

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Cirkadiální rytmy štění**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Balvín, Ph.D.

Autor práce: Eliška Kamarytová

Praha 2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eliška Kamarytová

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

**Cirkadiální rytmy štěnic**

Název anglicky

**Circadian rhythms of the bed bug**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zjistit determinanty denních cirkadiálních rytmů aktivity štěnice domácí (*Cimex lectularius*). Původním hostitelem štěnice jsou netopýři, linie na člověku je však izolovaná minimálně desítky tisíc let. V případě obou hostitelů štěnice tráví většinu času v úkrytu hostitele, na jehož tělo vylézá pouze za účelem potravy, v menší míře transportu. Pro štěnici je proto výhodné synchronizovat svoji aktivitu s denním rytmem hostitele a tedy jeho přítomností v úkrytu.

### Metodika

Pro zodpovězení otázky, zda jsou rytmy determinovány geneticky, bude provedeno srovnání dvou hostitelských linií štěnice domácí: původní linie žijící na netopýrech, a odvozené linie parazitující člověka. Hostitelé těchto dvou linií, které jsou geneticky silně diferencované, mají odlišnou aktivitu a štěnice na nich pravděpodobně sají v jinou denní dobu.

Otázka, zda jsou rytmy plastické a jsou determinovány aktuální nabídkou potravy, bude zodpovězena srovnáním štěnic krmených během noční a během denní periody.

Aktivita bude studována pomocí intervalového snímání arén a vyhodnocení míry pohybu v závislosti na denní době.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

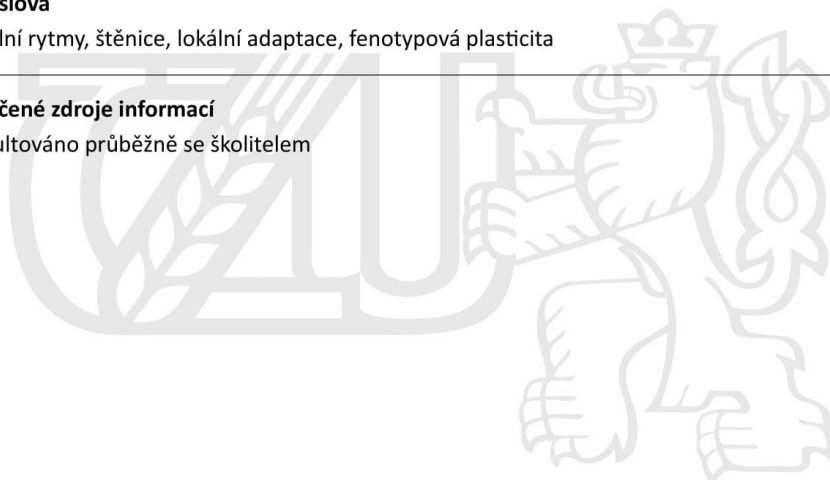
**Klíčová slova**

cirkadiální rytmy, štěnice, lokální adaptace, fenotypová plasticita

---

**Doporučené zdroje informací**

Je konzultováno průběžně se školitelem



---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Ondřej Balvín, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 22. 7. 2018

**doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 24. 8. 2018

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 26. 11. 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Mgr. Ondřeje Balvína, Ph.D. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala. Dále prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne:

.....

Eliška Kamarytová

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala Mgr. Ondřeji Balvínovi, Ph.D., za pomoc během zpracování bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkoval své rodině a přátelům za podporu nejen při tvorbě této práce, ale i po celou dobu mého studia.

## Abstrakt

Štěnice domácí (*Cimex lectularius*) je hematofágní parazit, jehož životní strategie spočívá v životě v úkrytu, který opouští pouze za účelem krmení či šíření. Prapůvodním hostitelem těchto parazitů byli netopýři, později přešli i na člověka. Rozdílné způsoby života těchto hostitelů pravděpodobně způsobily i rozdíly nejen morfologické, ale i fyziologické. A právě problematika rozdílů v cirkadiálních rytmech je cílem zkoumání této bakalářské práce.

Literární rešerše shrnuje dostupné informace o ekologii štěnic, jejich cirkadiálních rytmech a jejich přechodu z netopýřího hostitele na hostitele lidského. Dále udává jejich cirkadiální rytmy v kontextu s cirkadiálními rytmy dalších parazitických a synantropních druhů.

Experimentální část této bakalářské práce poté porovnává cirkadiální rytmy štěnic pocházejících z netopýřích hostitelů se štěnicemi pocházejícími z lidských hostitelů. Nadále vzájemně porovnává populace ze stejných hostitelů, ale různých lokalit. V neposlední řadě také testuje fenotypovou plasticitu cirkadiálních rytmů štěnic v závislosti na době krmení. Vše je poté diskutováno v kontextu dosud dostupných informací.

Zkoumány byly celkem čtyři parametry – délka aktivity, začátek aktivity, počet aktivních úseků ve dne a počet aktivních úseků v noci

Netopýří linie mají aktivitu delší a jsou aktivnější v noci, jejich aktivita ale začíná dříve. Počet aktivních úseků ve dne byl nejednoznačný.

Při porovnávání linií krmených ve dne a krmených v noci bylo zjištěno, že jedinci krmení v noci mají delší a dřívější aktivitu. Ve dvou třetinách pozorování byly aktivnější v noci. Pouze pozorování aktivních úseků přes den nebylo jednoznačné.

Ačkoli se nepodařilo prokázat signifikantní rozdíly ve všech zkoumaných oblastech, z experimentů je patrné, že hostitel, ze kterého daný jedinec pochází, má vliv na jeho životní strategii. A zároveň i lokalita ze které daná populace pochází má vliv na dané jedince.

Výzkum prokázal, že cirkadiální rytmy nejsou plastické a jedná se pravděpodobně o lokální adaptaci.

Klíčová slova: cirkadiální rytmy, štěnice, lokální adaptace, fenotypová plasticita

## Abstract

The bedbug (*Cimex lectularius*) is a hematophagous parasite, its life strategy is to live in a harborage that they leave only for feeding or spreading. The original host of these parasites were bats, later they passed on to humans. The different ways of life of these hosts are likely to cause not only morphological but also physiological differences. And it is the issue of differences in circadian rhythms that is the aim of researching this bachelor's thesis.

The literature search summarizes the available information on the ecology of bedbugs, their circadian rhythms and their transition from a bat host to a human host. It also gives their circadian rhythms in the context of circadian rhythms of other parasitic and synanthropic species.

The experimental part of this bachelor thesis then compares the circadian rhythms of bedbugs derived from bat hosts with bedbugs derived from human hosts. It continues to compare populations from the same hosts but different localities. Last but not least, it also tests the phenotype plasticity of the circadian rhythms of bedbugs depending on the feeding time. Everything is then discussed in the context of information available.

A total of four parameters were examined - length of activity, start of activity, number of active sections during the day and number of active sections at night.

Bat lines have longer activity and are active at night, but their activity begins earlier. The number of active sections during the day was ambiguous.

When comparing daytime feeding lines and night feeding, individuals fed at night were treated to have functional and past efficacy. In two-thirds of the observations, it was more active at night. Only the observation of active sections during the day was not unambiguous.

If significant differences could not be demonstrated in all areas examined, the experiments show that a host that has uniqueness has an impact on its life strategy. At the same time, the locality from which the given population is also has influence on the given individuals.

Research has shown that circadian rhythms are not plastic and one may be a local adaptation.

Key words: circadian rhythms, bedbug, local adaptation, phenotype plasticity





# Obsah

Abstrakt .....	1
Abstract .....	2
1 Úvod.....	1
2 Cíle práce.....	2
3 Literární rešerše .....	3
3.1 Cirkadiální rytmy.....	3
3.1.1 Světlo.....	4
3.2 Štěnice .....	7
3.2.1 Zařazení do systému.....	7
3.2.2 Ekologie štěnic .....	8
3.2.3 Potrava.....	8
3.2.4 Rozmnožování.....	9
3.3 Evoluce .....	10
3.3.1 Volba lidského hostitele .....	11
3.3.2 Štěnice domácí .....	12
3.3.3 Disperze.....	15
4 Denní rytmy potencionálních hostitelů štěnic .....	16
4.1 Člověk.....	16
4.2 Netopýři .....	17
4.3 Synantropní a domácí zvířata .....	17
4.3.1 Domestikovaná zvířata .....	17
4.3.2 Synantropní zvířata .....	20
4.4 Denní rytmy zvířat žijících s netopýry .....	21
4.4.1 Soužití různých druhů netopýřů .....	21
4.4.2 Hmyz .....	22
5 Vnitrodruhový polymorfismus denních rytmů.....	24
5.1 Hmyz .....	24

5.1.1	Mravenci.....	24
5.1.2	Čmeláci a včely .....	25
5.2	Ryby.....	25
5.2.1	Karas zlatý ( <i>Carassius auratus</i> ).....	25
5.2.2	Mořčák evropský ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ).....	26
5.3	Ptáci .....	26
5.3.1	Kos černý ( <i>Turdus merula</i> ) .....	26
6	Experimentální část .....	27
6.1	Metodika pokusu .....	27
6.2	Použité typy grafu.....	30
6.2.1	Krabicové grafy.....	30
6.2.2	Aktogram.....	30
7	Výsledky.....	31
8	Diskuse .....	38
9	Závěr.....	40
10	Přílohy .....	41
	.....	41
11	Literatura .....	52

# 1 Úvod

Denní rytmy různých organismů jsou pozorovány již stovky let. Rozmach jejich výzkumu ovšem nastal až v posledních několika desítkách let. Do dnes existují druhy, jejichž cirkadiální rytmy nejsou téměř vůbec prozkoumány. Mezi tyto druhy se řadí i štěnice.

Štěnice jsou relativně běžnými parazity lidí, netopýrů a ptáků po celém světě. Díky této variabilitě v hostitelích lze předpokládat, že jejich cirkadiální rytmy nebudou jednotné.

Literární rešerše této práce popisuje problematiku cirkadiálních rytmů, jejich fenotypové plasticity a způsoby, kterými je lze ovlivnit. Také shrnuje ekologii a evoluci štěnic.

Experimentální část této práce představuje konkrétní výzkum aktivity štěnic a jejich fenotypové plasticity.

## 2 Cíle práce

Cílem této práce je napsat literární rešerši pojednávající o cirkadiálních rytmech a jejich plasticitě. Hlavní část této práce je experimentální, jejíž cílem je zjistit determinanty cirkadiálních rytmů štěnic. Porovnat denní aktivity několika populací štěnic pocházejících z různých hostitelů. A také zjistit, zda cirkadiální rytmy štěnic mohou být ovlivněny změnou jejich okolního prostředí.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Cirkadiální rytmy

Cirkadiální rytmy<sup>1</sup> jsou vrozené všem doposud studovaným živočišným a některým rostlinným organismům (Illnerová a Sumová 2008). Již desítky let jsou intenzivně studovány u řas, rostlin a živočichů (Cheeseman et al. 2017). Cirkadiální rytmy řídí takzvané „vnitřní hodiny“, které ovlivňují nepřeberné množství dějů v organismu (Illnerová a Sumová 2008), tak aby se projevíly ve vhodnou denní dobu (Komada et al. 2015). Tyto hodiny jsou autonomním fyzikálně-chemickým buněčným mechanismem (Brown 1976).

Předpokládáme, že téměř nikdy nejsou přesné (Brown 1976). Pro větší přesnost jsou tedy sladěny s běžným dvaceti čtyř hodinovým dnem (Illnerová a Sumová 2008). Odchylka od 24h jen zřídka přesahuje 15 % (Brown 1976). Doba, za kterou celý rytmus proběhne a navrátí se do původní fáze, aniž by organismus přijímal podněty z okolí, se nazývá „free-running period“. Zkráceně FRP (Roenneberg a Merrow 2007). FRP je, v závislosti na organismu, povětšinou v rozmezí 23 – 25 hodin (Illnerová a Sumová 2008). Nalezneme v přírodě ale i výjimky. Ruměnice pospolná (*Pyrrhocoris apterus*) má FRP odlišné délky v závislosti na geografické poloze. Cirkadiální rytmy mají mezi 23 a 28 hodinami. Čím více na jihu se populace nachází, tím kratší je její FRP. Čím je to způsobeno dodnes není známo (Pivarciova et al. 2016).

Cirkadiální rytmy mohou být ovlivněny a nastaveny různými enviromentálními podněty, jako je světelný cyklus, teplota a další biologické interakce. U skupinově žijících živočichů mohou být ovlivněny i sociálními interakcemi. Především interakcí s potomky. Denní aktivita rodičů se výrazně mění s příchodem potomků napříč taxony (Fujioka et al. 2017).

---

<sup>1</sup> Z latinského circa = zhruba a diem = den

### 3.1.1 Světlo

Světlo je nejdůležitější *Zeitgeber*<sup>2</sup> pro správné fungování cirkadiálních rytmů (Brown 1976). Většina živočichů se pravděpodobně přizpůsobila změně vlnové délky světla za úsvitu a soumraku a používají tento podnět jako svůj primární *Zeitgeber*. Tento mechanismus se nazývá světelná synchronizace (Zordan et al. 2001).

Obecně dochází k reakci fotoreceptorů na okolní světelný a temnostní cyklus (Koga et al. 2005). Ve fotoreceptorech hmyzu na změnu světla reaguje opsin<sup>3</sup>, u savců melanopsin<sup>4</sup> (Komada et al. 2015).

#### 3.1.1.1 Hmyz

Hmyz má dva typy fotorecepčních orgánů. Složené oko a *ocelli*<sup>5</sup> (Shimoda a Honda 2014). Většina hmyzu má fotoreceptory reagující na dlouhovlnné záření (Zordan et al. 2001). Foto pigmenty ve fotoreceptorech hmyzu se skládají z opsinu, který je spojen s chromoforem sítnice detekující světlo. Chromofor absorbuje fotony, to vede k izomerizaci, což způsobí konformační změnu a aktivuje opsin (Lebhardt a Desplan 2018).

Různé vlnové délky světla hmyz vnímá jako barvy. Tyto vjemy využívají například k nalezení preferovaného prostředí nebo k lokalizaci zdroje potravy (Giurfa et al. 1997).

Při odlišování dne a noci se řídí pouze množstvím světla (Tomioka a Abdelsalam 2004).

Některé noční druhy hmyzu, například *Eudocima tyrannus* a *Oraesia emarginata*, reagují na světlo emitované žlutými fluorescenčními lampami potlačením nočního chování (Shimoda a Honda 2014).

---

<sup>2</sup> Externí nebo environmentální podnět, který iniciuje nebo synchronizuje cirkadiální rytmus organismu s lunárním cyklem Země (24hodinový světlo/tma cyklus a 12měsíční cyklus)

<sup>3</sup> Bílkovinná část světelného proteinu

<sup>4</sup> Foto pigment

<sup>5</sup> Jednoduché oko reagující na světlo

### **3.1.1.2 Obratlovci kromě savců**

Všichni obratlovci kromě savců používají k identifikaci přechodu ze světla do tmy fotoreceptory, které se vyvinuly z frontální části mozku. Fotoreceptory jsou například v epifyze<sup>6</sup>. Dalším příkladem fotoreceptoru je parietální oko, které mají kostnaté ryby a mihule, ještěrky, haterie a žáby. Dále mají boční oči sloužící jako fotoreceptor a mozkové fotoreceptory (Zordan et al. 2001).

#### **3.1.1.2.1 Ryby**

Sítnice ryb se, podobně jako sítnice obratlovců skládá ze tří vrstev. Světločivné buňky jsou umístěny ve vnější jaderné vrstvě. Mají čtyři spektrální třídy čípků – fotoreceptorů citlivých na různé vlnové délky světla. Nejvíce senzitivní jsou na dlouhé (červené), střední (zelené), krátké (modré) a ultrafialové záření. Čípky mají předvídatelné mozaikovitě uspořádání (Stenkamp 2013)

Denní aktivita ryb je ovlivněna mnoha faktory, jako je velikost stáda, možnost predace, množství potravy, i množstvím světla (Reebs 2002).

#### **3.1.1.2.2 Obojživelníci**

Vizuální systém je u obojživelníků velmi rozmanitý. Odráží se v něm stanoviště, které obývají, chování, životní cyklus i zbarvení zvířete (Mohun a Davies 2019).

Rohovka obojživelníků má obvykle dva druhy tyčinek a dva druhy čípků. Poměr tyčinek, čípků a dvojitých čípků je závislý na stupni denní a noční aktivity.

---

<sup>6</sup> Šišinka

Obojživelníci žijící v neustále tmě mohou mít oko menší, sítnice je dis organizovaná a čočka může zcela chybět (Mohun a Davies 2019).

Kromě oka světlo vnímá šišinka, thalamus<sup>7</sup> a Harderova žláza. Některé druhy z čeledi Cecílovití (*Caeciliidae*) vnímají světlo i pomocí kůže (Mohun a Davies 2019).

### 3.1.1.2.3 Plazi

U plazů je, podobně jako u jiných obratlovců, sítnice očí tvořena dvěma typy buněk – tyčinkami a čípkami, které obsahují foto pigment složený z proteinu *opsin*. U plazů i savců bylo pozorováno pět druhů opsinových genů, které se mezi sebou liší v citlivosti na vlnovou délku světla. Plazi jsou velmi variabilní skupina, která se liší jak druh od druhu, tak vyšší skupina od nižší (Katti et al. 2019). Jedním z důvodů této variability je značná podobnost určitých druhů s ptáky (Bowmaker 1998) Některé druhy mají sítnici tvořenou pouze čípkami či pouze tyčinkami. Některé druhy mají oba typy buněk, ale liší se počtem opsinových genů (Katti et al. 2019).

Kromě očí mají všechny druhy hatérií (*Rhynchocephalia*) a některé druhy ještěrek (*Squamata*) také parietální oko. Řády želvy (*Chelonia*), šupinatí (*Squamata*) a hatérie (*Rhynchocephalia*) mají šišinku jako další světločivný orgán (Tosini 1997).

### 3.1.1.2.4 Ptáci

Fotoreceptory jsou umístěny v sítnici, epifýze a hypotalamu. Oči reagují na světelně podněty okolí a řídí tak denní hodiny. Epifýza a hypotalamus produkují melatonin, který denní hodiny synchronizují se sezónním faktorem (Surbhi a Kumar 2015).

---

<sup>7</sup> česky hrbol mozkový



### 3.1.1.3 Savci

Savci používají oči jako jediný orgán rozpoznávající přechody ze světla do tmy. Sídlo tohoto čidla je s největší pravděpodobností v sítnici. Výskyt jiného fotoreceptoru nebyl prokázán (Zordan et al. 2001).

Savci synchronizují svůj cirkadiální rytmus s okolním světelným cyklem. Informace jsou předávány ze sítnice přes retinohypotalamickou dráhu až do suprachiasmatických jader (SCN<sup>8</sup>) (Hoffman 2000).

## 3.2 Štěnice

### 3.2.1 Zařazení do systému

Říše: živočichové (*Animalia*)

Kmen: členovci (*Arthropoda*)

Podkmen: šestinozí (*Hexapoda*)

Třída: hmyz (*Insecta*)

Podtřída: křídlatí (*Pterygota*)

Řád: polokřídlí (*Hemiptera*)

Podřád: ploštice (*Heteroptera*)

Čeleď: štěnicovití (*Cimicidae*)

Rod: štěnice (*Cimex*)

---

<sup>8</sup> část hypotalamu

### 3.2.2 Ekologie štěnic

Štěnice jsou vysoce specializovanou hematofágní<sup>9</sup> čeledí ploštic, jejíž zástupci parazitují na lidech, netopýrech hlavně z čeledi tadaridovití (*Molossidae*) a netopýrovití (*Vespertilionidae*), a ptácích, především z čeledi rorýsovití (*Apodidae*) a vlaštovkovití (*Hirundinidae*) (Usinger a Povolny 1966).

