

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Chování larev čeledi Calliphoridae při migraci z kadáveru**

**Bakalářská práce**

**Klára Havlíčková**

**Speciální chovy**

**Vedoucí práce: prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.  
Konzultantka práce: plk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D.**

© 2022 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Chování larev čeledi Calliphoridae při migraci z kadáveru“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. dubna

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc., za jeho odbornou pomoc, trpělivost a vstřícnost při zpracování této bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat své konzultantce, plk. Ing. Haně Šulákové, Ph.D., za její odborné rady, vstřícnost, trpělivost a čas, který mi věnovala. Bez její a profesorovi pomoci a energie, by tato práce vznikla velice obtížně. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým přátelům a rodině, za jejich morální a psychickou podporu při psaní této bakalářské práce.

# Chování larev čeledi Calliphoridae při migraci z kadáveru

## Souhrn

Tématem této bakalářské práce bylo, jak se jednotlivé larvy z čeledi Calliphoridae chovají v době, kdy migrují z kadáveru za účelem kuklení. Chování larev při migraci, respektive jaký směr si vybírají, do jaké vzdálenosti putují a za jakých podmínek se nakonec kuklí, má mimořádný význam pro forenzní entomologii a její využití v kriminalistické praxi. Získané údaje umožňují na místě nálezu mrtvého těla řádně zajistit relevantní entomologický materiál, který se tímto stává významnou kriminalistickou stopou. Snahou při zajišťování entomologických stop je především získat první generace hmyzu, které se na mrtvém vyvíjely, a podchytit maximum druhového spektra, vše s cílem co nejpřesněji ustanovit dobu kolonizace mrtvého hmyzem a zjistit tak post mortem interval. Bez znalostí o migraci larev, které mrtvé tělo opustily ještě před jeho nálezem, může vést k chybnému zajištění vzorků a následně chybným závěrům o tzv. stáří mrtvol. Na začátku této bakalářské práce byla ustanovena nulová hypotéza, že migrace larev je rovnoměrná do všech stran od krmného substrátu.

Praktickou část představoval terénní experiment, který proběhl v období od června 2021 do července 2021. Jako krmný substrát byly použity mrtvé slepice kura domácího (vyřazené nosnice). V průběhu celého experimentu bylo sledováno chování larev much čeledi Calliphoridae, aby byl podchycen začátek jejich migrační fáze. Jakmile larvy ukončily svou krmnou fázi a začaly migrovat do okolí, byl zhodnocen směr a způsob migrace. Z migrujících larev byly odebrány vzorky, které byly poté zaslány do Kriminalistického ústavu v Praze k odchovu z důvodu jejich identifikace. Analýzou získaných dat bylo zjištěno, že larvy druhu *Lucilia sericata* upřednostňovaly migraci ve skupinách a u všech kadáverů preferovaly západní směr. Porovnáním vlastních dat s literárními údaji ukázalo významné rozdíly v rozptylu larev a směru jejich migrace. Výsledky terénního experimentu nepotvrdily nulovou hypotézu o rovnoměrném směřování larev od krmného substrátu.

**Klíčová slova:** *Lucilia*, PMI, kadáver, DNA, larva

# Behavior of larvae of the family Calliphoridae during migration from the carcass

## Summary

The topic of this bachelor's thesis was how individual larvae of the family Calliphoridae behave at the time when they migrate from the carcass for pupae. The behaviour of larvae during migration, or what direction they choose, how far they travel and under what conditions they eventually pupate, is extremely important for forensic entomology and its use in forensic practice. The obtained data make it possible to properly find and collect the relevant entomological material at the place of finding the dead body, which thus becomes a significant criminalistic trace. The main goal in collecting entomological traces is to obtain the first generations of insects that have developed on the dead and to capture the maximum of the species spectrum, all to establish the dead of colonization of the dead by insects and find out the post mortem interval. Without knowledge of the migration of larvae that left the corpse before its finding, it can lead to incorrect collecting of samples and subsequent erroneous conclusions about the so-called age of the corpse. At the beginning of this bachelor thesis, a null hypothesis was established that larval migration is uniform in all directions from the feed substrate.

