

**Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Závislost druhového spektra nekrofágních druhů hmyzu  
na biotopech v České republice a Řecku**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Denisa Tláskalová**

**Obor studia: Zájmové chovy zvířat**

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.**

© 2020 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Závislost druhového spektra nekrofágních druhů hmyzu na biotopech v České republice a Řecku“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.7. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc., za rady, vstřícný přístup a vedení při zpracování této diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Vandě Klimešové a Ing. Anitě Kranjčevičové za jejich trpělivost a pomoc při zpracování výsledků experimentů.

# Závislost druhového spektra nekrofágních druhů hmyzu na biotopech v České republice a Řecku

## Souhrn

Předkládaná diplomová práce se zabývá forenzní entomologií, vědní disciplínou, která patří mezi hojně využívané nástroje v kriminalistické praxi pro zjišťování okolností úmrtí jedince. Uvádí se, že již 72 hodin po smrti představuje forenzní entomologie jednu z nejpřesnějších metod určení času úmrtí. Nekrofágní hmyz může také napomoci odhalit manipulaci s tělem nebo intoxikaci oběti před smrtí pomocí analýzy larev anebo puparií.

Praktická část této práce se zabývala závislostí nekrofágních druhů hmyzu na biotopech, a to i mezi dvěma zeměmi – Českou republikou a Řeckem. V České republice byly zahrnuty biotopy: obytná zóna, rybník a pastvina. V Řecku byly vybrány typově podobné biotopy, jmenovitě sídliště, moře a stáj. Na každém biotopu byly nainstalovány tři proteinové pasti s návnadou, s masem tresky obecné (*Gadus morhua* Linnaeus, 1758), a exponovány po dobu pěti týdnů. Entomologický materiál byl z pastí shromažďován pravidelně každý týden pro možnost následného porovnání sukcesních vln. Pasti byly umístěny na jednotlivých biotopech ve stejné výšce, stejné vzájemné vzdálenosti a s totožnými podmínkami prostředí (slunce, stín apod.).

V Řecku byla nejhojnější čeleď Muscidae, a to hned v 1. týdnu expozice. Biotopu „stáj“ dominoval *Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1818) z čeledi Muscidae. U „moře“ byl nejhojnější druh *Hydrotaea ignava*, což potvrzuje tvrzení Povolného (1982) o preferenci rodu *Hydrotaea* k zastíněným biotopům. Přesto ze všech biotopů byly nejpočetnější sběry v biotopu „sídliště“, ve kterém byl nejčastěji zastoupen rod *Fannia* sp. Robineau-Desvoidy, 1830.

V České republice byla nejvíce zastoupena čeleď Calliphoridae a s nejvyšší početností v 2. a 3. týdnu expozice. Na biotopu „obytná zóna“ a „pastvina“ dominoval z čeledi Calliphoridae druh *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) a z čeledi Fanniidae rod *Fannia* sp. Bzučivka *Lucilia sericata* je často popisována jako synantropní druh s preferencí pro slunné biotopy (Lambiase & Camerini 2012; Charabidze 2017), toto tvrzení se zcela potvrdilo. V biotopu „rybník“, ve kterém byly pasti umístěny ve stínu, byl nejhojnějším rod *Fannia* sp.

**Klíčová slova:** forenzní entomologie, Diptera, Řecko, Česká republika

# Dependence of the species spectrum of necrophagous insect species on biotopes in the Czech Republic and Greece

## Summary

This diploma thesis deals with forensic entomology, the scientific discipline, which is one of the most used tools in criminalistics practice to determine the circumstances of an individual's death. It is stated that already 72 hours later after death, forensic entomology is one of the most accurate methods to determine the time of death. Furthermore, it can also help to reveal the manipulation of the victim's body or intoxication before death by the method of larval or puparium analysis.

The practical part of this work dealt with the dependence of necrophagous insect species on habitats, even between two countries-the Czech Republic and Greece. In the Czech Republic, the habitats were a residential zone, a pond, and a pasture. In Greece, there were included similar habitats, namely city house settlements, a sea and a stable. There were three protein traps with bait, cod meat (*Gadus morhua* Linnaeus, 1758), exposed for five weeks, installed on each habitat. The entomological material was collected from the traps subsequently every week to compare the progress of successional waves. The traps were installed on individual habitats at the same height, in the same range from each other and with identical environmental conditions (sun, shadow).

In Greece, the most abundant family was Muscidae in the first week of exposure. The „stable“ habitat was dominated by *Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1818) from the Muscidae family. The most abundant species in the „sea“ was *Hydrotaea ignava*, which confirms the statement of Povolný (1982) about the preference of the *Hydrotaea* genus to shaded habitats. Of all the habitats, the „housing estate“ habitat was the most populated. The most common representative in the housing estate was the genus *Fannia* sp. Robineau-Desvoidy, 1830.

In the Czech Republic, the family Calliphoridae was the most represented with and the largest occurrence of any insect was in the 2nd and 3rd week of exposure. The habitats „residential zone“ and „pasture“ were dominated by family Calliphoridae, namely by species *Lucilia sericata* (Meigen, 1826), and by family Fanniidae, by genus *Fannia* sp. Blow-fly *Lucilia sericata* is often described as a synanthropic species with a preference for sunny habitats (Lambiase & Camerini 2012; Charabidze 2017), this statement has been fully confirmed. On the pond habitat, where the traps were in the shade, was the most abundant genus *Fannia* sp.

**Keywords:** forensic entomology, Diptera, Greece, Czech Republic

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Forenzní entomologie</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Rozklad při volné expozici</b>	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>Rozkladné vlny</b>	<b>4</b>
3.3.1	1. vlna	4
3.3.2	2. vlna	5
3.3.3	3. vlna	5
3.3.4	4. vlna	6
3.3.5	5. vlna	6
3.3.6	6. vlna	6
3.3.7	7. vlna	6
<b>3.4</b>	<b>Rozdíly mezi biotopy</b>	<b>7</b>
3.4.1	Venku nebo vevnitř	7
3.4.2	Zasluněné vs. stinné biotopy	8
3.4.3	Město vs. venkov	8
<b>3.5</b>	<b>Mediterrán</b>	<b>8</b>
<b>3.6</b>	<b>Nekrobiontní fauna</b>	<b>11</b>
3.6.1	Části těla	11
3.6.2	Diptera	12
3.6.2.1	Calliphoridae	14
3.6.2.2	Sarcophagidae	15
3.6.2.3	Muscidae	15
3.6.2.4	Piophilidae	16
3.6.2.5	Phoridae	16
3.6.3	Coleoptera	16
3.6.3.1	Silphidae	17
3.6.3.2	Dermestidae	17
3.6.3.3	Staphylinidae	17
3.6.4	Lepidoptera	17
3.6.5	Myiáza	18
<b>3.7</b>	<b>Post Mortem Interval (PMI)</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis lokalit</b>	<b>22</b>
4.1.1	Řecko	22

4.1.1.1	Sídliště.....	22
4.1.1.2	Moře.....	22
4.1.1.3	Stáj .....	22
4.1.2	Česká republika.....	23
4.1.2.1	Obytná zóna .....	23
4.1.2.2	Rybník.....	23
4.1.2.3	Pastvina .....	23
<b>4.2</b>	<b>Odchytové pasti .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3</b>	<b>Průběh experimentu a sběr vzorků .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Určení materiálu.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1</b>	<b>Zastoupení druhů řádu Diptera v Řecku.....</b>	<b>25</b>
5.1.1	Sídliště .....	25
5.1.2	Moře.....	26
5.1.3	Stáj .....	26
<b>5.2</b>	<b>Zastoupení druhů řádu Diptera v České republice .....</b>	<b>27</b>
5.2.1	Obytná zóna .....	27
5.2.2	Rybník.....	27
5.2.3	Pastvina.....	28
<b>5.3</b>	<b>Zastoupení druhů řádu Coleoptera v Řecku .....</b>	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Zastoupení druhů řádu Coleoptera v České republice.....</b>	<b>28</b>
<b>5.5</b>	<b>Statistické zhodnocení.....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Samostatné přílohy .....</b>	<b>I</b>
<b>9.1</b>	<b>Tabulky .....</b>	<b>I</b>
<b>9.2</b>	<b>Grafy.....</b>	<b>VIII</b>
<b>9.3</b>	<b>Fotografie .....</b>	<b>XIV</b>





# 1 Úvod

Forenzní entomologie je dnes již téměř nepostradatelnou součástí kriminalistické praxe. Zabývá se použitím hmyzu a jiných antropodů v kriminálním vyšetřování. V důsledku zkoumání bezobratlého hmyzu sesbíraného přímo na místě činu je možné určit, jak dlouho již hmyz kolonizuje kadáver a z toho určit PMI – neboli post mortem interval, což je vlastně doba od úmrtí do nálezů těla. Také je možné například určit, zda bylo s tělem posmrtně hýbáno. Vodítkem mohou být nalezené druhy typické pro vnitřní prostory na volně exponovaném těle nebo lze také určit, jak dlouho bylo tělo pohřbeno a následně vyhrabáno. Zkrátka analýza druhového spektra může velmi pomoci určit, v jakém biotopu se mrtvola nacházela a jak dlouho je již přesunuta na novou lokalitu (Amendt et al. 2010; Hrdinová a kol. 2013, Šuláková 2017). Tato disciplína nemůže vyhodnotit zcela přesný čas úmrtí, ale může zkrátit kriminalisty běžně užívaný interval mezi nálezem mrtvoly a posledním průkazným časem, kdy byla, dle svědků, oběť ještě naživu (Amendt et al. 2010).

Dalším využitím forenzní entomologie je vyšetřování zanedbání nebo týrání lidí i zvířat, protože na nemytých a zanedbaných ranách parazitují mouchy – takovému jevu se říká myiáza. Následně se také tato věda zabývá problematikou potravinových škůdců v případech zanedbání hygienických a skladovacích předpisů (Amendt et al. 2010; Hrdinová a kol. 2013, Šuláková 2017).

Kvůli velkému významu při stanovování přibližného času úmrtí a hledání důležitých důkazů a stop je nutné, aby tato disciplína měla velký vědecký základ a mohla být uznávána u soudu v takové míře, v jaké si zaslouží (Amendt et al. 2010; Hrdinová a kol. 2013). Urbanizací a ničením přírody se podmínky volně žijících zvířat velmi změnily. Postupnou urbanizací se některé druhy adaptovaly a některé se stáhly do ústraní. Urbanizace vytvořila několik nových habitatů a prostorů pro úkryt. Je neustále potřeba nových studií a výsledků, aby byli vědci schopni držet s přírodou krok (Frankie 1978).

Dle Goffa (1993) je rozklad těla nepřetržitý proces, který začíná okamžikem smrti a končí, když je tělo redukováno na kostru. Tento proces je rozdělen do řady etap. Jejich počet závisí na autorovi či geografické oblasti.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem této diplomové práce bylo vypracování literární rešerše zabývající se závislostí druhového spektra nekrofágních druhů hmyzu na biotopech v České republice a Řecku.

Součástí práce byl terénní experiment, při kterém bylo zmapováno druhové složení nekrofágního hmyzu v České republice a v Řecku, vždy ve třech rozdílných biotopech za použití pastí s masovou návnadou a následné porovnání geografických oblastí a biotopů mezi sebou.

H0: Druhové složení nekrofágního hmyzu z řádů Diptera a Coleoptera se mezi biotopy a mezi střední Evropou a Středomořím liší.

### 3 Literární rešerše

Hmyz je nejpočetnější a nejrozmanitější skupina ze všech živočichů. Byl popsán necelý milion druhů, avšak vědci věří v existenci 3-30 milionů druhů. Kromě širého moře se hmyz vyskytuje na všech možných habitatech po celém světě. Hlavní odlišností od jiných bezobratlých živočichů je přítomnost křídel, jež umožňují hmyzu cestovat nemalé vzdálenosti za potravou nebo za nejvhodnějším místem pro kladení vajíček a také zdroj potravy rychle kolonizovat. Z tohoto důvodu je hmyz pro forenzní entomologii velmi významný (Byrd & Castner 2009).

#### 3.1 Forenzní entomologie

Ačkoliv je možné rozdělit forenzní entomologii do třech kategorií (potravinová škůdci, parazité lidí a stanovení PMI), je určení času smrti tou nejpoužívanější a nejprobádanější. Avšak zjištění, který článek celého koloběhu dodavatelů a spotřebitelů je na vině v případě masa plného larev nebo obilí zamořeného potravinovými škůdci, či odhalení týrání člověka či zvířete z důvodu ran plných muších larev, je také zcela určitě důležitou součástí tohoto odvětví (Šuláková, 2014).

Nekrofágní fauna je nejdůležitější skupina odebíraná na místě činu a dále zkoumána v laboratoři. Materiál se sbírá přímo na mrtvole a kolem ní nebo případně také v místě, kde tělo leželo nějakou dobu, než bylo přesunuto. Sbírají se jak dospělá stadia hmyzu, tak i vajíčka, larvy a puparia, event. kukly. Kolem těla oběti se musí nejen sesbírat hmyz v dostatečné vzdálenosti (2-10 m), ale také vzorek půdy. Velkou výhodou je dlouhé zachování chitinu obsaženého ve všech hmyzích tělech, v půdě, podle kterého lze snadno zjistit přítomnost již mrtvého hmyzu, svleček nebo prázdných puparií z předchozích vln. Neméně důležitý je i zápis dalších údajů z místa činu. Například na jak osluněném, či stinném místě tělo leželo, jaké rostliny se nacházejí poblíž, zdali daný jedinec užíval léky či drogy, nebo jaký byl vliv počasí. Všechna tato kritéria mohou významně ovlivnit průběh sukcesních vln. V entomologické laboratoři musí být materiál uložen při teplotě 2-6 °C. Přibližný čas úmrtí oběti je pak stanovován dle nalezených druhů, které jsou typické pro různé rozkladné vlny. Nalezený hmyz lze také, kromě určení druhů, podrobit toxikologickým nebo molekulárním testům, jejichž výsledky mohou mít významný podíl na odhalení příčiny úmrtí nebo jinak objasnit kriminální případ (Amendt et al. 2011; Eliášová & Šuláková 2012; Šuláková 2014).

Neméně důležitá je i znalost veškerých možných změn a vlivů způsobených ostatními bezobratlými a obratlovci. Například pokousání mrtvoly mravencem nebo slimákem se běžně zaměňuje s poleptáním před smrtí, nebo přestože se nenajde na zhruba rok staré mrtvole žádné oblečení, nemusí znamenat, že žádné neměla, ale že bylo patrně vyrobeno z přírodních materiálů a žížaly, hojně přítomné v půdě kolem těla, ho rozložily.

#### 3.2 Rozklad při volné expozici

Když je tělo vystaveno venkovnímu prostředí, je zde mnoho vlivů, které mohou urychlit, nebo zpomalit procesy rozkladu, a tím posouvat běžné průběhy sukcesních vln. Teplota, vlhlost, roční období, délka světelné části dne, srážky, to vše je nutné započítat do rovnice, při určování

PMI. Teplota prostředí má vliv jak na aktivitu hmyzu, tak na samotnou rychlost dekompozice těla, vycházející především z bakteriálního rozkladu. Při nízké teplotě se v těle výrazně zpomalí procesy tvorby plynů, fermentace tuků na mastné kyseliny atd. Rozdíl v kolonizaci hmyzem při různých teplotách prostředí může činit několik hodin až dní. V zimě lze první aktivitu zaznamenat již poměrně brzy. Například bzučivky *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 a *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) jsou celkem odolné vůči nižším teplotám a jsou schopné se aktivovat již při teplotách kolem 3 °C. Na podzim se doba dekompozice a skladba druhů velmi liší v závislosti na teplotě a srážkách. Pokud probíhá dekompozice na konci podzimu a v zimě, roste také počet druhů bezobratlých vyskytujících se na mrtvole (Šuláková 2006, Šuláková 2014).

Dalším výrazným faktorem je vlhkost. Některé druhy nekrofágního hmyzu jsou suchomilné, jiné zase vlhkomilné. Ve vlhku mohou navíc tělo kolonizovat řasy či houby. Také závisí na typu prostředí. Jinak mohou úspěšné vlny probíhat v lese a jinak na poli. Pokud leží tělo ve volné krajině, je nutno také počítat s přispěním některých savců, ať už lesních nebo polních, což může mít za následek roztahání nebo ohryzávání částí těla (Šuláková 2006).

Šuláková (2014) dodává, že ačkoliv se úspěchy dělí do několika různých vln, často nelze definovat a zcela oddělit jednotlivé vlny od sebe. Dekompozice probíhá kontinuálně a mnohdy probíhají některé vlny současně a je tedy možné najít v jednu chvíli zástupce několika vln na těle současně.

### 3.3 Rozkladné vlny

Dekompozice je kontinuální proces rozdělený do několika fází, během kterého se střídají dominantní druhy hmyzu v závislosti na atraktantech – chemických látkách uvolňovaných při rozkladu těla a lákající určité druhy (Šuláková 2014). Dle Eliášové a Šulákové (2012) se rozkladné vlny liší podle toho, jestli je tělo ve venkovním prostředí, vnitřním prostředí (uvnitř domu, bytu), pohřbené v zemi nebo exponované ve vodním prostředí. Dle Goffa (1993) počet vln závisí i na geografických podmínkách. Šuláková (2014) podotýká, že první autoři často detekovali vlny pouze tři. Čerstvé tělo, hnijící tělo a vysoušení zbytků. Pozdější podrobnější práce rozlišily vln více, stejně tomu je v našich geografických podmínkách. V České republice je nejužívanější počet vln 7 až 8. Úspěch končí kosterními zbytky, takovému stadiu se říká klimax. Klimax nastává tehdy, když se na těle již druhy nestřídají, ale zůstávají stejné. Ve forenzní entomologii jím jsou kosterní zbytky, které již nejsou pro nekrobionty přitažlivé (Šuláková 2014; Bala & Kaur 2014; Šuláková 2017).

Šuláková (2014) uvádí, že v Jižní Evropě může být úspěšných vln mnohem méně.

#### 3.3.1 1. vlna

V případě volné expozice Eliášová a Šuláková (2012) stanovují 1. fázi bezprostředně po smrti. Pokud se na těle vyskytují nějaké krvavé oděrky, druhy 1. vlny, jako bzučivky rodu *Lucilia* a *Calliphora*, z nich zejména *Calliphora vicina*, *C. vomitoria* a *Lucilia sericata* a *L. caesar* (Linnaeus, 1758), jsou velmi silně přitahovány pachem krve (Šuláková 2017). Šuláková (2014) dále uvádí jako typické zástupce 1. vlny také druhy *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Phormia regina* (Meigen, 1826). Na jednom těle svůj vývoj

dokončuje kolem 5 druhů much, avšak dominantní bývají zpravidla pouze 2, ostatní druhy jsou zastoupeny mnohem méně. V případě, že je tělo zcela neporušené, nemusí zprvu lákat žádný hmyz. Šuláková (2006) dodává, že pokud je tělo bezmocné a krvácející, je možné nakladení vajíček bzučivkami do ran oběti pozorovat ještě za živa.

Šuláková (2014) uvádí v první rozkladné vlně ještě mravence a blanokřídlé, živící se tkáněmi a opouštějícími tělo ihned po nakrmení. Není výjimkou, že se tyto druhy pro další příjem potravy opakovaně vracejí.

### 3.3.2 2. vlna

Ve druhé fázi je již pozorováno nadmutí těla zapříčiněné vznikáním páchnoucích plynů. Tento stav může v letních měsících nastat již druhý den po úmrtí. Uvolňování plynu do prostředí má za následek nalétávání druhů z čeledí Calliphoridae a Sarcophagidae (Šuláková 2014). Avšak Šuláková (2014) dodává, že masařky (Sarcophagidae) jsou v podmínkách České republiky spíše běžnějšími zástupci, na tělech nalezených v bytech a na volně exponovaných mrtvolách jsou spíše výjimečně. Brouci se objevují o značnou dobu později než mouchy, protože se většinou nejdříve živí tkáněmi nebo ostatním hmyzem a kladou na tělo svá vajíčka až později. A jde tedy o méně přesné indicie pro zkoumání materiálu. Avšak nejsou bezcenní. V 2. vlně je možné nalézt brouky z čeledi Silphidae, velmi důležitý druh pro forenzní vyšetřování *Necrodes littoralis* (Linnaeus, 1758), hrobařici rodu *Nicrophorus* Fabricius, 1775, larvy rodu *Thanatophilus* Leach, 1815 (Šuláková 2006; Eliášová & Šuláková 2012, Šuláková 2014).

Parazitoidní druhy jsou také zastoupeny, zejména chalcidky, lumci a lumčiči. Některé parazitoidní druhy kladou svá vajíčka do larev ostatních druhů hmyzu a poté se v nich i zakuklí (Šuláková 2014).

### 3.3.3 3. vlna

Eliášová a Šuláková (2012) určují počátek 3. vlny v okamžiku, kdy započne fermentace tuků na některé kyseliny, především máselnou. Dochází k celkovému ztekucování těla. Kyselina máselná svým zápachem přiláká druhy much z čeledi Muscidae, hlavně *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780), *H. aenescens* (Wiedemann, 1830), *H. dentipes* (Fabricius, 1805), *H. similis* Meade, 1887. Tyto druhy kladou svá vajíčka většinou na substrát kolem těla, protože v době kolonizace mrtvoly druhy rodu *Hydrotaea* je již tělo zakladeno tisíci larvami čeledi bzučivkovití. Avšak ve chvíli, kdy se většina jedinců z čeledi bzučivkovití přesune a zakuklí, druhy z čeledi Muscidae plně obsadí mrtvolu (Šuláková 2014, Šuláková 2017).

Ze saprofágních brouků se v této vlně vyskytují druhy z čeledi Dermestidae nebo Cleridae (Šuláková 2014). Dle Šulákové (2006) se v této fázi nacházejí také drabčiči (Staphylinidae), zvláště druh *Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758), jehož larvy na mrtvole dokončují svůj vývoj a brouci z čeledi mršníkovic (Histeridae), živící se larvami much, a to převážně druhy *Margarinotus brunneus* (Fabricius, 1775) a *Saprinus semistriatus* (L.G. Scriba, 1790) (Šuláková 2006; Šuláková 2017).

### 3.3.4 4. vlna

Této fázi se někdy říká “sýrová“, kvůli fermentaci proteinů páchnoucích po sýru. Tento atraktant vábí druhy z čeledí sýrohodkovití (Piophilidae), octomilkovití (Drosophilidae), kmitalkovití (Sepsidae) a slunilkovití (Fanniidae) (Eliášová & Šuláková 2012). Šuláková (2017) uvádí sýrovou fermentaci jako 3. vlnu, ale podotýká, že 3. a 4. vlna se mohou volně prolínat a někdy je nelze od sebe pevně ohraničit.

V této vlně najdeme zástupce hmyzu, kterým vyhovuje substrát téměř tekutého těla s probíhajícími biochemickými reakcemi. Z čeledí sýrohodkovití se nejhojněji vyskytuje *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826), avšak v mnohé literatuře uváděný jako typický druh pro 4. vlnu *Piophila casei* (Linnaeus, 1758), se v našem podnebí na mrtvolách téměř nevyskytuje a je hojnější ve státech jižní Evropy. Z čeledí sýrohodkovití jsou dále v této vlně zastoupeny druhy *Liophila varipes* (Meigen, 1830) nebo *Parapiophila vulgaris* (Fallén, 1820). Z čeledí kmitalkovití je nejčastějším zástupcem *Nemopoda nitidula* a z čeledí slunilkovití hlavně *Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761), *Fannia scalaris* (Fabricius, 1794) a *Fannia manicata* (Meigen, 1826) (Šuláková 2014, Šuláková 2017).

V této fázi kolonizace roste význam brouků čeledi Dermestidae, především *Dermestes frischi* Kugelann, 1792 a v městských aglomeracích také *D. haemorrhoidalis* Küster, 1852, a brouků čeledi Cleridae, a to druhy *Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758), nebo *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775) (Šuláková 2017).

### 3.3.5 5. vlna

5. fáze sukcese nastává již při pokročilém rozkladu. Hrbilky, čeled' Phoridae, lákají především čpavkové výpary a kaseózní substance uvolňované při amoniakální fermentaci. Počet ostatních druhů nápadně klesá z důvodu snižování množství potravy na mrtvole (Šuláková 2006; Eliášová a Šuláková 2012).

### 3.3.6 6. vlna

V předposlední vlně dochází dle Eliášové a Šulákové (2012) k vysychání tkání a odpaření tekutin z těla. Dle Dixe & Grahama (2000) vysychání nastává po “mokré fázi“ rozkladu. Zbytky měkkých tkání se vysuší, ztmavnou a získají kožovitou strukturu. Zbytek orgánů také vysychá a scvrkává se. Počet much klesá, ale vývoj hmyzu, především druhů z čeledí Piophilidae a Phoridae, může stále probíhat na měkkých tkáních nebo v kostech. Této fázi, která nastane obecně koncem jednoho roku až začátkem druhého roku stárí mrtvoly, dominují roztoči a objevují se zde také brouci rodu *Trox* (Šuláková 2006).

### 3.3.7 7. vlna

Poslední fáze je charakteristická kosterními pozůstatky, přičemž se na kostře mohou stále nacházet zbytky svaloviny, šlach, kůže nebo vlasů (Šuláková 2006). Dix & Graham (2000) podotýkají, že proces skeletonizace je velmi variabilní. V létě, při teplotách nad 35 °C může nastat již za několik týdnů, naopak při teplotách pod 18 °C může proces probíhat i několik měsíců až let. Pokud je teplota okolí příliš vysoká a vlhkost vzduchu nízká, skeletonizace

neproběhne, tělo mumifikuje. Při mumifikaci kůže zčerná a ztvrdne, orgány seschnou a měkké tkáně se rozloží. V této sukcesní fázi je možné najít suchomilné a teplomilné brouky z čeledi Ptinidae a některé druhy roztočů a molů živících se těmito pozůstalými tkáněmi (Eliášová & Šuláková 2012). Šuláková (2006) doplňuje ještě 8. sukcesní vlnu, která ale nastává pouze u těl exponovaných ve venkovním terénu po 3 letech expozice. V této vlně se nacházejí především roztoči. Šuláková (2014) 7. vlnu vůbec neuvádí a končí 6. vlnou, ve které jsou již pouze kosterní zbytky.