Celosvětově je známo 24 rodů a 110 druhů (Henry 2009).

Jejich přirozenými predátory jsou pavouci (*Araneae*), štírci (*Pseudoscorpionida*), solifugy (*Solifugae*), roztoči (*Acari*), larvy zavíječovitých (*Pyralidae*), zákeřnice (*Heteroptera: Reduviidae*), mravenovití (*Formicidae*) a hlodavci (*Rodentia*) (Usinger a Povolny 1966).

Nejznámějším zástupcem čeledi je štěnice domácí (*Cimex lectularius*) (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Tělo štěnice je široce oválné, dorzoventrálně zploštělé, bezkřídlé. Dosahují velikosti od 4 do 12 mm. Barva je červeno-hnědá (Usinger a Povolny 1966).

Jejich životní strategie se značně liší od většiny ektoparazitů. Místo toho, aby hledaly nového hostitele pokaždé když se potřebují nakrmit, zůstávají schovaní v jeho úkrytu. Tělo hostitele navštěvují jen za účelem krmení anebo šíření (Usinger a Povolny 1966).

Štěnice se velmi liší v míře specializace na hostitele. Většina druhů parazituje velmi úzkou skupinu hostitelů, často pouze jeden druh či jednu čeleď netopýrů nebo ptáků. Oproti tomu druhy parazitující na lidech mají širší spektrum hostitelů, zahrnující jak netopýry, tak synantropní a domácí zvířata. Nezávisle na lidech pravděpodobně i holuby (Talbot et al. 2019).

### 3.2.3 Potrava

---

<sup>9</sup> hematofágní = krev sající

Štěnice se živí krví obratlovců. Tu obě pohlaví potřebují ve všech fázích svého života. Bez ní nejsou schopny přežít, růst ani se rozmnožovat. Samice nejsou schopny produkovat vajíčka, pokud nemají pravidelný přístup ke krvi (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Jak často se krmí, závisí na několika faktorech. Kromě přítomnosti hostitele též na rychlosti trávení a okolní teplotě (Reinhardt a Siva-Jothy 2007). Dospělci se krmí zhruba jednou týdně a krmení trvá 10 – 20 minut (Talbot et al. 2019). Bez přístupu k potravě jsou dospělci schopni přežít přibližně rok a půl. Za určitých podmínek by, mohly přežít i 600 dnů bez potravy (Johnson 1941).

Při jednom krmení dospělá štěnice potřebuje množství krve, které odpovídá 130 % až 200 % její tělesné hmotnosti. Čím větší štěnice je, tím více krve potřebuje při jednom krmení. Nymfy obecně potřebují méně krve než dospělci (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Tělesná hmotnost dospělé samičky štěnice domácí před krmením je 5 mg, jedno jídlo pro ni představuje v průměru 7,6 mg krve (Usinger a Povolny 1966).

Za hlavní zdroj energie se u štěnice domácí považuje hemový komplex bohatý na ATP. Nachází se v červených krvinkách. V lidské krvi je (v porovnání s celkovým objemem krve) 42 % červených krvinek, v netopýří 59 % a v krvi vlaštovek 55,9 %. To by mohlo znamenalo, že k získání stejného množství energie se na lidech musí krmit déle než na ostatních hostitelích (Talbot et al. 2017).

### 3.2.4 Rozmnožování

Štěnice se rozmnožují takzvanou traumatickou inseminací (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Samičky mají k páření vyvinutý speciální orgán, který se nazývá spermalege. Je složený ze dvou částí mezospermalege<sup>10</sup> a ektospermalege<sup>11</sup>. U štěnice domácí se

---

<sup>10</sup> tvořen z mezodermy

<sup>11</sup> tvořen z ektodermy

ektorpemalege nachází na pátém sternitu<sup>12</sup>. Tento sternit má výrazný vrub a leží přímo nad mezospermalege. (Morrow a Arnqvist 2003).

Spermalege slouží k redukci důsledků inseminace, jako je únik hemolymfy, zvětšené riziko infekce díky díře v dutině břišní a také imunitní reakce na sperma (Morrow a Arnqvist 2003).

K inseminaci dochází tak, že sameček samici prorazí dutinu břišní a vstříkne sperma přímo do mezospermalege. Odtud, za pomoci hemolymfy, sperma putuje až do vaječníku, kde dochází k oplození vajíček (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Samice je schopna sperma uchovávat až několik týdnů. Po 35 až 50 dnech od inseminace přestává klást vajíčka. Buď protože zásoby spermatu vyčerpala, nebo již sperma není funkční (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Samci, na rozdíl od samic, vypouští feromony, které odpuzují jiné samce a brání tak jejich spáření (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Samice po oplodnění kladou bílá vajíčka dlouhá jeden až dva milimetry. Vajíčka jsou kladena ve shlucích. Jedna štěnice za život může naklást až pět set vajíček, v přírodě ovšem nakladou pouze sto až sto padesát vajíček. Po vylíhnutí štěnice následuje pět stádií nymfy (Delaunay a Pharm D 2012).

### 3.3 Evoluce

Štěnice jsou evolučně velmi starou skupinou. Pravděpodobně se vyvinuly v době, kdy na Zemi žili dinosauři (Booth 2019), a to zhruba před sto patnácti miliony let (Roth et al. 2019).

Nejstarší dochovaná fosilie hmyzu podobná dnešním štěnicím, byla nalezena v Myanmaru. Jedná se o jantar z období Křídý (Grimaldi a Engel 2005). Tato fosilie je o více než třicet milionů let starší, než první dochovaná fosilie netopýrů (Roth et al. 2019).

---

<sup>12</sup> segment na břišní straně těla

### 3.3.1 Volba lidského hostitele

Původním hostitelem štěnic byli netopýři (Balvín et al. 2012). K parazitismu na lidech se poté uchýlily v době, kdy s netopýry sdíleli stejné prostředí (Talbot et al. 2017). Pravděpodobně během Pleistocénu (Talbot et al. 2019).

Jakým způsobem vybírají a rozlišují vhodného hostitele od nevhodného dodnes nevíme (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

#### 3.3.1.1 Přejchod na lidského hostitele

Co způsobilo přechod štěnic z netopýru na lidi, není známé. Předpokládáme, že to bylo způsobeno spíše chováním netopýru a lidí a nešlo o přímou volbu štěnic (Talbot et al. 2019).

Netopýři jsou heterotermní (Talbot et al. 2019). V závislosti na dostupnosti potravy a okolní teplotě snižují svou tělesnou teplotu. Při nepříznivých podmínkách upadají do hibernace (Austad a Fischer 1991). Právě heterotermie v kombinaci s nízkou tělesnou hmotností mohla být příčinou změny hostitele. Jejich tělesná teplota se sice zvyšuje během letu, ale během prvních třiceti minut po návratu rapidně klesá. Pokud tělesná teplota ovlivňuje průtok krve, pravděpodobně je tím ovlivněno i krmení štěnic, které by muselo nastat co nejdříve po návratu netopýrů. Netopýři navíc často střídají úkryty (Talbot et al. 2019).

Lidé i ptáci jsou, na rozdíl od netopýrů, endotermní a mají stálou tělesnou teplotu středu těla (Rummel et al. 2019). Člověk tedy představuje stálý zdroj potravy. Naše obydlí jsou obvykle plná škvír, které poslouží jako úkryt (Talbot et al. 2019).

### 3.3.2 Štěnice domácí

Odhadem před cca dvěma sty čtyřiceti pěti tisíci lety se v Eurasii od původní linie parazitující na netopýrech odklonila linie štěnice domácí a specializovala se na člověka (Balvín et al. 2012). Na přelomu Pleistocénu a Holocénu již bylo spojení lidí a štěnic rozšířenější (Talbot et al. 2019).

První zmínky o asociaci lidí a štěnic se datují až do starověkého Egypta (Booth et al. 2015). V historii měly štěnice mnoho různých jmen. To jen potvrzuje, že člověka doprovází již po více než čtyři tisíce let (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Po druhé světové válce byly štěnice v rozvinutých zemích téměř vyhubeny. Především díky užívání DDT<sup>13</sup> jako běžného insekticidu ve čtyřicátých a padesátých letech minulého století (Booth et al. 2015).

K dramatickému rozšíření došlo v průběhu devadesátých let minulého století. Hlavními příčinami globálního rozšíření byly snižující se ceny letenek a jejich schopnost se šířit lokálně (Reinhardt a Siva-Jothy 2007). Ale také jejich vyšší odolnost vůči insekticidům, a globální obchod. V neposlední řadě také zvyšující se obliba v obchodech se zbožím z takzvané „druhé ruky“ (Booth et al. 2015)

#### 3.3.2.1 Důsledky změny hostitele u štěnice domácí

Díky adaptaci na různé hostitele se dnes populace štěnice odlišují jak morfologicky, tak geneticky (Balvín et al. 2012).

---

<sup>13</sup> dichlordifenyltetraethan

### 3.3.2.1.1 Morfologické odlišnosti

Díky adaptaci na jiné hostitele se štěnice vzhledově liší. Tyto změny souvisí především s adaptací na jiné smyslové, stravovací a disperzní potřeby (Balvín et al. 2012).

Štěnice parazitující na netopýrech mají více chlupů a kratší končetiny. Rozdílnost v délce končetin pravděpodobně souvisí s odlišnými způsoby šíření. Delší nohy umožňují štěnicím rychlejší pohyb, což napomáhá aktivnímu šíření v lidských obydlích. Netopýři naopak žijí izolovaně a jediný způsob přenosu je za pomoci hostitele. K tomu lépe slouží krátké, ale silnější končetiny. (Balvín et al. 2012).

*Rostrum* se liší délkou i šířkou. To pravděpodobně souvisí s různou tloušťkou *epidermis*. Množství chlupů nejspíše souvisí s pokryvem hostitele. Rozdílnost v očích a tykadlech by mohla souviset s rozdílnými sensorickými potřebami (Balvín et al. 2012).

### 3.3.2.1.2 Genetické odlišnosti

Štěnice parazitující na netopýrech mají větší rozmanitost alel<sup>14</sup> mikrosatelitu<sup>15</sup> než štěnice parazitující na lidech. To značí, že jedinci z populací parazitujících na lidech jsou vzájemně příbuznější, než jedinci z populací parazitujících na netopýrech (Booth et al. 2015). Společně sdílejí pouze jeden mitochondriální haplotyp<sup>16</sup> (Balvín et al. 2012).

Analýza genů slinných proteinů prokázala pozitivní selekci proteinu apyrázy. Ta brání hemostázi<sup>17</sup> při krmení. Druh hostitele ovlivňuje počet kodonů ukazujících pozitivní selekci. Největší pozitivní selekce je u druhů parazitujících na netopýrech. Pravděpodobnou příčinou je heterotermie netopýrů (Talbot et al. 2017).

---

<sup>14</sup> konkrétní forma genu

<sup>15</sup> krátká část DNA, kde se mnohokrát opakuje určitá sekvence nukleotidů

<sup>16</sup> specifické oblasti mitochondriální DNA, které se shlukují s dalšími mitochondriálními sekvencemi, aby ukázaly fylogenetický původ mateřské linie

<sup>17</sup> omezení a zastavení krvácení

V linii štěnice domácí i štěnice tropické u člověka byly zjištěny specifické genetické mutace, které způsobují vyšší toleranci k insekticidům (Punchihewa et al. 2019) A to z toho důvodu, že štěnice parazitující na lidech jsou často hubeny pomocí insekticidů. Zatímco na štěnice parazitující na netopýrech se insekticidy nepoužívají (Booth et al. 2015).

### 3.3.2.2 Vliv na hostitele

Pokud je hostitelem netopýr či pták, krmí se štěnice na částech, které nejsou pokryty srstí nebo peřím. V případě netopýrů se jedná například o předloktí, křídla nebo chodidla. Ptáci jsou nejčastěji pokousáni na bázi nohou a kolem očí. Lidé jsou nejčastěji pokousáni na ruku, nohu, zádech, a kolem očí. Společným znakem těchto míst, krom absence srsti či peří, je tenká epidermis<sup>18</sup> a dostatečná prokrvenost. Díky tomu jsou štěnice schopny zkrátit dobu, po kterou se krmí, na minimum. Čím déle se krmí, tím je větší šance, že ji hostitel zahubí (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Štěnice jsou schopny přenášet viry typu, žloutenka typu B či HIV. Tyto viry jsou schopny přežít v jejich trávicím soustavě po několik týdnů. Nejsou ovšem schopny se replikovat a stávají se pro člověka neinfekčními. Přenos a přímá nákaza hostitele proto nebyla nikdy prokázána. Rány způsobené kousnutím mohou usnadnit vnik infekce do těla hostitele, tyto případy jsou ovšem dokumentovány velmi zřídka (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Nejčastěji u člověka štěnice způsobují pouze diskomfort. Mohou se objevit alergické reakce způsobené některými složkami slin štěnic. Velmi výjimečně může být reakce natolik silná, že způsobí úmrtí hostitele (Reinhardt a Siva-Jothy 2007). Asi 20 % lidské populace je imunní vůči kousnutím. Zda se jedná o imunitu vrozenou či nabytou můžeme jen hádat, jelikož studie nezahrnula dřívější styk s parazity (Kemper 1929). Některým lidem stačí 2 500 kousnutí, aby se stali imunními. Jiní potřebují až 100 000 kousnutí. Pokud je imunita jednou nabyta, člověk se již znovu nestane citlivým na

---

<sup>18</sup> Svrchní vrstva kůže



kousnutí. A to ani v případě, že se štěnicemi není ve styku po delší dobu (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

Díky jejich kryptické povaze a zvyšující se odolnosti je čím dál těžší je odhalit a eliminovat (Wu et al. 2014).

### 3.3.3 Disperze

Pasivní šíření je pro bezkřídly hmyz nejdůležitější cestou k nalezení nových hostitelů. Jelikož ptáci i netopýři žijí v izolovaných koloniích, jediný způsob disperze je za pomoci hostitele. Lidé šíří štěnice na oblečení, v zavazadlech i v nábytku. Byly objeveny, když lidé cestovali pěšky, auty, vlaky, na lodích i v letadlech. Čím delší je vzdálenost přenosu štěnic, tím méně jich přežije. Nejdelší zdokumentována vzdálenost přenosu štěnice zvířecím hostitelem činí 42 km, konkrétně se jednalo o přenos mezi dvěma hnízdy vlaštovek (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

O aktivním šíření štěnic je dodnes známo velmi málo (Wang et al. 2010). S největší pravděpodobností se takto šíří uvnitř budov za pomoci sdílené infrastruktury (Wu et al. 2014).

V úkrytu mohou zůstat, při pokojové teplotě, nehybné až 35 dnů, než se rozptýlí (Reinhardt a Siva-Jothy 2007).

## 4 Denní rytmy potencionálních hostitelů štěnic

### 4.1 Člověk

FRP u lidí je v průměru 25,2 hodiny. U nevidomých odhadujeme 24,3 hodiny až 24,5 hodiny. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben nerovnoměrnou distribucí nefotických synchronizátorů. To má za následek zkrácení FRP (Czeisler et al. 1999).

Centrem cirkadiálních rytmů u člověka jsou suprachiasmatická jádra (SCN) v hypotalamu, jehož hlavní funkcí je kontrola chování, fyziologických a endokrinních dějů (Gillette a Tischkau 1999). Periferní hodiny jsou poté umístěny v téměř každém orgánu a tkáni v těle (Hower et al. 2018).

Většina lidí spí pouze v průběhu noci, ale jistá část populace si spánek dobrovolně rozděluje na delší úsek během noci a krátkého šlofika během dne. Ideálně by si člověk našel místo, kde stráví noc a ráno by se spontánně probudil. V dnešním světě tohle již bohužel nefunguje. Nejen že nás ruší zvuky okolí, ale také si dobrovolně oddalujeme spánek (Monk a Moline 1989).

Obecně platí, že světlo je hlavní Zeitgeber lidí, tak jako většiny savců (Roenneberg a Merrow 2007). Světlo ovlivňuje mnoho biologických procesů v lidském těle od chování až po fyziologické procesy. K velké změně ve vnímání světla došlo ve třicátých letech minulého století, když v severní Americe a Evropě byla vybudována rozvodná síť elektrického vedení. To umožnilo lidem trávit mnohem více času uvnitř. Doba, po kterou člověk mohl pracovat nebo si hrát, se najednou protáhla dlouho do noci, a díky tomu se posunula i doba, ve kterou člověk usíná (Wright et al. 2013). Přesto se FRP téměř nemění v závislosti na množství času stráveného venku. Změny FRP u lidí jsou z větší části sociálního charakteru – lidé ve městech se méně spoléhají na venkovní osvětlení, oproti lidem z vesnic proto usínají později a zároveň se později i probouzejí. Nedostatek spánku během pracovních dnů též neovlivňuje FRP (Roenneberg a Merrow 2007)

## 4.2 Netopýři

Netopýři jsou téměř bez výjimky zcela noční živočichové. Aktivita většiny druhů začíná za soumraku. Do úkrytu se často vrací dlouho před východem slunce, nejpozději v době rozbřesku. To je chrání před potencionálními predátory, kterými jsou ptáci s denní aktivitou. Aktivita jednotlivých druhů je velmi variabilní. Ovlivněna je jak fyziologickými procesy, tak externí podmínky prostředí (Kunz 1982).

FRP netopýřů se téměř vždy liší od 24 hodin. To naznačuje, že cirkadiální rytmus netopýřů je založen na endogenní podnětech, ale synchronizuje se s exogenními podněty okolního prostředí (Kunz 1982).

Hlavním spouštěčem aktivity u netopýru je tedy množství světla. Tadarida rezavá (*Molossus ater*) započiná aktivitu při intenzitě osvětlení 30–300 lx, Tadarida Pallasova (*Molossus molossus*) při intenzitě 5–30 lx, Netopýr tmavý (*Myotis nigricans*) málokdy opouští ukryt při intenzitě světla vyšší než 5 lx (Kunz 1982).

Další faktor ovlivňující aktivitu netopýřů převážně mírného pásu je okolní teplota. Některé druhy v chladném počasí loví po kratší dobu, pokud teplota klesne pod určitou hranici mohou přestat lovit úplně a upadají do hibernace (Kunz 1982).

## 4.3 Synantropní<sup>19</sup> a domácí zvířata

### 4.3.1 Domestikovaná zvířata

Domestikace divokých zvířat začala před více než jedenácti tisíci lety (Zeder 2012). Během tohoto procesu zvířata přizpůsobila své chování a řadu další vlastnosti (Jensen 2006).

Domestikace je dosaženo kombinací genetických změn v průběhu několika generací (Price 1999). Tyto změny sice nejsou zřejmé, ale jsou pro další vývoj zvířat zásadní.

---

<sup>19</sup> z řeckého *syn* = s a *anthropos* = lidé

Genetická výbava se zmenšuje a není tolik rozmanitá. To způsobuje menší odolnosti vůči nemocem či škůdcům (Červená et al. 2001).