The practical part was a field experiment, which took place in the period from June 2021 to July 2021. Dead chickens (discarded laying hens) were used as feed substrates. Throughout the experiment, the behaviour of fly larvae of the family Calliphoridae was monitored to capture the beginning of their migration phase. As soon as the larvae finished their feeding phase and began to migrate to the surroundings, the direction and method of migration were evaluated. Samples were taken from migrating larvae, which were then sent to the Institute of Criminalistics in Prague for breeding for identification purposes. The analysis of the obtained data showed that the larvae of the species *Lucilia sericata* preferred migration in groups and in all carcasses they preferred the western direction. Comparison of own data with published data showed significant differences in larval dispersion and direction of their migration. The results of the field experiment did not confirm the null hypothesis that the larvae were evenly directed from the feed substrate.

**Keywords:** *Lucilia*, PMI, carcass, DNA, larvae

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1 Úvod.....  | 7  |
| 2 Cíl práce.....   | 8  |
| 3 Literární rešerše.....                                   | 9  |
| 3.1 Počátky forenzní entomologie.....                      | 9  |
| 3.2 Rozkladný proces.....                                  | 10 |
| 3.3 Význam nekrofágního hmyzu.....                         | 14 |
| 3.3.1 Rozklad činností hmyzu.....                          | 15 |
| 3.3.2 Migrační fáze larev.....                             | 16 |
| 3.3.3 Význam migrace larev pro kriminalistickou praxi..... | 18 |
| 3.3.4 Využití nekrofágního hmyzu v medicíně.....           | 19 |
| 3.4 Významní zástupci řádu Diptera.....                    | 20 |
| 3.4.1 Bzučivkovití (Calliphoridae).....                    | 20 |
| 3.4.1.1 <i>Lucilia caesar</i> (Linnaeus, 1758).....        | 21 |
| 3.4.2 Masařkovití (Sarcophagidae).....                     | 22 |
| 3.4.2.1 <i>Sarcophaga</i> sp. (Meigen, 1826).....          | 23 |
| 4 Metodika.....  | 24 |
| 4.1 Příprava pokusných stanovišť.....                      | 24 |
| 4.2 Příprava pokusných zvířat.....                         | 25 |
| 4.3 Dokumentace terénního pokusu.....                      | 25 |
| 4.4 Klimatické podmínky.....                               | 25 |
| 4.5 Odchov a determinace hmyzu.....                        | 26 |
| 5 Výsledky experimentu.....                                | 26 |
| 5.1 Rozkladný proces.....                                  | 27 |
| 5.1.1 Kadáver č. 1.....                                    | 27 |
| 5.1.2 Kadáver č. 2.....                                    | 28 |
| 5.1.3 Kadáver č. 3.....                                    | 30 |
| 5.1.4 Kadáver č. 4.....                                    | 32 |
| 5.2 Migrace larev.....                                     | 34 |
| 6 Diskuse.....   | 35 |
| 7 Závěr.....   | 38 |
| 8 Literatura.....  | 39 |
| 9 Samotné přílohy.....                                     | I  |

# 1 Úvod

Počátky forenzní entomologie v České republice lze vysledovat do sedmdesátých let dvacátého století, přesto i v současnosti představuje vědní obor, který se neustále rozvíjí. Přes mnoho zahraničních studií, které se touto problematikou zabývají, mnohé jejich poznatky nemůžeme uplatnit v našich klimatických podmínkách. Důvodem je široká škála faktorů, zejména rozdílný průběh teplot, délky světelné části dne, vlhkosti apod., které ovlivňují jak celkovou dobu rozkladu, tak druhové složení nekrofágů, nebo také jejich chování. Doplnění stávajících znalostí a ověření zahraničních dat byly hlavními důvody vzniku této bakalářské práce. Základním cílem bylo přispět novými poznatky a ověření již známých informací tohoto zajímavého oboru.