### **3.4 Rozdíly mezi biotopy**

Studium distribuce druhů různých oblastí a podmínek vyhovujících daným druhům je základním kamenem pro získání informací o původním umístění těla, například, kde se tělo nacházelo, zda s ním bylo hýbáno, zda bylo pohřbeno a vyhrabáno, zda bylo ve vodě nebo zda leží na sluncem osvětleném místě od počátku rozkladu (Charabidze et al. 2017).

Aby bylo možné určit druhové spektrum určité oblasti, je třeba do hodnocení zahrnout několik aspektů každého druhu – distribuce, mikrohabitat, ekologické niky, fenologie, behaviorální ekologie či molekulární analýzy. Distribuce druhu je geografická oblast, kde je druh pozorován. Rozdíl v druhovém zastoupení na kadáveru může být způsoben i teplotní separací – na některé druhy může být moc horko, na jiné zcela naopak zima. Pokud je s tělem hýbáno, resp. je přesunuto zpravidla dojde ke změně mikrohabitatu a druhová skladba se začne měnit (např. z venku dovnitř, z lesa na pole). Avšak mohou nastat výjimky a abundance (hojnost) některých druhů se může lišit s distribucí kadáverů. Bzučivky (Calliphoridae) mají vynikající olfaktologické vlastnosti a dokážou detekovat a kolonizovat kadáver vzdálený i několik kilometrů, a tím ovlivnit stávající, zdokumentovanou abundanci daného druhu (Charabidze et al. 2017). Bordas (2014) dospěl k závěru, že nekrofágní druhy bzučivek by neměly být používány jako indikátoři přesunu těla z důvodu jejich široké distribuce, především v heterogenních a hustě osídlených oblastech. Pokud by měly být bzučivky použity k takovým posudkům, závěry by měly vycházet z lokálních studií. Znalost fenologie daného druhu může napovědět o přemístění mrtvoly. Například, pokud jsou na těle nalezeny pouze druhy pozdního stadia rozkladu, lze z toho usuzovat, že ze začátku dekompozice nebyl hmyzu umožněn přístup ke kadáveru, anebo tělo bylo přesunuto z původního místa uložení. Molekulární analýzy se používají pro analýzu kutikulárního uhlovodíku. Hmyz tvoří tenkou epikutikulární vrstvu vosku tvořenou volnými lipidy. S pomocí této analýzy je možné určit například několik geografických populací stejného druhu (Charabidze 2017).

#### **3.4.1 Venku nebo vevnitř**

Otázka vnitřního či vnějšího umístění kadáveru je klíčovým bodem forezních vyšetřování. Umístění mrtvoly ovlivňuje dobu jeho kolonizace nekrofágním hmyzem a tím určení post mortem intervalu. Vnitřní umístění chrání tělo před deštěm a jinými neblahými vlivy venkovního prostředí a může být spojeno s vyšší teplotou a následným urychlením vývoje larev a celkově dekompozice (Frost et al. 2010). Dle Charabidze et al. (20016) například chrobáci vyhledávají spíše sušší místa, ale u larev nekrofágních much nebyl pozorován žádný trend. Frost et al. (2010) dospěli k závěru, že nejlepším indikátorem pro detekci, zda bylo tělo

přesouváno z vnitřního do venkovního prostředí nebo naopak, jsou roztoči, avšak ti jsou zatím minimálně prozkoumáni a ve forenzní entomologii přehlíženi. Úspěšným druhem držícím se blízko lidských obydlí jsou typicky švábi (Blattodea), v blízkosti většího množství dřeva, či výrobků ze dřeva se mohou nacházet termiti. Jiným indikátorem mohou být i komáři, kteří jsou schopni obydlí různých nádob schopné pojmout vodu (kontejnery, sudy, prázdné plechovky, sklenice, květináče, příkopy) (Frankie 1978).

### 3.4.2 Zasluněné vs. stinné biotopy

Heliofilní druhy mají rády osvětlené nestinné biotopy. Takovými druhy jsou *Lucilia illustris* (Meigen, 1826) nebo *Lucilia sericata*, naopak se stínem je spojena *Lucilia caesar* (Lambiase & Camerini 2012; Charibadze 2017).

### 3.4.3 Město vs. venkov

Pokud se druh pohybuje v blízkosti lidských obydlí a má z toho nějaký zisk, nazývá se takový zástupce druhem synantropním. V případě much je jejich zisk spojen s odpadky potravin, především masa. Ve městě je, z důvodu vysokého pokrytí asfaltem, vysokých budov a rozvinuté infrastruktury, vyšší teplota, což může být pro nějaké druhy vyhovující (Lambiase & Camerini 2012). Povolný (1971) tvrdí, že synantropie má 3 hlavní důvody. Za prvé, mouchy se zdržují v blízkosti lidských obydlí z důvodu přímé spojitosti s člověkem – komenzálismu. Za druhé, mouchy se zdržují v blízkosti lidí ve spojitosti s domácími zvířaty (koprofágní nebo ektoparazitické mouchy) a za třetí, mouchy vyhledávají optimální podmínky pro kladení vajíček. Dle Charbidze (2017) je typickým zástupcem urbanizovaných oblastí *Calliphora vicina*, naopak *Calliphora vomitoria* se městům spíše vyhýbá, a to hlavně v letních měsících. Obdobně silně synantropním druhem je *Lucilia sericata* (Rognes 1991). Naopak se zdá, že *Lucilia caesar* preferuje spíše neurbanizované oblasti. V případě brouků je preference typicky dál od města a blízko lesa (Charbidze 2017).

## 3.5 Mediterán

Četnost vědeckých prací a článků v oblasti Mediteránu, je značně nižší, proto byla do tématu zahrnuta i severní Afrika a Střední východ.

Dle Kaczorowske (2006) je mořský nebo brakický pobřežní biotop zdrojem potravy mnoha druhů much. Dle Akbarzadeha et al. (2015) je na Středním východě nedostatečná vědecká základna pro forenzní entomologii velkou překážkou v determinaci nekrofágních bzučivek (Calliphoridae). Tato situace znemožňuje použití hmyzu pro medicínsko-právní účely a neulehčuje ji ani skutečnost, že Střední východ spadá pod tři zoogeografické oblasti (Paearktická, Orientální a Afrotropická). Autoři Khoobdel a Davari (2011) podotýkají, že ve státech s horšími hygienickými podmínkami a vysokou zalidněností jsou mouchy významnými přenašeči patogenů a zdrojem kontaminace jídla a vody, a tím mohou způsobit epidemii. V těchto zemích jsou potom častá průjmová onemocnění, či záněty spojivek (Khoobdel & Davari 2011; Khoobdel et al. 2015).

Častým jevem, se kterým se v těchto klimatických podmínkách setkáváme, je myiáza. Dle Khoobdela a Davariho (2011) jsou nejčastějšími druhy vyvolávajícími myiázu v Íránu



druhy *Lucilia sericata*, *Oestrus ovis* Linnaeus, 1758 a *Chrysomya bezziana* (Villeneuve, 1914) Dle studie Khoobdela a Davariho (2011) je v Íránu nejvíce zastoupena čeleď Muscidae a Faniidae. Z čeledi Muscidae především *Muscina stabulans* (Fallén, 1817) a z čeledi Faniidae byla nejčastěji zastoupena *Fannia scalaris*. Mezi další významné druhy lokality kolem Teheránu patřily *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) a *Lucilia sericata* (Khoobdel & Davari 2011). Szpila et al. (2008) zmiňují, že mezi druhy nalezené v jižní Evropě patří *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) s distribucí potvrzenou ve Španělsku, na Kanárských ostrovech, na Maltě a na Madeiře. Szpila et al. (2013) tvrdí, že druh *Lucilia cuprina* (Wiedemann, 1830) byl opakovaně nalezen v Turecku a jihovýchodní Evropě. Druh *Lucilia sericata* byl autory nalezen na pěší zóně v Řecku, což potvrzuje její synantropní, slunný výskyt v jižní Evropě. Druh *Chrysomya albiceps* je běžným druhem v Mediteránu, v okolí Černého moře, ale i ve střední Evropě. Stejně jako ostatní nekrobionti při svém vývinu využívá rozkládající se mrtvoly, avšak může být také pouhým fakultativním predátorem a snižovat tak počet původních nekrofágních druhů (larev) na mrtvole (Szpila et al. 2008; Szpila et al. 2013).

Povolný a Verves (1997) uvádí, že mezi hojně zástupce z čeledi Sarcophagidae náleží druhy *Sarcophaga taurica* Rohdendorf, 1937 (uvedena jako *Heteronychia taurica*), *Sarcophaga porrecta* Boettcher, 1913 (uvedena jako *Heteronychia porrecta*), vyskytující se hojně ve vyšších polohách kolem hory Olympos. Dále například *Sarcophaga ancilla* Rondani, 1865 (uvedena jako *Heteronychia ancilla*) nebo *Sarcophaga setinervis* Rondani, 1860 (uvedena jako *Heteronychia setinervis*).

Ve studii Baze et al. (2007) autoři uvádějí, že při experimentu provedeném v centrálním Španělsku byly nejčastěji zastoupené druhy *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758), *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata*, *Chrysomya albiceps*, přičemž *Ch. albiceps* a *C. vomitoria* představovaly přes 87 % všech odchycených druhů.

Stejně druhy byly pozorovány v jižní Itálii (Greco et al. 2014). Studie autorů Greco et al. (2014) uvádí, že v „divokém“ biotopu vzdáleném od města byl nejhojnější *Calliphora vomitoria* (49,75 %). V rurálním (vesnickém) biotopu byla nejhojnější bzučivka *Lucilia caesar* (63,89 %) a v městském biotopu *Calliphora vicina* (69,23 %). Dle poznatků uvedené studie je zřejmé, že *C. vicina* a *L. caesar* jsou přízpůsobivé druhy a vyskytovaly se v určité míře ve všech biotopech. Naopak *C. vomitoria* je striktně vázána na biotopy dál od města (Greco et al. 2014).

S těmito závěry souhlasí i studie autorů Prade de Castro et al. (2012) provedená v Portugalsku. Kromě již zmíněných druhů se v Portugalsku nachází také *Lucilia ampullacea* Villeneuve, 1922, *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780), *Muscina prolapsa* (Harris, 1780) *Synthesiomyia nudiseta* Van Der Wulp, 1883, *Piophilina megastigmata* McAlpine, 1978, *Stearibia nigriceps* nebo *Nemopoda nitidula* (Fallén, 1820). Nejdominantnější čeledí byla po celou dobu čeleď Calliphoridae, v závěsu se držely čeledi Muscidae a Faniidae. Rozkladných vln je dle autorů v Portugalsku pouze 5 (Prado de Castro et al. 2012).

S tímto tvrzením souhlasí studie provedená autory Bensaada et al. (2014) v oblasti Gouraya u Středozemního moře. Autoři se shodují, že je v této oblasti 5 sukcesních vln. Doba stadií dekompozice mezi jednotlivými vlnami se lišila podle ročního období. Jako atraktant byla použita kočka domácí. V červnu byla průměrná teplota 28,5 °C a schéma vypadalo následovně: 1. vlna – čerstvé tělo, za jeden den nastala 2. vlna – nafouklé tělo, za další den nastala 3. vlna rozkladu – aktivní rozklad, za dva dny 4. vlna – pokročilý rozklad a za 35 dní 5. vlna – kostra.

V srpnu probíhal rozklad kočky domácí ještě rychleji. Průměrná denní teplota se zvedla na 31 °C a mezi 1. a 2. vlnou uběhly pouze dva dny, 3. vlna aktivního rozkladu nastala za pouhý den, po pár hodinách přešlo stadium rozkladu do 4. vlny – pokročilého rozkladu a za čtyři dny již zbyla pouze kostra (Bensaada et al. 2014). Druhověmu zastoupení v 1. vlně dominovala v letních měsících bzučivka *Lucilia sericata*, což je dle autorů pro tento druh typické. V zimních měsících byla více zastoupena *Calliphora vicina*, preferující stinné biotopy a schopná přežít i nižší venkovní teploty. 2. den pokusu, ve stadiu nafouklého těla, se objevil druh nekrobiontního brouka *Dermestes* sp., dále brouci čeledí Histeridae a Staphylinidae. V pozdějších stádiích rozkladu byly přítomny druhy z čeledi Dermestidae a roztoči z čeledi Gamasidae (Bensaada et al. 2014). Bensaada et al. (2014) souhlasí, že hlavním faktorem ovlivňujícím rychlost rozkladu je teplota.

Dle studie provedené autory Khoobdel et al. (2015) na ostrově Gulf v Íránu je zřejmé, že nejvyšší aktivitu vykazují zástupci řádu Diptera na jaře a na podzim. V letních měsících se aktivita snižuje z důvodu vyšší teploty a nižší vlhkosti. V zimě je aktivita much nižší kvůli nízkým teplotám. Dle autorů Baz et al. (2007) je v horských oblastech Mediteránu období nejvyšší aktivita much řádu Diptera v červnu, v červenci a v srpnu.

Výzkum Kaczorowske (2008) provedený na pobřeží Baltického moře ukazuje, že nejčastěji zastoupenými zástupci mezi masařkami byl druh *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758), *Sarcophaga aratrix* Pandellé, 1896, a *Sarcophaga africa* (Wiedemann, 1824). Dle Kaczorowské (2008) se *S. africa* vyskytuje celosvětově, ale preferuje písčité přímořský biotop. Z pohledu potravní preference, se na písčitém přímořském biotopu vyskytovaly převážně kopro-nekrofágní druhy masařek (Kaczorowka 2008). Kaczorowska (2006) uvádí druhy *Bellardia polita* (Mik, 1884) a *Bellardia stricta* (Villeneuve, 1926) jako druhy vyskytující se kromě centrální Evropy také ve Španělsku a v Albánii, dále druhy *Melinda gentilis* Robineau-Desvoidy, 1830 a *Melinda viridicyanea* (Robineau-Desvoidy, 1830) ve Španělsku, Albánii, zemích bývalé Jugoslávie nebo v Maroku a druhy *Pollenia amentaria* (Scopoli, 1763) a *Pollenia atramentaria* (Meigen, 1826) v Gruzii, Arménii, Itálii a v Alžíru. Kaczorowska (2006) dále uvádí, že vysoce celosvětově hojné druhy, jako například *Calliphora vicina*, *Calliphora vomitoria*, *Lucilia silvarum*, *Lucilia sericata*, *Lucilia illustris* nebo *Lucilia caesar*, byly hojné i na přímořském písčitém biotopu a byly zde často dominantní. U synantropních druhů záležela abundance kromě teploty také na počtu turistů. Druhy *Cynomya mortuorum* (Linnaeus, 1751) a *Mellina gentilis* byly nalezeny až dále od moře, z důvodu preference stinných biotopů. U druhu *Lucilia silvarum* byla v severní Africe pozorována myiáza na oboživelnicích (Kaczorowska 2006). Myiáza byla také pozorována u termofilního a heliofilního druhu *Wohlfahrtia magnifica* (Schiner, 1862) vyskytujícího se v Mediteránu a Severní Africe a u druhu *Wohlfahrtia vigil* (Walker, 1849) častého kromě Spojených států také v Jižní Evropě a Pákistánu (Francesconi & Lupi 2012)

Studie provedená autory Bala & Kaur (2014) v září 2013 v Indii navrhuje pouze 4 rozkladné vlny. Tělo prasete bylo pohřbeno 30 cm pod zemí a klimax nastal za 16 dní. 1. fáze čerstvého těla trvala pouze tři dny. 4.-8. den pokusu byl rozklad ve fázi nafouknutí, 9.-13. den již bylo patrné sesychání a od 14. dne skeletonizace (Bala & Kaur 2014).

## 3.6 Nekrobiontní fauna

Termínem nekrobiont se rozumí bezobratlý živočich závislý na mrtvém těle. Velký význam nekrofágního hmyzu je na hygienické a epidemiologické rovině. Odklizení mršín, či alespoň urychlení jejich rozkladu, omezuje možnost šíření choroboplodných zárodků, ať už z nakažených, či zdravých uhybnulých těl (Šustek 1981).

Nekrobionti se dělí do několika podskupin, a to nekrofágové, saprofágové, predátoři, parazitoidi a omnivoři (všežravci). Potravu nekrofágních a saprofágních organismů tvoří tkáň mrtvého těla. Pro forenzní entomologii jsou tyto dvě skupiny nekrobiontních organismů nejdůležitější kvůli jejich vázanosti na mrtvá těla, a tím jejich přítomnosti na místě činu. Mohlo by se zdát, že každá skupina kolonizující kadáver má stejnou strategii, avšak pouze adaptace a nějaká vyvinutá výhoda je schopná čelit konkurenci na kadáveru. První kolonizátoři vsází na rychlost příletu, některé druhy mají extrémně krátký vývoj, svou roli může sehrát i lokální preference. Predátoři na těle hledají potravu tvořenou ostatními skupinami nekrobiontů, parazitujícími svého hostitele. Všežravci mohou na mrtvole nalézt potravu v podobě tkání, ale i hmyzu, nebo se také na místě rozmnožovat. Dále se také mohou na těle vyskytovat náhodné druhy, zastoupené zde bez ohledu na přítomnost mrtvolky. Z hlediska forenzní entomologie jejich význam není nijak vysoký, avšak musí se započítat do vlivu průběhu rozkladných vln (Byrd & Castner 2009; Šuláková 2017).

Charabidze et al. (2017) dodávají, že pouze několik stovek druhů hmyzu je spojováno s kadávery a z nich jen pár desítek je striktně nekrofágních.

### 3.6.1 Části těla

Tělo hmyzu se dělí na tři nejdůležitější části: hlava, hrud' (thorax) a zadeček (abdomen). Celé tělo je chráněno exoskeletem. Je to jedna vrstva epidermálních buněk obsahujících chitin. Na povrchu je ještě potažen vrstvou vosku, který brání evaporaci vody. Exoskeleton je tvořen několika pláty spojenými membránami, a kromě ochrany, slouží také k přichycení svalů (Byrd & Castner 2009, Wigglesworth 2019).

Tykadla jsou, především u brouků, nejnápadnější částí na hlavě. Mohou mít různé tvary a délku. Tykadla slouží k vyhodnocování vjemů z okolí pomocí chemických receptorů (Byrd & Castner 2009).

Hmyz má dva typy očí. Složené oči, pomocí kterých vidí trojrozměrně, kvalita obrazu záleží na druhu, a malá jednoduchá očka ocelli, které zajišťují povědomí o světle, tmě a pohybu. Mouchy mají oba typy očí a vidí v celém barevném spektru jako člověk, a navíc ultrafialové spektrum, které odráží mnohé květiny, pro lidské oko neviditelné (Byrd & Castner 2009, Wigglesworth 2019).

Ústní ústrojí je přizpůsobeno typu přijímání potravy. Nejprimitivnější a nejčastější ústrojí je kousací. Skládá se ze dvou čelistí po straně hlavy naproti sobě, které mají za úkol mechanicky rozmělnit potravu. Ve většině případů se kousací ústrojí nachází u brouků nebo u dravých larev (Byrd & Castner 2009). Mouchy přijímají převážně pouze tekutou potravu. Případně je pevná potrava přetvořena v tekutou pomocí slin a trávících šťáv. U pravých much řádu Diptera bylo proto vyvinuto sací nebo lízavě či bodavě sací ústrojí. Sací ústrojí se skládá pouze ze sosáku a je přizpůsobeno k příjmu tekuté potravy, například nektaru, šťávy z rostlin, ale i krve a tekutiny

uvolňované při rozkladném procesu. Sací ústrojí má například *Musca domestica* Linnaeus, 1758. Bodavě sací ústrojí umožňuje nejdříve penetrovat nějaký povrch a poté sát pomocí přetvořené spodní čelisti. Vyskytuje se například u třásnokřídých, komárovitých, muchničkovitých nebo pakomárcovitých. K penetraci slouží tvrdý chobotek, který může být zdrojem onemocnění (Byrd & Castner 2009). Oldroyd (2018) dodává, že prostřednictvím bodavě sacího ústrojí krev pijí pouze samičky, které tímto pokrývají potřebu přijímat potravu s vysokým obsahem proteinu nezbytným pro vývin vajíček. Samci krev nepijí. Výjimku tvoří například moucha tsetse (*Glossina* sp.), kdy krev pijí obě pohlaví (Oldroyd 2018; Wigglesworth 2019).

Hmyz má 6 nohou, přičemž každý pár vychází z jednotlivého segmentu. Nohy jsou složeny z pěti článků. Na posledním článku, patě, se nachází adhezivní drápky pro lepší přichycení k hladkým povrchům (Byrd & Castner 2009, Wigglesworth 2019).

Křídla mají pouze dospělá stadia, u některých skupin jsou modifikována, nebo sekundárně zcela chybí. Většina hmyzu má dva páry křídel, s výjimkou řádu Diptera (dvojkřídli), jehož zástupci mají pár pouze jeden. První pár křídel se nachází na mesothoraxu. Druhý pár je nahrazen malými útvary nazývanými kyvadélka umožňující velmi dobré manévrování při letu. Kyvadélka fungují jako gyroskop. Při letu vibrují směrem nahoru a dolů. Pokud mouchu něco vyvede při letu z rovnováhy, kyvadélka udržují původní rovinu pohybu a znovu tak pomohou srovnat směr letu. Křídla jsou u much dobře prokrvená, avšak čím je druh vyspělejší, tím jednodušší síť cév má (Wigglesworth 2019).

### 3.6.2 Diptera

Dle Oldroyda (2018) každého zástupce hmyzu majícího pouze jeden pár křídel je možné pojmenovat moucha. Hodně druhům okřídleného hmyzu se takto lidově říká, ale název moucha by se měl používat striktně pro tento řád. Řád Diptera obsahuje více než 125 000 druhů. Mohou měřit od jednoho milimetru do sedmi centimetrů, mají měkké tělo a jsou obratnými letci. Mnoho druhů je považováno za škůdce nebo přenašeče onemocnění. Larvy much jsou častými škůdci na zemědělských plodinách a ovoci. Některé druhy bzučivek mohou způsobovat onemocnění nebo i úmrtí ovcí opakovaným kladením svých vajíček kolem análního otvoru. Vytváří se otevřené ranky, které hnisají a zapáchají, čímž lákají další jedince ke kladení. Avšak pozitivní význam mají jako mrchožrouti a tím zajišťují „úklid“ mrtvol, jako predátoři jiného obtěžujícího hmyzu, jako opylovači, pomocníci s bojem proti plevelu nebo jako potravina pro ryby, ptáky, žáby či malé savce (Byrd & Castner 2009; Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Řád Diptera se dělí na tři podřády. Nejprimitivnějším podřádem je Nematocera (např. tiplicovití, pakomárovití, bejlmorkovití a pamuchnicovití), vyspělejší podřádem je Brachycera (např. ovádovití a roupcovití) a nejvyspělejší podřádem je Cyclorrhapha, kam patří především pravé mouchy (bzučivkovití, muchovití a masařkovití) (Oldroyd 2018).

Životní cyklus většiny forenzně významných much sestává ze čtyř vývojových fází: vajíčka, larvy, kukly (pupari) a dospělec. Délka vývoje se liší druh od druhu. Například u mouchy domácí (*Musca domestica*) dospělec naklade vajíčka, po osmi až dvanácti hodinách se z vajíčka vylíhne larva 1. instaru, za dvacet hodin až čtyři dny se svlékne do larvy 2. instaru, po dalších 24 hodinách až několika dnech se vyvine v larvu 3. instaru, v této fázi setrvá tři až devět dní, poté se kuklí. Kukla se vytváří ztvrdnutím kůže larvy posledního instaru. V kukle

setrvává asi pět dní, kde se vyvine a vylétává jako imago – dospělec, žijící několik týdnů. Počet nakladených vajíček se liší druh od druhu a také na přísunu potravy (Byrd & Castner 2009; Oldroyd 2018). Dle Oldroyda (2018) *Lucilia sericata* nakladla v zajetí 2000 vajíček, přestože ve volné přírodě jich klade do 1000 kusů. Pravděpodobně je to ovlivněno příjmem potravy a ztrátou energie při hledání nejvhodnějšího místa ke kladení (Oldroyd 2018).

Mouchy z tohoto řádu kolonizují mrtvolu jako úplně první nekrobionti. Pokud je tělo zraněné, krvácí, je možná kolonizace much ještě před smrtí. Mouchy neprodleně nakladou vajíčka do tělních otvorů, ran nebo krví nasáklého oblečení. Výhodou pro forenzní entomologii je jen nepatrná prodleva mezi přiletem prvních jedinců a nakladením vajíček. Larvy much se na těle vyskytují téměř po celou dobu sukcese (Byrd & Castner 2009; Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Jako entomologické stopy se využívají vajíčka, larvy, puparia a imaga. Počátkem rozkladu jsou vajíčka větší, protože jsou kladena většími druhy, přilétajícími v prvních vlnách. Po přiletu menších druhů v pozdějších vlnách se velikost vajíček zmenšuje. Celkově se velikost vajíček pohybuje mezi 0,5-2 mm. Pokud jsou vajíčka nakladena ve shlucích, pravděpodobně jde o druh z čeledi bzučivkovití. Takový shluk může čítat 150-200 vajíček. Vajíčka jsou pomocí kladélka samicemi zastrčena do masy rozkládajícího se materiálu. Bzučivkovití i mouchovití zastrkávají svá vajíčka kladélkem mezi membrány masa nebo do jakékoli vhodné dutiny rozkládajícího se organického materiálu (Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Larvy much je možné nalézt přímo na těle, anebo v jeho blízkosti, v tzv. loži mrtvol. Vzhledově se mohou velmi lišit druh od druhu. Evoluční trend mezi larvami much směřuje ke strukturálnímu zjednodušení. Obecně jsou larvy primitivnějších druhů much a mušek astrukturovanější, složitější než larvy vyvinutějších much, které vykazují větší fyziologickou univerzálnost. Například druhy podřádu Nematocera jsou velmi specificky strukturálně přizpůsobené určitému stylu života, mají hlavu se složitými ústy, což jim znemožňuje jiný styl života, kdyby to vyžadovaly okonosti. Nekrobiontní čeledi much, například Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae mají jednoduchou larvu, ztratily všechny složitosti primitivních much. (Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Larvy mají ve většině případů krémovou barvu a hladké tělo se špatně rozeznatelnou hlavou. Společným rysem pro všechny larvy much je absence nohou (apodní larva) a cylindrický tvar. Pohyb zajišťuje kontraktální tělo. Larvy čeledi bzučivkovití (Calliphoridae), masařkovití (Sarcophagidae), mouchovití (Muscidae) či sýrohlodkovití (Piophilidae) mají typicky červovitý tvar. Ale larvy ostatních čeledí much mohou mít na těle různé útvary, například chloupky, panožky, či ostny. Na zadní části některých druhů nižších stadií larev se nacházejí výběžky různých tvarů a různě zbarvené či umístěné dýchací průduchy umožňující snadnější identifikaci larvy. Velikost je různá podle druhu, může být ovlivněna přístupem ke kvalitní potravě, pohybuje se však v rozmezí 1-20 mm (Byrd & Castner 2009; Laupy, 1994; Šuláková 2017).