Díky domestikaci a následnému šlechtění dnes většina domestikovaných zvířat vypadá odlišně než jejich divocí předci. Ať už se jedná o, na první pohled zřejmé, změny jako jsou různá zbarvení či chybění rohů. Tak i méně výrazné změny, za které považujeme růst menší lebky a zároveň i mozku, ale i dalších vnitřních orgánů, ku příkladu srdce. Dnešní králíci mají srdce menší až o 35 % oproti původním divokým králíkům. Kostra také prošla změnou. Obvykle má menší odolnost oproti kostře divokých zvířat, zato je těžší (Červená et al. 2001).

Domestikace s sebou přinesla i fyziologické změny. Například dřívější pohlavní dospělost, větší snůšky a vrhy nebo prodlouženou dobu laktace. Období páření se z pár týdnů během roku protáhlo na téměř celý rok (Červená et al. 2001).

Domestikace způsobila i změny v chování zvířat. Některé instinkty se změnily či úplně vymizely, došlo ke ztrátě plachosti. To způsobilo, že velké množství těchto zvířat již dnes není schopno v divočině přežít. Některé druhy, například prasata, úplně obrátila dobu své aktivity. Z dříve soumravných či nočních tvorů jsou dnes zvířata aktivní převážně přes den. Dříve monogamní husy jsou dnes polygamní. Mnoho mláďat je dnes pár dnů po narození odstaveno od matky a vyrůstá bez její přítomnosti. Díky tomu mláďata postrádají přirozené chování, které by od nich jinak získala (Červená et al. 2001).

#### **4.3.1.1 Psi**

První archeologické záznamy o domestikaci psů pochází z období konce doby ledové z Eurasie a Severní Ameriky (Forster 2000). Za původního předka se považuje vlk obecný (*Canis lupus*) (Červená et al. 2001).

Psi byli pravděpodobně prvním domestikovaným druhem. Proces jejich domestikace není přesně znám: Předpokládá se, že psi od lidí přijímali jídlo. Pravděpodobně tedy fungovali jako mrchožrouti. Výměnou za jídlo psi lidem poskytovali ochranu a hlídání.

Spaním v lidské blízkosti posloužili i jako jakési ohřívače či příkrývky. Také pro lidi představovali ideální nouzovou zásobu masa (Forster 2000).

Psi chovaní jako mazlíčci vypadají, že prospí celou noc. Toto chování je pravděpodobně ovlivněno jejich majiteli. Ve skutečnosti psi spí v intervalu šestnáct minut spánku a pět minut vzhůru a neprospí více jak šedesát procent noci. Psi ve smečkách tráví asi sedm až dvacet čtyři procent času aktivně. Zbytek dne tráví spánkem nebo jen poleháváním. Divocí psi oproti tomu tráví zhruba hodinu za úsvitu a hodinu za soumraku hledáním potravy a po zbytek času jsou neaktivní. Více než osmdesát procent času tráví poleháváním a spánkem (Houpt 2011).

#### **4.3.1.2 Stádová zvířata**

Další domestikovaná zvířata byla stádová zvířata, jako jsou kozy, ovce či skot. Důvod jejich domestikace je zřejmý. Byl to zdroj masa a mléka, který byl neustále nablízku. Dále zdroj srsti či kožešin a vlny. Po vynalezení postroje byla tato zvířata také používána k práci (Forster 2000).

##### **4.3.1.2.1 Skot**

Za předka dnešního skotu považujeme Pratura (*Bos primigenius*), který byl zdomácněn před šesti až sedmi tisíci let před naším letopočtem na území dnešního Řecka, Makedonie. Dále také v oblasti „úrodného půlměsíce<sup>20</sup>“, ten představoval tehdejší Egypt, Mezopotámii a Persii. O dva až tři tisíce let později také v Indii (Červená et al. 2001).

Důvod domestikace skotu není jasný. Pravděpodobné jsou náboženské důvody. Zdroj potravy, kůží trusu, ale i jako pracovní a jízdní zvíře se skot začal používat až mnohem později (Červená et al. 2001).

---

<sup>20</sup> dnešní Irák, Sýrie, Libanon, Jordánsko, Palestina, Izrael, Egypt a Turecko

Krávy jsou denní zvířata. Pro mléčná plemena je ideálních šestnáct až osmnáct hodin světla denně. Nejaktivnější jsou za úsvitu a za soumraku. Krávy chované pouze k produkci mléka mají vrchol aktivity posunut. Nejvyšší aktivitu u volně ustájeného mléčného skotu lze pozorovat zejména během dojení a krmení, ale i během jiných aktivit souvisejících s jejich chovem (Adamczyk et al. 2015).

#### 4.3.2 Synantropní zvířata

Termínem synantropní označujeme druhy divoké fauny a flory, které se vyskytují v blízkosti lidí a těží z jejich přítomnosti (King 2014). Tyto druhy získávají značné výhody díky soužití s lidmi. Především zvýšení hustoty populace, zvýšení reprodukce a větší šance na přežití (Klegarth 2017).

Život v blízkosti lidí zvolily většinou kvůli snadnému a stabilnímu zdroji vysoko kalorické potravy anebo díky značnému snížení rizika predace (Klegarth 2017).

Synantropie se odráží i ve výběru stanoviště. Většinou preferují krajinu ovlivněnou lidskou činností s antropogenními zdroji. Alternativní stanoviště, když jsou k dispozici, často zůstávají ignorována. V oblasti svého výskytu mohou být přirozeně, ale i invazivně (Klegarth 2017).

Mezi běžné synantropní druhy patří například blechy, holubi, krysy a plevele (King 2014).

##### 4.3.2.1 Krysy

Krysy původně obývaly území mediteránu (Davis 1986). Dodnes se zde nachází ostatky z doby před více než čtyřmi tisíci let (Savinetsky a Krylovich 2011). Domníváme se, že se zdržovaly ve skladech obilí, odkud se přemístily do přístavů a na lodích později po celé Evropě (Davis 1986).

FRP krys je 24,28 hodiny (Usui a Okazaki 2002). Krysy jsou aktivní převážně v noci. Střídají se fáze aktivity a klidu, kterých je během dne šest až patnáct. Jejich počet

závisí na věku krysy a na složení její potravy. S přibývajícím věkem krysy se doba aktivity snižuje (Richter 1922). První významná fáze aktivity začíná těsně po soumraku (Hunt a Schlosberg 1939).

#### **4.3.2.2 Holubi**

První zmínky a soužití holubů a lidí pochází z Mezopotámie z období před pěti až čtyřmi a půl tisíci let před naším letopočtem. Tehdy začali holuby využívat lidská obydlí k hnízdění a pole plná obilí jako zdroj potravy. Lidé poté začali holuby využívat jako zdroj masa, dále jim vybírali hnízda a konzumovali vejce i holoubata, později byli využíváni i k dopravě pošty (Červená et al. 2001).

FRP holubů je  $23,45 \pm 0,07$  hodiny (Ebihara et al. 1984). Přirozeně jsou aktivní přes den. V blízkosti velkých měst jsou velmi ovlivňováni umělým osvětlením a hlukem. Důsledkem toho je přesun některých aktivit do nočních hodin. Častý je přesun shánění potravy do doby těsně po soumraku. To může mít ale více příčin. Po soumraku je venku menší koncentrace lidí a také nehrozí střet s predátory aktivními ve dne (Leveau 2020).

### **4.4 Denní rytmy zvířat žijících s netopýry**

#### **4.4.1 Soužití různých druhů netopýrů**

Úkryty jsou často sdíleny více druhy netopýrů. Aktivní zůstávají v noci, ale liší se doba, kdy úkryt opouští. Listonos velký (*Phyllostomus hastatus*) byl v jižní Americe pozorován v úkrytu společně s *Molossus rufus* a Tadarida Pallasova (*Molossus molossus*). Druhy spolu sice sdílely úkryt, ale nedocházelo mezi nimi k žádné interakci (Costa et al. 2010).

## 4.4.2 Hmyz

Poměrně časté je soužití netopýrů společně s různými druhy hmyzu, který se netopýřím guánem živí. Jedná se především o šváby a cvrčky čeledi *Phalangopsidae* a rybenky z čeledi (*Lepismatidae*) a *Nicoletiidae*. Brouky z čeledi kožojedovití (*Dermestidae*), potemníkovití (*Tenembrioidae*), lanýžkovití (*Leiodidae*), střevlíkovití (*Carabidae*), *Trogidae* a mršníkovití (*Histeridea*). Hojné jsou i můry z čeledi molovití (*Tinediae*), a mouchy čeledi hrblíkovití (*Phoridae*) (Ferreira a Martins 1999).

### 4.4.2.1 Můry

V Austrálii je běžné soužití insektivorních netopýrů společně s můrami rodů *Speiredonia* a *Macrolepidoptera*. Především s druhy *Speiredonia spectans* a *Speiredonia mutabilis*. Tyto můry jsou, stejně jako netopýři, druhy s noční aktivitou. Většinou zůstávají v úkrytu až do soumraku. Poté vylétají do okolní vegetace hledat potravu (Pavey a Burwell 2005).

Můry jsou častou kořistí netopýrů. Mají proto vyvinuté jednoduché ucho, které je schopno zaznamenat frekvence echolokace netopýrů a tím můry varovat před přítomností predátora. Dále se predaci vyhýbají zůstáváním poblíž vegetace, létáním méně často. Také se snaží vyhnout létání v době největší aktivity netopýrů (Pavey a Burwell 2005).

### 4.4.2.2 Štěnice

Štěnice jsou dennodenně vystavovány předvídatelným změnám světla v závislosti na slunečním cyklu. Štěnice využívají těchto změn a sladily s nimi svou aktivitu. Úkryt opouští jen za příznivých podmínek. To je v době menšího rizika predace, menší



kompetice a v době příznivých abiotických<sup>21</sup> podmínek prostředí. Většinu času tedy zůstávají v úkrytu, snaží se tím předejít jejich objevení hostitelem. Z úkrytu vylézají nejčastěji v době, kdy hostitel spí. Štěnice vykazují spontánní periodickou aktivitu bez ohledu na stimuly hostitelem, danou pouze cirkadiálním rytmem. Tento rytmus přetrvává v kontinuální tmě i v kontinuálním světle. Při prohození světelných podmínek štěnici trvá v průměru čtyři dny, než se přizpůsobí a svůj rytmus otočí (Romero et al. 2010).

Obecně jsou štěnice považovány za noční živočichy. Snadno se ovšem přizpůsobí chování svého hostitele (Dhang 2014).

---

<sup>21</sup> neživý – například podnebí, ovzduší, teplota, vlhkost

## 5 Vnitrodruhový polymorfismus denních rytmů

Většinu zvířecích druhů lze na základě jejich aktivity rozdělit na denní, noční nebo soumravné. Ptáky a savce lze takto jednoduše rozdělit, protože aktivita jednotlivých druhů a jedinců v rámci druhu je konzistentní. Existují ovšem druhy, jejichž aktivita se liší jak mezi druhy, tak mezi jedinci v rámci daného druhu. Jsou známy druhy, u kterých jsou někteří jedinci denní, zatímco ostatní jedinci jsou noční. Výjimkou není ani přechod z čistě denní aktivity na noční aktivitu v průběhu několika málo dnů. Aktivita takovýchto druhů se označuje jako plastická (Reebs 2002).

Aktivitu ovlivňuje především cirkadiální rytmus. Jsou ale i další vnější podmínky, které mohou cirkadiální rytmus ovlivnit. Patří mezi ně například vzorec dostupnosti potravy nebo výkyvy denní teploty (Reebs 2002).

Při zkoumání cirkadiálních rytmů v laboratoři je důležitá stálost podmínek. Pokusy probíhají buď za stálého světla, stálé tmy nebo je světlo a tma pravidelně periodicky střídáno v rozmezí několika hodin. Potrava musí být buď stále přítomna nebo musí úplně chybět. U vodních živočichů je důležitá i konstantní teplota vody a stálá hladina kyslíku ve vodě (Reebs 2002).

Výzkumy ovlivnění cirkadiálních rytmů jsou většinou založeny na posunu fází světla a tmy. Buďto předchozí rytmus o několik hodin předběhne, nebo jsou naopak o několik hodin opožděny. Následně se zkoumá za jak dlouhou dobu je živočich schopen svůj denní rytmus sladit s novým, posunutým rytmem (Reebs 2002).

### 5.1 Hmyz

#### 5.1.1 Mravenci

U hmyzu žijícího v koloniích, jako jsou například mravenci byla pozorována změna cirkadiálního rytmu v závislosti na úkolu, jež mu byl v kolonii přidělen. Bylo zjištěno,

že jedinci žijící uvnitř a starající se o mláďata, mají cirkadiální rytmy, které se projevují pouze v době, kdy jsou osamělí (Fujioka et al. 2017).

To značí, že cirkadiální rytmus mravenců lze snadno upravit na základě sociálních interakcí (Fujioka et al. 2017).

### 5.1.2 Čmeláci a včely

Aktivita čmeláků i včel je velmi podobná aktivitě mravenců. Královny starající se o potomstvo nevykazují žádné cirkadiální rytmy nýbrž nepřetržitou aktivitu. Jejich aktivita se mění v závislosti potomka v hnízdě. Dělnice vykazují vrozený cirkadiální rytmus, stejně jako osamělý hmyz (Eban-Rothschild et al. 2011)

## 5.2 Ryby

### 5.2.1 Karas zlatý (*Carassius auratus*)

Jedná se o populární akvarijní rybu poměrně často studovanou v laboratořích. Za konstantních podmínek vykazují cirkadiální rytmus. V rámci populace se však liší jedinec od jedince. V jedné populaci byly pozorováni jedinci denní, noční i afázický. Někteří jedinci mění rytmus aktivity z jednoho typu na jiný. Někteří jedinci také měnili svou aktivitu v závislosti na části akvária, ve které pobývali. V horních vrstvách byli denní, zatímco ve spodních vrstvách noční (Reebs 2002).

Cirkadiální rytmy těchto ryb jsou ovlivněny vnitřními faktory. Proto se ryby pozorované ve stejných podmínkách v aktivitě liší. Jsou ale ovlivňovány i vnějšími faktory. Především dostupností potravy (Reebs 2002).

## 5.2.2 Mořčák evropský (*Dicentrarchus labrax*)

Laboratorně zkoumané populace této ryby ukázala, že zhruba polovina ryb se dožadovala potravy přes den, zatímco druhá polovina v noci. I po úpravě frekvence světelných podmínek se dané ryby dožadovaly potravy ve stejné fázi dne. Držení ryb v hejnu či osamoceně nemělo na jejich stravovací návyky vliv (Reebs 2002).

## 5.3 Ptáci

### 5.3.1 Kos černý (*Turdus merula*)

Intenzita zpěvu samců během úsvitu a soumraku se značně liší na základě jeho plodnosti a nutričního stavu. Spárování, dobře nakrmení samci zpívají dříve a s větší intenzitou jak za úsvitu, tak za soumraku. Úspěšnost hledání potravy předešlý den a plodnost samičky mají tedy přímý vliv na intenzitu a čas zpěvu samečka (Cuthill a Macdonald 1990).

Aktivita jednotlivých jedinců se liší v důsledku s množstvím potravy zkonsumované předešlý den. Jejich aktivitu lze tudíž snadno ovlivnit například příkrmováním určitých jedinců (Cuthill a Macdonald 1990).

## 6 Experimentální část

### 6.1 Metodika pokusu

Experimentální část této bakalářské práce vychází z metodiky pokusu, který roku 2010 provedl Alvero Romero ((Romero et al. 2010). Cílem jeho pokusu byla charakteristika periodicity aktivity štěnice domácí, konkrétně lidské linie, a určení, zda je její aktivita ovlivněna vnitřními vlivy nebo vnějším světelným cyklem. Byl zohledněn i vliv věku, pohlaví a stav nakrmení. Pokus byl založen na analýze změny polohy štěnic v sérii IR fotografií.

Původní pokus pozoroval skupiny týden nekrmených samic a samců po dospění, týden nekrmených nymf po přechodu do pátého instaru, pět týdnů nekrmených dospělých samců a samic a pět týdnů nekrmených nymf pátého instaru (Romero et al. 2010).

Štěnice pocházely z kolonie držené za stálé teploty 27 °C, s relativní vlhkostí 50±5 % a fotoperiodou 14:10 (L:D). Všichni jedinci byli nakrmeni králičí krví ohřátou na 40 °C v cirkulační vodní lázni. Pro účely pokusu byli použiti pouze nespáření jedinci. Ti byli drženi bez přístupu k potravě po dobu 6 dnů, během které byla každých deset minut pořízena fotografie. Každý jedinec byl reprezentován přinejmenším 864 fotografiemi. Výsledná akrofáze byla zkoumána za pomoci programu ACRO (verze 3.5) (Romero et al. 2010)

Experimentální část této bakalářské práce je složena hned ze dvou pokusů. V prvním pokusu byly zkoumány rozdíly v ekologii štěnice domácí pocházející z netopýrů a pocházející z lidí. Podmínkou tohoto porovnání bylo, že výsledky musí být podobné výsledkům publikovaným v práci, z které vychází metodika. V druhém pokusu byla zkoumána plasticita aktivity v závislosti na načasování přístupu k potravě.

Pro vzájemné srovnání jednotlivých populací byli použiti pouze jedinci krmeni v noci.

Pro druhý pokus, testující plasticitu denních rytmů, byla od každé populace odchována samostatná linie, z níž všichni jedinci byly krmeni ve dne. Tento pokus zároveň sloužil jako kontrola pro první experiment, neboť bylo možné, že chovem v laboratoři a krmením obou linií v noci byl uměle otočen rytmus netopýří linie. Před pokusem totiž nebylo známo, zda mají štěnice z netopýří linie aktivitu v noci nebo naopak jsou

aktivní za dne. Pravděpodobné byly obě varianty, díky rozdílným denní rytům hostitelů. Člověk jakožto denní tvor, zatímco netopýr jakožto noční tvor. Jelikož štěnice svázané s člověkem vykazují aktivitu v noci, kdy člověk spí, bylo možné, že populace parazitující na netopýrech mají přirozeně aktivitu přes den.

Pro vyhodnocení plasticity denních rytů v rámci této bakalářské práce byla použita pouze poslední odchovaná, osmá generace, dané linie. Vzorce aktivity byly ale sledována pro každou druhou generaci.

Byly použity populace parazitující na lidech a populace parazitující na netopýrech. Celkem bylo použito 6 různých populací s různým místem původu (viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Všichni jedinci byli celou dobu před začátkem pokusu drženi ve stálých klimatických podmínkách o teplotě 27 °C, relativní vlhkosti vzduchu 50 % a fotoperiodě 12:12. Krmeni byli komerčně dostupnou lidskou krví z parafilmových sáčků zhruba v polovině noční, případně denní periody. Krev pocházela z Fakultní nemocnice Královské Vinohrady.

Kód	Místo sběru	Hostitel	Rok sběru
1	Beroun	Člověk ( <i>Homo Sapiens Sapiens</i> )	2014
2	Čestmírova, Praha 4	Člověk ( <i>Homo Sapiens Sapiens</i> )	2014
3	Havířov	Člověk ( <i>Homo Sapiens Sapiens</i> )	2014
4	Dubá	Netopýr velký ( <i>Myotis mylis</i> )	2014
5	Prudká	Netopýr brvitý ( <i>Myotis emarginatus</i> )	2014
6	Ústěk	Netopýr velký ( <i>Myotis myotis</i> )	2014

Tabulka 1 Populace štěnic použitých v pokusu

Před samotným začátkem pokusu byli odchováni panenští jedinci pátého instaru. Jednotlivá pohlaví byla držena odděleně. Dva týdny po nakrmení larev 5 instaru byli nakrmeni i dospělci. Týden nato započal pokus. Do arén, tvořených víčkem Petriho misky otočené na papír, byli přesunuti dva až čtyři dny předem kvůli aklimatizaci.

