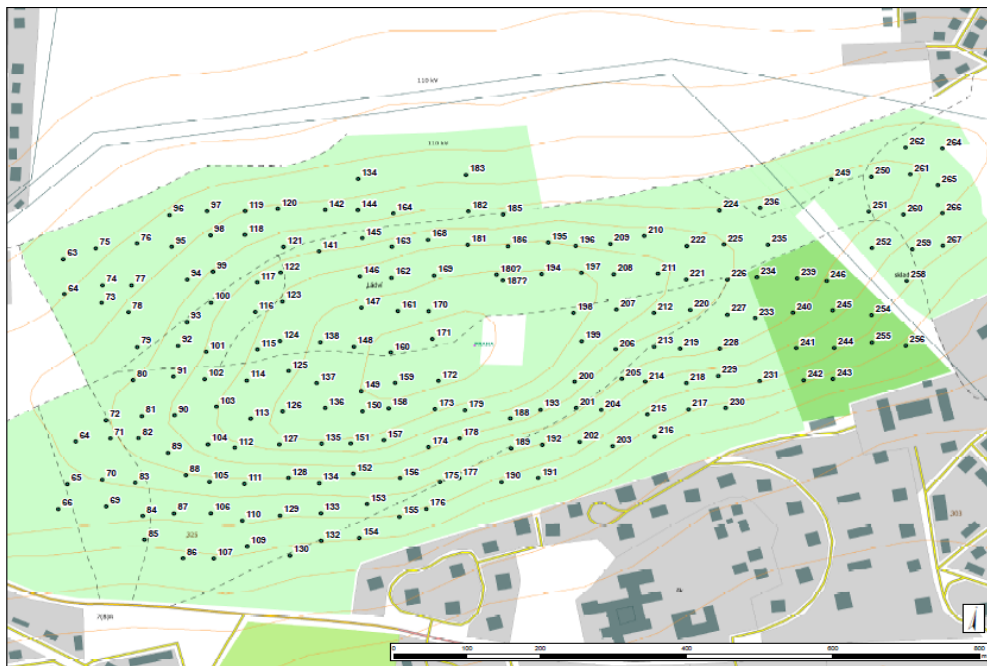
8 PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Mapa rozmístění budek v Čimickém háji v Praze – Kobylisích



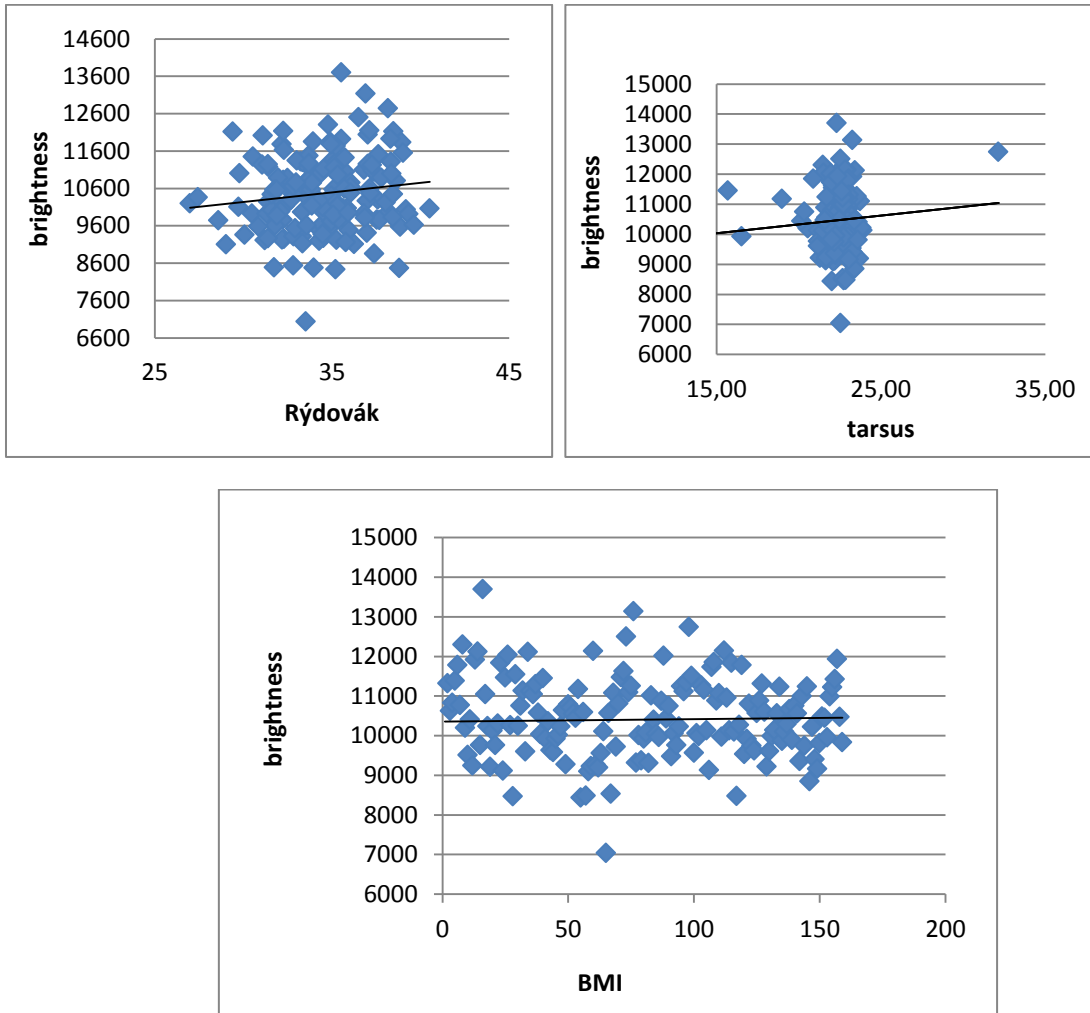
Zdroj:

Příloha č. 2: Mapa rozmístění budek v Ďáblickém háji v Praze – Kobylisích

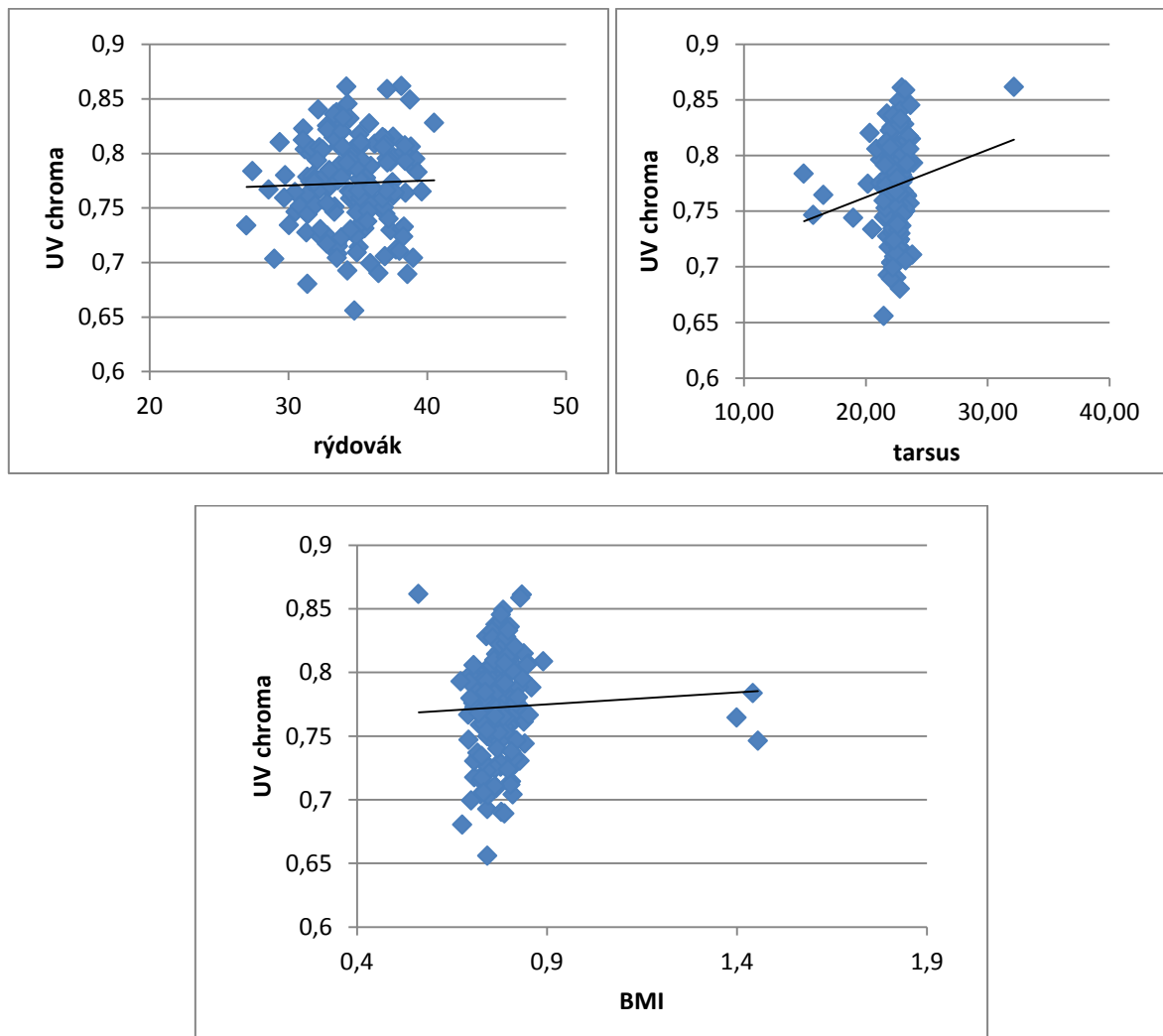


Zdroj:

Příloha č. 3: Grafy závislosti mezi parametrem brightness a rýdovacím perem, brightness a délkou tarsu, brightness a BMI. Nejsou signifikantní



Příloha č. 4: Grafy závislosti mezi parametrem UV chroma a rýdovacím perem, UV chroma a délkou tarsu, UV chroma a BMI. Nejsou signifikantní



Zdroj: Vlastní výzkum autora