Larvy se živí organickou hmotou, na které se vylíhnou nebo parazitují na jiných druzích hmyzu (Šuláková 2017; Oldroyd 2018). Dle Oldroyda (2018) se larva druhu *L. sericata* živí i malými mrtvými zvířaty na jatkách nebo v popelnicích. Tělo larvy obsahuje trávicí enzymy schopné odbourat bílkoviny, tuky a vaziva. Tyto enzymy jsou larvou vylučovány i do okolí, čímž se okolí silně alkalizuje. Ve spojitosti s mimotělním trávením larva uvolňuje vcelku velké množství amoniaku toxického pro nekrobiontní brouky. Laupy (1994) podotýká, že jeden gram

larev dokáže během svého vývoje rozložit 3,2-3,5 gramů masa. Během 7 až 10 dnů může mrtvola ztratit 80-90 % svojí původní váhy (Laupy 1994; Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Vývoj musí larvy probíhá přes několik instarů, rozpoznatelných typickými znaky pro daný druh. Zástupci podřádu Nematocera mohou mít mezi 4 a 7 instary, Brachycera 5 až 8 instarů a nejvyvinutější podřád zahrnující i nekrobiontní mouchy Cyclorhapha má převážně instary tři. U čeledi Muscidae však mohou jeden nebo dva svleky proběhnout ještě ve vajíčku. Larvy I. a II. instaru se nacházejí buď na těle, nebo v jeho okolí, larvy III. instaru migrují často desítky centimetrů až metrů od těla, z důvodu blížícího se zakuklení. Vzdálenost od těla mnohdy závisí na podloží, po kterém larva migruje, i na počasí. S postupující sukcesí klesá i vzdálenost migrujících larev. V posledních vlnách dokonce larvy kuklí přímo na zbylých vyschlých tkáních (Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Kukly hlavních skupin nekrofágních much jsou označovány jako puparia, protože jsou krytá pokožkou larvy posledního instaru, měří v rozmezí 3-15 mm a jsou nepohyblivé. Dokončením vývoje stadia kukly se stává z jedince dospělec. Již v kukle jedinec vypadá jako dospělec, má oči, anténu, křídla, nohy. Prázdné kukly jsou významnou entomologickou stopou pro zjištění již vylíhnutých druhů z předchozích vln sukcese. Kukly, jako i ostatní části těl hmyzu, obsahují chitin a lze tedy jejich přítomnost vystopovat i několik let zpět. To může být důležitým vodítkem pro vyšetřování případů, kdy jsou těla nalezena v pozdních stadiích rozkladu (Šuláková 2017; Oldroyd 2018). Někteří autoři tvrdí, že mouchy jsou schopné ve stadiu puparia přežít zimu. Pokud klesne teplota okolí pod kritický bod 7-12 °C, puparia se dále nevyvíjejí (Graham-Smith 1914; Dove 1916).

Imago se dostane z kukly, u většiny hlavních forenzních druhů, pomocí útvaru na čelním švu zvaného ptilium. Při vylezení z puparia je jedinec měkký, bezbarvý, po nadechnutí se nafouknutím zvětší obsah těla, narovná se křídla a rozběhne se cévní systém. Dospělci (imaga) jsou velmi dobrými letci. Jako entomologická stopa se sbírají buď uhynulí jedinci, nebo dospělci čerstvě vylíhnutí, v té době ještě neschopní letu (Šuláková 2017; Oldroyd 2018).

Hmyz může smrt člověka dokonce zavinit. Včely, sršni a vosy jsou však smrtelně nebezpečné pouze pro člověka trpícího silnou alergií. Tělo přejde do anafylaktického šoku a smrt může nastat za pár minut. Vnější příznaky a stopy po bodnutí bývají minimální, úmrtí na následky anafylaktického šoku může potvrdit až pitva. Nepřímo zaviněná smrt hmyzem bývá, u několika desítek lidí ročně, při autonehodě způsobené vyháněním hmyzu za jízdy z auta (Byrd & Castner 2000).

### 3.6.2.1 Calliphoridae

Čeď Calliphoridae čítá přes 1000 druhů. Jsou to všudypřítomné, celosvětově se vyskytující nekrofágní organismy (Oldroyd 2018). Dle Kaczorowske (2006) se bzučivky nevyskytují pouze na Antarktidě. Dle výzkumu autora Nuorteva (1965) je zřejmé, že tato čeď je poměrně hojná i v severním Finsku, kde denní teplota dosahovala v době pokusu pouze 10 °C přes den, přičemž je podle autorky optimální rozmezí teplot pro čeď Calliphoridae 20-28 °C. Atraktantem je pro ně oděr z rozkládajícího se kadáveru, zvířecí zdechlina, exkrementy, nebo otevřené rány. Jsou často prvními kolonizátory (do několika minut) a pokud tělo krvácí, je potřísněno spermatem, zvratky atd., dá se říct, že kolonizace bzučivkami je téměř stejná jako čas úmrtí. Zprávu o výskytu těla bzučivka přijme prostřednictvím chemické detekce

na receptorech na anténě. Poté místo dohledávají vizuálně. Po přiletu bzučivka často tělo chvíli obchází a hledá nejlepší místo pro kladení vajíček (Byrd & Castner 2009; Šuláková a Barták 2013).

Bzučivky jsou středně velké až velké mouchy, velikost těla se pohybuje v rozmezí 4-16 mm. Barva těla může být různá, avšak v našich geografických podmínkách se nejčastěji vyskytují barvy černá, metalicky zelená a metalicky modrá. Larvy 3. instaru mají krémovou barvu a výběžky kuželovitého tvaru (Byrd & Castner 2009; Šuláková a Barták 2013; Akbarzadeh 2015).

V Evropě je zaznamenáno 115 druhů, z toho 58 se jich nachází v České republice a na Slovensku. Některé druhy Calliphoridae jsou synantropní (zdržují se v blízkosti lidských obydlí) a některé se účastní myiázy. V případě myiázy jsou bzučivky fakultativními parazity. Mají velký význam v rozkladu mršin a tím i "hygienický" efekt na prostředí, avšak související s mechanickým přenosem patogenních látek (Byrd & Castner 2009; Šuláková & Barták 2013; Akbarzadeh 2015). Zařadit bzučivky do druhu nemusí být vždy snadné. Proto byla vyvinuta metoda rozpoznávání druhů podle křídel pro většinu běžných evropských druhů (Szpila et al. 2019).

#### 3.6.2.2 Sarcophagidae

Čeď Sarcophagidae neboli masařkovití, čítá přes 2000 druhů, jsou to celkem přizpůsobivé mouchy, snesou stinné, slunné, venkovní i vnitřní biotopy. Někteří zástupci masařek jsou spíše teplomilní a nachází se proto lokálně. Kolonizace kadáveru bývá pozdější než například u bzučivek. Dospělci dosahují délky kolem 14 mm, od bzučivek se snadno poznají svojí nelesklou, matnou barvou a typickou kresbou. Masařky mezi sebou jsou si však velmi podobné a zařadit je do konkrétního druhu je velmi složité. Pokud jsou na místě činu nalezeny larvy masařek, je vhodné je v umělých podmínkách nechat vyvinout do imag. Masařky jsou saprofágní, koprofágní, obligatorně parazitické, nebo predátoři. Na mrtvém těle požírají tkáň i exkrementy. Mnoho druhů parazituje na jiných druzích hmyzu, především na včelách a vosách (Kaczorowska 2008; Byrd & Castner 2009).

#### 3.6.2.3 Muscidae

Mouchovití je velká čeď s celosvětovým výskytem, čítající asi 4000 druhů, mnoho z nich je typicky synantropních (*Musca domestica*). Dospělci měří v rozmezí 3-10 mm, barvu mají zpravidla matně černou, šedou, výjimečně mohou mít některé druhy metalické odlesky. Živí se rostlinným i živočišným materiálem, výkaly, pylem, krví i odpadky. Dospělci, jako součást jejich potravního chování, regurgitují trávící tekutiny přímo na potravu. Domácí mouchy sedají na exkrementy a lidské odpadky, tudíž jsou často zodpovědné za přenos různých onemocnění, například tyfu, antraxu, úplavice, či tularémie. Na scénu smrti přilétávají mouchovití zpravidla až po bzučivkách a masařkách. Larvy kladou, podobně jako předchozí čeď, do tělních otvorů, ran nebo krví nasáklého oblečení. Larvy jsou dravé, krmí se přímo na kadáveru nebo požírají ostatní přítomné druhy (Byrd & Castner 2009).

#### 3.6.2.4 Piophilidae

Čeď sýrohlodkovití čítá kolem 70 druhů vyskytujících se celosvětově. Některé druhy preferují spíše teplejší oblasti. Dospělci mohou být černí nebo metalicky modří s rozměry mezi 2,5 - 4,5 mm. Kadáver kolonizují až v pozdějších stadiích rozkladu, požírají vysokoproteinové, suché zdroje, jako například kosti, kůži, chlupy a suchou svalovinu (Byrd & Castner 2009).

#### 3.6.2.5 Phoridae

Phoridae neboli hrbilkovití jsou malé, svižně běžající i létající mouchy, velikostí se pohybují mezi 1,5 mm a 6 mm. Jsou snadno rozpoznatelné, z důvodu jejich zvláštního nhrbeného vzhledu. Barva se pohybuje od černé, šedé až po odstíny žluté. Typicky dorzoventrálně zploštělá puparia s dvěma výraznými dýchacími otvory, je také snadné determinovat. Vývoj larev se liší podle druhu. Larvy některých druhů mohou být dravé, parazitické, vyvíjet se komenzálně v mraveništi nebo v houbách (Byrd & Castner 2009).

### 3.6.3 Coleoptera

Brouci jsou největší řád hmyzu, čítající až třetinu celé hmyzí třídy. Dnes je známo asi 300 000 druhů. Některé druhy brouků létají, jiné si vyvinuly rozdílnou strategii. Mrchožroutovití brouci nalétávají na kadávery v sukcesní fázi bakteriálního rozkladu. Fáze zmýdelnatění či mumifikace pro ně není, dle autora Šustka (1981), atraktivní. Často se na těle ze začátku pouze krmí a až později kladou vajíčka. Z toho důvodu jsou brouci až druhou nejvýznamnější skupinou pro forenzní entomologii. Odhad času úmrtí, kolonizace brouky a začátku kladení vajíček je obtížnější než u předchozí skupiny. Jako entomologická stopa se nejčastěji sbírají larvy, svlečky (exuvie) a dospělci (Šustek 1981; Byrd & Castner 2009; Šuláková 2017).

Na rozdíl od much, brouci kladou vajíčka v malých počtech, maximálně desítek kusů a jsou skryta. Není výjimkou, že jsou vajíčka brouků sesbírána omylem s jinou entomologickou stopou nebo nejsou vůbec rozpoznána (Šuláková 2017).

Larvy nekrofágních druhů se velikostně zpravidla pohybují od 1 mm do 30 mm. Velmi záleží na druhu brouka a kvalitě potravy. Podobně jako u much musí vývoj larvy projít třemi, příp. více instary. Larvy brouků se však liší od much pohyblivostí, mají tři páry končetin (Šuláková 2017).

Svlečky (exuvie) larev se často sbírají u pokročilých stadií rozkladných vln, a to především svlečky larev hrobaříků a kožojedů. Exuvie je možné, dle charakteristických znaků, zařadit do druhu i instaru (Šuláková 2017).

Dospělci brouků jsou velmi dobře rozpoznatelní a zpravidla se nespletou s žádnou jinou skupinou nekrobiontů. Velikost se pohybuje v rozmezí od 2 mm do 40 mm. Ze začátku sukcese se většinou na těle vyskytují větší druhy a ke konci menší druhy brouků. Při vyrušení se schovávají do oblečení, pod tělo nebo kolem něj, avšak přesto je jejich sběr snazší než u imag much (Šuláková 2017).



### 3.6.3.1 Silphidae

Silphidae, česky mrchožroutovití, jsou středně velcí brouci oválného těla, měřící 10 mm až 35 mm, čítající 1500 různých druhů. Barvu mají zpravidla hnědou nebo černou. Jsou si velmi podobní s druhy z čeledi Staphylinidae a rozeznat je lze pouze podle počtu blanitých tergítů. Většina druhů této čeledi obývá severní polokouli, ale rozšíření jsou celosvětově. Kromě nekrofágních zástupců čeledi jsou některé druhy masožravé, predující na drobných členovcích či červech, fytofágní, či pantofágní (široké spektrum potravy). Dospělci kolonizují kadáver poměrně brzy na rozdíl od jejich larev, které jsou hojné až v pozdějších stádiích dekompozice. Dospělci se živí buďto přímo na kadáveru nebo predují na vajíčkách a larvách much. Larvy mrchožroutovitých brouků se živí převážně masem kadáveru (Šustek 1981; Byrd & Castner 2009).

### 3.6.3.2 Dermestidae

Čeď kožojedovití zahrnuje malé brouky od dvou do dvanácti milimetrů, avšak larvy mohou dosahovat až patnáct milimetrů. Zástupci mohou být různě barevní, ovální nebo kulatí pokrytí chomáčky hustých chlupů. Kromě přítomnosti na pozdním stadiu rozkládajícího se těla jsou zástupci této čeledi známí ničením koberců, oblečení, nábytku, napadáním obilovin a jiných potravin ve skladech, kožených výrobků nebo muzejních exponátů. Forezní význam má zejména druh *Dermestes*. Dospělci projevují kanibalismus, požírají puparia i larvy svého druhu, což znamená, že by se při sběru tato stadia neměla dávat do jedné sběrné nádoby. Ve vnitřním prostředí se na těle vyskytují celoročně, ve venkovním prostředí preferují spíše teplejší klima (Byrd & Castner 2009).

### 3.6.3.3 Staphylinidae

Čeď drabčíkovití je velká skupina brouků čítající přes 47 000 druhů. Vyskytují se v nejrůznějších habitatech. Dospělci jsou poměrně velcí brouci dosahující až 25 mm, nacházejí se na nejrůznějších habitatech. Živí se rozkládající se rostlinnou i živočišnou potravou nebo houbami. Tělo je podlouhlé, rovné, světlé barvy, hlava bývá typicky tmavší. Dospělci i larvy vykazují dobrou pohyblivost a na kadáveru požírají kromě tkání i ostatní druhy hmyzu (Byrd & Castner 2009).

## 3.6.4 Lepidoptera

Motýli jsou kolonizátoři posledních, konečných vln rozkladu – mumifikovaných těl. Při volné expozici k mumifikaci většinou nedojde, proto se motýli nacházejí na tělech v budovách, bytech anebo přístřešcích (Šuláková 2017).

Motýlí vajíčka jsou často na mrtvém těle přehlédnuta, a proto se jako entomologická stopa často úmyslně nezajišťují. Nedá se však vyloučit nechtěný sběr s jiným materiálem. Larvy, častěji nazývané housenkami, jsou u forezně významných druhů dva až patnáct milimetrů velké, mají tři páry končetin a jejich tělo je nezdědko pokryté různými výstupky či chloupky. Podobně jako u předchozích skupin, vývoj larvy probíhá přes tři instary. Dospělí motýli jsou

charakterističtí pro svůj vzhled. K determinaci poslouží živý i uhynulý jedinec (Šuláková 2017).

### 3.6.5 Myiáza

Myiáza je jev zamoření živého organismu (obratlovce) larvami much řádu Diptera. Mouchy jsou přitahovány zápachem krve nebo hnisu vycházejícího zpravidla z nějakého zranění. Zápach může vycházet i z očí, nosu, uší nebo pohlavních orgánů. Na tato postižená místa kladou mouchy svá vajíčka a později se zde vyvíjejí dravé larvy vyvolávající rozsáhlá postižení. Larvy některých druhů dokáží pronikat i přes neporušenou kůži a tím způsobují další zranění (Wigglesworth 2019).

Druhy parazitující na lidech a na zvířatech se liší, avšak obligátní paraziti, kteří potřebují pro dokončení svého vývoje živé tkáně jiných obratlovců, jsou pouze tři: *Wohlfahrtia magnifica*, *Chrysomya bezziana* a *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Szpila et al. 2014). Původní rozšíření druhu *Chrysomya bezziana* bylo omezeno na Orientální zoogeografickou oblast a na subsaharskou Afriku. *Cochliomyia hominivorax* se vyskytoval na území Amerického kontinentu a *Wohlfahrtia magnifica* v jižních částech Palearktické oblasti. Po zavlečení *Cochliomyia hominivorax* do Severní Ameriky i na starý kontinent a *Chrysomya bezziana* na území Mediteránu proběhla v minulém století eradikace těchto druhů na starém kontinentě. Podařilo se vymýtit druh *Cochliomyia hominivorax*, avšak *Chrysomya bezziana* se stále vyskytuje v oblasti Mediteránu a Středního východu, zejména v Ománu a Íránu (Szpila et al. 2014).

Myiáza u dobytka snižuje užitkovost, zapříčiňuje ztrátu hmotnosti nebo problémy s reprodukcí, a tím způsobuje velké ekonomické ztráty (Francesconi & Lupi 2012; Szpila et al. 2014).

U lidí se myiáza vyskytuje celosvětově, avšak častější je v chudších zemích s nižším socioekonomickým statutem, nedostatečným úklidem odpadků, v tropických a subtropických oblastech. Tento jev může také odkazovat na zanedbání péče, ať už o člověka nebo o zvíře a může vést až k trestnímu stíhání za týrání nebo zanedbání péče. U lidí je to zpravidla zanedbání péče o seniory, handicapované nebo pacienty v kómatu. Důležitými druhy způsobujícími myiázu jsou například *Musca domestica*, *Fannia scalaris*, *Lucilia* sp., *Phormia regina*, *Calliphora* sp. (Francesconi & Lupi 2012). Co se týče léčby, je důležité parazitující mouchu přesně druhově zařadit, aby byla léčba a následná prevence účinná. Nákaza často stoupá u turistů. Dnes je myiáza mezi pěti nejčastějšími dermatologickými problémy přivezenými ze zahraničních cest. Bohužel v některých zemích se nemusí výskyt myiázy hlásit a někteří lékaři ji nepovažují za významné onemocnění. Příznaky jsou svědění, bolestivost, výtok tekutiny z rány a pocit pohybu pod kůží, objevují se již dva dny po nakažení. Běžnou komplikací při léčbě bývá sekundární infekce. Myiáza bohužel zvyšuje pravděpodobnost nákazy bakterií *Staphylococcus aureus* (Rosenbach, 1884) a *Streptococcus* sp. Rosenbach, 1884 (Francesconi & Lupi 2012).

Terapie je možná několika způsoby, v závislosti na typu myiázy. V případě podkožní myiázy je podán specifický roztok toxický pro larvy pod kůží, nebo vytvoření lokální hypoxie (nedostatku kyslíku) a tím vypuzení larev na povrch kůže, či mechanické nebo chirurgické

odstranění larev. V případě myiázy lokalizované v nějaké ráně nebo vředu se jednoduše larvy mechanicky odeberou a rána ošetří. Následně jsou nutné denní převazy (Francesconi & Lupi 2012).

### 3.7 Post Mortem Interval (PMI)

Pro soudního lékaře je určení doby smrti na začátku vyšetřování alfou omegou, což se může ukázat jako nelehký úkol. Základní a velmi přesnou metodou jsou fyzikální a biochemické změny změřené, či pozorované na těle. Mezi takovéto změny patří změna tělesné teploty, rozvoj posmrtné ztuhlosti, vznik posmrtných skvrn. Když už jsou základní metody nedostatečné, přichází forenzní entomologie (Šuláková 2013).

V roce 1894 vydal J. P. Mégnin 1. publikaci zabývající se hmyzem nalezeným na lidských kadáverech a jako první vyvinul metodu výpočtu post mortem intervalu (PMI) z přítomnosti hmyzu na mrtvých tělech (Byrd & Castner 2009).

Stanovením post mortem intervalu je myšleno stanovení času od úmrtí po nalezení mrtvoly. Posmrtná ztuhlost neboli rigor mortis se objevuje zhruba jednu až tři hodiny po smrti a dává základní vodítko pro určení PMI. Ztuhlost začíná od čelisti a postupuje přes lokty ke kolenům. Pokud je proces tuhnutí těla dokončen, s klouby se dá hýbat pouze násilím a někdy k tomu může být potřeba i více lidí. Celý proces může při průměrné teplotě 21-24 °C trvat 10-12 hodin. Tělo je ztuhlé dalších 24-36 hodin. Dle tohoto vodítka je možné zhruba určit PMI, ale je opět nutné počítat s řadou faktorů majících vliv na dobu, po jakou bude rigor mortis probíhat. Prvním faktorem je samozřejmě teplota prostředí. Například, je třeba počítat s nižší noční teplotou a vyšší denní, či s tím, že tělo mohlo tuhnout v jiné teplotě a bylo přesunuto. Pokud je tělo ve velmi studeném prostředí, například v lednici, rigor mortis nemusí vůbec nastat (Dix & Graham 2000).

Dalším faktorem je vnitřní teplota člověka. Jedinec mohl mít například horečku a záleží také na předchozí činnosti, kterou vykonával před smrtí, protože kyselina mléčná tvořící se ve svalech v průběhu nějaké fyzické činnosti urychluje rigor mortis. Dokonce v případě extrémního fyzického vypětí před smrtí, například z důvodu útěku před útočníkem a boje o život, může tělo ztuhnout již pár minut po smrti. Takovému úkazu se říká kadaverický spasmus (Dix & Graham 2000).

Rigor mortis dává nápoředu o času úmrtí a zda s tělem někdo posmrtně hýbal (pokud mrtvola leží na zemi s rukou zvednutou do prostoru, musela být předtím v jiné poloze), avšak může nás také svést na špatnou stopu, z důvodu přehlédnutí dalších faktorů. Jakmile přejde rigor mortis, je patrné zelené zbarvení kůže těla. Nafouknutí břicha je způsobené bakteriemi přirozeně osídlujícími tlusté střevo. Tyto bakterie získají po smrti přístup do cévního systému, mnohonásobně se pomnoží a rozšíří se do celého těla. Toto zamoření způsobuje, mimo jiné, rozklad přítomných červených krvinek, a tím postupně odpadáva kůže a vlasy (Dix & Graham 2000).

Livor mortis neboli posmrtné skvrny je zbarvení kůže z důvodu usazující se krve, která již není srdcem pumpována. Skvrny jsou patrné již 20 minut od úmrtí, avšak k dokončení procesu – fixaci krve, je potřeba asi osm až deset hodin. Tento časový údaj však platí pouze v případě, že tělo leží po celý proces nehnutě, pokud je s tělem manipulováno, krev se opět přesune a proces začíná znovu. Pokud je již proces dokončen, krev je na svých místech

koagulována a tělo je přesunuto až posléze, je možné vidět, kde tělo leželo. Na místech, kde bylo opřeno, došlo ke komprimaci žil a krev v těchto místech není. V případě, že mrtvola ležela na zemi, bude mít bílá komprimovaná místa na hlavě, lopatkách, hýždích a lýtkách. Světlejší místa mohou být také způsobena upnutým oděvem, například pod podprsenkou, v okolí ponožek či pásku. V případě otrávení různými plyny nebo látkami se může barva krve změnit (Dix & Graham 2000).

Algor mortis neboli posmrtná změna teploty těla, nastává za běžných podmínek za deset až dvanáct hodin po smrti. Je to proto, že tělo již neudrhuje svoji stálou teplotu a vyrovnává se tak s teplotou okolí. Typické je posmrtné chladnutí, ale teplota těla může i stoupat, například pokud leží na přímém slunci. Rychlost chladnutí závisí na mnoha faktorech, například na teplotě okolí, na stavu oblečení zemřelého, výšce podkožního tuku, požití omamných a psychotropních látek, fyzické aktivitě předcházející úmrtí atd. Existuje mnoho studií a způsobů, jak tuto vlastnost využít pro určení času úmrtí, avšak i zde je mnoho proměnných, které mohou čas úmrtí vychýlit, či nesprávně určit (Dix & Graham 2000).