Jako zdroj denního osvětlení byla použita zářivka s teplotou světla 4000 K o svítivosti cca 100 lux na ploše, kde probíhal pokus. Arény byly zároveň osvětleny infračerveným světlem. Každých pět minut byla pořízena fotografie na IR fotoaparát zachycující případný pohyb daného zvířete. Pohyby každého zvířete tak byly po dobu

jednoho týdne zachyceny na více než dvou tisících fotografiích, z nichž bylo následně vytvořeno video pomocí programu ImageToAVI (aswsoftware). Výsledné video o rozlišení 320x240 pixelů bylo nadále použito k zjištění pohybu štěnic. K tomu byl použit program EthoWatcher (IEB-UFSC, Dept. of Electrical Engineering, EEL). Jako změna polohy štěnice byly vyhodnoceny pouze pohyby o 10 pixelů a více, tedy pokud se štěnice například jen pootočila na místě, nebylo to považováno za pohyb.

Pro oba tyto pokusy byly analyzovány 4 proměnné. Délka aktivity, počet aktivit v noci, počet aktivit ve dne a začátek aktivity.

Délka aktivity je doba od prvního do posledního aktivního úseku v rámci noci. Jako aktivní úsek je považována každá dvojice po sobě jdoucích fotografií, na kterých se štěnice v aréně nenachází na stejném místě.

Začátek aktivity představuje první aktivní úsek během dne.

Délka a začátek aktivity nebyly vyhodnoceny pro denní periodu, neboť štěnice během dne vykazovaly pouze minimální aktivitu bez konsistentního vzorce napříč jedinci, tedy nešlo o periodickou aktivitu.

Počet aktivit v noci, případně ve dne, představuje počet všech aktivních úseků během 12 hodin strávených za tmy, případně za světla.

V rámci bakalářské práce bylo analyzováno prvních pět monitorovaných dnů.

Z obdržených dat byly vytvořeny aktogramy aktivity v programu ActogramJ (Taishi Yoshii a Benjamin Schmid, University of Wuerzburg).

Další statistická analýza probíhala v programu R Studio (Version 1.1.456 – © 2009-2018 RStudio, Inc.). Byl vytvořen smíšený lineární model, který testoval rozdíly v délce aktivity a začátku aktivity jednotlivých populací. Jednotlivé populace byly vzájemně porovnány pomocí Tukeyho testu. Rozdíl mezi netopýřmi a lidskými byl navíc testován pomocí kontrastů. U druhého pokusu již srovnání pomocí Tukeyho testu a kontrastů nebylo použito.

Před samotnou analýzou byly otestovány předpoklady modelu – homogennost rozptylu, normalita dat, nezávislost pevné složky modelu a normální rozdělení náhodné složky modelu.

## 6.2 Použité typy grafu

### 6.2.1 Krabicové grafy

Pro grafické zobrazení výsledků byly použity krabicové grafy, vytvořené v programu RStudio (Version 1.1.456 – © 2009-2018 RStudio, Inc.). Každá „krabice“ znázorňuje přesně polovinu všech měření. Tlustá vykreslená linka uvnitř znázorňuje medián. Od spodní hrany „krabice“ k mediánu je zobrazen tzv. 25% kvartil, od mediánu k horní hraně „krabice“ je zobrazen tzv. 75% kvartil. Zbylá měření jsou zobrazena tzv. vousy. Měření, která se výrazně liší od ostatních (jsou výrazně nižší nebo výrazně vyšší) jsou zobrazena jako jednotlivé bod pod či nad vousy daného grafu.

### 6.2.2 Aktogram

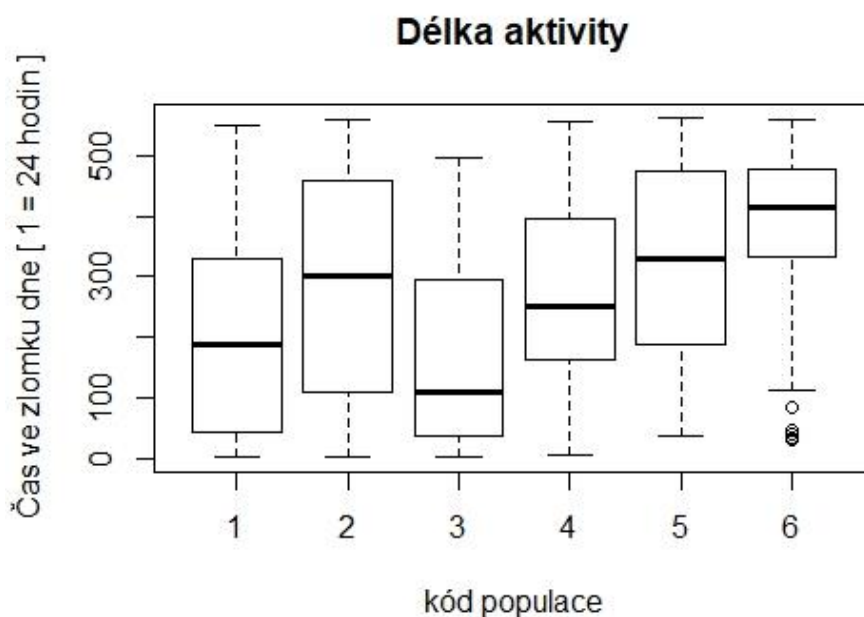
Pro grafické znázornění výsledků byly použity aktogramy. Jedná se o grafy znázorňující aktivitu a klid zvířete v čase. Měření aktivity za pět dnů, pro každou populaci, byla zprůměrována a poté zobrazeny v aktogramu. Pro každou populaci byl vytvořen samostatný graf o pěti řádcích. Každý řádek (osa x) představuje jeden den, tedy dvacet čtyři hodin. Řádky (dny) na sebe navazují. Výška sloupce pro každý časový úsek zobrazuje procento aktivních jedinců v rámci populace



## 7 Výsledky

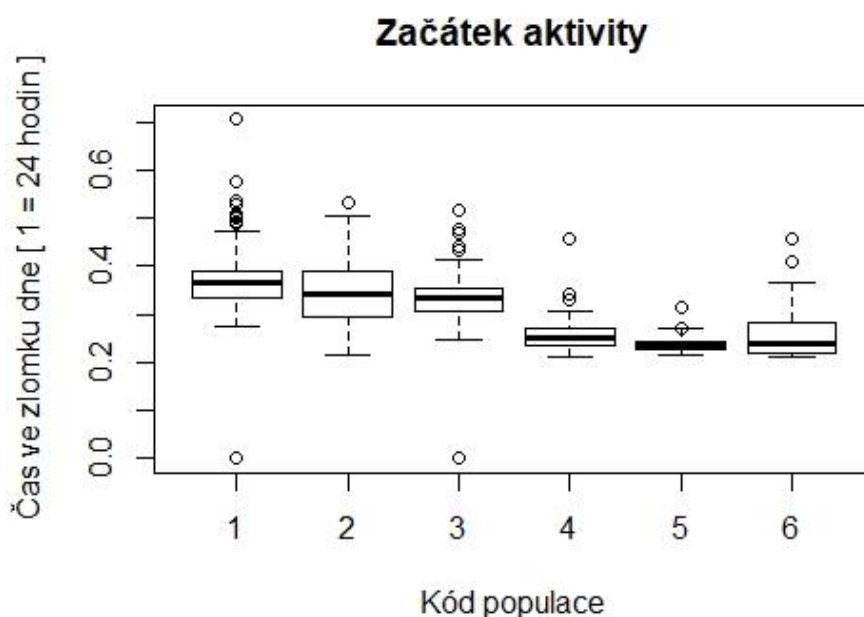
Jak štěnice pocházející z netopýrů, tak štěnice pocházející z lidských hostitelů vykazovaly periodickou aktivitu v rámci noci nezávisle na čase jejich krmení. Jejich aktivita přes den byla minimální viz. aktogramy v kapitole 10 Přílohy (Obrázek 1, Obrázek 2, Obrázek 3, Obrázek 4, Obrázek 5, Obrázek 6).

Délka aktivity byla u populací štěnice domácí z netopýrů větší, než u populací z lidí (kontrast.  $z=9,805$ ;  $p<0,001$ ; Obr. 1). Tím byla zamítnuta nulová hypotéza, že se linie v délce aktivity neliší. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi populacemi i v rámci linií, např. populace 2 vykazovala delší aktivitu než populace 3 (Tukeyho kontrasty:  $z=-2,961$ ;  $p=0,0361$ ), ale v párových srovnáních se všechny populace z lidí signifikantně lišily od všech populací z netopýrů (viz. Tabulka 2 a 3 v kapitole 10 Přílohy).



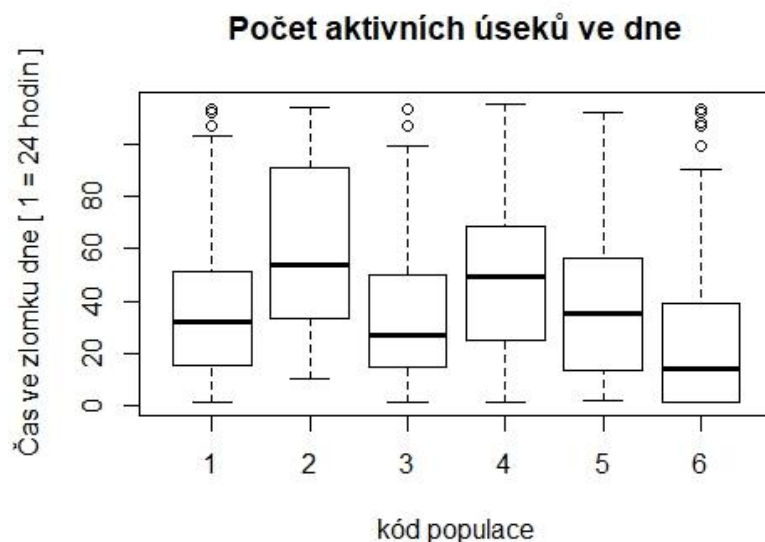
Obrázek 1 Krabicové grafy porovnávající délku aktivity napříč populacemi štěnice domácí z lidí (1-3) a netopýrů (4-6).

Začátek aktivity byl u populace štěnice domácí z netopýrů posunut více do noci nežli u štěnic pocházejících z lidí (kontrast.  $z = -8.373$ ;  $p < 0,001$ ; Obr. 2). Tím byla zamítnuta nulová hypotéza, že linie se v začátku aktivity neliší. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi populacemi i v rámci linií, např. populace 6 vykazovala začátek aktivity později než populace 5 (Tukeyho kontrasty:  $t = -2,961$ ;  $p = 0,0361$ ), ale v párových srovnáních se všechny populace z lidí signifikantně lišily od všech populací z netopýrů (viz. Tabulka 4 a 5 v kapitole 10 Přílohy).



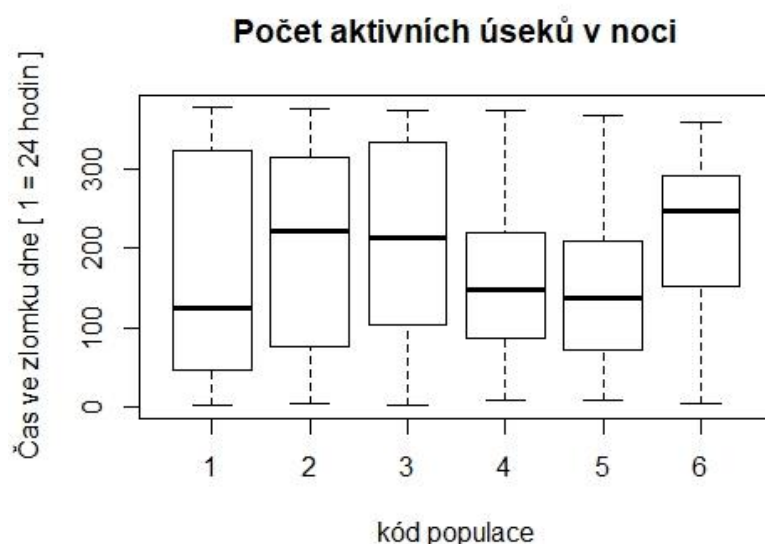
Obrázek 2 Krabicové grafy porovnávající začátek aktivity napříč populacemi štěnice domácí z lidí (1-3) a netopýrů (4-6).

Počet aktivit ve dne je značně variabilní a nekonzistentní napříč populacemi a liniemi (kontrast.  $z = 4.351$ ;  $p < 0,001$ ; Obr. 3). Tím byla zamítnuta nulová hypotéza, že se linie v počtu aktivních úseků během dne neliší. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi populacemi i v rámci linií, např. populace 5 vykazovala větší počet aktivních úseků ve dne než populace 6 (Tukeyho kontrasty:  $t = -4,744$ ;  $p < 0,001$ ), ale ani v párových srovnáních nebyla prokázána konzistentní rozdílnost populací pocházejících z netopýrů oproti populacím pocházejících z lidí (viz. Tabulka 8 a 9 v kapitole 10 Přílohy).



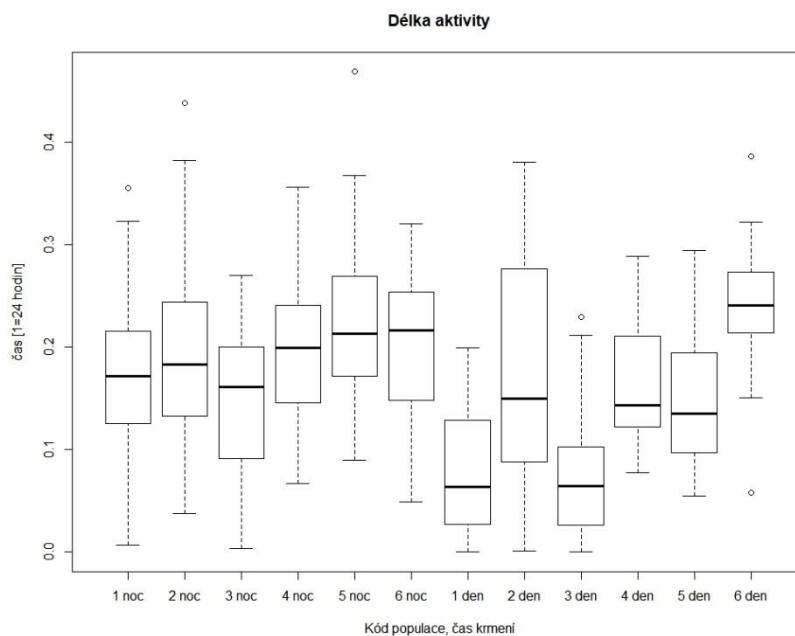
Obrázek 3 Krabicové grafy porovnávající počet aktivních úseků ve dne napříč populacemi štěnice domácí z lidí (1-3) a netopýřů (4-6).

Počet aktivních úseků v noci byl u populací štěnice domácí z netopýřů větší, než u populací z lidí (kontrast.  $z = 4.351$ ;  $p < 0,001$ ; Obr. 1). Tím byla zamítnuta nulová hypotéza, že se linie v počtu aktivních úseků během noci neliší. Nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi populacemi v rámci linií, ale v párových srovnáních se všechny populace z lidí signifikantně lišily od všech populací z netopýřů (viz Tabulka 7 a 8 v kapitole 10 Přílohy).



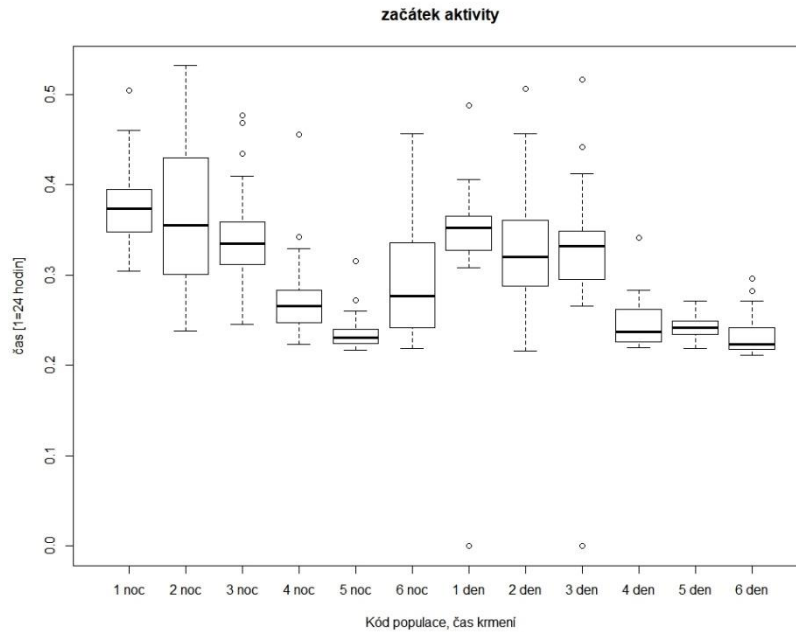
Obrázek 4 Krabicové grafy porovnávající počet aktivních úseků v noci napříč populacemi štěnice domácí z lidí (1-3) a netopýřů (4-6)

Jedinci krmení v noci mají delší aktivitu než jedinci krmení přes den. Statisticky signifikantní rozdíl v délce aktivity jedinců krmených v noci a jedinců krmených ve dne nastal, na hladině významnosti 0,05, u všech populací s výjimkou populace č. 2 viz. Tabulka 9 v kapitole 10 Přílohy.



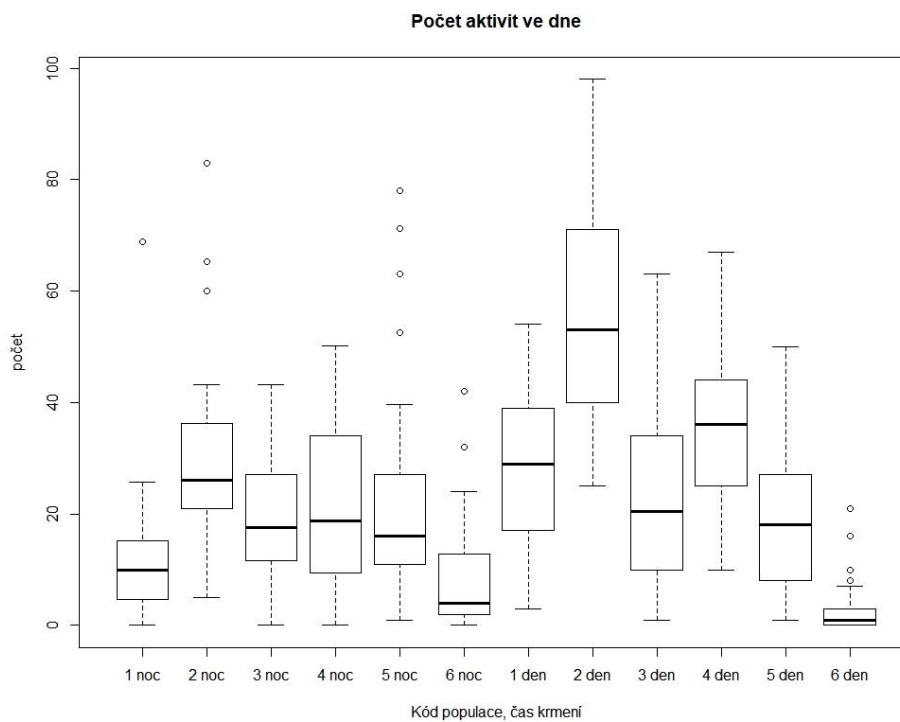
Obrázek 5 Krabicové grafy porovnávající délku aktivity mezi populacemi krmených přes den a populacemi krmenými v noci.