Historie forenzní entomologie se datuje už od 13. století, kdy byl poprvé objasněn nejstarší známý případ. Ve středověké Číně roku 1235 napsal čínský právník Sung Tz'ü školitelský manuál o vyšetřování příčin smrti, který nazval „Vymítání zla“ (ang. Washing Away of Wrongs). V této lékařsko-právní příručce byl popsán případ vraždy mezi rolníky, ve kterém mouchy vycítily latentní zbytky krve na jednom ze srpů a začaly na něj nalétat. Takto byla pomocí hmyzu identifikována vražedná zbraň a později i samotný vrah, který se pod tíhou důkazů k vraždě kolegy přiznal. Tento případ napomohl k odstartování forenzní entomologie, jako vědního oboru, který dnes známe (Gennard 2007).

Existuje řada metod z jejichž pomocí můžeme stanovit posmrtný interval (lat. Post Mortem Interval, PMI). Avšak jedním z nejspolehlivějších způsobů odhadu, představuje kombinace sledování změn na těle a zhodnocení místa smrti, respektive činu nebo nálezu. Mezi nejsledovanější posmrtné změny patří pojmy jako je **rigor mortis**, **livor mortis**, **algor mortis a rozklad**. Dále nám může pomoci při určení PMI obsah žaludku a stupeň natrávení jeho obsahu (Dix & Graham 2000). Kromě těchto změn na těle je možné při stanovení PMI využít hmyz, který se vyskytuje na těle a v jeho okolí. Významnou součástí zajišťování entomologických stop je vyhledání migrujících larev a případných kulek v okolí mrtvého (Šuláková 2019).

Ve forenzní entomologii se využívá řada skupin hmyzu. Mezi nejvýznamnější patří zástupci z čeledi Calliphoridae a Muscidae. Calliphoridae patří mezi primární kolonizátory kadáveru a Muscidae mezi sekundární. Kadáver v průběhu rozkladu, prochází několika sukcesními vlnami. První z nich charakterizuje čerstvé tělo, na kterém začíná první kolonizace. Při druhé se tělo nadýmá působením bakterií v trávicím traktu. Třetí vlna je rozdělena do dvou fází, v rámci, kterých dochází ke zmýdelňování tuků a fermentaci proteinů. Čtvrtá představuje pokročilý rozklad těla a je pro ni typická čpavková fermentace. V posledních dvou sukcesních vlnách dochází k vysychání a následné skeletonizaci kadáveru (Šuláková 2017; Šuláková 2019). V průběhu těchto sukcesních vln dochází k vývinu jednotlivých generací larev. Oviparní samice čeledi Calliphoridae kladou vajíčka zejména na čerstvou mrtvolu. Z vylíhlých larev se po růstu a dvojím svlékání stávají larvy III. instaru. Toto stadium se dělí do dvou fází, a to **krmné a migrační**. Při migrační fázi se nakrmené larvy přesouvají z biochemicky aktivního kadáveru do jeho okolí, aby se mohly zakuklit. V čím pozdější sukcesní vlně se kadáver nachází, tím blíže se larvy kuklí (Povolný 1979; Šuláková 2017; Šuláková 2019). Získání informací o podmínkách a směrování migrace larev je tématem této bakalářské práce.

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši, která bude zaměřená na chování larev čeledi Calliphoridae při migraci z kadáveru, za účelem kuklení, se zaměřením na způsob a směr migrace. Součástí práce bylo vypracování experimentu, který potvrdí či vyvrátí hypotézu:

Larvy čeledi Calliphoridae migrují z kadáveru rovnoměrně do všech směrů.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Počátky forenzní entomologie

Hmyz je využíván při odhalování trestných činů již po dlouhou dobu a o historii forenzní entomologie psala celá řada badatelů (Benecke 2001; Greenberg & Kunich 2002). Již v druhé polovině desátého století byly v Číně zaznamenány případy, ve kterých se mouchy a další hmyz staly nedílnou součástí vyšetřovacích prostředků používaných na místě činu (Cheng, 1890; cited in Greenberg & Kunich 2002). V roce 1235 vyšel pod názvem „Vymytání zla“ (angl. Washing Away of wrongs) (viz Obrázek č. 1) školitelský manuál o vyšetřování příčin smrti, který napsal Sung Tz'ü. V této lékařsko-právní příručce byl zaznamenán i případ vraždy mezi rolníky, ve kterém mouchy vycítily latentní zbytky krve na jednom ze srpů a začaly na něj nalétávat. Takto byla pomocí hmyzu identifikována vražedná zbraň. Majitel srpu se pod tíhou důkazů následně přiznal k vraždě svého kolegy (Gennard 2007; Tomberlin & Benhow 2015).