Pokud je doba od úmrtí delší než 72 hodin, je forenzní entomologie jedna z nejpřesnějších metod, pomocí jakých lze získat představu o času smrti. Avšak forenzní entomologie nemůže zcela přesně určit čas úmrtí, jelikož se nezabývá ohledáváním přímo těla, ale určuje, jak dlouho již hmyz tělo kolonizuje. To závisí na mnoha faktorech. Nejvýznamnějším faktorem, který ovlivňuje PMI je teplota prostředí ovlivňující rychlost enzymatických dějů v těle. Dále je nutné vzít v úvahu, zda byla na těle přítomna nějaká poranění. V tom případě je tělo osídleno hmyzem bezprostředně po smrti, protože nekrofágní hmyz má velmi dobře vyvinutý čich, kterým potravu rychle najde. Pach mrtvoly je natolik atraktivní, že i vysloveně světlomilné druhy much jsou schopny vlézt do temných míst (skrz zdivo, rámy okend apod.). V případě, že se dospělci k mrtvole nedostanou, například z důvodu pohřbení těla, nakladou vajíčka na zeminu a vylíhlé larvy, jelikož jsou mnohem menší než dospělci, jsou schopny k tělu prolézt i skrz zeminu. Pokud za smrt jedince může nějaká přirozená příčina, jako například stáří, infarkt apod., tělo nevytváří ze začátku žádné lákavé pachy a rozdíl v době od úmrtí do počátku kolonizace hmyzem, může být zdaleka větší než u prvního případu. Všechny faktory mohou urychlit nebo zpomalit sukcesí. Ve výjimečných případech je možné dekompozici úplně zastavit, a to v případech mumifikace, balzamování nebo konzervací zmrazením. Naopak méně významnými faktory pro výpočet PMI se ukázaly být typ povrchu, na kterém mrtvola leží, a pH půdy (Laupy 1994; Šuláková 2014).

Zkrácení PMI může ovlivnit vysoká denní teplota spojená s malými výkyvy během dne. Expozice těla na přímém slunci, či četnost traumat na těle urychlují metabolické procesy, jež přitahují dospělé much pro kladení vajíček (Laupy 1994). S delším post mortem intervalem je třeba počítat při nálezech mrtvol v bytech, při zabalení nebo pohřbení těla, při nízkých denních teplotách s velkými výkyvy během dne (pokud klesne teplota dlouhodobě pod 10 °C, může nastat diapauza), při velmi suchých podmínkách, kdy se tělo vysušuje a nastává mumifikace, či v případě balzamacce nebo intoxikace těla. Dle Laupyho (1994) je toto jen slabý výčet situací, které mohou nastat a s kterými se musí počítat, avšak v praxi je nutné každý případ posuzovat individuálně a zahrnout co nejvíce možných faktorů (Laupy 1994; Šuláková 2014). Dle Byrda a Castnera (2000) kousnutí jedovatého pavouka může způsobit rychlejší rozklad, různé otoky a vytvářet zčernalá okrouhlá místa.

Pomoci při určování post mortem intervalu může i obsah a složení látek ve vnitřnostech, které se získávají a detekují při pitvě. Druh a stav rozkladu posledního pozřené jídla, může pomoci odhadnout, kdy došlo k úmrtí. Například, pokud by posledním jídlem v žaludku byla snídaně, tato skutečnost může napovědět, že smrt nastala někdy mezi snídaní a obědem. Je třeba však zvážit, že délka rozkladu jídla závisí na složení potravin a látek v jídle obsažených. Potřeba zvážit je i možný stres ovlivňující délku trávení před smrtí (Dix & Graham 2000).

Důležité jsou dále stopy získané při ohledání místa činu. Nevybraná pošta poslední přihlášení k počítači, zapnutá světla, dokončená či nedokončená činnost. Botanici mohou pomoci určit specifické rostliny rostoucí na oblečení oběti nebo v lóži mrtvolky. Určité rostliny, mechy, pyly, listy nebo kořeny mohou odkázat na místo, kde rostou nebo na období, v němž kvetou (Dix & Graham 2000).

V týmu jezdícím na místo činu by měl být přítomen školený pracovník, technik, pro sběr entomologického materiálu. Pokud nemůže být na místě činu přítomen forenzní entomolog, měl by být sběr hmyzu proveden odborně a důkladně. Důležitá je také dokumentace, převoz a následná determinace. Většina vzorků je nasbírána na místě činu, avšak některé vzorky, ukryté hlouběji v tělních orgánech, poskytne později patolog. Pokud entomolog nemůže determinovat jedince v larválním stadiu, doporučuje se nechat larvu vyvinout až do stadia dospělce v laboratorním prostředí, pro snazší determinaci. Pro správný výpočet PMI z poznatků nasbíraného hmyzu, je nutné stanovit SET neboli sumu efektivních teplot. Tato hodnota slouží pro stanovení doby kolonizace. Vyjadřuje množství tepla potřebného k dokončení vývoje nekrofilních much. Do rovnice pro výpočet SET je nutné dosadit délku vývojového cyklu druhů nalezených na těle a aktuální teplotu sniženou o dolní teplotní hranici téhož druhu (efektivní teplota). V potaz je nutné brát i vlhkost prostředí, délku světelného dne, přístup k potravě a její množství. Pokud je tělo nalezeno před dovršením vývojového cyklu hmyzu z první vlny, což je v našem podnebí prvních 3-6 týdnů, dá se počátek kolonizace určit s přesností na den až hodiny, což dělá forenzní entomologii nejpřesnější metodou pro odhad času smrti v tomto časovém rozmezí (Laupy 1994; Byrd & Castner 2000; Šuláková 2014).

Dle Laupyho (1994) je také důležité vypočítat sumu průměrných denních teplot, provést analýzu vzorků půdy a sledovaných aspektů (mastné kyseliny, anorganické ionty, melanin, pH apod.) zahrnout do výpočtu PMI.

Je třeba také zvážit, zda vzhledem k množství probíhajících enzymatických reakcí v rozkládajícím se těle a masou larev na něm, může teplota na těle dosáhnout o 9-16 °C více než je teplota okolí (Laupy 1994).

## 4 Metodika

Metodika práce vycházela z literární rešerše a terénního experimentu. Experiment byl založen na rozmístění tří odchyťových proteinových pastí pro každý biotop, na třech lokalitách, ve dvou státech. Celkem bylo tedy vyvěšeno devět pastí v Řecku a devět pastí v České republice. Pokus byl proveden v květnu v Řecku a v červenci až srpnu v České republice pro zachování podobných teplotních podmínek. Cílem experimentu bylo zjistit rozdíly výskytu nekrofágní fauny v různých biotopech a dvou státech s rozdílnými podmínkami podnebí.

### 4.1 Popis lokalit

Byly vybrány tři podobné typy biotopů pro oba státy, pro porovnání jednotlivých typů biotopů mezi zeměmi. Prvním typem bylo město (sídliště v Řecku a obytná zóna v České republice), druhým typem byla voda (moře v Řecku a rybník v České republice), třetím typem byla zvířata (stáj v Řecku a pastvina v České republice).

#### 4.1.1 Řecko

##### 4.1.1.1 Sídliště

Prvním biotopem byla hustě zastavěná obytná zóna ve čtvrti Agios Dimitrios v ulici Griva Digeni v Athénách na souřadnicích 37°55'46,8" N a 23°44'24,8" E. Pasti byly zavěšeny na citrusové stromy do výšky 170 cm ve vzdálenosti 5 metrů od sebe pro zachování podobných podmínek biotopu. Citrusovníky a pomerančovníky poskytovaly velké množství spadlého nahnilého ovoce v ulicích i na silnici. Všechny pasti byly umístěny do stinného místa (obr. 2) V okolí se nacházelo několik kontejnerů na směsný odpad a nepříliš frekventovaná malá silnice využívaná pouze rezidenty domů v okolí (obr. 1).

##### 4.1.1.2 Moře

Druhým biotopem, v blízkosti vodního zdroje, byla odlehlá, málo navštěvovaná pláž, pro turisty nezajímavá a neznámá, ve čtvrti Elliniko na souřadnicích 37°53'59,7" N a 23°43'05,4" E. Pláž lemovaly místní keře a stromy, převážně jehličnaté nebo trnité. Okolo pláže se nacházely toulavé kočky a s tím i mnoho jejich exkrementů. Výjimkou nebyl ani různorodý odpad ležící v celé oblasti, neodklízený z důvodu malé návštěvnosti pláže (obr. 3). Pasti byly pověšeny na stromy asi 10 metrů od moře a 5 metrů od sebe pro zachování podobných podmínek biotopu. Všechny pasti byly ve stínu (obr. 4).

##### 4.1.1.3 Stáj

Třetím biotopem byla stáj s venkovní ohradou patřící k univerzitě Agricultural University of Athens. Škola se nachází v centru Athén. Ke škole náleží velké zatravněné pozemky tvořící bariéru mezi městem a školou. Univerzita leží na souřadnicích 37°58'58,9" N a 23°42'20,4" E. Odchyťové pasti byly pověšeny na stromy v blízkosti místa, kde se odvážel

hnůj, nedaleko venkovních ohrad pro krávy, ovce a kozy, do výšky 170 cm (obr. 5 a 6). Pasti byly rozmístěny 5 metrů od sebe. Všechny pasti byly ve stínu (obr. 7)

## **4.1.2 Česká republika**

### **4.1.2.1 Obytná zóna**

Prvním biotopem byla zahrada ve vesnici Sedlice vzdálené 6 km od Hradce Králové, souřadnice místa jsou 50.1541958N, 15.7303175E. Ve vesnici se nachází okolo 80 domů, nedaleko zahrady jsou ostatní domy a malá náves, kde jsou umístěny popelnice na tříděný odpad, popelnice na směsný odpad jsou u každého domu. Na zahradě se nacházelo několik okrasných keřů a květin (obr. 8). Zahradu obývá pes a několik volně žijících druhů pěvců. Pasti byly pověšeny do výšky 150 cm, 5 metrů od sebe. Všechny pasti byly na slunci (obr. 9).

### **4.1.2.2 Rybník**

Druhým biotopem byl rybník Plačický písník o rozloze 15,86 ha, ležící na souřadnicích 50.1767783N, 15.7695592E. Tato vodní plocha vznikla po těžbě šterkopísku v 80. letech minulého století. Správně patří pod část města Hradec Králové – Plačice. Část, která byla vybrána pro vyvěšení pastí, je užívána jako rybářská a rekreační. Ve vodě se nachází několik druhů kaprovitých a dravých ryb, na zalesněném břehu pěvci, hlodavci, na nedalekém poli zajáci a vysoká zvěř. V důsledku odřezků ryb od rybářů je tu hojný i hmyz. Pasti byly pověšeny na listnaté stromy asi 5 metrů od břehu rybníka do výšky 150 cm, 5 m od sebe. Všechny pasti byly ve stínu (obr. 10)

### **4.1.2.3 Pastvina**

Třetím biotopem pro Českou republiku byla pastvina s koňmi v obci Žižkovec, vzdálené 8 km od Hradce Králové na souřadnicích 50.1483078N, 15.7118319E. Jde o malou vesnici čítající patnáct domů. Na konci vesnice se rozkládají velké pastviny s koňmi a stáje. V okolí je cesta, kudy jezdí jezdci s koňmi na vyjížďky a lidé z okolí zde chodí na procházky se psy. Cestu lemují několik listnatých stromů, které oddělují pastviny od pole, na kterém se běžně vyskytují zajáci a vysoká zvěř. Pasti byly umístěny na sloupky plotu pastviny (obr. 11) nedaleko místa, kam se odváží hnůj ze stájí (obr. 12). Pasti byly pověšeny do výšky 150 cm a vzdáleny byly od sebe 5 metrů pro zachování stejných podmínek biotopu. Všechny pasti byly v polostínu.

## **4.2 Odchyťové pasti**

K odchyťu hmyzu byla použita odchyťová smrtící proteinová past (obr. 13). K výrobě pastí bylo použito vždy devět stejných PET lahví o objemu 1,5 litru. Do horní části PET lahve byl vyříznut 5 cm otvor pro vlet hmyzu (obr. 14). Řez by proveden tak, aby okraje čněly směrem ven a umožnily tak pohodlnější přistávání hmyzu. Proteinová část pasti byla zhotovena ze 100 g filetu tresky obecné na past (obr. 15). Maso bylo zabalené do prodyšné bavlněné látky a vloženo do mikrotenového sáčku. Takovýto balíček byl následně obvázan lýmým provázkem, kterému byly ponechány delší konce. Poté byly balíčky v horní části propíchnuty

špikovací jehlou pro snadnější uvolnění zápachu z rozkládajícího se masa, avšak bylo zabráněno vytékání hnilobné tekutiny do smrtícího roztoku v lahvi. Balíček byl následně protažen vletovým otvorem a konce provázků provléknuty předem připravenými dírkami ve víčku. Následně byl na dvou dírkách ve víčku udělán uzel, aby bylo zabráněno padání proteinové návnady do smrtícího roztoku. Delší konce provázku sloužily k upevnění pasti na místo určení. Smrtící roztok byl zhotoven z 2 ml 36-38 % formaldehydu, 1 ml detergentu na 1 l vody. Tento smrtící roztok byl do pastí nalit až na místě po upevnění pastí na stanoviště až téměř po vletový otvor.

### 4.3 Průběh experimentu a sběr vzorků

Pasti byly vyvěšeny, v případě Řecka, na biotopy dne 23.4.2018, umístění pastí proběhlo v rozmezí 2 hodin. Pasti byly označeny písmenem označujícím biotop a číslem od 1 do 3 podle čísla pasti na daném biotopu. Pro obytnou část zkratkou P, pro vodní plochu písmenem M a pro stáj s ohradami písmenem O. Z důvodu zvědavé řecké povahy, nesly všechny lahve nápis v řečtině „Προσím nesahat – experiment“. Sběry materiálu probíhaly vždy 1x týdně, a to ve dnech 30.4., 7.5., 14.5., 21.5. a 28.5.2018. Při posledním sběru byly pasti odebrány. Při české části experimentu byly pasti vyvěšeny dne 27.8.2018 a sběr materiálu probíhal ve dnech 3.9., 10.9., 17.9., 24.9. a 1.10.2018, při posledním sběru materiálu byly pasti zlikvidovány. Pasti byly označeny písmenem V pro obytnou zónu, písmenem R pro vodní plochu a písmenem Z pro pastvinu s koňmi. Umístění pastí na biotopy proběhlo v rámci 2 hodin.

Před prvním sběrem bylo připraveno 12 transportních nádob. Pro každý týden 3 sběrné láhve, z každého biotopu byly vzorky spojeny do jedné transportní nádoby označené písmenem určeným pro danou lokalitu a týden sběru (například M 1. týden) (obr. 16). Transportní nádoby byly naplněny 70 % roztokem formaldehydu pro konzervaci nasbíraného materiálu. Samotný sběr byl proveden sundáním pasti a přelitím jeho obsahu přes sítko do jiné nádoby (obr. 17). Materiál ze sítka byl následně umístěn do příslušné transportní nádoby s formaldehydem. Vyprázdněná past byla znovu pověšena na místo a dolita stejným smrtícím roztokem, popřípadě doplněna o čerstvý roztok pro výše hladiny před odparem. Transportní nádoby byly poté dopraveny do Kriminálního ústavu v Praze k dalšímu zpracování a determinaci.

### 4.4 Určení materiálu

Entomologický materiál z odchytových pastí byl následně určen do druhů, rodů, event. čeledí. Determinace proběhla pod stereomikroskopem Zeiss Discovery V.20 při 3,7-50násobném zvětšení.

Taxonomické určení odchycených zástupců řádů dvoukřídlí a brouci provedla plk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D. z Kriminálního ústavu. K determinaci byly použity klíče obsažené v monografiích Draber-Moňko (2004), Rognes (1991), nomenklatura je upravena podle Fauna Europaea (Rognes, 2013).



## 5 Výsledky

### 5.1 Zastoupení druhů řádu Diptera v Řecku

Celkově bylo na všech třech biotopech sesbíran materiál v počtu 2133 kusů relevantních zástupců řádu Diptera, jmenovitě z čeledí Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Fanniidae, Piophilidae a Phoridae. Nejvíce byla zastoupena čeleď Muscidae, a to 30,8 %. Nejúspěšnějším týdnem byl hned 1. týden a nejhojněji využíván byl biotop sídliště. Co se týče úspěšnosti jednotlivých druhů v rámci všech týdnů, bez ohledu na typ na biotopu, byl v prvním týdnu nejčastější druh *Hydrotaea ignava* (13,9 %), v 2. týdnu *Hydrotaea capensis* (18,4 %), ve třetím týdnu samice *Fannia* sp. (27,0 %), ve čtvrtém týdnu opět samice rodu *Fannia* (29,8 %) a v pátém týdnu také samice rodu *Fannia* (18,0 %), i když v klesajícím počtu.

#### 5.1.1 Sídliště

Na řeckém sídlišti byla nejvíce zastoupena čeleď Fanniidae (24,6 %), u které celých 91,5 % představovaly samice, v práci označené jako *Fannia* sp.

Dále byla zastoupena čeleď Calliphoridae, celkově v počtu 109 kusů. Determinovány byly druhy *Chrysomya albiceps* v celkovém zastoupení 44 kusů a *Lucilia sericata* v počtu 65 jedinců.

Z čeledi Muscidae bylo v obydlené zóně celkově odchyceno 269 kusů, z toho 57 jedinců náleželo druhu *Hydrotaea capensis*, 168 jedinců druhu *Hydrotaea ignava* a 44 jedinců druhu *Muscina stabulans*.

Z čeledi Sarcophagidae bylo v pastech celkem 270 kusů, z nich 20 samců náleželo druhu *Sarcophaga africa*, 2 samci *Sarcophaga jacobsoni* (Rohdendorf, 1937), 2 samci *Sarcophaga lehmanni* Müller, 1922 a 1 samec *Sarcophaga variegata* (Scopoli, 1763). Dále bylo odchyceno 90 samic masařek s tmavým 5. tergitem, označených jako Sarcophaginae sp. F-tmavý 5. tergite, a 155 samic s oranžovým 5. tergitem, označených jako Sarcophaginae sp. F-oranžový 5. tergite.

Z celkového počtu 306 kusů čeledi Fanniidae bylo determinováno 26 samců druhu *Fannia canicularis* a 280 samic, označených jako *Fannia* sp.

Z čeledi Piophilidae byl zastoupen pouze jediný druh, *Piophila casei*, v celkovém počtu 55 jedinců. Z čeledi Phoridae bylo celkem odchyceno 235 jedinců, bez další determinace do druhu.

Početní zastoupení druhů dle jednotlivých týdnů je popsáno v tabulce 1. Procentuální rozdělení čeledí na biotopu je znázorněno v grafu 5, porovnání čeledí na podobném biotopu v České republice je v grafu 6. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 7, porovnání zastoupení v rámci jednotlivých týdnů na podobném biotopu v České republice je v grafu 8.

### 5.1.2 Moře

U moře byla nejvíce zastoupena čeleď Muscidae (46,3 %), z ní nejhojněji zastoupeným druhem byl *Hydrotaea ignava* (62,1 %). Z celkového počtu 95 kusů čeledi Muscidae bylo zjištěno 8 jedinců druhu *Hydrotaea capensis*, 59 jedinců *Hydrotaea ignava* a 28 jedinců *Muscina stabulans*.

Z čeledi Sarcophagidae byly ve vzorcích pouze samice v celkovém počtu 46 jedinců. V kategorii Sarcophaginae sp. F-tmavý 5. tergít bylo 21 samic a ve skupině Sarcophaginae sp. F oranžový 5. tergít celkem 25 samic.

Z čeledi Fanniidae bylo determinováno 25 samců druhu *Fannia canicularis* a 38 samic (*Fannia* sp.).

Čeleď Phoridae byla zastoupena 1 jedincem.

Překvapivě čeleď Calliphoridae měla nulové zastoupení.

Početní zastoupení druhů dle týdnů je popsáno v tabulce 2. Procentuální rozdělení čeledi na biotopu je znázorněno v grafu 9. Porovnání rozdělení čeledí na podobném bitopu v České republice rybník je znázorněno v grafu 10. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 11, porovnání podobného biotopu v ČR je v grafu 12.

### 5.1.3 Stáj

Ve stáji byla nejvíce početná čeleď Muscidae (42,8 %) a nejhojnějším druhem byl *Hydrotaea capensis* (60,1 %).

V blízkosti zvířat bylo z celkových 68 jedinců čeledi Calliphoridae zastoupeny druhy *Calliphora vicina* v počtu 13 kusů, *Chrysomya albiceps*, celkově 17 kusů, a *Lucilia sericata*, celkově 38 kusů.

Z čeledi Muscidae bylo odchyceno celkem 293 kusů, z toho 176 jedinců náleželo druhu *Hydrotaea capensis*, 62 jedinců *Hydrotaea ignava*, 4 jedinci *Musca domestica*, 3 jedinci *Muscina angustifrons* (Loew, 1858), 1 jedinec *Muscina prolapsa* a 47 jedinců *Muscina stabulans*.

U čeledi Sarcophagidae bylo ve stáji odchyceno celkem 90 kusů, byly 4 samci druhu *Sarcophaga africa*, 2 samci *Sarcophaga jacobsoni*, 12 samců *Sarcophaga lehmanni*, 39 samic skupiny Sarcophaginae sp. F-tmavý 5. tergít a 33 samic skupiny Sarcophaginae sp. F-oranžový 5. tergít.

Čeleď Fanniidae čítala na tomto biotopu 212 jedinců, z toho 46 samců náleželo druhu *Fannia canicularis*, 2 samci druhu *Fannia scalaris* a 164 jedinců představovaly samice (*Fannia* sp.).

Čeleď Piophilidae byla zaznamenána pouze 5krát, a to pouze druh *Piophila casei*.

Čeleď Phoridae byla zastoupena v počtu 16 jedinců.

Početní zastoupení druhů dle týdnů je popsáno v tabulce 3. Procentuální rozdělení čeledí na biotopu je znázorněno v grafu 13, pro porovnání podobného biotopu v ČR (pastvina) viz graf 14. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 15, pro porovnání s ČR, zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů na biotopu pastvina viz graf 16.

## 5.2 Zastoupení druhů řádu Diptera v České republice

Celkově bylo odchyceno 2523 zástupců relevantních druhů ze všech biotopů, příslušících do čeledí Caliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae, Fanniidae, Piophilidae, Phoridae a Psychodidae. Nejpočetnější byla čeleď Calliphoridae (32,0 %). Nejúspěšnějším biotopem, ve kterém bylo odchyceno nejvíce jedinců, byl rybník. Největší abundance hmyzu byla v České republice ve 3. týdnu pokusu. V 1. týdnu byl nejpočetnější zastoupeny samice *Fannia* sp. (21,4 %), v 2. týdnu druh *Chrysomya albiceps* (24,7 %), ve 3. týdnu samice *Fannia* sp. (32,1 %), ve 4. týdnu navýšený počet samic rodu *Fannia* (41,9 %) a v 5. týdnu opět samice rodu *Fannia* (13,4 %), tentokrát v početně klesající tendenci.

### 5.2.1 Obytná zóna

Nejúspěšnější skupinou na tomto biotopu byla čeleď Calliphoridae (55,1 %), konkrétně druh *Lucilia sericata* (29,0 %). V obydlené zóně vesnice byla čeleď Calliphoridae zastoupena 59 jedinci, z toho 13 jedinců náleželo druhu *Chrysomya albiceps*, 8 jedinců *Lucilia caesar*, 31 jedinců *Lucilia sericata* a 7 jedinců *Pollenia rudis* (Fabricius, 1794).

Z čeledi Muscidae, v celkovém zastoupení pouhých 4 kusů, byly zaznamenány druhy *Hydrotaea dentipes* a *Hydrotaea ignava*, oba po 2 jedincích.

Z čeledi Sarcophagidae bylo v pastech pouze 7 samic ze skupiny Sarcophaginae sp. F - tmavý 5. tergít.

Z čeledi Fanniidae bylo v obytné zóně odchyceno pouze 31 samic *Fannia* sp. Čeledi Piophilidae a Psychodidae nebyly v tomto biotopu zaznamenány vůbec.

Čeleď Phoridae čítala 6 jedinců.

Přehled početního zastoupení druhů v jednotlivých týdnech je znázorněno v tabulce 4. Procentuální rozdělení čeledí na biotopu je znázorněno v grafu 6. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 8.

### 5.2.2 Rybník

Na biotopu rybník byla nejhojněji zastoupena čeleď Fanniidae (41,2 %). Čeleď Caliphoridae čítala 278 jedinců zastoupených 16 jedinci druhu *Calliphora vicina*, 14 jedinci *Calliphora vomitoria*, 131 jedincem druhu *Chrysomya albiceps*, 68 jedinci *Lucilia caesar*, 1 kusem druhu *Lucilia illustris*, 46 jedinci *Lucilia sericata* a 2 kusy druhu *Pollenia rudis*.

Čeleď Muscidae čítala 441 exemplářů, z toho 1 jedinec druhu *Hydrotaea dentipes*, 320 jedinců *Hydrotaea ignava*, 3 jedinci druhu *Muscina levida* (Harris, 1780), 26 jedinců druhu *Muscina pascuorum* (Meigen, 1826), 88 jedinců druhu *Muscina prolapsa* a 3 jedinci *Muscina stabulans*.

Čeledi Sarcophagidae bylo na biotopu rybník celkově nasbíráno 106 exemplářů, z toho 3 samci patřily druhu *Sarcophaga variegata* a zbytek exemplářů představovaly samice ze skupiny Sarcophaginae sp. F - tmavý 5. tergít.

Čeleď Fanniidae byla nejpočetnější, a to v celkovém počtu 607 kusů. Z toho 7 samců náleželo druhu *Fannia canicularis*, 2 samci druhu *Fannia scalaris* a zbylých 598 jedinců představovaly samice bez další determinace (*Fannia* sp.).

Dalších 35 jedinců patřilo do čeledi Phoridae a 6 jedinců do čeledi Psychodidae, jmenovitě druhu *Clogmia albipunctata* (Williston, 1893).

Přehled početního zastoupení druhů v jednotlivých týdnech je znázorněno v tabulce 5. Procentuální rozdělení čeledí na biotopu je znázorněno v grafu 10. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 12.

### 5.2.3 Pastvina

Na pastvině byla nejhojněji zastoupena čeleď Calliphoridae, a to v celkovém počtu 471 kusů (49,9 %), z ní byl dominantním druhem *Lucilia sericata* (24,7 %). Druh *Calliphora vicina* byla zastoupena 3 kusy, *Chrysomya albiceps* 194 kusy, *Lucilia ampullacea* 1 kusem, *Lucilia caesar* 21 kusy, *Lucilia sericata* 233 kusy, *Pollenia pediculata* 4 kusy a *Pollenia rudis* 15 kusy.