Jedinci krmení v noci začínají s aktivitou dříve nežli jedinci krmení přes den. V párových srovnáních se téměř všechny populace z krmené přes den signifikantně lišily od všech populací krmených v noci (viz. Tabulka 10 v kapitole 10 Přílohy).



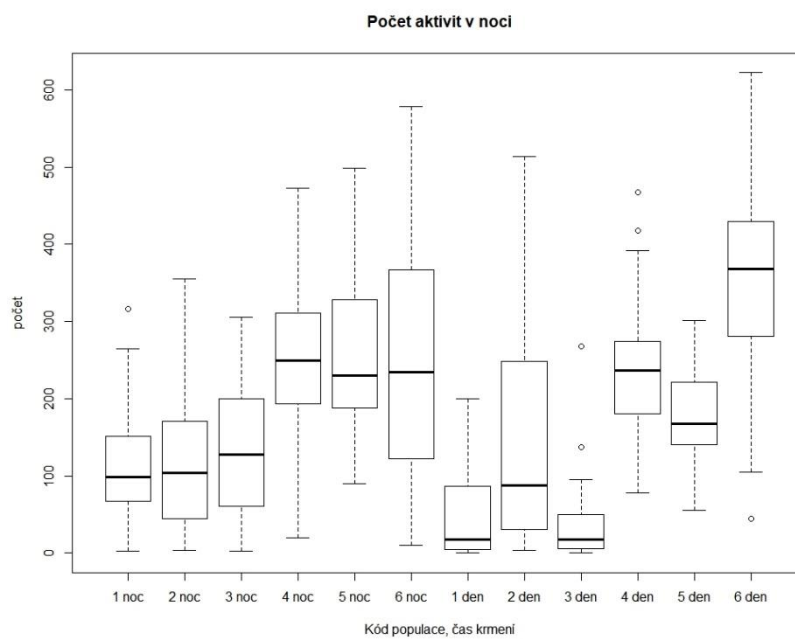
Obrázek 6 Krabicové grafy porovnávající začátek aktivity mezi populacemi krmených přes den a populacemi krmenými v noci.

Jedinci krmení v noci nemají menší počet aktivních úseků v noci, než jedinci krmení přes den. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi jedinci krmenými ve dne a jedinci krmenými v noci např. jedinci populace 2 krmení v noci vykazoval větší počet aktivních úseků v noci než jedinci populace 2 krmení před den (Tukeyho kontrasty: 6,158;  $p=8,47 \cdot 10^{10}$ , ale v párových srovnáních se všechny populace z lidí signifikantně lišily od všech populací z netopýrů (viz. Tabulka 12 v kapitole 10 Přílohy).



Obrázek 7 Krabicové grafy porovnávající počet aktivních úseků ve dne mezi populacemi krmených přes den a populacemi krmenými v noci

Jedinci krmení v dne, mají menší počet aktivních úseků než jedinci krmení v noci. Byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi jedinci krmenými ve dne a jedinci krmenými v noci např. jedinci populace 1 krmení v noci vykazoval větší počet aktivních úseků v noci než jedinci populace 1 krmení před den (Tukeyho kontrasty  $t=-5,737$ ;  $p=1.06 \cdot 10^{-8}$ , ale v párových srovnáních se všechny populace z lidí signifikantně lišily od všech populací z netopýrů (viz. Tabulka 11 v kapitole 10 Přílohy).



Obrázek 8 Krabicové grafy porovnávající počet aktivních úseků v noci mezi populacemi krměných přes den a populacemi krměnými v noci

## 8 Diskuse

První experiment testoval rozdíl mezi lidskou a netopýří linií štěnic.

Výsledky prvního pokusu ukázaly, že netopýří štěnice začínají aktivitu dříve, mají aktivitu delší a jsou aktivnější během noci. Pouze počet aktivit přes den nepřinesl žádné jednoznačné výsledky. V laboratorních podmínkách nebyl, u zdrojových populací, prohozený rytmus krmení. Porovnání lidských a netopýřích linií v rámci prvního pokusu lze tedy věřit.

Druhý pokus testoval plasticitu cirkadiálních rytmů štěnic.

Aktivita přes den nepřinesla žádné jednoznačné výsledky, ale jedinci krmení v noci mají delší aktivitu, aktivitu začínají dříve a ve dvou třetinách případů jsou aktivnější v noci.

Výsledky napříč populacemi nejsou příliš konzistentní. Jistou konzistenci lze vidět u míry aktivity ve dne a v noci, přesto tyto výsledky nejsou jisté. Cirkadiální rytmy nejsou plastické.

U štěnic, jakožto živočichů s kryptickou povahou, se předpokládá, že budou aktivnější v nočních hodinách. Přes den zůstávají v úkrytu, v noci vylézají za účelem shánění potravy. V původním pokusu bylo prokázáno, že štěnice započnou svůj pohyb krátce po zhasnutí a zůstávají relativně aktivní v průběhu celé noci (Romero et. al., 2010). Ke stejnému výsledku se dobral i náš pokus. Původní pokus také hovoří o prudkém zvýšení aktivity ihned po zhasnutí (Romero et. al., 2010). Pokus v této bakalářské práci se též dobral k obdobným výsledkům. Jak v tomto případě, tak v původním pokusu vyšly štěnice krmené v noci aktivnější než štěnice krmené během dne (Romero et. al., 2010). Manipulace světelných podmínek též ukázala posunutí aktivity stejně, jako v původním pokusu (Romero et. al., 2010).

Metodika pokusů v této bakalářské práci sice nebyla totožná s metodikou původního pokusu (Romero et. al., 2010), ale byla velmi podobná a velmi dobře zpracovaná. I díky tomu, že výsledky v této bakalářské práci jsou velmi podobné výsledkům původního pokusu (Romero et. al., 2010) lze výsledkům důvěřovat.



Mezi štěnicemi pocházejícími z lidí a štěnicemi pocházejícími z netopýrů jsou v určitých ohledech markantní rozdíly. Naopak jiné zkoumané faktory, jako například délka aktivity nevykazují téměř žádné rozdíly. Aktivita štěnic netopýru je sice delší, ale jen nepatrně. Jelikož se jedná o zvířata, které není svázané s tělem hostitele, ale pouze s jeho úkrytem, tráví většinu času hledáním potravy mimo úkryt (Kunz 1982). Je tedy pravděpodobné, že štěnice musí jednat rychle a hledání potravy jí trvá déle.

Variabilita počtu aktivit během dne není příliš vysoká. Počty aktivit přes den neukázaly žádný statisticky signifikantní rozdíl. Dle dostupné literatury (Reinhardt a Siva-Jothy 2007) mohou štěnice v úkrytu zůstat až 35 dnů bez potravy, než se rozptýlí.

Posunutí aktivity u odvozené populace z lidských hostitelů má také jistě své logické vysvětlení. Jako to nejjednodušší se nabízí vybudování rozvodné elektrické sítě v Evropě a Severní Americe ve třicátých letech minulého století došlo k výrazné změně způsobené. Doba, v kterou lidé ulehávali ke spánku se posunula o několik hodin déle do noci (Wright et al. 2013)

Jak již bylo zmíněno ve výsledcích, manipulace času krmení nezpůsobila prohození aktivity ze dne na noc ani obráceně. Vzorec aktivity u obou linií zůstal stejný.

Přestože lidé a netopýři mají aktivitu opačně, tak obě linie mají aktivitu v noci.

Druhy netopýrů, z nichž pocházely štěnice pro tento pokus snižují v klidu svou tělesnou teplotu a zpomalují svůj metabolismus. Předpokládám, že v tu chvíli jsou jako hostitelé pro štěnice neatraktivní. Krmení musí proběhnout v krátkém úseku po probuzení netopýra před tím, než sám odlétá z úkrytu hledat potravu. Oproti tomu člověk má teplotu stálou a jeho aktivita je posunuta déle za hranici noci. Domnívám se, že se jedná o adaptaci vytvořenou v důsledku umělého osvětlení v rámci posledního století.

Denní rytmus štěnic není plastický. Štěnice se tedy adaptovali na svého hostitele. Tato adaptace je pravděpodobně dána geneticky.

## 9 Závěr

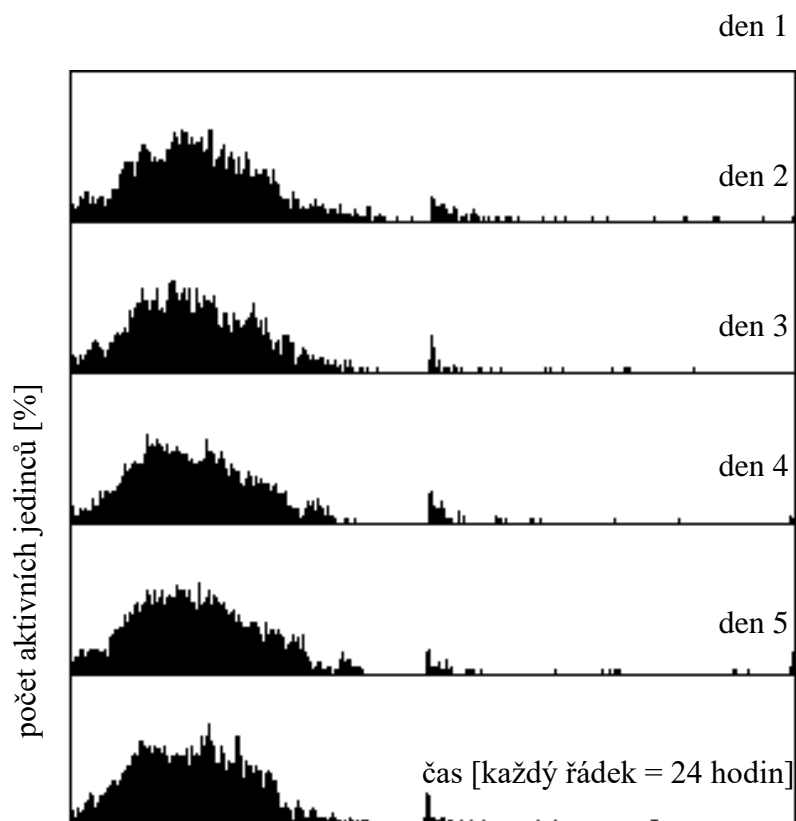
Dřívější výzkum této problematiky ukázal, že štěnice vykazují periodickou aktivitu. Nejaktivnější jsou během prvních dvou třetin noci a jejich aktivita poté postupně klesá. Za dne je jejich aktivita téměř nulová. Dále bylo prokázáno, že světlo je hlavní *Zeitgeber*, se kterým synchronizují svůj denní rytmus (Romero et al. 2010).

Při porovnávání aktivity napříč jednotlivými populacemi z netopýrů a z lidských hostitelů jsme se setkali s velmi různorodými výsledky. Jistá konzistence byla u míry aktivity ve dne a v noci. Ostatní výsledky nebyly napříč populacemi konzistentní. Důvod této variability je nejasný.

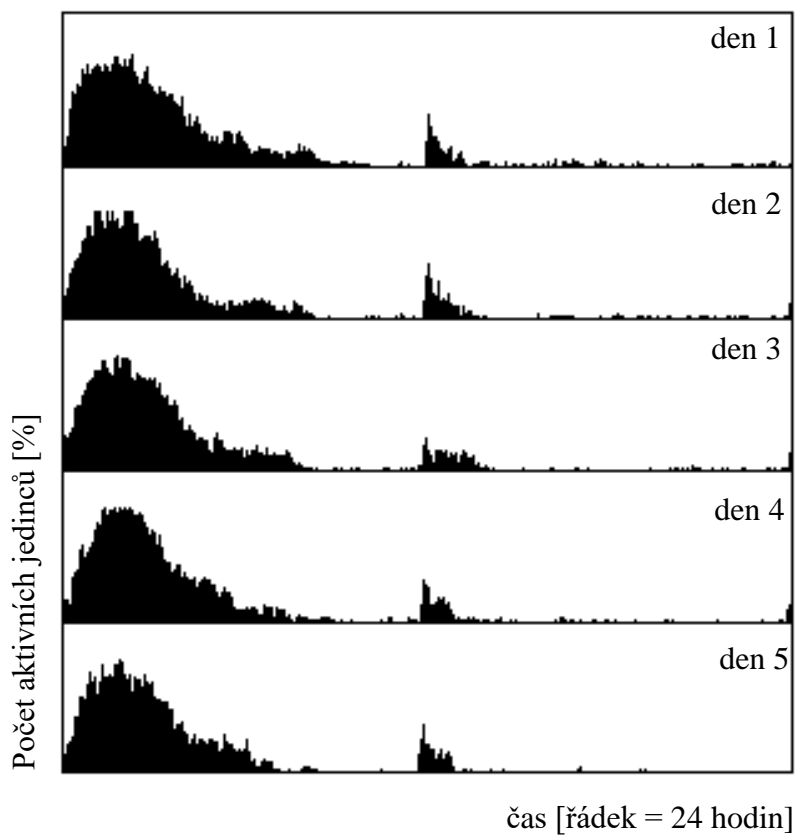
Také porovnání populací krmených přes den s populacemi krmenými v noci přineslo nejednoznačné výsledky. Přesto prohození časů krmení nezpůsobilo změnu v cirkadiálních rytmech štěnic.

Výsledky původního výzkumu, se podařilo potvrdit. Bylo prokázáno, že cirkadiální rytmy nejsou plastické a jedná se pravděpodobně o lokální adaptaci

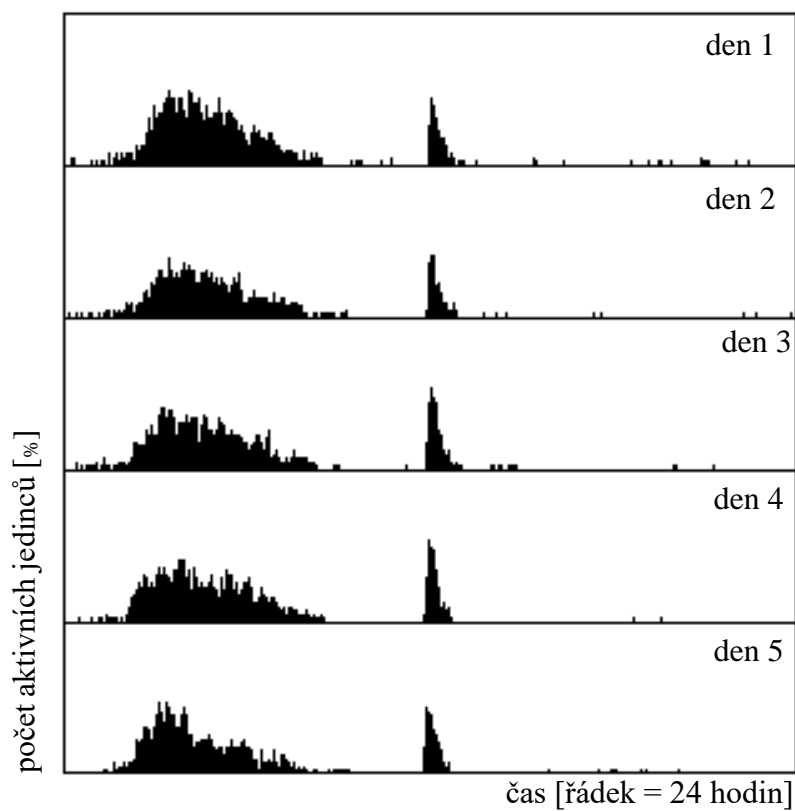
## 10 Přílohy



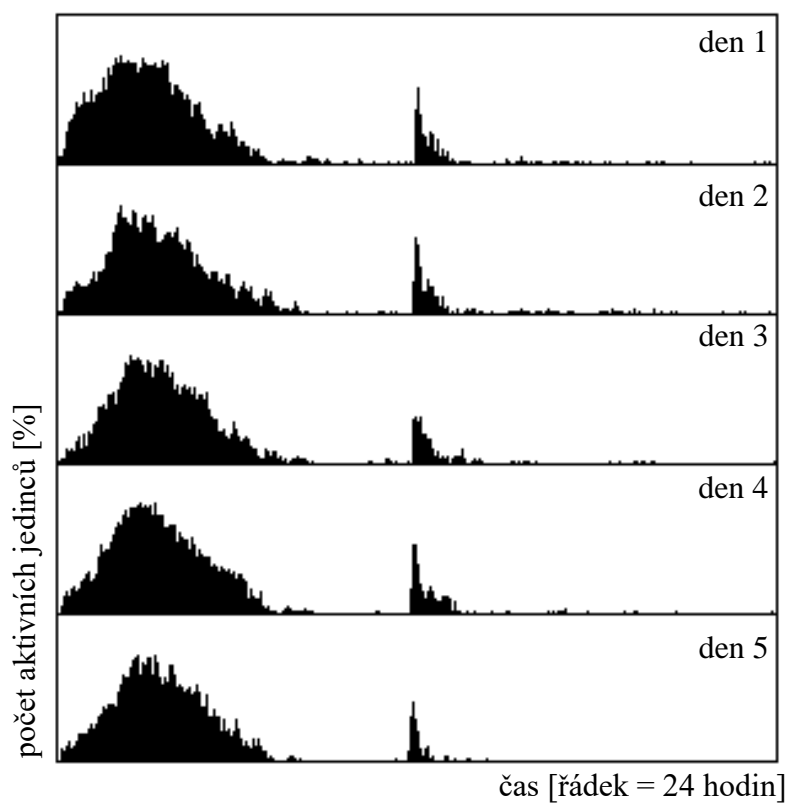
Obrázek 1 Aktogram populace 6 v průběhu 5 dnů



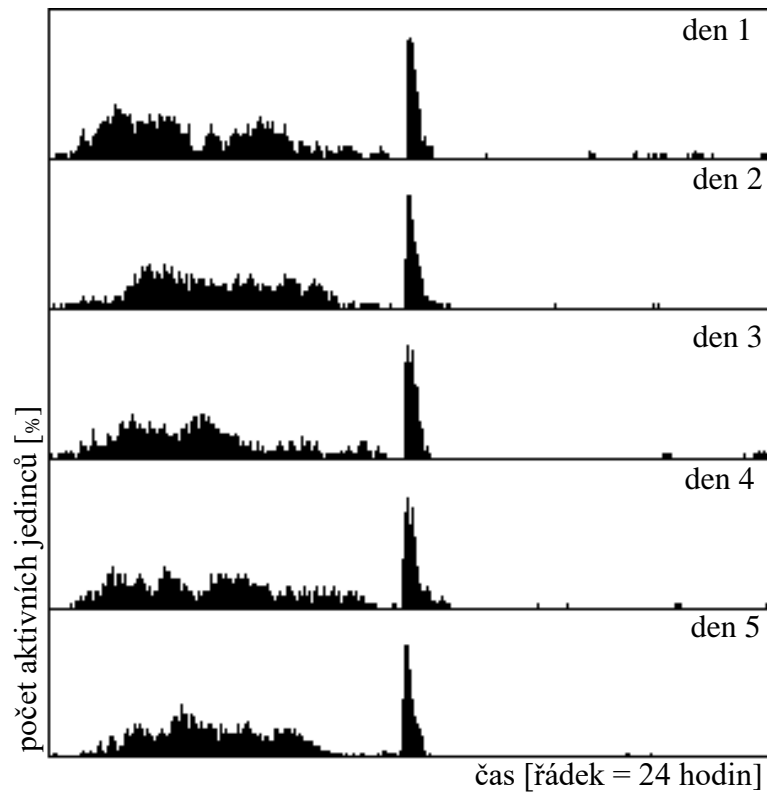
Obrázek 2 Aktogram populace 5 v průběhu 5 dnů