Mezi třináctým a devatenáctým stoletím došlo k významnému rozvoji v biologických disciplínách a současně byly položeny základy moderní forenzní entomologie, která se tímto mohla stát samotným vědním oborem. V uvedeném období byla realizována celá řada experimentů a dva nejpozoruhodnější se staly v Itálii. První uskutečnil Redi (1668), který za pomoci masa od různých zvířat prokázal, že larvy nevznikají samovolně, ale vyvíjejí se z vajíček nakladených mouchami. Druhou významnou prací byla Linného (1775) publikace o systému klasifikace. Linného taxonomické práce poskytly prostředky ke třídění hmyzu, včetně forenzně důležitých much, mezi které patří např. *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758). Vývoj biologických věd, zejména taxonomie a zákonitosti rozkladných procesů, formoval základy, ze kterých se podařilo určit délku životních cyklů hmyzu, jeho jednotlivých fází a mohly být vyvinuty i ukazatele určující dobu smrti (Gennard 2007).

V polovině devatenáctého století se ve Francii stal zvláště významný případ, který lze označit za stěžejní pro novodobé pojetí forenzní entomologie. Na jeho základě se stala uznávaným nástrojem kriminalistiky. Na počátku případu byl nález mrtvého novorozence, jehož mumifikované tělo bylo objeveno v roce 1850 v jednom penzionu během renovačních prací. Tělíčko bylo zazděné v komíně za krbovou římsou. Pitvu mumifikovaného novorozence provedl doktor Marcel Bergeret a objevil larvy mouchy *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) a kukly motýlů, respektive můr. Na základě nalezeného hmyzu vypočítal délku vývojových cyklů nalezeného hmyzu a učinil závěr, že tělo dítěte bylo do krbu zazděno již v roce 1848. Na základě tohoto odhadu post mortem intervalu (doby od smrti) byla z vraždy obviněna rodina, která v domě žila do roku 1848, a současní majitelé byli osvobozeni (Bergeret 1855).

Dalším významným bodem v historii moderní forenzní entomologie byla pozorování a závěry, které učinil francouzský lékař Megnin (1894). Ve své publikaci „Fauna mrtvolná: Aplikace entomologie v soudním lékařství“ (franc. La Faune des Cadavres: Application de l'Entomologie á la Medicine Legale) popsal osm etap rozkladu lidského těla činností hmyzu. Současně uvedl, v jaké posloupnosti nekrofágní hmyz kolonizuje tělo po smrti. Následně bylo prokázáno, že tyto rozkladné fáze se projevují změnou rychlosti a závislosti na podmínkách prostředí, včetně teploty, ale také například i tím, zda byla mrtvola

oblečena či nikoliv. Megnin (1894) tvrdil, že celková posloupnost rozkladných procesů a druhové složení hmyzu asociované s jednotlivými fázemi odpovídá rozkladu mrtvých těl mnoha dalších živočišných druhů. Znalosti o sukcesi hmyzu na mrtvolách, uvedené v Meginově práci, se staly pro forenzní entomology na mnoho desítek let základem pro určení doby smrti (Gennard 2007).

Ve dvacátém století se opakovaně ukázal význam forenzní entomologie v různých trestních případech a soudních sporech, ve kterých k jejich vyřešení a rozsudku napomohli hmyzí kolonizátoři lidských mrtvol nalezených na souši, ale také těl či jejich částí zajištěných ve vodě. Například dne 29. září 1935 bylo ve skotské řece, poblíž Edinburghu, nalezeno několik částí těla, které, jak se později ukázalo, pocházely ze dvou žen. Po provedeném šetření ostatků zesnulých žen, byly identifikovány jako paní Ruxtonová a rodinná „chůva“ Mary Rogersonová. Přítomnost larev III. instaru mouchy druhu *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) dokládala, že vajíčka byla na těla nakladena před jejich vhozením do řeky. Tyto informace v kombinaci s dalšími důkazy, přispěly k obvinění a následnému odsouzení doktora Ruxtona za vraždu jeho manželky a jejich chůvy Mary Rogerson (Gennard 2007).