Čeleď Muscidae byla v blízkosti zvířat nasbíráno 162 jedinců. Druhové složení bylo: 1 zástupce druhu *Hydrotaea dentipes*, 117 jedinců *Hydrotaea ignava*, 10 jedinců *Muscina levida*, 1 jedinec *Muscina pascuorum*, 26 jedinců *Muscina prolapsa* a 7 jedinců *Muscina stabulans*.

Z čeledi Sarcophagidae, z celkového počtu 136 kusů, náleželo 12 jedinců druhu *Ravinia pernix* (Harris, 1780), 4 samci *Sarcophaga carnaria*, 2 samci *Sarcophaga lehmanni*, 8 samců *Sarcophaga melanura* Meigen, 1826, 1 samec *Sarcophaga similis* Maede, 1876, 15 samců *Sarcophaga variegata* a zbytek tvořily samice skupiny Sarcophaginae sp. F – tmavý 5. tergít.

Čeleď Fanniidae se na pastvině vyskytovala v počtu 125 kusů. Z toho náležel 1 samec druhu *Fannia canicularis*, 2 samci druhu *Fannia scalaris* a 122 jedinců tvořily samice rodu *Fannia*.

Z čeledi Piophilidae bylo odchyceno 19 kusů náležících 2 druhům, jmenovitě *Parapiophila vulgaris* (1 kus) a *Stearibia nigriceps* (18 kusů). Z čeledi Phoridae bylo na pastvině nalezeno celkem 30 jedinců.

Početní zastoupení druhů v jednotlivých týdnech je zobrazeno v tabulce 6. Procentuální rozdělení čeledí na biotopu je znázorněno v grafu 14. Zastoupení čeledí v rámci jednotlivých týdnů je znázorněno v grafu 16.

## 5.3 Zastoupení druhů řádu Coleoptera v Řecku

Při řeckém pokusu nebyly odchyceny žádné druhy nekrofágních brouků.

## 5.4 Zastoupení druhů řádu Coleoptera v České republice

V obytné zóně bylo odchyceno 3 jedinci čeledi Silphidae, 10 jedinců čeledi Dermestidae, 1 zástupce čeledi Nitidulidae, 8 jedinců čeledi Histeridae a 2 zástupci čeledi Staphylinidae. Na biotopu pastvina byly nalezeny 3 jedinci čeledi Siphidae, 3 jedinci čeledi Dermestidae, 10 zástupců čeledi Histeridae a 2 jedinci čeledi Staphylinidae. Početní zastoupení

dle jednotlivých týdnů je popsáno v tabulkách 7, 8 a 9. Procentuální zastoupení na biotopech je popsáno v grafech 7, 8, 9, 10, 11 a 12.

## 5.5 Statistické zhodnocení

Výsledky byly statisticky hodnoceny pomocí programu Statistica 12, pro zhodnocení jejich statistické významnosti byla použita metoda lineární regrese s porovnáváním několika efektů najednou: 5 po sobě následujících týdnů sukcese, 3 čeledí (Calliphoridae, Muscidae, Sarcophagidae), 3 sloučených biotopů pro ČR i Řecko – zvířata (pastvina, stáj), město (obytná zóna, sídliště) a voda (rybník, moře), a 2 států (ČR a Řecko), na hladině významnosti  $p = 0,05$ . Pro podrobnější porovnávání výsledků bylo použito testování post-hoc a Fisherův LSD test.

**Tabulka 1: Tabulka lineárních modelů pro závislost četností na efektech**

Efekt	p
Abs. člen	0,000000
týden	0,028994
místo	0,392413
čeleď	0,210687
stát	0,337739
týden*místo	0,048101
týden*čeleď	0,759374
týden*stát	0,037093
místo*čeleď	0,472859
místo*stát	0,004220
čeleď*stát	0,113477

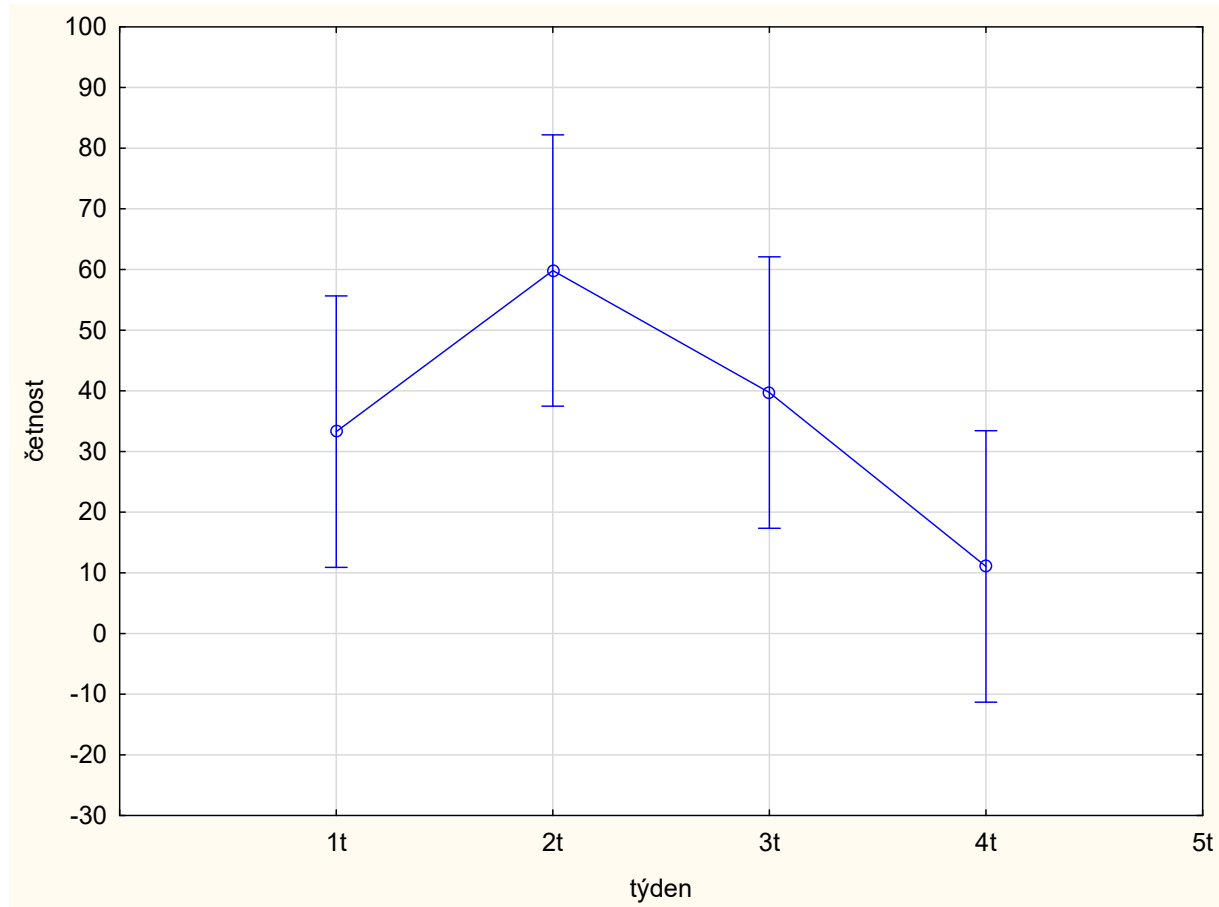
Z tabulky 1 vyplývá, že existuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými týdny, rozdíl mezi týdny v závislosti na biotopu, mezi týdny v závislosti na státu a mezi biotopy v závislosti na stát.

**Tabulka 2: Tabulka vyhodnocení Fisherova LSD testu pro podrobnější porovnání významných rozdílů četností mezi týdny**

Č. buňky	týden	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		33,278	59,833	39,722	11,056	17,444
1	1t		0,097263	0,681922	0,162835	0,316808
2	2t	0,097263		0,205475	0,003483	0,010043
3	3t	0,681922	0,205475		0,074332	0,161814
4	4t	0,162835	0,003483	0,074332		0,684510
5	5t	0,316808	0,010043	0,161814	0,684510	

Z tabulky 2 vyplývá, že existuje statisticky významný rozdíl mezi 2. a 4. týdnem a 2. a 5. týdnem odchytu.

*Graf 1: rozvržení četností po týdnech*



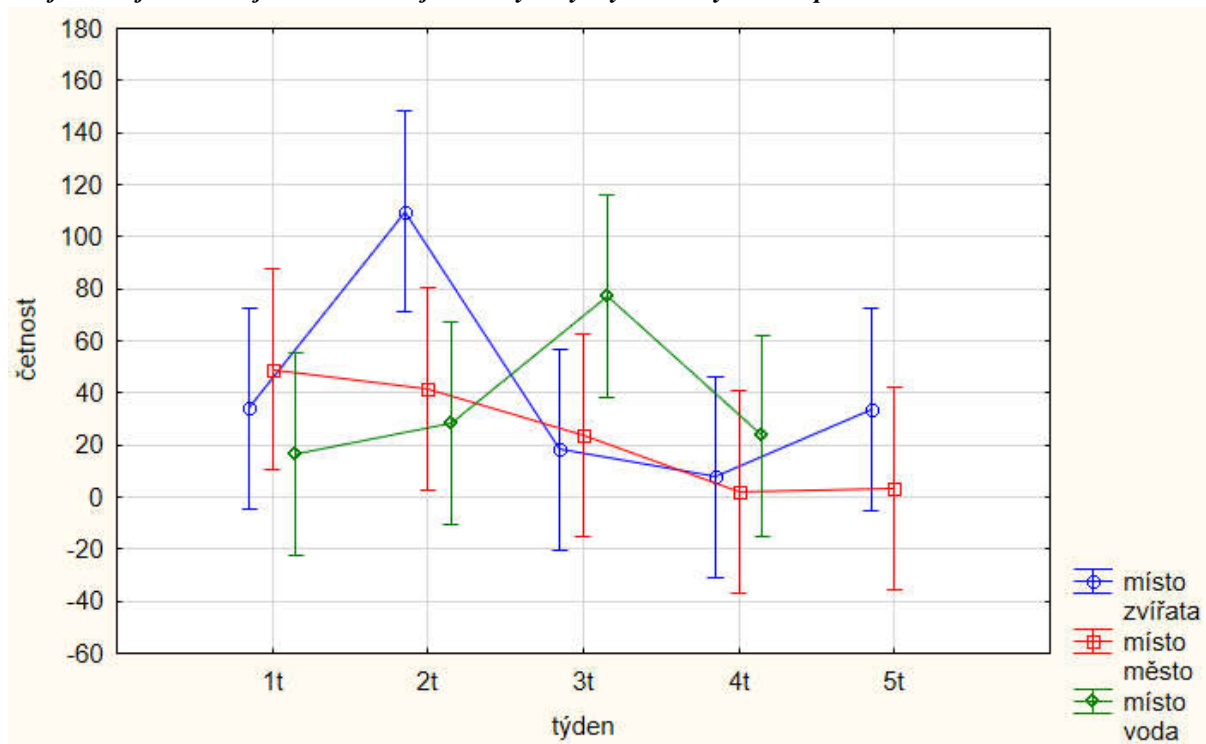
Graf 1 ukazuje odlišnost mezi 2. a 4. a 2. a 5. týdnem.

**Tabulka 3: Tabulka podrobného Fisherova LSD testu srovnávajícího četnosti mezi biotopy jednotlivými týdny.**

Č. buňky	týdny	Místo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1t	zvířata		0,58 2157	0,51 7292	0,00 8275	0,78 7591	0,83 0261	0,55 7373	0,69 9806	0,11 8810	0,33 3168	0,24 1562	0,69 5287	0,98 5336	0,26 1260	0,49 0188
2	1t	město	0,58 2157		0,23 4463	0,03 1392	0,77 8194	0,44 5632	0,25 8737	0,35 1500	0,30 4068	0,13 3234	0,08 9349	0,34 8399	0,56 9698	0,09 8404	0,21 8500
3	1t	voda	0,51 7292	0,23 4463		0,00 1452	0,36 0911	0,66 3981	0,95 1147	0,79 2302	0,03 0527	0,74 5576	0,59 4747	0,79 7021	0,52 9152	0,62 8939	0,96 5792
4	2t	zvířata	0,00 8275	0,03 1392	0,00 1452		0,01 6182	0,00 4742	0,00 1722	0,00 2998	0,23 9178	0,00 0577	0,00 0315	0,00 2949	0,00 7895	0,00 0363	0,00 1288
5	2t	město	0,78 7591	0,77 8194	0,36 0911	0,01 6182		0,62 8939	0,39 3458	0,51 3371	0,19 3050	0,21 8500	0,15 2373	0,50 9467	0,77 3507	0,16 6301	0,33 9206
6	2t	voda	0,83 0261	0,44 5632	0,66 3981	0,00 4742	0,62 8939		0,70 8876	0,86 3820	0,07 8048	0,44 9251	0,33 6178	0,85 9008	0,84 4607	0,36 0911	0,63 3274
7	3t	zvířata	0,55 7373	0,25 8737	0,95 1147	0,00 1722	0,39 3458	0,70 8876		0,83 9819	0,03 5074	0,69 9806	0,55 3295	0,84 4607	0,56 9698	0,58 6340	0,91 7053
8	3t	město	0,69 9806	0,35 1500	0,79 2302	0,00 2998	0,51 3371	0,86 3820	0,83 9819		0,05 4623	0,55 7373	0,42 7799	0,99 5112	0,71 3427	0,45 6540	0,75 9501
9	3t	voda	0,11 8810	0,30 4068	0,03 0527	0,23 9178	0,19 3050	0,07 8048	0,03 5074	0,05 4623		0,01 4147	0,00 8405	0,05 3914	0,11 4740	0,00 9518	0,02 7666
10	4t	zvířata	0,33 3168	0,13 3234	0,74 5576	0,00 0577	0,21 8500	0,44 9251	0,69 9806	0,55 7373	0,01 4147		0,83 5037	0,56 1467	0,34 2252	0,87 3458	0,77 8194
11	4t	město	0,24 1562	0,08 9349	0,59 4747	0,00 0315	0,15 2373	0,33 6178	0,55 3295	0,42 7799	0,00 8405	0,83 5037		0,43 1331	0,24 8817	0,96 0909	0,62 4617
12	4t	voda	0,69 5287	0,34 8399	0,79 7021	0,00 2949	0,50 9467	0,85 9008	0,84 4607	0,99 5112	0,05 3914	0,56 1467	0,43 1331		0,70 8876	0,46 0211	0,76 4161
13	5t	zvířata	0,98 5336	0,56 9698	0,52 9152	0,00 7895	0,77 3507	0,84 4607	0,56 9698	0,71 3427	0,11 4740	0,34 2252	0,24 8817	0,70 8876		0,26 8938	0,50 1706
14	5t	město	0,26 1260	0,09 8404	0,62 8939	0,00 0363	0,16 6301	0,36 0911	0,58 6340	0,45 6540	0,00 9518	0,87 3458	0,96 0909	0,46 0211	0,26 8938		0,65 9556
15	5t	voda	0,49 0188	0,21 8500	0,96 5792	0,00 1288	0,33 9206	0,63 3274	0,91 7053	0,75 9501	0,02 7666	0,77 8194	0,62 4617	0,76 4161	0,50 1706	0,65 9556	

Tabulka 3 prezentuje statisticky významné rozdíly mezi těmito týdny: 1. týden u zvířat a 2. týden u zvířat, 2. týden u zvířat a 3. týden u zvířat, 2. týden u zvířat a 4. týden u zvířat, 2. týden u zvířat a 5. týden u zvířat, 2. týden u zvířat a 1. týden ve městě, 2. týden u zvířat a 3. týden ve městě, 2. týden u zvířat a 2. týden ve městě, 2. týden u zvířat a 4. týden ve městě, 2. týden u zvířat a 5. týden ve městě, 3. týden u vody a 4. týden ve městě, 3. týden u vody a 5. týden ve městě, 1. týden u vody a 3. týden u vody, 3. týden u vody a 5. týden u vody, 2. týden u zvířat a 1. týden u vody, 2. týden u zvířat a 2. týden u vody, 2. týden u zvířat a 4. týden u vody, 2. týden u zvířat a 5. týden u vody, 3. týden u zvířat a 3. týden u vody, 4. týden u zvířat a 3. týden u vody.

Graf 2: Graf znázorňující rozdíl mezi jednotlivými týdny na různých biotopech



Graf 2 pomocí překryvu čar znázorňuje biotopy, které se nelišily, naopak pokud se čáry s 95% rozsahem nepřekrývají, biotopy vykazují statisticky významný rozdíl.

Tabulka 4: Tabulka podrobného Fisherova LSD testu srovnávajícího četnosti efektů týdnů a států

Č. buňky	týden	stát	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	1t	ČR	6,8889	59,667	66,222	53,444	63,222	16,222	19,000	3,1111	29,556	5,3333
2	1t	Řecku	0,022064	0,022064	0,010764	0,041816	0,015029	0,674713	0,586347	0,864971	0,310986	0,944168
3	2t	ČR	0,010764	0,768020	0,768020	0,779489	0,872841	0,056616	0,073476	0,014667	0,180687	0,018682
4	2t	Řecku	0,041816	0,779489	0,565999	0,565999	0,892573	0,029508	0,039129	0,006987	0,105133	0,009023
5	3t	ČR	0,015029	0,872841	0,892573	0,660212	0,660212	0,040007	0,100153	0,127137	0,028509	0,035784
6	3t	Řecku	0,674713	0,056616	0,029508	0,100153	0,100153	0,040007	0,052543	0,009858	0,135671	0,012655
7	4t	ČR	0,586347	0,073476	0,039129	0,127137	0,052543	0,900485	0,900485	0,475968	0,635155	0,539428
8	4t	Řecku	0,864971	0,014667	0,006987	0,028509	0,009858	0,555958	0,475968	0,555958	0,238405	0,920311
9	5t	ČR	0,310986	0,180687	0,105133	0,285997	0,135671	0,549315	0,635155	0,238405	0,238405	0,279434
10	5t	Řecku	0,944168	0,018682	0,009023	0,035784	0,012655	0,624546	0,539428	0,920311	0,279434	0,279434

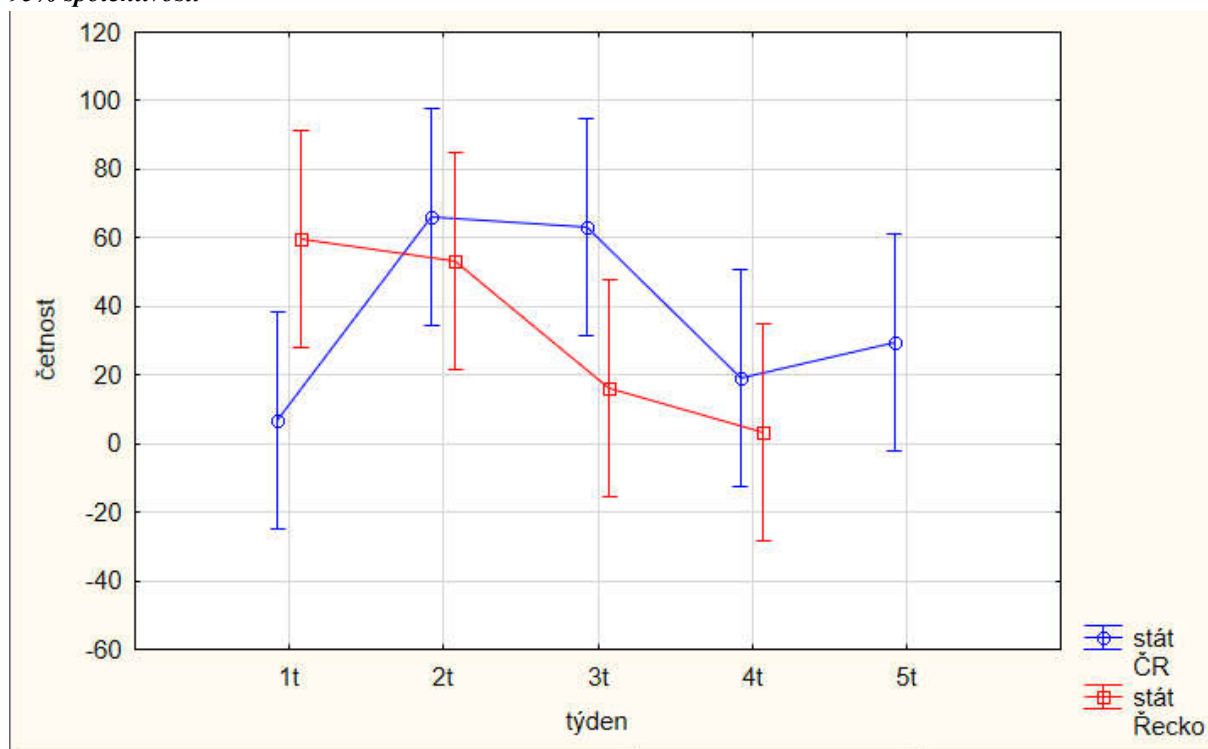
Pomocí Fisherova LSD testu lze vyčístit podrobněji, mezi kterými týdny, ve kterém státě jsou statisticky významné odlišnosti.

Podrobně: je rozdíl mezi 1. a 2. týdnem v ČR, 1. a 3. týdnem v ČR, 2. a 4. týdnem v ČR

1. a 4. týdnem v Řecku, 1. a 5. týdnem v Řecku, 2. a 4. týdnem v Řecku, 2. a 5. týdnem v Řecku, 1. týdnem v ČR a 1. týdnem Řecku, 1. týdnem v ČR a 2. týdnem v Řecku, 2. týdnem v ČR a 3. týdnem v Řecku, 2. týdnem v ČR a 4. týdnem v Řecku, 2. týdnem v ČR a 5. týdnem v Řecku, 3. týdnem v ČR a 3. týdnem v Řecku, 3. týdnem v ČR a 4. týdnem v Řecku, 3. týdnem v ČR a 5. týdnem v Řecku.



**Graf 3: Grafický výstup pro testování statisticky významných rozdílů četností mez týdny a státy s intervalem 95% spolehlivosti**

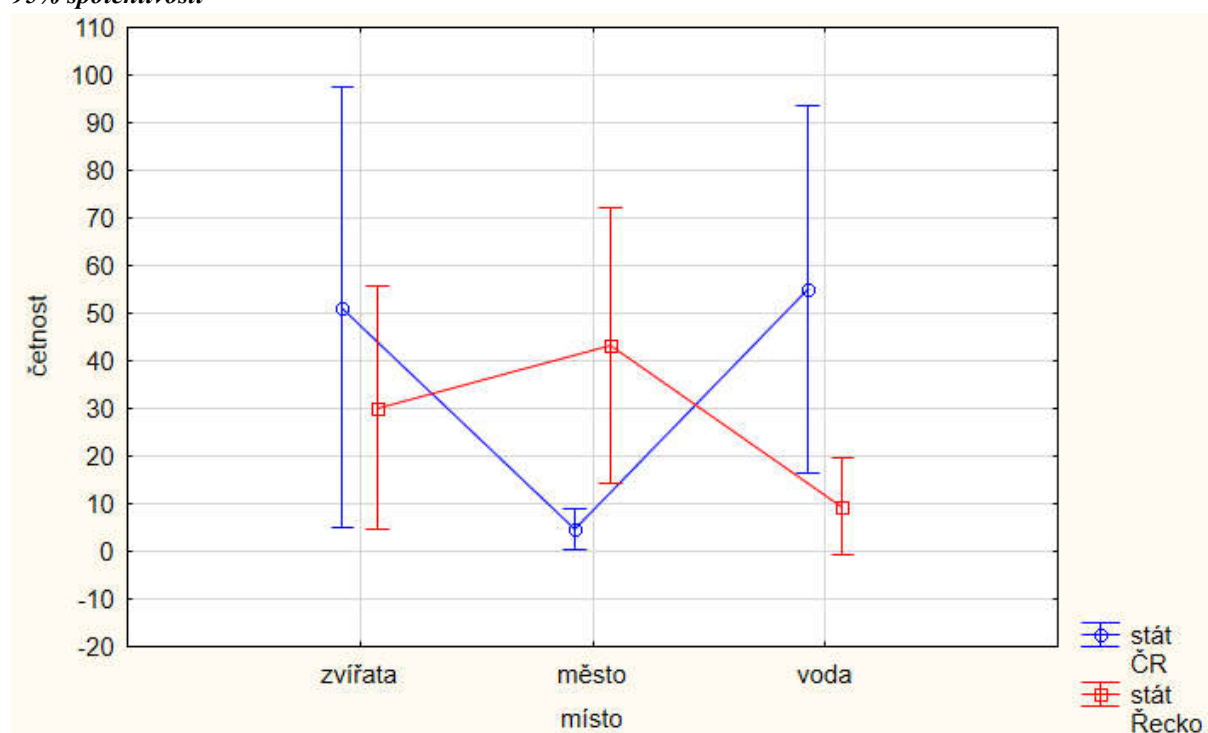


**Tabulka 5: Tabulka podrobného Fisherova LSD testu srovnávajícího četnosti efektů místa a státu**

Č. buňky	místo	stát	{1} 51,267	{2} 30,067	{3} 4,6667	{4} 43,200	{5} 55,000	{6} 9,4000
1	zvířata	ČR		0,222703	<b>0,009803</b>	0,639683	0,828268	<b>0,019261</b>
2	zvířata	Řecko	0,222703		0,145820	0,447100	0,153151	0,234320
3	město	ČR	<b>0,009803</b>	0,145820		<b>0,030289</b>	<b>0,005615</b>	0,783338
4	město	Řecko	0,639683	0,447100	<b>0,030289</b>		0,494223	0,055591
5	voda	ČR	0,828268	0,153151	<b>0,005615</b>	0,494223		<b>0,011341</b>
6	voda	Řecko	<b>0,019261</b>	0,234320	0,783338	0,055591	<b>0,011341</b>	

Dle grafu 4 a tabulky 5 je vidět významný rozdíl hlavně mezi biotopy voda a město. Fisherův LSD test ukazuje statisticky významný rozdíl mezi biotopy zvířata (pastvina) v ČR a město (obytná zóna) v ČR, město (obytná zóna) ČR a voda (rybník) ČR, zvířata (pastvina) ČR a voda (moře) Řecko, město (obytná zóna) ČR a město (sídlíště) Řecko, voda (rybník) ČR a voda (moře) Řecko.