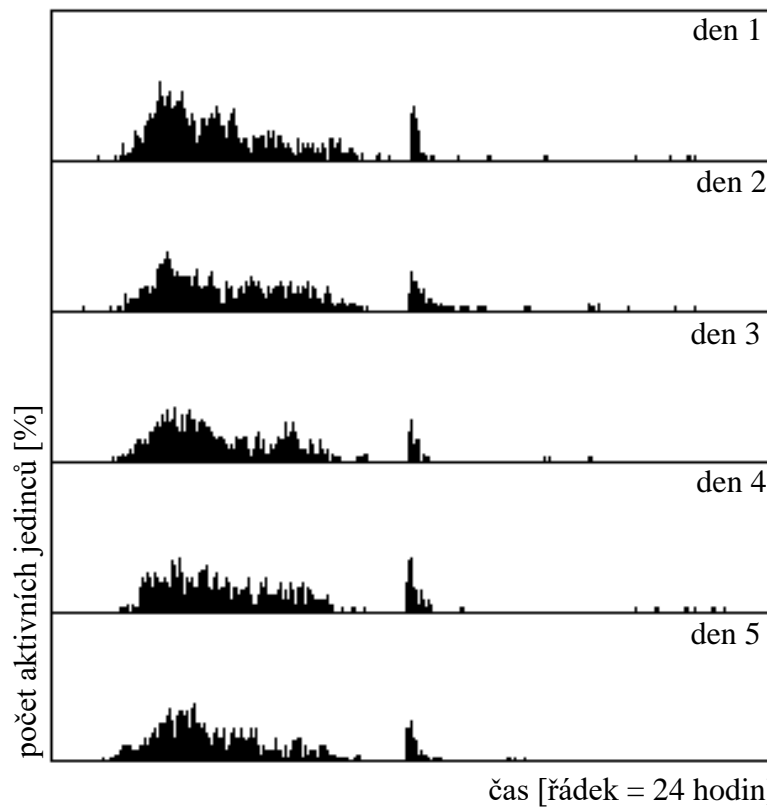
Obrázek 3 Aktogram populace 3 v průběhu 5 dnů



Obrázek 4 Aktogram populace 4 v průběhu 5 dnů



Obrázek 5 Aktogram populace 2 v průběhu 5 dnů



Obrázek 6 Aktogram populace 1 v průběhu 5 dnů

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	$1,473 \cdot 10^{-1}$	$1,027 \cdot 10^{-2}$	$1,896 \cdot 10^1$	14,338	$1,26 \cdot 10^{-11}$ ***
<i>Populace 2</i>	$1,881 \cdot 10^{-2}$	$1,040 \cdot 10^{-2}$	$1,550 \cdot 10^3$	1,808	0,0708
<i>Populace 3</i>	$-1,140 \cdot 10^{-2}$	$1,026 \cdot 10^{-2}$	$1,550 \cdot 10^3$	-1,111	0,2668
<i>Populace 4</i>	$4,800 \cdot 10^{-2}$	$9,679 \cdot 10^{-3}$	$1,551 \cdot 10^3$	4,959	$7,85 \cdot 10^{-7}$ ***
<i>Populace 5</i>	$7,681 \cdot 10^{-2}$	$9,604 \cdot 10^{-3}$	$1,551 \cdot 10^3$	7,997	$2,47 \cdot 10^{-15}$ ***
<i>Populace 6</i>	$4,744 \cdot 10^{-2}$	$1,009 \cdot 10^{-2}$	$1,550 \cdot 10^3$	4,700	$2,84 \cdot 10^{-6}$ ***

Tabulka 2 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu délky aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (populace 4-6) krmených za noci. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace a populace 1. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 2 - 1</i>	0,0188055	0,0104018	1,808	0,4595
<i>Populace 3 - 1</i>	-0,0113963	0,0102598	-1,111	0,8767
<i>Populace 4 - 1</i>	0,0480028	0,0096792	4,959	<0,001 ***
<i>Populace 5 - 1</i>	0,0768069	0,0096043	7,997	<0,001 ***
<i>Populace 6 - 1</i>	0,0474416	0,0100946	4,700	<0,001 ***
<i>Populace 3 - 2</i>	-0,0302018	0,0101999	-2,961	0,0361 *
<i>Populace 4 - 2</i>	0,029973	0,0096143	3,037	0,0286 *
<i>Populace 5 - 2</i>	0,0580014	0,0095387	6,081	<0,001 ***
<i>Populace 6 - 2</i>	0,0286361	0,0100331	2,854	0,0491 *
<i>Populace 4 - 3</i>	0,0593991	0,0094604	6,279	<0,001 ***
<i>Populace 5 - 3</i>	0,0882032	0,0093835	9,400	<0,001 ***
<i>Populace 6 - 3</i>	0,0588379	0,0098858	5,952	<0,001 ***
<i>Populace 5 - 4</i>	0,0288041	0,0087372	3,297	0,0125 *
<i>Populace 6 - 4</i>	-0,0005612	0,0092781	-0,060	1,0000
<i>Populace 6 - 5</i>	-0,0293653	0,0091995	3,192	0,0178 *

Tabulka 3 Výsledky párového srovnání délky aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (4-6) krmených za noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001; \*\* = 0,001 až 0,01; \* = 0,01 až 0,05.

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	$3,061 \cdot 10^{-1}$	$8,902 \cdot 10^{-3}$	$2,713 \cdot 10^1$	34,381	$2 \cdot 10^{-16}$ ***
<i>Populace 2</i>	$-3,417 \cdot 10^{-3}$	$1,028 \cdot 10^{-2}$	$1,549 \cdot 10^3$	-0,333	0,739536
<i>Populace 3</i>	$-1,147 \cdot 10^{-2}$	$1,014 \cdot 10^{-2}$	$1,549 \cdot 10^3$	-1,131	0,258037
<i>Populace 4</i>	$-4,646 \cdot 10^{-2}$	$9,562 \cdot 10^{-3}$	$1,550 \cdot 10^3$	-4,859	$1,30 \cdot 10^{-6}$ ***
<i>Populace 5</i>	$-7,032 \cdot 10^{-2}$	$9,487 \cdot 10^{-3}$	$1,550 \cdot 10^3$	-7,412	$2,03 \cdot 10^{-13}$ ***
<i>Populace 6</i>	$-3,716 \cdot 10^{-2}$	$9,972 \cdot 10^{-3}$	$1,549 \cdot 10^3$	-3,726	0,000201 ***

Tabulka 4 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu začátku aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (populace 4-6) krmených za noci. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace a populace 1. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 2 - 1</i>	-0,003417	0,010276	-0,333	0,99946
<i>Populace 3 - 1</i>	-0,011468	0,010136	-1,131	0,86792
<i>Populace 4 - 1</i>	-0,046458	0,009562	-4,859	< 0,001 ***
<i>Populace 5 - 1</i>	-0,070322	0,009487	-7,412	< 0,001 ***
<i>Populace 6 - 1</i>	-0,037159	0,009972	-3,726	0,00265 **
<i>Populace 3 - 2</i>	-0,008051	0,010077	-0,799	0,96762
<i>Populace 4 - 2</i>	-0,043041	0,009498	-4,532	< 0,001 ***
<i>Populace 5 - 2</i>	-0,066905	0,009423	-7,100	< 0,001 ***
<i>Populace 6 - 2</i>	0,033742	0,009912	-3,404	0,00872 **
<i>Populace 4 - 3</i>	-0,034990	0,009346	-3,744	0,00246 **
<i>Populace 5 - 3</i>	-0,058854	0,009270	-6,349	< 0,001 ***
<i>Populace 6 - 3</i>	-0,025691	0,009766	-2,631	0,08958
<i>Populace 5 - 4</i>	-0,023864	0,008632	-2,765	0,06298
<i>Populace 6 - 4</i>	0,009299	0,009166	1,015	0,91294
<i>Populace 6 - 5</i>	0,033163	0,009088	3,649	0,00355 **

Tabulka 5 Výsledky párového srovnání začátku aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (4-6) krmených za noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001; \*\* = 0,001 až 0,01; \* = 0,01 až 0,05.

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
Populace 1	17,0466	1,5756	17,9800	10,819	2,66*10 <sup>-9</sup> ***
Populace 2	0,9719	1,6867	1548,2896	0,576	0,565
Populace 3	2,1265	1,6635	1548,3521	1,278	0,201
Populace 4	19,1211	1,5694	1549,8429	12,184	2*10 <sup>-16</sup> ***
Populace 5	19,8654	1,5571	1549,4104	12,758	2*10 <sup>-16</sup> ***
Populace 6	19,8541	1,6367	1548,4942	12,131	2*10 <sup>-16</sup> ***

Tabulka 6 Výsledky lineární smíšeného testu rozdílu počtu aktivních úseků v noci (24 hodin = 1) mezi populacemi štěňice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýřů (populace 4-6) krmených za noci. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace a populace 1. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,00

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	t hodnota	p hodnota
Populace 2 - 1	-0,97167	1,68672	0,576	0,993
Populace 3 - 1	2,12649	1,66347	1,278	0,796
Populace 4 - 1	19,12106	1,56935	12,184	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 5 - 1	19,86542	1,55714	12,758	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 6 - 1	19,85405	1,63666	12,131	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 3 - 2	1,15481	1,65389	0,689	0,982
Populace 4 - 2	18,14939	1,5583	11,643	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 5 - 2	18,89375	1,54665	12,216	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 6 - 2	18,88238	1,62708	11,605	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 4 - 3	16,99457	1,53383	11,080	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 5 - 3	17,73894	1,52134	11,660	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 6 - 3	17,72757	1,60286	11,060	<1*10 <sup>-4</sup> ***
Populace 5 - 4	0,74436	1,41662	0,525	0,995
Populace 6 - 4	0,73300	1,50444	0,487	0,997
Populace 6 - 5	-0,01137	1,49160	-0,008	1,000

Tabulka 7 Výsledky párového srovnání počtu aktivních úseků v noci (24 hodin = 1) mezi populacemi štěňice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýřů (4-6) krmených za noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001; \*\* = 0,001 až 0,01; \* = 0,01 až 0,05.



	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
Populace 1	$2,132 \cdot 10^{-1}$	$1,104 \cdot 10^{-1}$	$2,262 \cdot 10^1$	1,931	0,0661
Populace 2	$8,777 \cdot 10^{-3}$	$1,228 \cdot 10^{-1}$	$1,431 \cdot 10^3$	0,071	0,9430
Populace 3	$-2,671 \cdot 10^{-2}$	$1,211 \cdot 10^{-1}$	$1,432 \cdot 10^3$	-0,221	0,8255
Populace 4	$2,842 \cdot 10^{-1}$	$1,150 \cdot 10^{-1}$	$1,433 \cdot 10^3$	2,472	0,0136 *
Populace 5	$5,447 \cdot 10^{-1}$	$1,141 \cdot 10^{-1}$	$1,433 \cdot 10^3$	4,772	$2,01 \cdot 10^{-6}$ ***
Populace 6	$2,278 \cdot 10^{-2}$	$1,195 \cdot 10^{-1}$	$1,432 \cdot 10^3$	0,191	0,8489

Tabulka 8 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu počtu aktivních úseků ve dne (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopyřů (populace 4-6) krměných za noci. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace a populace 1. Hodnota p: \*

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	t hodnota	p hodnota
Populace 2 - 1	0,008777	0,122754	0,071	1,0000
Populace 3 - 1	-0,026710	0,121093	-0,221	0,9999
Populace 4 - 1	0,284162	0,114969	2,472	0,1320
Populace 5 - 1	0,544704	0,114140	4,772	<0,001 ***
Populace 6 - 1	0,022775	0,119487	0,191	1,0000
Populace 3 - 2	-0,035487	0,120642	-0,294	0,9997
Populace 4 - 2	0,275385	0,114463	2,406	0,1537
Populace 5 - 2	0,535927	0,113628	4,717	<0,001 ***
Populace 6 - 2	0,013998	0,119021	0,118	1,0000
Populace 4 - 3	0,310872	0,112680	2,759	0,0641
Populace 5 - 3	0,571415	0,111830	5,110	<0,001 ***
Populace 6 - 3	0,049485	0,117305	0,422	0,9983
Populace 5 - 4	0,260542	0,105002	2,481	0,1292
Populace 6 - 4	-0,261387	0,110894	-2,357	0,1710
Populace 6 - 5	-0,521929	0,110025	-4,744	<0,001 ***

Tabulka 9 Výsledky párového srovnání počtu aktivních úseků ve dne (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopyřů (4-6) krměných za noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,001; \*\* = 0,001 až 0,01; \* = 0,01 až 0,05.

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	1,464*10 <sup>-01</sup>	9,533*10 <sup>-03</sup>	2,677*10 <sup>-01</sup>	15,353	8,60*10 <sup>-15</sup> ***
<i>Populace 2</i>	1,868*10 <sup>-02</sup>	1,010*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	1,849	0,0646
<i>Populace 3</i>	-1,154*10 <sup>-02</sup>	9,965*10 <sup>-03</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	-1,158	0,2470
<i>Populace 4</i>	4,740*10 <sup>-02</sup>	9,399*10 <sup>-03</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	5,043	4,88*10 <sup>-07</sup> ***
<i>Populace 5</i>	7,615*10 <sup>-02</sup>	9,326*10 <sup>-03</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	8,166	4,74*10 <sup>-16</sup> ***
<i>Populace 6</i>	4,711*10 <sup>-02</sup>	9,804*10 <sup>-03</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	4,805	1,63*10 <sup>-06</sup> ***
<i>Populace 1 den-noc</i>	-9,604*10 <sup>-02</sup>	1,027*10 <sup>-02</sup>	2,868*10 <sup>-03</sup>	-9,349	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<i>Populace 2 den-noc</i>	1,089*10 <sup>-01</sup>	1,448*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	7,520	7,26*10 <sup>-14</sup> ***
<i>Populace 3 den-noc</i>	-2,417*10 <sup>-03</sup>	1,439*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	-0,168	0,8666
<i>Populace 4 den-noc</i>	6,400*10 <sup>-02</sup>	1,400*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	4,571	5,05*10 <sup>-06</sup> ***
<i>Populace 5 den-noc</i>	1,640*10 <sup>-02</sup>	1,402*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	1,170	0,2421
<i>Populace 6 den-noc</i>	1,413*10 <sup>-01</sup>	1,379*10 <sup>-02</sup>	2,867*10 <sup>-03</sup>	10,243	<2*10 <sup>-16</sup> ***

Tabulka 10 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu délky aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýřů (populace 4-6) krměných za noci. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace a populace 1. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,00

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	$3,048 \cdot 10^{-01}$	$9,062 \cdot 10^{-03}$	$5,434 \cdot 10^1$	33,631	$<2 \cdot 10^{-16}$ ***
<i>Populace 2</i>	$-3,600 \cdot 10^{-03}$	$1,082 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	-0,333	0,739373
<i>Populace 3</i>	$-1,167 \cdot 10^{-02}$	$1,067 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	-1,093	0,274287
<i>Populace 4</i>	$-4,732 \cdot 10^{-02}$	$1,007 \cdot 10^{-02}$	$2,868 \cdot 10^3$	-4,700	$2,72 \cdot 10^{-6}$ ***
<i>Populace 5</i>	$-7,125 \cdot 10^{-02}$	$9,988 \cdot 10^{-03}$	$2,868 \cdot 10^3$	-7,133	$1,23 \cdot 10^{-12}$ ***
<i>Populace 6</i>	$-3,763 \cdot 10^{-02}$	$1,050 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	-3,584	0,000344 ***
<i>Populace 1 den-noc</i>	$-1,327 \cdot 10^{-01}$	$1,100 \cdot 10^{-02}$	$2,868 \cdot 10^3$	-12,063	$<2 \cdot 10^{-16}$ ***
<i>Populace 2 den-noc</i>	$9,701 \cdot 10^{-02}$	$1,551 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	6,255	$4,58 \cdot 10^{-10}$ ***
<i>Populace 3 den-noc</i>	$-1,660 \cdot 10^{-02}$	$1,541 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	-1,077	0,281437
<i>Populace 4 den-noc</i>	$1,151 \cdot 10^{-01}$	$1,499 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	7,677	$2,22 \cdot 10^{-14}$ ***
<i>Populace 5 den-noc</i>	$1,294 \cdot 10^{-01}$	$1,501 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	7,677	$<2 \cdot 10^{-16}$ ***
<i>Populace 6 den-noc</i>	$9,624 \cdot 10^{-02}$	$1,477 \cdot 10^{-02}$	$2,867 \cdot 10^3$	6,514	$8,60 \cdot 10^{-11}$ ***

Tabulka 11 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu začátku aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (populace 4-6) krměných za noci. Výsledky párového srovnání rozdílů délky aktivity (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (4-6) krměných za noci a za dne. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace krměné ve dne a krměné v noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,00.

	Odhad				
	odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	16,9594	1,4246	36,6027	11,905	3.79*10 <sup>-14</sup> ***
<i>Populace 2</i>	0,9327	1,7063	2866,6007	0,547	0.584688
<i>Populace 3</i>	2,1055	1,6826	2865,7393	1,251	0.210924
<i>Populace 4</i>	19,0450	1,5871	2866,8183	12,000	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<i>Populace 5</i>	19,7912	1,5746	2866,5124	12,569	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<i>Populace 6</i>	19,8248	1,6554	2865,8506	11,976	<2*10 <sup>-16</sup> ***
<i>Populace 1 den- noc</i>	-9,9498	1,7343	2866,9439	-5,737	1.06*10 <sup>-8</sup> ***
<i>Populace 2 den- noc</i>	13,2435	2,4454	2866,3779	5,416	6.6110 <sup>-18</sup> ***
<i>Populace 3 den- noc</i>	-3,9435	2,4290	2865,6529	-1,624	0.104586
<i>Populace 4 den- noc</i>	8,6487	2,3639	2866,4877	3,659	0.000258 ***
<i>Populace 5 den- noc</i>	-1,3333	2,3667	2866,1859	- 0,563	0.573242
<i>Populace 6 den- noc</i>	24,3514	2,3293	2865,7130	10,454	<2*10 <sup>-16</sup> ***

Tabulka 12 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu počtu aktivních úseků v noci (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (populace 4-6) krmených za noci. Výsledky párového srovnání rozdílů v počtu aktivních úseků za noci (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (4-6) krmených za noci a za dne. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace krmené ve dne a krmené v noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,00.