Na konci dvacátého století a počátku dvacátého prvního století závisel rozvoj forenzní entomologie převážně na akademických institucích a praktických spolupracovnících policie a trestně-právních orgánů. Současní forenzní entomologové jsou nejčastěji sdruženi do různých organizací, jakými jsou například Americké organizace forenzní entomologie (American Board of Forensic Entomology), Evropská společnost pro forenzní entomologii (European association for entomology) a další odborné entomologické a lékařské organizace (Gennard 2007).

## 3.2 Rozkladný proces

Stanovení času úmrtí či intervalu mezi úmrtím a nálezem těla (lat. **Post Mortem Interval**, též **posmrtný interval = PMI**) nelze obvykle určit s jistotou. Pokud není někdo svědkem úmrtí, nemůže být stanovená přesná doba smrti. Často však na místě činu nacházíme dostatek informací, které nám umožňují odhadnout časový rozsah zahrnující skutečný okamžik úmrtí. Obecně platí, že čím kratší je posmrtný interval, tím přesnější je odhad časového rozsahu. Naopak delší PMI znamená širší rozsah odhadu a často vyšší pravděpodobnost chyby. Žádná ze současných používaných metod hodnocení mrtvého těla není naprosto spolehlivá, natož přesným ukazatelem PMI. Avšak jedním z nejspolehlivějších odhadů představuje kombinace sledování tafonomických změn na těle a zhodnocení místa smrti, respektive činu anebo nálezu. Mezi sledované posmrtné změny na těle lze zahrnout **rigor mortis, livor mortis, algor mortis a rozklad**. Mezi další metody, které mohou napomoci při určování času smrti patří **stupeň natrávení žaludečního obsahu**. Kromě posmrtných změn na těle je také důležité vyšetření místa jeho nálezu, na kterém by se měly řádně zdokumentovat podmínky prostředí. Jedním z nejdůležitějších faktorů, je zejména teplota, která po smrti zásadně ovlivňuje rychlost rozkladných procesů. Pozorování zjištěná během ohledání místa činu napomáhají při celkovém zhodnocení změn na těle a současně nabízí další užitečné informace vedoucí k určení doby smrti. Tato pozorování by měla provádět převážně proškolená osoba se zkušenostmi z ohledání místa činu, a to co nejdříve po

nálezu mrtvoly (kadáveru). Před samostatným ohledáním místa nálezu by se s tělem mělo minimálně manipulovat a je nezbytné vyhledat a zaznamenat všechny relevantní faktory, například stav dveří a oken (jestli byly otevřené, nebo zavřené), nebo nastavení topení či klimatizace (Dix & Graham 2000).