Graf 4: Grafický výstup pro testování statisticky významných rozdílů četností mezi biotopy a státy s intervalem 95% spolehlivosti



Mezi biotopem zvířata ČR a zvířata Řecko není na hladině významnosti  $p = 0,05$  statisticky významný rozdíl (tabulka č. 5, graf č. 4).

Mezi biotopem město ČR a město řecko je na hladině významnosti  $p = 0,05$  statisticky významný rozdíl (tabulka č. 5, graf č. 4).

Mezi biotopem voda ČR a voda Řecko je na hladině významnosti  $p = 0,05$  statisticky významný rozdíl (tabulka č. 5, graf č. 4).

Z důvodu nulového výskytu druhů řádu Coleoptera lze říci, že existuje statisticky významný rozdíl mezi Řeckem a ČR, avšak nebylo vyhodnoceno statistické porovnání.

## 6 Diskuze

Experiment se konal na 3 různých biotopech a na území dvou zcela rozdílných zemí s předpokladem lišících se druhů řádu Diptera. Experiment probíhal v dubnu a květnu v Řecku a v září a říjnu v České republice. Druhy se lišily v rámci biotopů i zemí. V Řecku byla celkově nejhojněji zastoupená čeleď Muscidae, v České republice to byla čeleď Calliphoridae. Dle biotopů byla na biotopu sídliště nejhojnější čeleď Fanniidae, u moře a ve stáji čeleď Muscidae.

V České republice byla v obytné zóně a na pastvině u koní nejčastější čeleď Calliphoridae, u rybníku Fanniidae.

Dle tvrzení autorů Šuláková (2006) a Bensada (2014) jsou *Lucilia sericata* a *Calliphora vicina* velice teplomilné druhy, které potřebují teplotu substrátu okolo 30 °C a jsou velmi hojné v urbanizovaných oblastech. Dle Bensady (2014) jsou tyto dva druhy velmi častými zástupci řádu Diptera v Alžíru. V České republice se toto tvrzení potvrdilo. *Lucilia sericata* byla nejhojnější v obytné zóně, kde všechny pasti byly na slunci, nejhojnější však byla na pastvině, kde pasti byly v polostínu. Částečně lze proto souhlasit i s autory Byrd a Castner (2009), kteří tvrdí, že *Calliphora vicina* preferuje stinné a urbanizované oblasti a je často dominantním druhem na kadáveru.

Při praktickém experimentu byl statisticky významný rozdíl mezi 2. a 4. týdnem a 2. a 5. týdnem (tabulka 2, graf 1). Rozdíl mezi týdny může být způsobený preferencí čeledí Caliphoridae, Muscidae a Sarcophagidae pro čerstvý kadáver, jsou to tzv. první kolonizátoři. V pozdějších stádiích sukcese jejich počty rapidně klesají.

Při tomto experimentu byla bzučivka *Calliphora vicina* dominantní pouze v české části pokusu a to v 2. a 3. týdnu expozice na biotopu pastvina a v 2. týdnu expozice na biotopu obytná zóna. S tvrzeními, hlavně o teplomilnosti druhu *Calliphora vicina*, souhlasí Gabre (2003). Dle jeho studií prováděných v Egyptě je *Calliphora vicina* druh typický pro jarní období. Byrd a Castner (2009) navrhuji pro druh *Calliphora vicina* sezónní abundanci dle podnebných pásů. Autoři navrhuji, že v zimním období je bzučivka *Calliphora vicina* hojná pouze v tropických zemích, na jaře a na podzim v mírném pásu a v létě v subpolárních oblastech. Tento experiment zahrnoval dva podnebné pásy. V subtropickém pásu byla bzučivka *Calliphora vicina* hojná na konci jara a v České republice byla odchycena i koncem léta.

Pokus ukázal rozdíly ve složení druhů mezi týdny na různých biotopech (tabulka 3, graf 2). Tyto rozdíly mohou být způsobeny preferencí čeledí na spíše dřívější stadium sukcese a rozdílné biotopy a enviromentální podmínky.

Bzučivka *Calliphora vomitoria* byla odchycena pouze v české části pokusu, a to na zastíněném, rurálním biotopu rybník, což potvrzuje domněnku autorů Byrd a Castner (2009) o výskytu *Calliphora vomitoria* v Holarktické zoogeografické oblasti s inklinací pro stinná, venkovská místa.

U druhu *Lucilia sericata* hojný výskyt na zastíněných pastech vyvrací tvrzení Daňka (1990), že uvedený druh se nikdy nevyskytuje v zastíněných oblastech. U řecké části pokusu se také potvrdilo tvrzení Šulákové (2006), dle které je *Lucilia sericata* nejčastější bzučivkou na sídlišti i ve stáji u zvířat. Obě tyto lokality měly příznivou teplotu substrátu a nacházely se v urbanizované oblasti.

Dle Šulákové (2017) se hojnost rodu *Lucilia* zásadně zvyšuje na začátku léta. V Řecku, kdy pokus probíhal v květnu, nebyla hojnost zdaleka tak velká jako při pokusu v České republice, ve které probíhal na konci léta, resp. v září.

Szpila et al. (2013) a Charbidze (2017) ve svých publikacích odkazují na častý výskyt druhů *Lucilia sericata*, *Lucilia ampullacea* a *Lucilia caesar* v Jihovýchodní Evropě a dále se domnívají, že *Lucilia sericata* preferuje slunná místa oproti druhům *Lucilia ampullacea* a *Lucilia caesar*. Autor Kamal (1958) uvádí, že druhy *Phormia regina*, *Protophormia terraenovae* a *Lucilia sericata* jsou nejhojnější a nejdominantnější v městských aglomeracích. Výsledky pokusu tato tvrzení podporují. Bzučivka *Lucilia sericata* byla hojně nalezena na stinných biotopech na sídlišti a u zvířat. Druhy *Lucilia ampullacea* a *Lucilia caesar* nebyly však odloveny vůbec. Při české části pokusu byl *Lucilia sericata* hojný ve všech biotopech, stinných i slunných. Jeden jedinec druhu *Lucilia ampullacea* se vyskytoval na stinném biotopu na pastvině a *Lucilia caesar* potvrzuje tvrzení o stinném výskytu, jelikož se vyskytuje na dvou stinných biotopech pastvina a rybník a na slunném biotopu obytná zóna velice sporadicky. *Lucilia sericata* dominoval v řeckém pokusu na sídlišti a tím potvrzuje preferenci k urbanizovaným biotopům. Druhy *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae* nebyly odchyceny.

Jednoznačně se však potvrdilo tvrzení autorů Szpila et al. (2013), že *Lucilia illustris* preferuje členitý terén, na rozdíl od tvrzení Charbidze (2017), který uvádí, že *Lucilia illustris* se vyskytuje převážně v otevřené slunné krajině. V české fázi pokusu se tento druh nevyskytoval na přehledném rovném biotopu, respektive na pastvinách, nízký výskyt byl zaznamenán v obytné zóně, ve které byly keře, ale jinak rovina. Rozhodující většina jedinců druhu *Lucilia illustris* byla odchycena na biotopu rybník, ve kterém byl terén ze všech biotopů nejčlenitější. Avšak je možné souhlasit s výrokem autora Charbidze (2017), že bzučivka *Calliphora vomitoria* je hojná v biotopech s hustou vegetací. Při českém pokusu byl tento druh odchycen pouze u rybníka, kde je vegetace ze všech sledovaných biotopů nejvíce zapojena (nejhustší).

Charbidze (2017) či Křištofik (1982) podporují tvrzení, že *Calliphora vicina* preferuje městské oblasti a *Calliphora vomitoria* a *Lucilia caesar* spíše venkov. Tento názor sdílí také Greco (2014), který uvádí, že *Calliphora vomitoria* je striktně rurální, preferuje venkov a lesní biotopy. S těmito tvrzeními je možné souhlasit jen částečně. V pokusu se bzučivka *Calliphora vicina* vyskytovala v České republice nejvíce na biotopu rybník, který lze charakterizovat spíše jako venkov, a v Řecku v blízkosti zvířat, která se nacházela v urbanizovaném prostředí. Naproti tomu v českém biotopu „sídlišť“, uprostřed havního města, se tato bzučivka nevyskytovala vůbec. Druhy *Calliphora vomitoria* a *Lucilia caesar* byly v České republice hojně zastoupeny u rybníka a na pastvině, což odpovídalo již citované preferenci pro venkov.

Dle Daňka (1990), Byrda a Castnera (2009), Šulákové (2012, 2014), či Šulákové a Bartáka (2013) jsou běžnými prvními kolonizátory 1. vlny zástupci čeledi Calliphoridae. Dle Šulákové (2006) se vyskytují Calliphoridae v 1. vlně, pokud cítí krev, kterou jsou silně přitahovány. Je možné souhlasit s tvrzením Šulákové (2006), protože ani v České republice a ani v Řecku nebyli bzučivkovití hojní v 1. vlně. Možná zčásti proto, že v pastech byla čistá svalovina, a tudíž bzučivky nenalákal pach krve. Masivní nárůst bzučivek nastal až v 2. vlně rozkladu.

Výsledky pokusu ukázaly také odlišnosti mezi jednotlivými týdny na území obou sledovaných států (viz tabulka 4 a graf 3). Tyto odlišnosti jsou pravděpodobně způsobeny teplotními rozdíly na území obou států, a tudíž i jinou rychlostí rozkladu a postupování sukcesních fází.

Je možné částečně souhlasit se studií Bensada (2014), jež popisuje výskyt druhu *Musca domestica* v teplejších oblastech, konkrétně v Alžíru, v oblasti Gouraya. Při experimentu v Řecku byl tento druh odchycen v biotopu stáj. Výsledky experimentu také potvrzují tvrzení Gabreho (2003), že *Musca domestica* je striktně synantropní druh. Biotop stáj se nacházel uprostřed Athén. Gabre (2003) a Mihalyi (1966) dále tvrdí, že *Muscina stabulans* spíše inklinuje k blízkosti lidských obydlí, ale její výskyt se potvrdil i v rurálních oblastech, současně uvádí, že je hojná v zimě. Tato tvrzení se v experimentu částečně potvrdila. V řeckém pokusu byl druh hojný ve všech biotopech, ale v české části pokusu chyběl pouze v obytné zóně. Je ovšem nezbytné zohlednit, že oba pokusy byly prováděny na jaře a na konci léta a uvedený druh byl tímto hojně zaznamenán i mimo zimní období.

Byrd a Castner (2009) uvádí, že druh *Chrysomya albiceps* se nachází primárně v teplých oblastech, například v Africe nebo Jižní Americe a je často dominantním druhem na kadáverech. S tímto tvrzením je možné souhlasit jen částečně. Bzučivka *Chrysomya albiceps* byla ve větších počtech odchycena v Řecku i v České republice. Dominantní byla pouze ve 2. týdnu expozice na stanovišti umístěném na pastvině.

Tvrzení Šulákové (2006), že *Hydrotaea capensis* je nejčastější v 3.-4. vlně, se nepotvrdilo. V Řecku byl nejhojnější ve 2. rozkladné fázi, ale možnou příčinou může být rychlejší rozklad proteinové návnady v oblasti Mediteránu.

Masařka *Sarcophaga carnaria* je, dle Kaczorowske (2008), běžná v polském Gdaňsku, ve kterém její studie probíhala, a preferuje světlé biotopy v blízkosti lesa, zejména vzdálené od měst. Výskyt spíše v mírném pásmu potvrzují také výsledky tohoto experimentu. Druh *Sarcophaga carnaria* byl odchycen pouze při české části pokusu, a to na biotopu pastvina, kde byly pasti umístěny pod stromy.

*Fannia canicularis* a *Fannia scalaris* jsou kosmopolitně se vyskytující druhy. *Fannia canicularis* je aktivní během teplých letních měsíců (Byrd & Castner 2009). Oba druhy byly do pastí odchyceny jak v České republice, tak v Řecku. *Fannia canicularis* byl však častěji zastoupený.

S tvrzením Šulákové (2014), že *Piophilila casei* se často vyskytuje ve 4. rozkladné vlně a je hojná v Jižní Evropě je možné souhlasit jen zčásti. Uvedený druh byl hojný v Řecku, hlavně na sídlišti, ale jeho výskyt bylo možné zaznamenat téměř výhradně jen v 1. a 3. týdnu expozice. Ve 4. týdnu se objevil v malém množství ve stáji a u moře nebyla odchycena ani jednou. Toto rozdílné, respektive dřívější zastoupení v experimentu lze vysvětlit menší velikostí návnady, pokud je srovnána s typickou velikostí kadaveru.

Akbarzadeh (2015) uvádí, že druhy řádu Diptera dominují na kadáverech nalézáných na Středním východě. S řeckým pokusem se shoduje výskyt druhů *Chrysomya albiceps*, *Calliphora vicina* a *Lucilia sericata*, které mají relativně širokou oblast výskytu. Ostatní, Akbarzadehem (2015) definované, druhy specifické pro jižní oblasti, ale nebyly v experimentu zastoupeny.

Charbidze (2017) uvádí, že typickými druhy pro Mediterán a Jižní Evropu jsou například *Calliphora leowi*, *Chrysomya albiceps*, *Chrysomya megacephala* a *Calliphora vomitoria*.

Avšak z těchto druhů se potvrdil pouze výskyt *Chrysomya albiceps*. Bzučivka *Chrysomya albiceps* je dle autorů ve střední Evropě hojná pouze v horkých měsících (Povolný & Verves 1997; Šuláková et al. 2017). Toto tvrzení je možné potvrdit, protože přestože pokus probíhal v České republice až v září, venkovní teploty stále dosahovaly tropických hodnot.

Z čeledi Sarcophagidae se potvrdil výskyt druhu *Sarcophaga carnaria* v Palearktické oblasti uváděný autory Trofimov (1965) a Povolný a Verves (1997). Tento druh byl odchycen pouze v České republice a v Řecku nikoliv. Avšak Trofimov (1965) dále uvádí, že v Mediteránní oblasti je možné odchytit poddruh *Sarcophaga carnaria lehmanni* (v tomto experimentu uváděný jako *Sarcophaga lehmanni*). Dále se potvrdil výskyt druhu *Sarcophaga jacobsoni* v Mediteránu. Tento druh byl odchycen na biotopech sídliště a stáj v Řecku. V České republice zaznamenán nebyl. Citovaní autoři uvádí výskyt druhů *Sarcophaga porrecta*, *Sarcophaga ancilla*, *Sarcophaga setinervis*, či *Sarcophaga taurica* v Řecku. Tyto druhy se odchytit nepodařilo, avšak důvodem může být jejich preference pro hory a vysoko položené biotopy a tento experiment probíhá v nízko položených Aténách (Povolný & Verves 1997).

Zajímavý je hojný nález druhu *Chrysomya albiceps* v České republice. Dle Povolného (2001) se výskyt tohoto druhu do 90. let minulého století vázal na tropické či subtropické oblasti, než se rozšířil i do střední Evropy, například na jih Moravy. Avšak při české části pokusu byla *Chrysomya albiceps* hojnější než při řecké, přičemž pokus probíhal ve východních Čechách, nikoliv na jihu Moravy. Tímto se potvrdilo tvrzení Šulákové et al. (2017), že druh *Chrysomya albiceps* se vyskytuje již po celé České republice.

Praktický experiment ukázal také rozdíly mezi biotopy na území daných států (viz tabulka 5, graf 4). Je zajímavé, že se biotopy liší v rámci České republiky, ale v Řecku mezi biotopy statisticky významný rozdíl není. Různé biotopy se od sebe liší pravděpodobně z důvodu preference různých druhů k určitým typům biotopů: stín, slunce, blízkost lidských obydlí, venkov atd. Rozdíl v četnosti na podobných biotopech v České republice a v Řecku je pravděpodobně dána různou skladbou hmyzu na území jednotlivých, respektive takto vzdálených států. Důležitý je však rozdíl stejného typu biotopu mezi Českou republikou a Řeckem.

Nulový výskyt zástupců řádu Coleoptera na území Řecka vypovídá buď o nízké abundanci těchto druhů na daných lokalitách, nebo o neatraktivní návnadě pro tuto skupinu hmyzu.

## 7 Závěr

- Práce měla porovnat výskyt nekrofágního hmyzu na různých biotopech v různých geografických podmínkách za 5 sukcesních týdnů. Pro odchyt hmyzu byly použity proteinové návnady s masem tresky obecné.
- V Řecku byla nejhojnější čeleď Muscidae, v České republice čeleď Calliphoridae.
- Na městských biotopech (sídliště, obytná zóna) vévodil v Řecku druh *Fannia* sp., v České republice *Lucilia sericata*.
- Na biotopech zvířata (stáj, pastvina) dominoval druh *Hydrotaea capensis* v Řecku a *Lucilia sericata* v České republice.
- Na biotopech voda (moře, rybník) zaujímal přední místo druh *Hydrotaea ignava* v Řecku a *Fannia* sp. v České republice.
- Nejúspěšnějšími týdny sukcese byly v Řecku 1. a v České republice 2. a 3. týden expozice.
- Biotop s největší abundancí druhů byl pro Řecko biotop sídliště (město) a pro Českou republiku pastvina (zvířata).
- Statistické hodnocení proběhlo pomocí lineární regrese.
- Podobné biotopy zvířata v České republice a Řecku nevykazují statisticky významný rozdíl mezi Českou republikou a Řeckem.
- Podobné biotopy město v České republice a město v Řecku vykazují statisticky významný rozdíl mezi oběma zeměmi.
- Biotopy voda v České republice a voda v Řecku vykazují statisticky významný rozdíl mezi oběma zeměmi.
- Průběh rozkladných vln se liší ve Střední Evropě a Mediteránu. Potvrdil se predikovaný rychlejší postup rozkladu v teplejších oblastech.
- Bylo potvrzeno, že četnost nekrofágních druhů hmyzu ovlivňuje nejen typ biotopu, ale také doba rozkladu, respektive sukcesní fáze.
- Byl potvrzen významný rozdíl ve výskytu druhů řádu Coleoptera mezi Řeckem a Českou republikou.
- Zajímavý byl hojný nález druhu *Chrysomya albiceps* v odchytočných pastech v České republice. Nelze souhlasit s Charbidzem (2017), že tento druh se ve střední Evropě vyskytuje spíše sporadicky, naopak se potvrdilo tvrzení autorů Povolný a Verves (1997) a Šulákové (2017), že tento druh se stává ve střední Evropě poměrně hojným. Rostoucí abundancí uvedeného druhu v podmínkách České republiky lze vysvětlit stále se zvyšující teplotou ve střední Evropě, odpovídající v létě již téměř subtropickému pásu.
- Pro další výzkum by bylo možné experiment rozšířit pro více biotopů a další lokality po České republice a Evropě.
- Výsledky experimentu a statistického zhodnocení získaných dat potvrzují nulovou hypotézu, protože dva ze tří biotopů se mezi Českou republikou a Řeckem lišily.

## 8 Literatura

- Akbarzadeh K, Wallman JF, Sulakova H, Szpila K, 2015. Species identification of Middle Eastern blowflies (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance. *Parasitol Res* **114**: 1463-1472
- Amendt J, Campobasso CP, Goff ML, Grassberger M. 2010. *Current Concepts of Forensic Entomology*. Springer, Netherlands.
- Bala M, Kaur P. 2014. Insect Faunal Succession on Buried Piece of Pork in the State of Punjab (India): A Preliminary Study. *Journal of Forensic Research* **5**: 251-255
- Baz A, Cifrián B, Díaz-Aranda LM, Martín-Vega D. 2007. The distribution of adult blow-flies (Diptera: Calliphoridae) along an altitudinal gradient in Central Spain. *Annales de la Société Entomologique de France* **43**: 289-296
- Bensaada F, Nadir BA, Saifi M, Doumandji S. 2014. First Data in Insects to Forensic Interest in the Region of Gouraya, Algeria. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* **3** (online).
- Charabidze D, Vincent B, Pasquerault T, Hedouin V. 2016. The biology and ecology of *Necrodes littoralis*, a species of forensic interest in Europe. *International Journal of Legal Medicine* **130**:273–280
- Charabidze D, Gosselin M, Hedouin V. 2017. Use of necrophagous insects as evidence of cadaver relocation: myth or reality? *PeerJ*. **3** **506**: DOI 10.7717
- Daněk L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Kriminologický ústav VB. Praha.
- Dix J, Graham M. 2000. *Time of Death, decomposition and identification an atlas*. CRC Press.
- Dove WE. 1916. Some notes concerning overwintering of the House-fly, *Musca domestica* at Dallas, Texas. *Journ. Econom. Entomol.* **9**: 528-539
- Draber-Monko, A. 2004. Calliphoridae. Plujky (Insecta: Diptera). *Fauna Polski* **23**: 1-662.
- Eliášová H, Šuláková H, 2012. Forezní biologie. In: Štefan J, Hladík J a kol. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Grada Publishing, Praha.
- Francesconi F, Lupi O. 2012. Myiasis. *Clinical Microbiology Reviews* **25**: 79-105
- Frost C, Braig H, Amendt J, Perotti M. 2010. Indoor arthropods of forensic importance: insects associated with indoor decomposition and mites as indoor markers. In: Amendt J, Goff ML, Campobasso CP, Grassberger M, eds. *Current Concepts in Forensic Entomology*. Springer. Netherlands.
- Gabre RM, Zied EMA. 2003. Sarcosaprophagous flies in Suez Province, Egypt II - Synanthropic and abundance degrees. *Bull. Ent. Soc. Egypt* **80**: 125
- Graham-Smith GS. 1914. *Flies in relation to disease. Non Blood-Sucking Flies*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Greco S, Brandmayr P, Bonacci T. 2014. Synantropy and Temporal Variability of Calliphoridae Living in Cosenza (Calabria, Southern Italy). *Journal of Insect Science* **14**: 1-5



- Gregor F, Rozkošný R, Barták M, Vaňhara J. 2016. Manual of Central European Muscidae (Diptera). Schweizerbart Science Publishers Stuttgart, Stuttgart
- Hall DG. 1948. Blowflies of North America. Thomas Say Foundation, London.
- Háva J. 2011. Brouci čeledi kožojedovití (Dermestidae) České a Slovenské republiky Beetles of the family Dermestidae of the Czech and Slovak Republics. Academia, Praha.
- Hrdinová M, Šuláková H, Barták M. 2013. Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with animal and human decomposition in the Czech Republic: preliminary results. Čas. Slez. Muz.(A) **62**: 255-266
- Lambiase S, Camerini G. 2012. Spread and habitat selection of *Chrysomya albiceps* (Diptera Calliphoridae) in Northern Italy: forensic implications. Journal of Forensic Sciences **57**:799–801
- Laupy M. 1994. Post mortem interval a nekrofilní mouchy. Kriminalistika **27**: 121-135.
- Mihályi F. 1966. Flies visiting fruit and meat in an open-air market in Budapest. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae. **12**: 331-337
- Nuorteva P. 1965. The flying activity of blowflies (Dipt. Calliphoridae) in subarctic conditions. Zoological Museum, University of Helsinki, Helsinki
- Oldroyd H. 2018. Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica, inc. Available from <https://www.britannica.com/animal/dipteran> (accessed February 2020).
- Kaczorowska E. 2006. Blowflies (Diptera: Calliphoridae) in the saline habitats of the Polish Baltic coast. Polish Journal of Entomology **75**: 11-27
- Kaczorowska E. 2008. Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) of sandy and marshy habitats of the Polish Baltic coast. Entomol. Fennica **20**: 61-64
- Khoobdel M, Davari B. 2011. Fauna and abundance of medically important flies of Muscidae and Faniidae (Diptera) in Tehran, Iran. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. **1**: 220-223
- Khoobdel M, Akbarzadeh K, Rafinejad J. 2015. Fauna and relative frequency of synanthropic flies in the biggest Persian Gulf Island, Qeshm, Iran. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine **5**: 930-934
- Krištofik J. 1982. Synantropné muchy (Diptera) záhorskej nížiny. Ústav experimentálnej biológie a ekológie Slov. Akad. Vied CBEV. **37**: 997-1007
- Pape T. 1987. The Sarcophagidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. Scandinavian Science Press Ltd, Copenhagen.
- Pape T. 1987. Persian Gulf Island, Qeshm, Iran. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine **5**: 930-934
- Povolný D. 1971. Synanthropy. In: Greenberg B. Flies and Diseases, vol 1: Ecology, classification and biotic associations. Princeton University Press, Princeton.
- Povolný D. 1982. Několik úvah o osudech mrtvol obratlovců v přírodě. Živa **1**: 24-28
- Povolný D, Verves Y. 1997. The Flesh-Flies of Central Europe: Insecta, Diptera, Sarcophagidae (Spixiana: Zeitschrift für Zoologie). Friedrich Pfeil, München.
- Povolný D. 2001. Návrat tropických bzučivek. Vesmír **80**: 622-624
- Prade de Castro C, Serrano A, Martins da Silva P, García MD. 2012. Carrion flies of forensic interest: a study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. Medical and Veterinary Entomology **26**: 417-431

- Rognes K. 1991: Blowflies (Diptera, Calliphoridae) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna entomologica Scandinavica* **24**: 1-272
- Rognes K. 2013: Fauna Europaea: Calliphoridae. In: Pape T. (ed.): *Fauna Europaea: Diptera, Brachycera*. Fauna Europaea version 2.6.2. <<http://www.faunaeur.org>>. Většina dat bez změn od 2010. Přístup: 7.2.2020.
- Szpila K, Matuszewski S, Bajerlein D, Konwerski S. 2008. *Chrysomya albiceps* (WIEDEMANN, 1819) new for the Polish fauna. *Polish journal of entomology*: **77**: 351-355
- Szpila K, Hall MJR, Pape T, Grzywacz A. 2013. Morphology and identification of first instars of the European and Mediterranean blowflies of forensic importance. Part II. Luciliinae. *Medical and Veterinary Entomology* **27**: 349-366
- Szpila K, Hall MJR, Wardhana AH, Pape T. 2014. Morphology of the first instar larva of obligatory traumatic myiasis agents (Diptera: Calliphoridae, Sarcophagidae). *Parasitology Research* **113(5)**: 1629-1640
- Szpila K, Zmuda A, Akbarzadeh K, Tofilski A. 2019. Wing measurement can be used to identify European blow flies (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance. *Forensic Science International* **296** (2019): 1–8
- Šuláková H, 2006. Speciální biologie: Využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. *Kriminalistický sborník* **3**.
- Šuláková H, Markvartová J, Beran M, 2013. Hmyz a mrtvý muž v bytě. *Kauzistika. Soudní Lékařství* **1**: 2-4.
- Šuláková H, Barták M, 2013. Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with animal and human decomposition in the Czech Republic: preliminary results. *Čas. Slez. Muz. Opava (A)* **62**: 255-266.
- Šuláková H, 2014. Forenzní entomologie – když smrt je začátek. *Živa* **5**: 250-256.
- Šuláková H., Barták M. & Vaněk J. (2014) Bzučivkovití (Diptera, Calliphoridae) české části Krkonoš. *Opera Corcontica*, 51: 165-176
- Šuláková H, Straus J, Porada V. 2017. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Aleš Čeněk, Plzeň.
- Šustek Z. 1981. Mrchožroutovití Československa Coleoptera Silphidae. *Zprávy Československé společnosti entomologické při ČSAV, Opava*.
- Trofimov GK. 1965. A brief review of synanthropic flies Muscidae, Calliphoridae and Sarcophagidae of the Talysh region of the Caucasus. *S. M. Kirov Institute of Medical Parasitology and Tropical Medicine* **2**: 357-361
- Wigglesworth VB. 2019. *Encyclopaedia Britannica*. Encyclopaedia Britannica Inc. Available from <https://www.britannica.com/animal/insect> (accessed February 2020).