	Odhad odchylky od průměru	Směrodatná odchylka	stupně volnosti	t hodnota	p hodnota
<i>Populace 1</i>	$2,147 \cdot 10^{-1}$	$1,449 \cdot 10^{-1}$	$6,539 \cdot 10^0$	1,482	0,18488
<i>Populace 2</i>	$-3,528 \cdot 10^{-3}$	$1,297 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	- 0,027	0,97831
<i>Populace 3</i>	$-3,070 \cdot 10^{-2}$	$1,279 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	- 0,240	0,81033
<i>Populace 4</i>	$2,750 \cdot 10^{-1}$	$1,214 \cdot 10^{-1}$	$2,749 \cdot 10^3$	2,265	0,02358 *
<i>Populace 5</i>	$5,383 \cdot 10^{-1}$	$1,205 \cdot 10^{-1}$	$2,749 \cdot 10^3$	4,466	8,29e-06 ***
<i>Populace 6</i>	$2,254 \cdot 10^{-2}$	$1,262 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	0,179	0,85828
<i>Populace 1 den- noc</i>	$-1,099 \cdot 10^{-1}$	$1,298 \cdot 10^{-1}$	$2,749 \cdot 10^3$	-0,847	0,39710
<i>Populace 2 den- noc</i>	$1,127 \cdot 10^0$	$1,831 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	6,158	8,47e-10 ***
<i>Populace 3 den- noc</i>	$-1,215 \cdot 10^{-2}$	$1,818 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	-0,067	0,94671
<i>Populace 4 den- noc</i>	$5,420 \cdot 10^{-1}$	$1,773 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	3,057	0,00226 **
<i>Populace 5 den- noc</i>	$-2,117 \cdot 10^{-1}$	$1,775 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	-1,192	0,23321
<i>Populace 6 den- noc</i>	$6,913 \cdot 10^{-2}$	$1,747 \cdot 10^{-1}$	$2,748 \cdot 10^3$	0,396	0,69243

Tabulka 13 Výsledky lineárně smíšeného testu rozdílu počtu aktivních úseků ve dne (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (populace 4-6) krmených za noci. Výsledky párového srovnání rozdílů v počtu aktivních úseků ve dne (24 hodin = 1) mezi populacemi štěnice domácí z lidí (populace 1-3) a netopýrů (4-6) krmených za noci a za dne. Hodnoty vyjadřují rozdíl konkrétní populace krmené ve dne a krmené v noci. Hodnota p: \*\*\* = 0 až 0,00.

## 11 Literatura

ADAMCZYK, Krzysztof, Aleksandra GÓRECKA-BRUZDA, Jacek NOWICKI, Małgorzata GUMUŁKA, Edyta MOLIK, Tomasz SCHWARZ, Bernadette EARLEY a Czesław KLOCEK, 2015. Perception of environment in farm animals - A review. *Annals of Animal Science* [online]. **15**(3), 565–589. ISSN 16423402. Dostupné z: doi:10.1515/aoas-2015-0031

AUSTAD, S. N. a K. E. FISCHER, 1991. Mammalian aging, metabolism, and ecology: Evidence from the bats and marsupials. *Journals of Gerontology* [online]. **46**(2), 47–53. ISSN 00221422. Dostupné z: doi:10.1093/geronj/46.2.B47

BALVÍN, Ondřej, Pavel MUNCLINGER, Lukáš KRATOCHVÍL a Jitka VILÍMOVÁ, 2012. Mitochondrial DNA and morphology show independent evolutionary histories of bedbug *Cimex lectularius* (Heteroptera: Cimicidae) on bats and humans. *Parasitology Research* [online]. **111**(1), 457–469. ISSN 09320113. Dostupné z: doi:10.1007/s00436-012-2862-5

BOOTH, Warren, 2019. Evolution: Bedbugs Evolved before Their Assumed Ancestral Host. *Current Biology* [online]. **29**(11), R413–R415. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2019.04.051

BOOTH, Warren, Ondřej BALVÍN, Edward L. VARGO, Jitka VILÍMOVÁ a Coby SCHAL, 2015. Host association drives genetic divergence in the bed bug, *Cimex lectularius*. *Molecular Ecology* [online]. **24**(5), 980–992. ISSN 1365294X. Dostupné z: doi:10.1111/mec.13086

BOWMAKER, James K., 1998. Evolution of colour vision in vertebrates. *Eye (Basingstoke)* [online]. **12**(3), 541–547. ISSN 14765454. Dostupné z: doi:10.1038/eye.1998.143

BROWN, Frank A., 1976. Biological clocks: Endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms. *BioSystems* [online]. **8**(2), 67–81. ISSN 03032647. Dostupné z: doi:10.1016/0303-2647(76)90010-1

ČERVENÁ, Alena, Miloš ANDĚRA, Jiří MORAVEC, Lubomír HANEL a Helena KHOLOVÁ, 2001. *Svět Zvířat XII: Domácí zvířata*. Praha: Albatros nakladatelství,

a.s. ISBN 80-00-00974-9.

CHEESEMAN, James F, Rachel M FEWSTER a Michael M WALKER, 2017. Circadian and circatidal clocks control the mechanism of semilunar foraging behaviour [online]. B.m.: Springer US, 1–7. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-03245-3

COSTA, LM., EC. LOURENÇO, CEL. ESBÉRARD a RM SILVA, 2010. Colony size, sex ratio and cohabitation in roosts of *Phyllostomus hastatus* (Pallas) (Chiroptera: Phyllostomidae). *Brazilian Journal of Biology* [online]. **70**(4), 1047–1053. ISSN 1678-4375. Dostupné z: doi:10.1590/s1519-69842010000500019

CUTHILL, Innes C. a William A. MACDONALD, 1990. Experimental manipulation of the dawn and dusk chorus in the blackbird *Turdus merula*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* [online]. **26**(3), 209–216. ISSN 03405443. Dostupné z: doi:10.1007/BF00172088

CZEISLER, Charles A., Jeanne F. DUFFY, Theresa L. SHANAHAN, Emery N. BROWN, Jude F. MITCHELL, David W. RIMMER, Joseph M. RONDA, Edward J. SILVA, James S. ALLAN, Jonathan S. EMENS, Derk Jan DIJK a Richard E. KRONAUER, 1999. Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science* [online]. **284**(5423), 2177–2181. ISSN 00368075. Dostupné z: doi:10.1126/science.284.5423.2177

DAVIS, David E., 1986. The Scarcity of Rats and the Black Death: An Ecological History. *Journal of Interdisciplinary History* [online]. **16**(3), 455. ISSN 00221953. Dostupné z: doi:10.2307/204499

DELAUNAY, Pascal a PHARM D, 2012. Human travel and traveling bedbugs. *Journal of Travel Medicine* [online]. **19**(6), 373–379. ISSN 11951982. Dostupné z: doi:10.1111/j.1708-8305.2012.00653.x

DHANG, Partho, 2014. *Urban insect pests: Sustainable management strategies* [online]. ISBN 9781780642758. Dostupné z: doi:10.1079/9781780642758.0001

EBAN-ROTHSCHILD, Ada, Selma BELLUCI a Guy BLOCH, 2011. Maternity-related plasticity in circadian rhythms of bumble-bee queens. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **278**(1724), 3510–3516. ISSN 14712970. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2011.0579

- EBIHARA, Shizufumi, Keiko UCHIYAMA a Itsuki OSHIMA, 1984. Circadian organization in the pigeon, *Columba livia*: the role of the pineal organ and the eye. *Journal of Comparative Physiology A* [online]. **154**(1), 59–69. ISSN 03407594. Dostupné z: doi:10.1007/BF00605391
- FERREIRA, R. L. a R. P. MARTINS, 1999. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology* [online]. **12**(2), 231–252. ISSN 19709528. Dostupné z: doi:10.1080/03946975.1999.10539391
- FORSTER, A., 2000. *Environmental Geology: Principles and Practice* [online]. ISBN 9780521325684. Dostupné z: doi:10.1144/qjegh.33.4.350-b
- FUJIOKA, Haruna, Masato S. ABE, Taro FUCHIKAWA, Kazuki TSUJI, Masakazu SHIMADA a Yasukazu OKADA, 2017. Ant circadian activity associated with brood care type. *Biology Letters* [online]. **13**(2), 13–16. ISSN 1744957X. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2016.0743
- GIURFA, Martin, Misha VOROBYEV, Robert BRANDT, Britta POSNER a Randolph MENZEL, 1997. Discrimination of coloured stimuli by honeybees : alternative use of achromatic and chromatic signals. *JOURNAL OF COMPARATIVE PHYSIOLOGY A-SENSORY NEURAL AND BEHAVIORAL PHYSIOLOGY*. **180**(3), 235–243.
- GRIMALDI, David a Michael S. ENGEL, 2005. *Evolution of the Insects*. B.m.: Cambridge University Press. ISBN 9780521821490.
- HENRY, Thomas J., 2009. *Biodiversity of Heteroptera* [online]. ISBN 9781405151429. Dostupné z: doi:10.1002/9781444308211.ch10
- HOFFMAN, Michel A., 2000. The Human Circadian Clock and Aging. *Chronobiology International* [online]. **17**(3), 245–259. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2007.10.025
- HOUPT, Katherine A., 2011. *Domestic Animal Behavior for Veterinarians & Animal Scientists*. B.m.: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-8138-1676-0.
- HUNT, J. Mcv a H. SCHLOSBERG, 1939. General activity in the male white rat. *Journal of Comparative Psychology* [online]. **28**(1), 23–38. ISSN 00934127. Dostupné z: doi:10.1037/h0062976



- ILLNEROVÁ, Helena a Alena SUMOVÁ, 2008. Vnitřní Časový Systém. *Interní medicína pro praxi*. **10**(13), 350–352.
- JENSEN, Per, 2006. Domestication - From behaviour to genes and back again. *Applied Animal Behaviour Science* [online]. **97**(1), 3–15. ISSN 01681591. Dostupné z: doi:10.1016/j.applanim.2005.11.015
- JOHNSON, B Y C G, 1941. THE ECOLOGY OF THE BED-BUG , CIMEX LECTULARIUS L ., IN BRITAIN and Tropical Medicine ( With 39 Figures in the Text ). *Survival*. **41**(4).
- KATTI, Christiana, Micaela STACEY-SOLIS, Nicole Anahí CORONEL-ROJAS a Wayne Iwan Lee DAVIES, 2019. The diversity and adaptive evolution of visual photopigments in reptiles. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. **7**(SEP), 1–16. ISSN 2296701X. Dostupné z: doi:10.3389/fevo.2019.00352
- KEMPER, H., 1929. Beobachtungen über den Stech- und Saugakt der Bettwanze und seine Wirkung auf die menschliche Haut. *Z. Desinfekt.* **21**, 61–67.
- KING, Gary A., 2014. Exaptation and synanthropic insects: A diachronic interplay between biology and culture. *Environmental Archaeology* [online]. **19**(1), 12–22. ISSN 14614103. Dostupné z: doi:10.1179/1749631413Y.0000000011
- KLEGARTH, Amy R., 2017. *Synanthropy* [online]. ISBN 9781119179313. Dostupné z: doi:10.1002/9781119179313.wbprim0448
- KOGA, Mika, Hiroshi USHIROGAWA a Kenji TOMIOKA, 2005. Photoperiodic modulation of circadian rhythms in the cricket *Gryllus bimaculatus* [online]. **51**, 681–690. Dostupné z: doi:10.1016/j.jinsphys.2005.01.006
- KOMADA, Sayaka, Yuichi KAMAE, Mitsumasa KOYANAGI, Kousuke TATEWAKI, Ehab HASSANEEN, ASM SAIFULLAH, Taishi YOSHII, Akihisa TERAKITA a Kenji TOMIOKA, 2015. Green-sensitive opsin is the photoreceptor for photic entrainment of an insect circadian clock. *Zoological Letters* [online]. **1**(1), 1–10. ISSN 2056-306X. Dostupné z: doi:10.1186/s40851-015-0011-6
- KUNZ, Thomas H., 1982. *Ecology of bats* [online]. ISBN 9781461334231. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-009-5772-5\_7
- LEBHARDT, Fleur a Claude DESPLAN, 2018. insects [online]. 75–83. Dostupné

z: doi:10.1016/j.cois.2017.09.007.Retinal

LEVEAU, Lucas M, 2020. Foraging in Urban Areas. *Animals* [online]. **10**(554), 1–7. Dostupné z: doi:10.3390/ani10040554

MOHUN, Samantha Mila a Wayne Iwan Lee DAVIES, 2019. The evolution of amphibian photoreception. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. **7**(AUG), 1–12. ISSN 2296701X. Dostupné z: doi:10.3389/fevo.2019.00321

MONK, Timothy H. a Margaret L. MOLINE, 1989. *The Timing of Bedtime and Waketime Decisions in Free-Running Subjects* [online]. 1989. ISSN 14698986. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8986.1989.tb01922.x

MORROW, Edward H. a Göran ARNQVIST, 2003. Costly traumatic insemination and a female counter-adaptation in bed bugs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **270**(1531), 2377–2381. ISSN 14712970. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2003.2514

PAVEY, Chris R. a Chris J. BURWELL, 2005. Cohabitation and predation by insectivorous bats on eared moths in subterranean roosts. *Journal of Zoology* [online]. **265**(2), 141–146. ISSN 09528369. Dostupné z: doi:10.1017/S0952836904006132

PIVARCIOVA, Lenka, Hanka VANECKOVA, Jan PROVAZNIK, Bulah Chia Hsiang WU, Martin PIVARCI, Olga PECKOVA, Olga BAZALOVA, Stepan CADA, Petr KMENT, Joanna KOTWICA-ROLINSKA a David DOLEZEL, 2016. Unexpected Geographic Variability of the Free Running Period in the Linden Bug *Pyrrhocoris apterus*. *Journal of Biological Rhythms* [online]. **31**(6), 568–576. ISSN 15524531. Dostupné z: doi:10.1177/0748730416671213

PRICE, Edward O., 1999. Behavioural development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*. **65**, 245–271.

PUNCHIHEWA, Ranindra, W A Priyanka P De SILVA, Thilini C WEERARATNE a S H P Parakrama KARUNARATNE, 2019. Insecticide resistance mechanisms with novel ‘ kdr ’ type gene mutations in the tropical bed bug *Cimex hemipterus*. *Parasites & Vectors* [online]. B.m.: BioMed Central, 1–8. ISSN 1756-3305. Dostupné z: doi:10.1186/s13071-019-3565-x

REEBS, Stephan G., 2002. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* [online]. **12**(4), 349–371. ISSN 09603166.

Dostupné z: doi:10.1023/A:1025371804611

REINHARDT, Klaus a Michael T. SIVA-JOTHY, 2007. Biology of the Bed Bugs (Cimicidae). *Annual Review of Entomology* [online]. **52**(1), 351–374. ISSN 0066-4170. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.ento.52.040306.133913

RICHTER, C P, 1922. A Behavioristic Study of the Activity of the Rat. *Comparative Psychology Monographs* [online]. **1**, **2**, 56. Dostupné z: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/254747#page/41/mode/1up>

ROENNEBERG, T. a M. MERROW, 2007. Entrainment of the human circadian clock. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* [online]. **72**, 293–299. ISSN 00917451. Dostupné z: doi:10.1101/sqb.2007.72.043

ROMERO, Alvaro, Michael F. POTTER a Kenneth F. HAYNES, 2010. Circadian rhythm of spontaneous locomotor activity in the bed bug, *Cimex lectularius* L. *Journal of Insect Physiology* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **56**(11), 1516–1522. ISSN 00221910. Dostupné z: doi:10.1016/j.jinsphys.2010.04.025

ROTH, Steffen, Ondřej BALVÍN, Michael T. SIVA-JOTHY, Osvaldo DI IORIO, Petr BENDA, Omar CALVA, Eduardo I. FAUNDEZ, Faisal Ali ANWARALI KHAN, Mary MCFADZEN, Margie P. LEHNERT, Richard NAYLOR, Nikolay SIMOV, Edward H. MORROW, Endre WILLASSEN a Klaus REINHARDT, 2019. Bedbugs Evolved before Their Bat Hosts and Did Not Co-speciate with Ancient Humans. *Current Biology* [online]. **29**(11), 1847-1853.e4. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2019.04.048

RUMMEL, Andrea D., Sharon M. SWARTZ a Richard L. MARSH, 2019. Warm bodies, cool wings: Regional heterothermy in flying bats. *Biology Letters* [online]. **15**(9), 1–5. ISSN 1744957X. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2019.0530

SAVINETSKY, A. B. a O. A. KRYLOVICH, 2011. On the history of the spread of the black rat (*Rattus rattus* L., 1758) in northwestern Russia. *Biology Bulletin* [online]. **38**(2), 203–207. ISSN 10623590. Dostupné z: doi:10.1134/S1062359011020130

SHIMODA, Masami a Ken-ichiro HONDA, 2014. Insect reactions to light and its applications to pest management Insect reactions to light and its applications to pest management. *Applied Entomology and Zoology* [online]. (November 2013). Dostupné z: doi:10.1007/s13355-013-0219-x

STENKAMP, Deborah L., 2013. The Rod PR Lineage of Teleost fish [online]. **70**(4), 646–656. ISSN 09652140. Dostupné z: doi:10.1002/ana.22528. Toll-like

SURBHI a Vinod KUMAR, 2015. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. *General and Comparative Endocrinology* [online]. B.m.: Elsevier Inc., **220**, 13–22. ISSN 10956840. Dostupné z: doi:10.1016/j.ygcen.2014.06.001

TALBOT, Benoit, Ondřej BALVIN, Maarten J. VONHOF, Hugh G. BRODERS, Brock FENTON a Nusha KEYGHOBADI, 2017. Host association and selection on salivary protein genes in bed bugs and related blood-feeding ectoparasites. *Royal Society Open Science* [online]. **4**(6). ISSN 20545703. Dostupné z: doi:10.1098/rsos.170446

TALBOT, Benoit, Nusha KEYGHOBADI a Brock FENTON, 2019. Bed bugs: The move to humans as hosts. *Facets* [online]. **4**(1), 105–110. ISSN 2371-1671. Dostupné z: doi:10.1139/facets-2018-0038

TOMIOKA, Kenji a Salaheldin ABDELSALAM, 2004. Circadian Organization in Hemimetabolous Insects. *Zoological Science* [online]. **21**(12), 1153–1162. ISSN 0289-0003. Dostupné z: doi:10.2108/zsj.21.1153

TOSINI, Gianluca, 1997. The pineal complex of reptiles: physiological and behavioral roles. *Ethology Ecology & Evolution*. **9**(4), 313–333.

USINGER, R. L. a D. POVOLNY, 1966. The discovery of a possibly aboriginal population of the bed bug (*Cimex lectularius* Linnaeus, 1758). *Casopis moravského musea*. 237–242.