## 9 Samostatné přílohy

### 9.1 Tabulky

Tabulka 6: Druhové a početní zastoupení druhů řádu Diptera na biotopu sídliště

ks	Sídliště - Diptera					celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>45</b>	<b>59</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>109</b>
<i>Calliphora vicina</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysomya albiceps</i>	11	28	5	0	0	44
<i>Lucilia sericata</i>	34	31	0	0	0	65
<b>Muscidae:</b>	<b>186</b>	<b>49</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>269</b>
<i>Hydrotaea capensis</i>	16	7	34	0	0	57
<i>Hydrotaea ignava</i>	126	42	0	0	0	168
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina angustifrons</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina prolapsa</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina stabulans</i>	44	0	0	0	0	44
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>55</b>	<b>109</b>	<b>85</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>270</b>
<i>Sarcophaga africa (M)</i>	1	3	11	3	2	20
<i>Sarcophaga jacobsoni (M)</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Sarcophaga lehmanni (M)</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Sarcophaga variegata (M)</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Sarcophaginae sp. (F - tmavý 5. tergit)</i>	23	41	26	0	0	90
<i>Sarcophaginae sp. (F - oranžový 5. tergit)</i>	27	65	47	8	8	155
<b>Fanniidae:</b>	<b>67</b>	<b>109</b>	<b>100</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>306</b>
<i>Fannia canicularis (M)</i>	0	16	7	1	2	26
<i>Fannia scalaris (M)</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Fannia sp. (F)</i>	67	93	93	12	15	280
<b>Piophilidae:</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>55</b>
<i>Piophila casei</i>	14	0	41	0	0	55
<b>Phoridae:</b>	<b>139</b>	<b>81</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>235</b>

Tabulka 7: Druhové a početní zastoupení řádu Diptera na biotopu moře

ks	Moře - Diptera					celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Calliphora vicina</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Chrysomya albiceps</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Lucilia sericata</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Muscidae:</b>	<b>73</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>95</b>
<i>Hydrotaea capensis</i>	0	0	0	6	2	<b>8</b>
<i>Hydrotaea ignava</i>	48	11	0	0	0	<b>59</b>
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Muscina angustifrons</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Muscina prolapsa</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Muscina stabulans</i>	25	3	0	0	0	<b>28</b>
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>46</b>
<i>Sarcophaga africa (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga jacobsoni (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga lehmanni (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga variegata (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaginae sp. (F - tmavý 5. tergit)</i>	5	16	0	0	0	<b>21</b>
<i>Sarcophaginae sp. (F - oranžový 5. tergit)</i>	7	2	4	7	5	<b>25</b>
<b>Fanniidae:</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>63</b>
<i>Fannia canicularis (M)</i>	1	0	16	8	0	<b>25</b>
<i>Fannia scalaris (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Fannia sp. (F)</i>	7	0	0	31	0	<b>38</b>
<b>Piophilidae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Piophila casei</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Phoridae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

**Tabulka 8: Druhové a početní zastoupení druhů řádu Diptera na biotopu stáj**

ks	Stáj - Diptera					celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>22</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>68</b>
<i>Calliphora vicina</i>	13	0	0	0	0	13
<i>Chrysomya albiceps</i>	0	17	0	0	0	17
<i>Lucilia sericata</i>	9	29	0	0	0	38
<b>Muscidae:</b>	<b>96</b>	<b>168</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>293</b>
<i>Hydrotaea capensis</i>	31	127	10	0	8	176
<i>Hydrotaea ignava</i>	27	35	0	0	0	62
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	0	4	4
<i>Muscina angustifrons</i>	0	0	0	0	3	3
<i>Muscina prolapsa</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Muscina stabulans</i>	38	6	0	3	0	47
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>90</b>
<i>Sarcophaga africa (M)</i>	1	0	0	0	3	4
<i>Sarcophaga jacobsoni (M)</i>	0	0	0	0	2	2
<i>Sarcophaga lehmanni (M)</i>	1	7		1	3	12
<i>Sarcophaga variegata (M)</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaginae sp. (F - tmavý 5. tergít)</i>	20	7	8	0	4	39
<i>Sarcophaginae sp. (F - oranžový 5. tergít)</i>	26	4	0	0	3	33
<b>Fanniidae:</b>	<b>141</b>	<b>14</b>	<b>39</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>212</b>
<i>Fannia canicularis (M)</i>	27	12	5	0	2	46
<i>Fannia scalaris (M)</i>		2	0	0	0	2
<i>Fannia sp. (F)</i>	114	0	34	0	16	164
<b>Piophilidae:</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
<i>Piophila casei</i>	3	0	0	2	0	5
<b>Phoridae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>16</b>

**Tabulka 9: Druhové a početní zastoupení druhů řádu Diptera na biotopu obytná zóna**

ks	Obytná zóna - Diptera					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>59</b>
<i>Calliphora vicina</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Calliphora vomitoria</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysomya albiceps</i>	2	9	2	0	0	13
<i>Lucilia ampullacea</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lucilia caesar</i>	1	0	5	0	2	8
<i>Lucilia illustris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lucilia sericata</i>	4	17	4	0	6	31
<i>Pollenia pediculata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pollenia rudis</i>	2	3	2	0	0	7
<b>Muscidae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<i>Hydrotaea dentipes</i>	0	0	2	0	0	2
<i>Hydrotaea ignava</i>	0	0	1	0	1	2
<i>Muscina levida</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina pascuorum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina prolapsa</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
<i>Ravinia pernix</i>	0					0
<i>Sarcophaga carnaria</i> (M)	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaga lehmanni</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaga melanura</i> (M)	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaga similis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaga variegata</i> (M)	0	0	0	0	0	0
<i>Sarcophaginae sp.</i> (F - tmavý 5. tergit)	0	3	2	1	1	7
<b>Fanniidae:</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>31</b>
<i>Fannia canicularis</i> (M)	0	0	0	0	0	0
<i>Fannia scalaris</i> (M)	0	0	0	0	0	0
<i>Fannia sp.</i> (F)	0	5	6	12	8	31
<b>Piophilidae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Parapiophila vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Stearibia nigriceps</i>	0	0	0	0	0	0
<b>Phoridae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>Psychodidae</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Clogmia albipunctata</i>	0	0	0	0	0	0

**Tabulka 10: Druhové a početní zastoupení druhů řádu Diptera na biotopu rybník**

ks	Rybník - Diptera					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>8</b>	<b>34</b>	<b>139</b>	<b>73</b>	<b>24</b>	<b>278</b>
<i>Calliphora vicina</i>	0	0	16	0	0	<b>16</b>
<i>Calliphora vomitoria</i>	0	0	14	0	0	<b>14</b>
<i>Chrysomya albiceps</i>	1	16	96	9	9	<b>131</b>
<i>Lucilia ampullacea</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Lucilia caesar</i>	1	1	4	47	15	<b>68</b>
<i>Lucilia illustris</i>	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Lucilia sericata</i>	5	15	9	17	0	<b>46</b>
<i>Pollenia pediculata</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Pollenia rudis</i>	0	2	0	0	0	<b>2</b>
<b>Muscidae:</b>	<b>4</b>	<b>93</b>	<b>264</b>	<b>24</b>	<b>56</b>	<b>441</b>
<i>Hydrotaea dentipes</i>	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Hydrotaea ignava</i>	1	82	201		36	<b>320</b>
<i>Muscina levida</i>	1	1	1			<b>3</b>
<i>Muscina pascuorum</i>	0	1	1	17	7	<b>26</b>
<i>Muscina prolapsa</i>	1	9	61	7	10	<b>88</b>
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	0	0	3	<b>3</b>
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>57</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>106</b>
<i>Ravinia pernix</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga carnaria (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga lehmanni</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga melanura (M)</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga similis</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Sarcophaga variegata (M)</i>	0	0	3	0	0	<b>3</b>
<i>Sarcophaginae sp. (F - tmavý 5. tergit)</i>	2	11	54	31	5	<b>103</b>
<b>Fanniidae:</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	<b>292</b>	<b>162</b>	<b>54</b>	<b>607</b>
<i>Fannia canicularis (M)</i>	0	0	7	0	0	<b>7</b>
<i>Fannia scalaris (M)</i>	0	2	0	0	0	<b>2</b>
<i>Fannia sp. (F)</i>	46	51	285	162	54	<b>598</b>
<b>Piophilidae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Parapiophila vulgaris</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Stearibia nigriceps</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Phoridae:</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Psychodidae</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

**Tabulka 11: Druhové a početní zastoupení druhů řádu Diptera na biotopu pastvina**

ks	Pastvina - Diptera					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
<b>Calliphoridae:</b>	<b>29</b>	<b>344</b>	<b>46</b>	<b>12</b>	<b>40</b>	<b>471</b>
<i>Calliphora vicina</i>	0	0	0	0	3	<b>3</b>
<i>Calliphora vomitoria</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<i>Chrysomya albiceps</i>	6	169	10	5	4	<b>194</b>
<i>Lucilia ampullacea</i>	0	0	1	0	0	<b>1</b>
<i>Lucilia caesar</i>	6	3	0	1	11	<b>21</b>
<i>Lucilia illustris</i>	0		0	0	0	<b>0</b>
<i>Lucilia sericata</i>	15	161	29	6	22	<b>233</b>
<i>Pollenia pediculata</i>	1	3	0	0	0	<b>4</b>
<i>Pollenia rudis</i>	1	8	6	0	0	<b>15</b>
<b>Muscidae:</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>85</b>	<b>162</b>
<i>Hydrotaea dentipes</i>	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Hydrotaea ignava</i>	1	34	18	17	47	<b>117</b>
<i>Muscina levida</i>	0	0	1	0	9	<b>10</b>
<i>Muscina pascuorum</i>	0	0	0	0	1	<b>1</b>
<i>Muscina prolapsa</i>	1	1	1	0	23	<b>26</b>
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	2	0	5	<b>7</b>
<b>Sarcophagidae:</b>	<b>7</b>	<b>47</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>46</b>	<b>136</b>
<i>Ravinia pernix</i>	0	2	1	2	7	<b>12</b>
<i>Sarcophaga carnaria</i> (M)	0	0	1	0	3	<b>4</b>
<i>Sarcophaga lehmanni</i>	0	0	0	0	2	<b>2</b>
<i>Sarcophaga melanura</i> (M)	0	3	2	0	3	<b>8</b>
<i>Sarcophaga similis</i>	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Sarcophaga variegata</i> (M)	0	0	1	1	13	<b>15</b>
<i>Sarcophaginae sp. (F</i> <i>- tmavý 5. tergit)</i>	6	42	18	10	18	<b>94</b>
<b>Fanniidae:</b>	<b>35</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>55</b>	<b>125</b>
<i>Fannia canicularis</i> (M)	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Fannia scalaris</i> (M)	0	0	0	0	2	<b>2</b>
<i>Fannia sp. (F)</i>	34	3	20	12	53	<b>122</b>
<b>Piophilidae:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>19</b>
<i>Parapiophila vulgaris</i>	0	0	1	0	0	<b>1</b>
<i>Stearibia nigriceps</i>	0	0	1	0	17	<b>18</b>
<b>Phoridae:</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
<b>Psychodidae</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Clogmia albipunctata</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>



**Tabulka 12: Početní zastoupení čeledí řádu Coleoptera na biotopu obytná zóna**

ks	Coleoptera – Obytná zóna					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	$\Sigma$
Silphidae	0	2	1	0	0	3
Dermestidae	1	0	6	3	0	10
Nitidulidae	0	0	1	0	0	1
Histeridae	0	2	6	0	0	8
Staphylinidae	0	0	2	0	0	2

**Tabulka 13: Početní zastoupení čeledí řádu Coleoptera na biotopu pastvina**

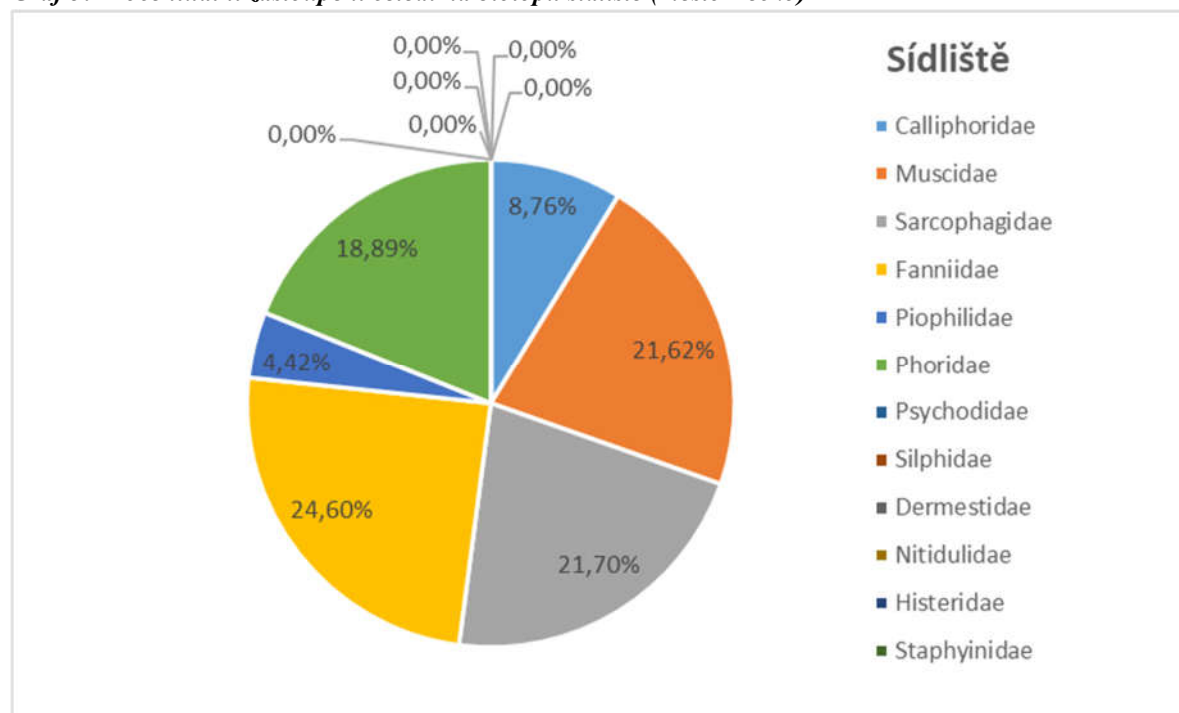
ks	Coleoptera - Pastvina					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	$\Sigma$
Silphidae	0	0	3	0	0	3
Dermestidae	0	0	2	1	0	3
Nitidulidae	0	0	0	0	0	0
Histeridae	3	4	2	1	0	10
Staphylinidae	2	0	0	0	0	2

**Tabulka 14: Početní zastoupení čeledí řádu Coleoptera na biotopu rybník**

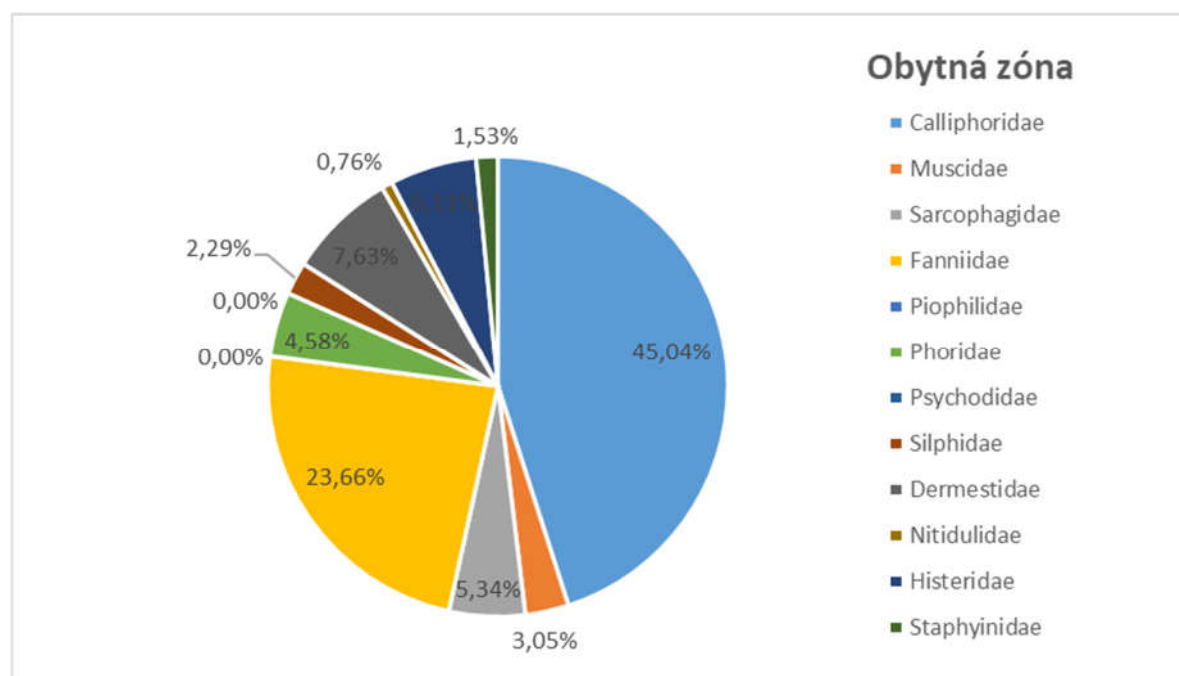
ks	Coleoptera – Rybník					Celkem
týden	1.	2.	3.	4.	5.	$\Sigma$
Silphidae	0	0	1	0	1	2
Dermestidae	0	0	0	0	0	0
Nitidulidae	0	0	0	0	0	0
Histeridae	0	0	0	0	0	0
Staphylinidae	4	2	38	0	0	44

## 9.2 Grafy

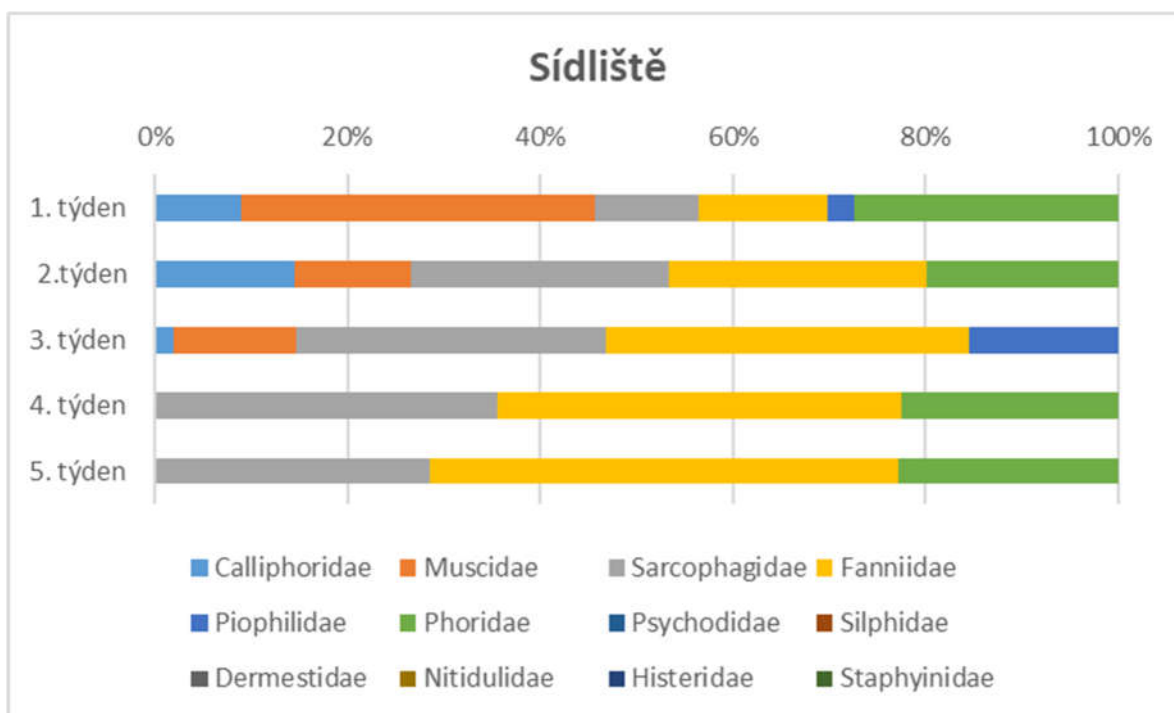
Graf 5: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu sídliště (město Řecko)



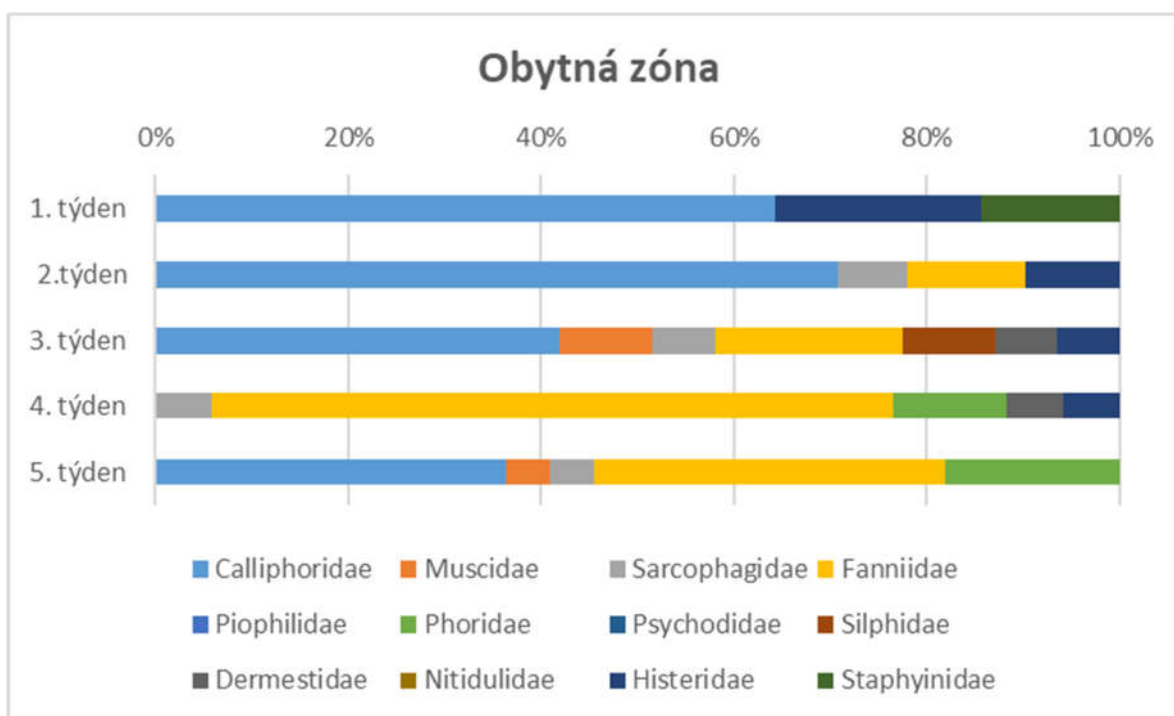
Graf 6: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu obytná zóna (město ČR)



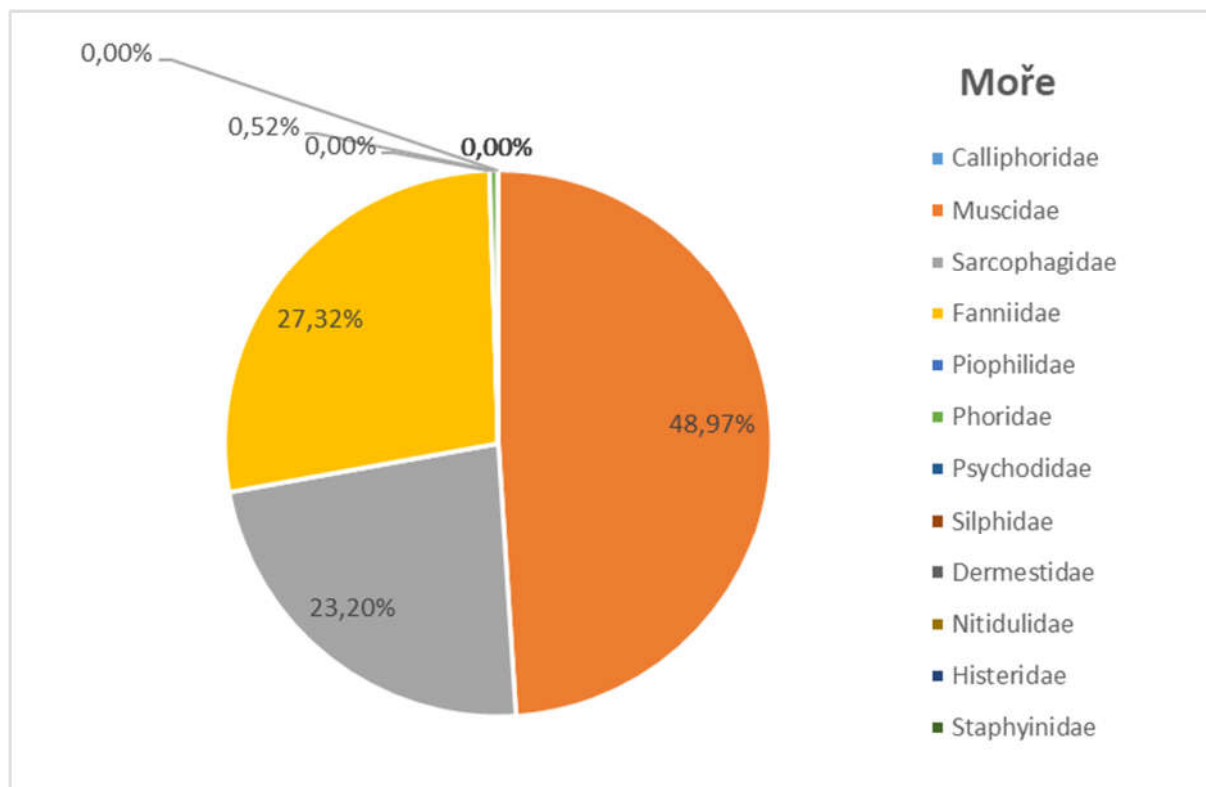
**Graf 7: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu sídliště v průběhu týdnů (město Řecko)**



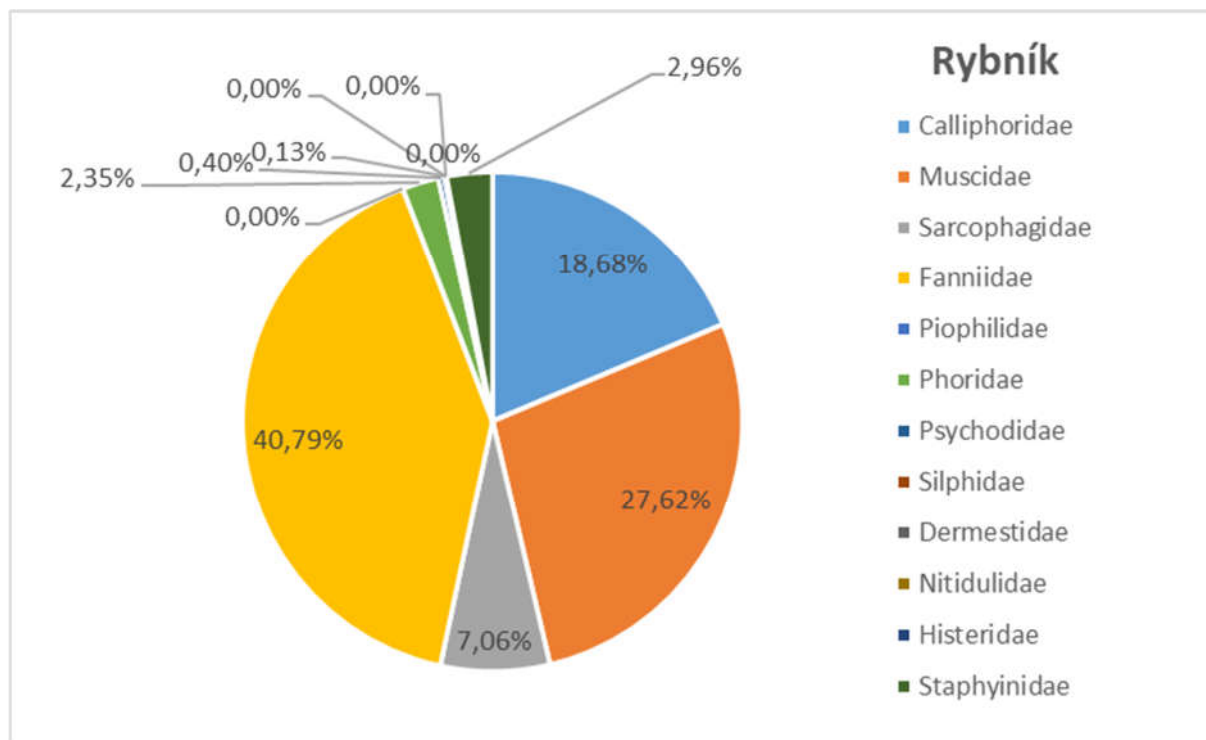
**Graf 8: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu obytná zóna v průběhu týdnů (město ČR)**



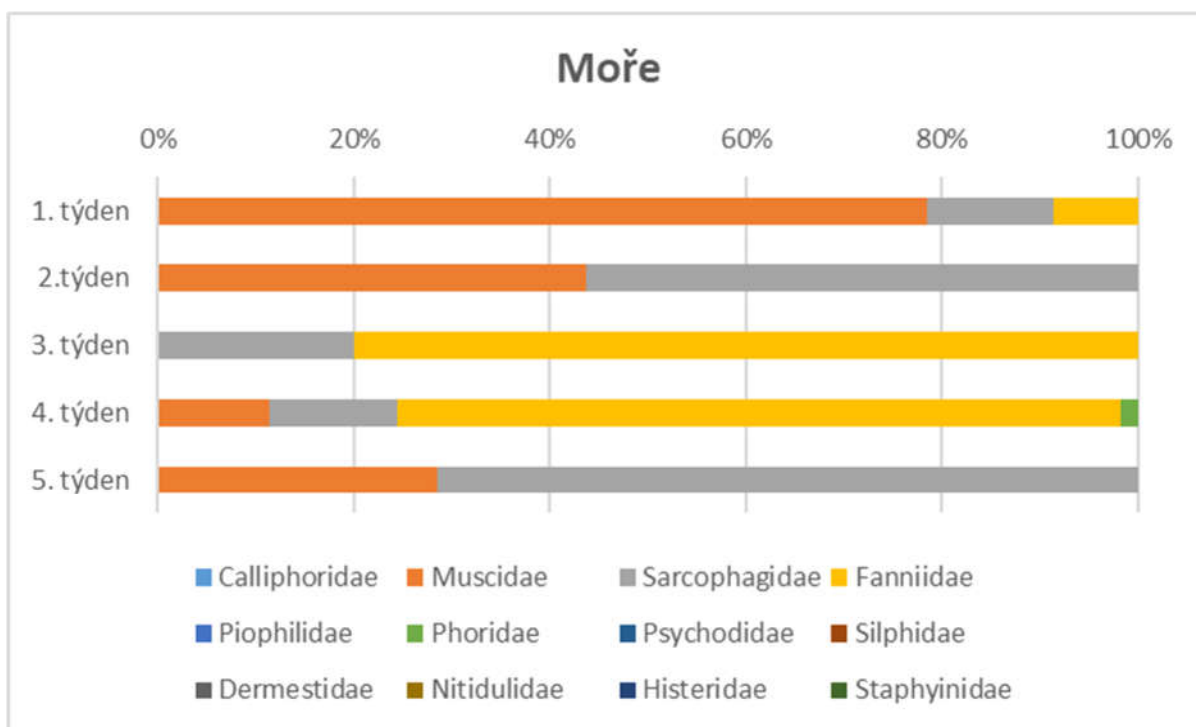
Graf 9: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu moře (voda Řecko)



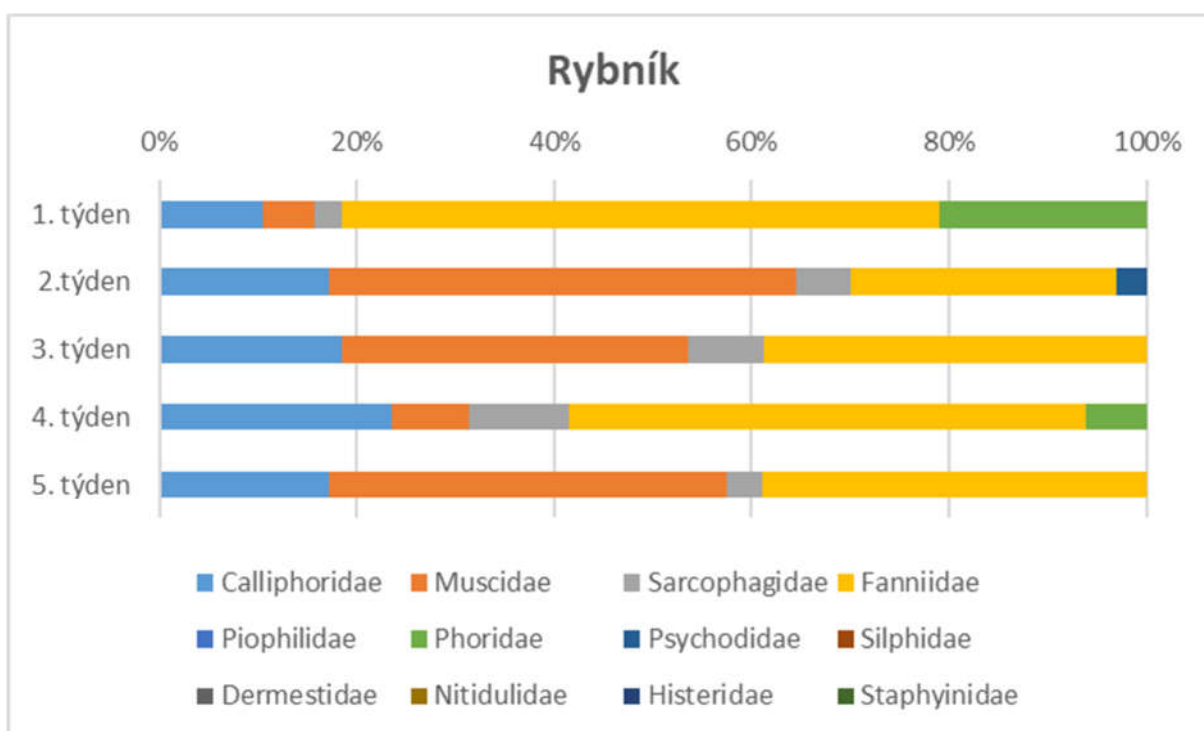
Graf 10: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu rybník (voda ČR)



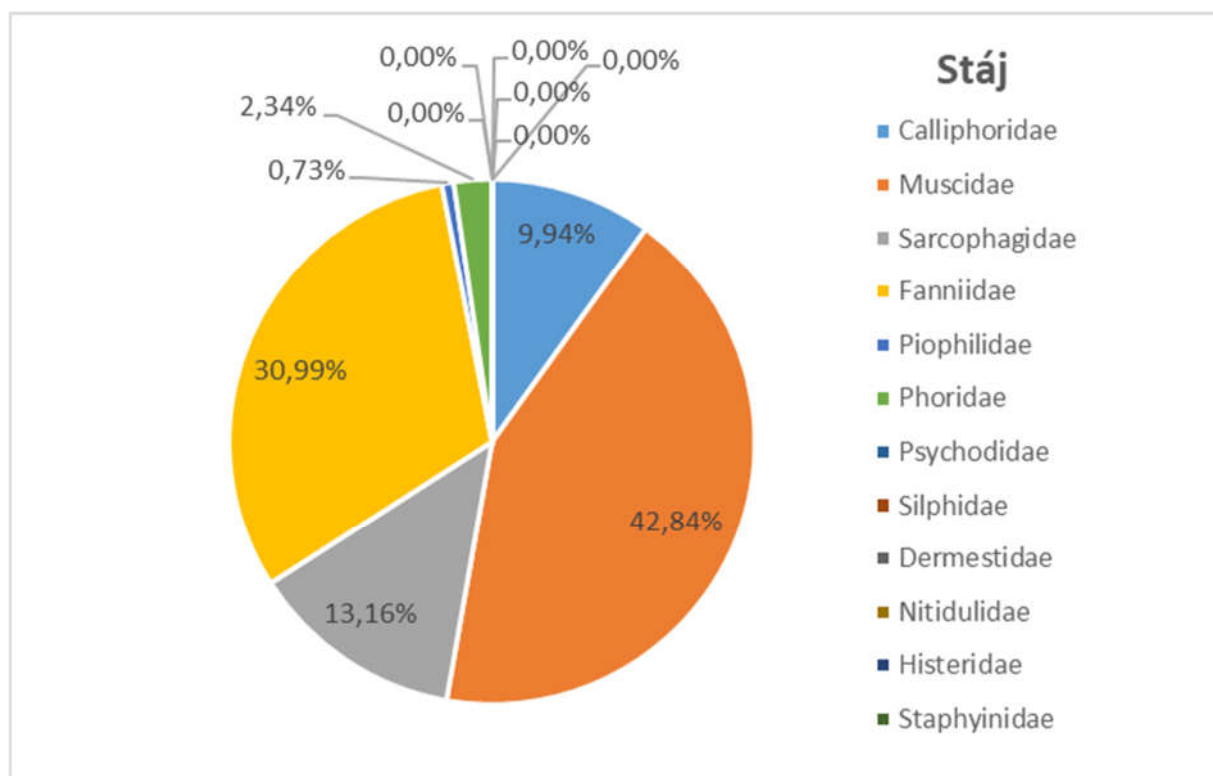
**Graf 11: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu moře v průběhu týdnů (voda Řecko)**



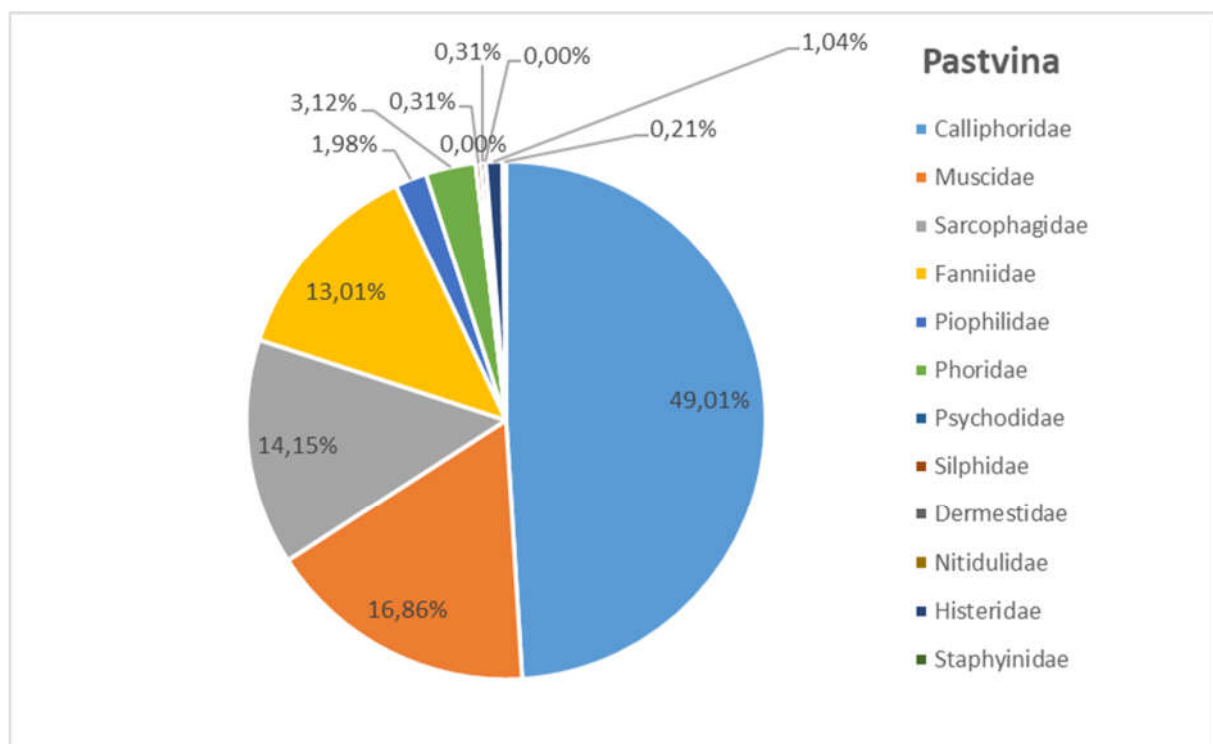
**Graf 12: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu rybník v průběhu týdnů (voda ČR)**



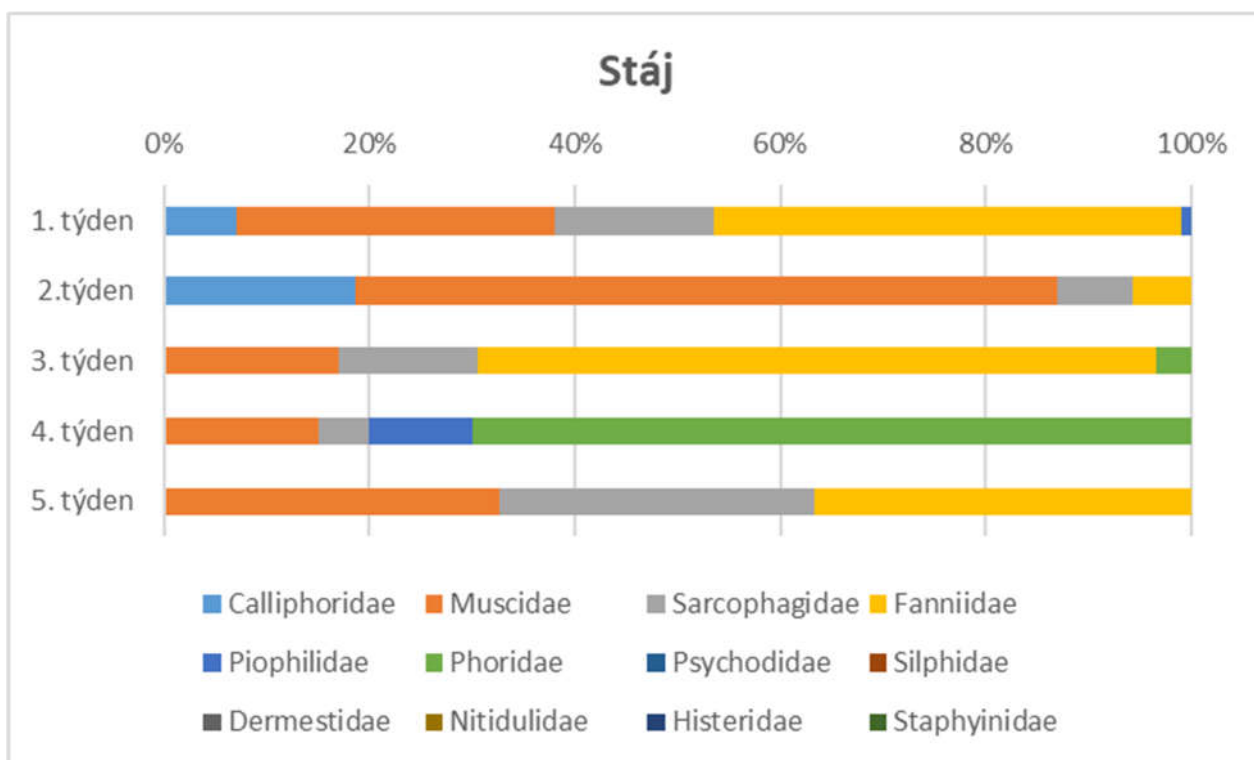
Graf 13: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu stáj (zvířata Řecko)



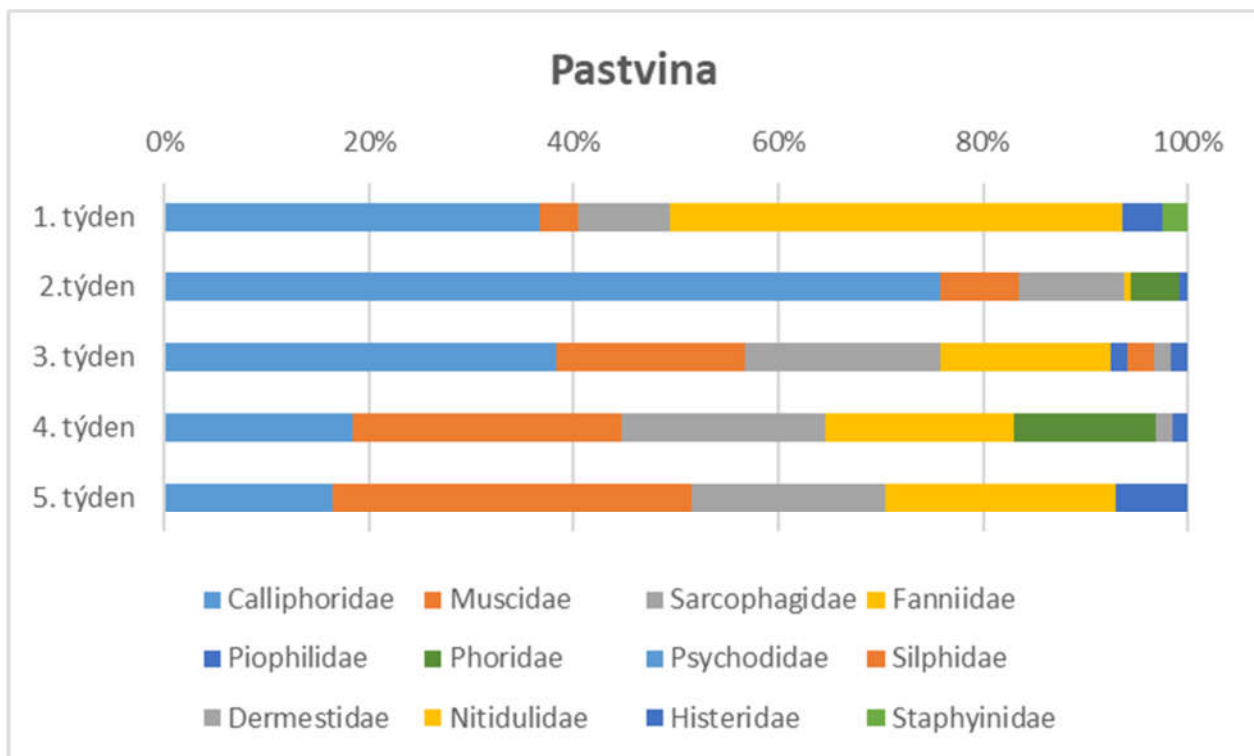
Graf 14: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu pastvina (zvířata ČR)



**Graf 15: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu stáj v průběhu týdnů (zvířata Řecko)**



**Graf 16: Procentuální zastoupení čeledí na biotopu pastvina v průběhu týdnů (zvířata ČR)**

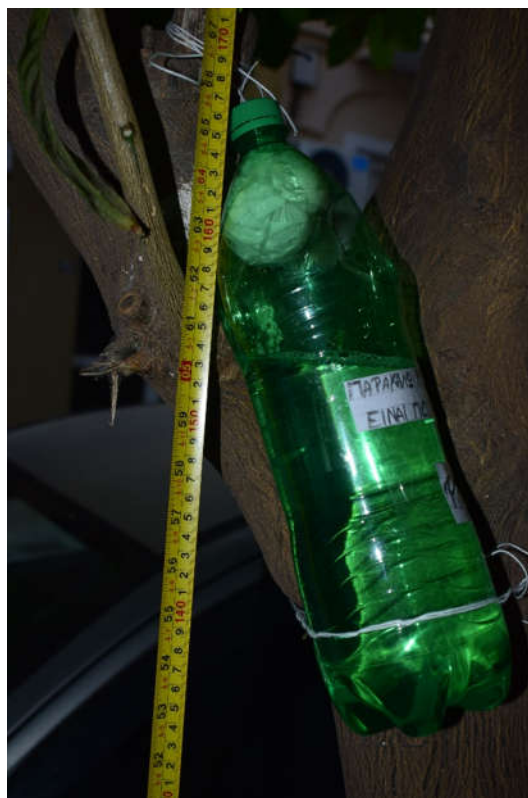


## 9.3 Fotografie

*Obrázek 1: biotop sídliště, ulice Griva Digeni v Aténách*



*Obrázek 2: umístění pasti na biotop sídliště*





*Obrázek 3: biotop moře*



*Obrázek 4: umístění jedné z pastí na biotop moře*



*Obrázek 5: biotop stáj a umístění jedné z pastí*



*Obrázek 6: jeden z výběhů pro zvířata na biotopu stáj*



*Obrázek 7: umístění jedné z pastí na biotop zvířata*



*Obrázek 8: biotop zahrada*



**Obrázek 9: umístění pasti na biotop obytná zóna**



**Obrázek 10: umístění pasti na biotop rybník**



*Obrázek 11: umístění pasti na biotopu pastvina*



*Obrázek 12: hnojiště na biotopu pastvina*



*Obrázek 13: hotová prteinová past připravena k instalaci*



*Obrázek 14: vletové otvory musely mít stejné rozměry*



*Obrázek 15: vážení svaloviny tresky obecné do jednotlivých pastí*



*Obrázek 16: přesouvání nasbíraného materiálu do transportní nádoby*



*Obrázek 17: přelévání smrtícího roztoku s materiálem přes sítko*