USUI, Setsuo a Terue OKAZAKI, 2002. Loss of circadian behavioural rhythms in rats kept in constant darkness. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* [online]. **56**(3), 217–218. ISSN 13231316. Dostupné z: doi:10.1046/j.1440-1819.2002.00982.x

WANG, Changlu, Kurt SALTZMANN, Eva CHIN, Gary W. BENNETT a Timothy GIBB, 2010. Characteristics of *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), Infestation and Dispersal in a High-Rise Apartment Building. *Journal of Economic Entomology* [online]. **103**(1), 172–177. ISSN 00220493. Dostupné z: doi:10.1603/ec09230

WRIGHT, Kenneth P., Andrew W. MCHILL, Brian R. BIRKS, Brandon R. GRIFFIN,

- Thomas RUSTERHOLZ a Evan D. CHINOY, 2013. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **23**(16), 1554–1558. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2013.06.039
- WU, Yage, Dylan M. TRACY, Alexis M. BARBARIN, Corentin M. BARBU a Michael Z. LEVY, 2014. A door-to-door survey of bed bug (*Cimex lectularius*) infestations in row homes in Philadelphia, Pennsylvania. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* [online]. **91**(1), 206–210. ISSN 00029637. Dostupné z: doi:10.4269/ajtmh.13-0714
- ZEDER, Melinda A., 2012. Journal of Anthropological Research Competition. *Journal of Anthropological research* [online]. **68**(2), 161–190. ISSN 15416151. Dostupné z: doi:10.1111/an.1994.35.4.42.3
- ZORDAN, Mauro A., Ezio ROSATO, Alberto PICCIN a Russell FOSTER, 2001. Photic entrainment of the circadian clock: From *Drosophila* to mammals. *Seminars in Cell and Developmental Biology* [online]. **12**(4), 317–328. ISSN 10849521. Dostupné z: doi:10.1006/scdb.2001.0259
- ADAMCZYK, Krzysztof, Aleksandra GÓRECKA-BRUZDA, Jacek NOWICKI, Małgorzata GUMUŁKA, Edyta MOLIK, Tomasz SCHWARZ, Bernadette EARLEY a Czesław KLOCEK, 2015. Perception of environment in farm animals - A review. *Annals of Animal Science* [online]. **15**(3), 565–589. ISSN 16423402. Dostupné z: doi:10.1515/aoas-2015-0031
- AUSTAD, S. N. a K. E. FISCHER, 1991. Mammalian aging, metabolism, and ecology: Evidence from the bats and marsupials. *Journals of Gerontology* [online]. **46**(2), 47–53. ISSN 00221422. Dostupné z: doi:10.1093/geronj/46.2.B47
- BALVÍN, Ondřej, Pavel MUNCLINGER, Lukáš KRATOCHVÍL a Jitka VILÍMOVÁ, 2012. Mitochondrial DNA and morphology show independent evolutionary histories of bedbug *Cimex lectularius* (Heteroptera: Cimicidae) on bats and humans. *Parasitology Research* [online]. **111**(1), 457–469. ISSN 09320113. Dostupné z: doi:10.1007/s00436-012-2862-5
- BOOTH, Warren, 2019. Evolution: Bedbugs Evolved before Their Assumed Ancestral Host. *Current Biology* [online]. **29**(11), R413–R415. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2019.04.051

BOOTH, Warren, Ondřej BALVÍN, Edward L. VARGO, Jitka VILÍMOVÁ a Coby SCHAL, 2015. Host association drives genetic divergence in the bed bug, *Cimex lectularius*. *Molecular Ecology* [online]. **24**(5), 980–992. ISSN 1365294X. Dostupné z: doi:10.1111/mec.13086

BOWMAKER, James K., 1998. Evolution of colour vision in vertebrates. *Eye (Basingstoke)* [online]. **12**(3), 541–547. ISSN 14765454. Dostupné z: doi:10.1038/eye.1998.143

BROWN, Frank A., 1976. Biological clocks: Endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms. *BioSystems* [online]. **8**(2), 67–81. ISSN 03032647. Dostupné z: doi:10.1016/0303-2647(76)90010-1

ČERVENÁ, Alena, Miloš ANDĚRA, Jiří MORAVEC, Lubomír HANEL a Helena KHOLOVÁ, 2001. *Svět Zvířat XII: Domácí zvířata*. Praha: Albatros nakladatelství, a.s. ISBN 80-00-00974-9.

CHEESEMAN, James F, Rachel M FEWSTER a Michael M WALKER, 2017. Circadian and circatidal clocks control the mechanism of semilunar foraging behaviour [online]. B.m.: Springer US, 1–7. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-03245-3

COSTA, LM., EC. LOURENÇO, CEL. ESBÉRARD a RM SILVA, 2010. Colony size, sex ratio and cohabitation in roosts of *Phyllostomus hastatus* (Pallas) (Chiroptera: Phyllostomidae). *Brazilian Journal of Biology* [online]. **70**(4), 1047–1053. ISSN 1678-4375. Dostupné z: doi:10.1590/s1519-69842010000500019

CUTHILL, Innes C. a William A. MACDONALD, 1990. Experimental manipulation of the dawn and dusk chorus in the blackbird *Turdus merula*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* [online]. **26**(3), 209–216. ISSN 03405443. Dostupné z: doi:10.1007/BF00172088

CZEISLER, Charles A., Jeanne F. DUFFY, Theresa L. SHANAHAN, Emery N. BROWN, Jude F. MITCHELL, David W. RIMMER, Joseph M. RONDA, Edward J. SILVA, James S. ALLAN, Jonathan S. EMENS, Derk Jan DIJK a Richard E. KRONAUER, 1999. Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science* [online]. **284**(5423), 2177–2181. ISSN 00368075. Dostupné z: doi:10.1126/science.284.5423.2177

- DAVIS, David E., 1986. The Scarcity of Rats and the Black Death: An Ecological History. *Journal of Interdisciplinary History* [online]. **16**(3), 455. ISSN 00221953. Dostupné z: doi:10.2307/204499
- DELAUNAY, Pascal a PHARM D, 2012. Human travel and traveling bedbugs. *Journal of Travel Medicine* [online]. **19**(6), 373–379. ISSN 11951982. Dostupné z: doi:10.1111/j.1708-8305.2012.00653.x
- DHANG, Partho, 2014. *Urban insect pests: Sustainable management strategies* [online]. ISBN 9781780642758. Dostupné z: doi:10.1079/9781780642758.0001
- EBAN-ROTHSCHILD, Ada, Selma BELLUCI a Guy BLOCH, 2011. Maternity-related plasticity in circadian rhythms of bumble-bee queens. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **278**(1724), 3510–3516. ISSN 14712970. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2011.0579
- EBIHARA, Shizufumi, Keiko UCHIYAMA a Itsuki OSHIMA, 1984. Circadian organization in the pigeon, *Columba livia*: the role of the pineal organ and the eye. *Journal of Comparative Physiology A* [online]. **154**(1), 59–69. ISSN 03407594. Dostupné z: doi:10.1007/BF00605391
- FERREIRA, R. L. a R. P. MARTINS, 1999. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology* [online]. **12**(2), 231–252. ISSN 19709528. Dostupné z: doi:10.1080/03946975.1999.10539391
- FORSTER, A., 2000. *Environmental Geology: Principles and Practice* [online]. ISBN 9780521325684. Dostupné z: doi:10.1144/qjegh.33.4.350-b
- FUJIOKA, Haruna, Masato S. ABE, Taro FUCHIKAWA, Kazuki TSUJI, Masakazu SHIMADA a Yasukazu OKADA, 2017. Ant circadian activity associated with brood care type. *Biology Letters* [online]. **13**(2), 13–16. ISSN 1744957X. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2016.0743
- GIURFA, Martin, Misha VOROBYEV, Robert BRANDT, Britta POSNER a Randolph MENZEL, 1997. Discrimination of coloured stimuli by honeybees : alternative use of achromatic and chromatic signals. *JOURNAL OF COMPARATIVE PHYSIOLOGY A-SENSORY NEURAL AND BEHAVIORAL PHYSIOLOGY*. **180**(3), 235–243.
- GRIMALDI, David a Michael S. ENGEL, 2005. *Evolution of the Insects*. B.m.:

Cambridge University Press. ISBN 9780521821490.

HENRY, Thomas J., 2009. *Biodiversity of Heteroptera* [online]. ISBN 9781405151429. Dostupné z: doi:10.1002/9781444308211.ch10

HOFFMAN, Michel A., 2000. The Human Circadian Clock and Aging. *Chronobiology International* [online]. **17**(3), 245–259. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2007.10.025

HOUPT, Katherine A., 2011. *Domestic Animal Behavior for Veterinarians & Animal Scientists*. B.m.: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-8138-1676-0.

HUNT, J. Mcv a H. SCHLOSBERG, 1939. General activity in the male white rat. *Journal of Comparative Psychology* [online]. **28**(1), 23–38. ISSN 00934127. Dostupné z: doi:10.1037/h0062976

ILLNEROVÁ, Helena a Alena SUMOVÁ, 2008. Vnitřní Časový Systém. *Interní medicína pro praxi*. **10**(13), 350–352.

JENSEN, Per, 2006. Domestication - From behaviour to genes and back again. *Applied Animal Behaviour Science* [online]. **97**(1), 3–15. ISSN 01681591. Dostupné z: doi:10.1016/j.applanim.2005.11.015

JOHNSON, B Y C G, 1941. THE ECOLOGY OF THE BED-BUG , CIMEX LECTULARIUS L ., IN BRITAIN and Tropical Medicine ( With 39 Figures in the Text ). *Survival*. **41**(4).

KATTI, Christiana, Micaela STACEY-SOLIS, Nicole Anahí CORONEL-ROJAS a Wayne Iwan Lee DAVIES, 2019. The diversity and adaptive evolution of visual photopigments in reptiles. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. **7**(SEP), 1–16. ISSN 2296701X. Dostupné z: doi:10.3389/fevo.2019.00352

KEMPER, H., 1929. Beobachtungen über den Stech- und Saugakt der Bettwanze und seine Wirkung auf die menschliche Haut. *Z. Desinfekt.* **21**, 61–67.

KING, Gary A., 2014. Exaptation and synanthropic insects: A diachronic interplay between biology and culture. *Environmental Archaeology* [online]. **19**(1), 12–22. ISSN 14614103. Dostupné z: doi:10.1179/1749631413Y.0000000011

KLEGARTH, Amy R., 2017. *Synanthropy* [online]. ISBN 9781119179313. Dostupné z: doi:10.1002/9781119179313.wbprim0448



- KOGA, Mika, Hiroshi USHIROGAWA a Kenji TOMIOKA, 2005. Photoperiodic modulation of circadian rhythms in the cricket *Gryllus bimaculatus* [online]. **51**, 681–690. Dostupné z: doi:10.1016/j.jinsphys.2005.01.006
- KOMADA, Sayaka, Yuichi KAMAE, Mitsumasa KOYANAGI, Kousuke TATEWAKI, Ehab HASSANEEN, ASM SAIFULLAH, Taishi YOSHII, Akihisa TERAKITA a Kenji TOMIOKA, 2015. Green-sensitive opsin is the photoreceptor for photic entrainment of an insect circadian clock. *Zoological Letters* [online]. **1**(1), 1–10. ISSN 2056-306X. Dostupné z: doi:10.1186/s40851-015-0011-6
- KUNZ, Thomas H., 1982. *Ecology of bats* [online]. ISBN 9781461334231. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-009-5772-5\_7
- LEBHARDT, Fleur a Claude DESPLAN, 2018. insects [online]. 75–83. Dostupné z: doi:10.1016/j.cois.2017.09.007.Retinal
- LEVEAU, Lucas M, 2020. Foraging in Urban Areas. *Animals* [online]. **10**(554), 1–7. Dostupné z: doi:10.3390/ani10040554
- MOHUN, Samantha Mila a Wayne Iwan Lee DAVIES, 2019. The evolution of amphibian photoreception. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. **7**(AUG), 1–12. ISSN 2296701X. Dostupné z: doi:10.3389/fevo.2019.00321
- MONK, Timothy H. a Margaret L. MOLINE, 1989. *The Timing of Bedtime and Waketime Decisions in Free-Running Subjects* [online]. 1989. ISSN 14698986. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8986.1989.tb01922.x
- MORROW, Edward H. a Göran ARNQVIST, 2003. Costly traumatic insemination and a female counter-adaptation in bed bugs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. **270**(1531), 2377–2381. ISSN 14712970. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.2003.2514
- PAVEY, Chris R. a Chris J. BURWELL, 2005. Cohabitation and predation by insectivorous bats on eared moths in subterranean roosts. *Journal of Zoology* [online]. **265**(2), 141–146. ISSN 09528369. Dostupné z: doi:10.1017/S0952836904006132
- PIVARCIOVA, Lenka, Hanka VANECKOVA, Jan PROVAZNIK, Bulah Chia Hsiang WU, Martin PIVARCI, Olga PECKOVA, Olga BAZALOVA, Stepan CADA, Petr KMENT, Joanna KOTWICA-ROLINSKA a David DOLEZEL, 2016. Unexpected Geographic Variability of the Free Running Period in the Linden Bug

- Pyrrhocoris apterus. *Journal of Biological Rhythms* [online]. **31**(6), 568–576. ISSN 15524531. Dostupné z: doi:10.1177/0748730416671213
- PRICE, Edward O., 1999. Behavioural development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*. **65**, 245–271.
- PUNCHIHEWA, Ranindra, W A Priyanka P De SILVA, Thilini C WEERARATNE a S H P Parakrama KARUNARATNE, 2019. Insecticide resistance mechanisms with novel ‘ kdr ’ type gene mutations in the tropical bed bug Cimex hemipterus. *Parasites & Vectors* [online]. B.m.: BioMed Central, 1–8. ISSN 1756-3305. Dostupné z: doi:10.1186/s13071-019-3565-x
- REEBS, Stephan G., 2002. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* [online]. **12**(4), 349–371. ISSN 09603166. Dostupné z: doi:10.1023/A:1025371804611
- REINHARDT, Klaus a Michael T. SIVA-JOTHY, 2007. Biology of the Bed Bugs (Cimicidae). *Annual Review of Entomology* [online]. **52**(1), 351–374. ISSN 0066-4170. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.ento.52.040306.133913
- RICHTER, C P, 1922. A Behavioristic Study of the Activity of the Rat. *Comparative Psychology Monographs* [online]. **1**, **2**, 56. Dostupné z: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/254747#page/41/mode/1up>
- ROENNEBERG, T. a M. MERROW, 2007. Entrainment of the human circadian clock. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* [online]. **72**, 293–299. ISSN 00917451. Dostupné z: doi:10.1101/sqb.2007.72.043
- ROMERO, Alvaro, Michael F. POTTER a Kenneth F. HAYNES, 2010. Circadian rhythm of spontaneous locomotor activity in the bed bug, Cimex lectularius L. *Journal of Insect Physiology* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **56**(11), 1516–1522. ISSN 00221910. Dostupné z: doi:10.1016/j.jinsphys.2010.04.025
- ROTH, Steffen, Ondřej BALVÍN, Michael T. SIVA-JOTHY, Osvaldo DI IORIO, Petr BENDA, Omar CALVA, Eduardo I. FAUNDEZ, Faisal Ali ANWARALI KHAN, Mary MCFADZEN, Margie P. LEHNERT, Richard NAYLOR, Nikolay SIMOV, Edward H. MORROW, Endre WILLASSEN a Klaus REINHARDT, 2019. Bedbugs Evolved before Their Bat Hosts and Did Not Co-speciate with Ancient Humans. *Current Biology* [online]. **29**(11), 1847-1853.e4. ISSN 09609822. Dostupné

z: doi:10.1016/j.cub.2019.04.048

RUMMEL, Andrea D., Sharon M. SWARTZ a Richard L. MARSH, 2019. Warm bodies, cool wings: Regional heterothermy in flying bats. *Biology Letters* [online]. **15**(9), 1–5. ISSN 1744957X. Dostupné z: doi:10.1098/rsbl.2019.0530

SAVINETSKY, A. B. a O. A. KRYLOVICH, 2011. On the history of the spread of the black rat (*Rattus rattus* L., 1758) in northwestern Russia. *Biology Bulletin* [online]. **38**(2), 203–207. ISSN 10623590. Dostupné z: doi:10.1134/S1062359011020130

SHIMODA, Masami a Ken-ichiro HONDA, 2014. Insect reactions to light and its applications to pest management Insect reactions to light and its applications to pest management. *Applied Entomology and Zoology* [online]. (November 2013). Dostupné z: doi:10.1007/s13355-013-0219-x

STENKAMP, Deborah L., 2013. The Rod PR Lineage of Teleost fish [online]. **70**(4), 646–656. ISSN 09652140. Dostupné z: doi:10.1002/ana.22528.Toll-like

SURBHI a Vinod KUMAR, 2015. Avian photoreceptors and their role in the regulation of daily and seasonal physiology. *General and Comparative Endocrinology* [online]. B.m.: Elsevier Inc., **220**, 13–22. ISSN 10956840. Dostupné z: doi:10.1016/j.ygcen.2014.06.001

TALBOT, Benoit, Ondřej BALVIN, Maarten J. VONHOF, Hugh G. BRODERS, Brock FENTON a Nusha KEYGHOBADI, 2017. Host association and selection on salivary protein genes in bed bugs and related blood-feeding ectoparasites. *Royal Society Open Science* [online]. **4**(6). ISSN 20545703. Dostupné z: doi:10.1098/rsos.170446

TALBOT, Benoit, Nusha KEYGHOBADI a Brock FENTON, 2019. Bed bugs: The move to humans as hosts. *Facets* [online]. **4**(1), 105–110. ISSN 2371-1671. Dostupné z: doi:10.1139/facets-2018-0038

TOMIOKA, Kenji a Salaheldin ABDELSALAM, 2004. Circadian Organization in Hemimetabolous Insects. *Zoological Science* [online]. **21**(12), 1153–1162. ISSN 0289-0003. Dostupné z: doi:10.2108/zsj.21.1153

TOSINI, Gianluca, 1997. The pineal complex of reptiles: physiological and behavioral roles. *Ethology Ecology & Evolution*. **9**(4), 313–333.

USINGER, R. L. a D. POVOLNY, 1966. The discovery of a possibly aboriginal population of the bed bug (*Cimex Lectularius* Linnaeus, 1758). *Casopis moravského musea*. 237–242.

USUI, Setsuo a Terue OKAZAKI, 2002. Loss of circadian behavioural rhythms in rats kept in constant darkness. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* [online]. **56**(3), 217–218. ISSN 13231316. Dostupné z: doi:10.1046/j.1440-1819.2002.00982.x

WANG, Changlu, Kurt SALTZMANN, Eva CHIN, Gary W. BENNETT a Timothy GIBB, 2010. Characteristics of *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae), Infestation and Dispersal in a High-Rise Apartment Building. *Journal of Economic Entomology* [online]. **103**(1), 172–177. ISSN 00220493. Dostupné z: doi:10.1603/ec09230

WRIGHT, Kenneth P., Andrew W. MCHILL, Brian R. BIRKS, Brandon R. GRIFFIN, Thomas RUSTERHOLZ a Evan D. CHINOY, 2013. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **23**(16), 1554–1558. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2013.06.039

WU, Yage, Dylan M. TRACY, Alexis M. BARBARIN, Corentin M. BARBU a Michael Z. LEVY, 2014. A door-to-door survey of bed bug (*Cimex lectularius*) infestations in row homes in Philadelphia, Pennsylvania. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* [online]. **91**(1), 206–210. ISSN 00029637. Dostupné z: doi:10.4269/ajtmh.13-0714

ZEDER, Melinda A., 2012. Journal of Anthropological Research Competition. *Journal of Anthropological research* [online]. **68**(2), 161–190. ISSN 15416151. Dostupné z: doi:10.1111/an.1994.35.4.42.3

ZORDAN, Mauro A., Ezio ROSATO, Alberto PICCIN a Russell FOSTER, 2001. Photic entrainment of the circadian clock: From *Drosophila* to mammals. *Seminars in Cell and Developmental Biology* [online]. **12**(4), 317–328. ISSN 10849521. Dostupné z: doi:10.1006/scdb.2001.0259