**Rigor mortis**, též posmrtná ztuhlost, je proces, který se spouští ihned po smrti jedince. Začíná ochabnutím veškerého tělního svalstva. Následně během jedné až tří hodin po smrti začnou svaly ztuhnout více a klouby znehybní (ztuhnou). Chemické procesy, které toto ztuhnutí vyvolávají, nejsou stále jasně pochopeny. Přesto je známo, že jsou podobné s fyziologií svalové kontrakce, protože oba procesy zahrnují vápník a ATP/ADP. Jakmile tělo ztuhne, zůstává v původní poloze, dokud rigor nepomine nebo není-li fyzicky překonán, například násilným ohnutím kloubu. Jelikož je tento chemický proces nevratný, plně vyvinutý rigor mortis se nemůže opět vyskytnout v poškozené oblasti anebo pokud již v určité oblasti pomínl. Pokud je však proces ztuhnutí násilně přerušeno před jeho plným rozvojem, bude tento proces následně pokračovat, dokud se plně nedokončí, i když s nižší než očekávanou ztuhlostí. Veškeré svaly na těle začnou tuhnut ve stejnou dobu po smrti. U průměrného dospělého člověka trvá úplná ztuhlost přibližně deset až dvanáct hodin při teplotě prostředí 21,0 °C až 23,8 °C (70 °F až 75 °F). Při stejné teplotě tělo zůstává ztuhlé po dobu dvaceti čtyř až třiceti šesti hodin, než se vlivem rozkladných procesů začnou svaly ztuhlosti uvolňovat, a to ve stejném pořadí, v jakém ztuhly. Ztuhnutí je však patrnější u menších svalových skupin než u větších, což u mrtvého vyvolává dojem nerovnoměrného rozvoje rigor mortis na jeho těle. Tuhost je nejdříve patrná na čelisti, následně na loktech, a nakonec na kolenních kloubech. Schopnost pasivně pohybovat kloubem závisí na množství svalů v daném kloubu. Tělo je v plném rigoru, pokud jsou čelisti, lokty a kolenní klouby nehybné. Posmrtnou ztuhlost na kloubech s malým množstvím svalů, například prstech, lze snadno překonat, na rozdíl od kloubů s velkým množstvím svalové hmoty, mezi které patří například kloub kolenní. Rigor mortis se zpravidla projevuje silněji u mužů než u ženy, jelikož mají obvykle více svalové hmoty. U jedinců s malým množstvím svalové hmoty se může posmrtná ztuhlost formovat hůře nebo je jen nepatrná. Mezi tyto jedince patří například kojenci a podvyživení dospělí. Rigor mortis představuje takovou ztuhlost, že při jeho násilném překonávání může dojít ke zlomeninám okolních kostí ještě před rozvolněním kloubů (Dix & Graham 2000)

**Livor mortis**, též posmrtná hypostáze nebo lividita, je posmrtná změna barvy těla v důsledku gravitačního usazování krve, která již není pumpována srdcem do krevního řečiště. Je obvykle vyvinuta přibližně jednu hodinu po smrti a zřejmá během dvaceti až třiceti minut. Zbarvení nabývá na intenzitě a obvykle se „fixuje“ okolo osmi až jedenácti hodin po smrti. Časový interval fixace je však těžko předvídatelný a může být delší či příležitostně kratší. Rozhodující vliv na rozvoj livor mortis má případná manipulace s tělem. Pokud se před fixací mění poloha těla, nebo je přesouváno, krev se vlivem gravitace pokaždé přesune do partií těla směřujících k podkladu. Jakmile však nastane fixace posmrtné hypostáze, krev zůstává na místech usazení i přes případnou manipulaci s tělem. Fixace je progresivní proces, což znamená, že krev může být fixovaná jen z části a při manipulaci s tělem její část zůstane v původní oblasti, ale část se vlivem gravitace přemístí. V takových případech bude livor mortis patrný jak v původních oblastech, tak v částech těla nově přiléhajících podkladu. Intenzita změny zbarvení závisí na rozsahu fixace při manipulaci s tělem. Podle rozvoje livor mortis, respektive probarvení v jednotlivých částech lze určit, zda bylo s tělem, nebo s jeho

částí po smrti manipulováno. Současně je nezbytné upozornit, že u jedinců, u kterých byla příčinou smrti některá z poruch krevního oběhu, například městnavé srdeční selhání, může vlivem kongesce (překrvení) hlavy, krku, ramen a horní části hrudníku vést v těchto částech těla ke změně barvy, která svým vzhledem připomíná skvrny po livor mortis, s tím rozdílem, že nejsou nějak ohraničené. V některých případech lze pozorovat podobné zbarvení také u mechanické asfyxie, která způsobuje změnu barvy v důsledku překrvení cév, nebo u živých lidí s těžkou formou kardiovaskulární poruch (Dix & Graham 2000).

**Algor mortis**, též posmrtná změna teploty těla, představuje proces, v rámci kterého se tělo vyrovnává s teplotou prostředí. Ve většině případů nastává chladnutí těla. Přesto u těl ležících na přímém slunci může dojít k absorpci tepla. Progresivním snižováním tělesné teploty se zabývala celá řada studií. Cílem bylo získat alespoň přibližné vzorce poklesu teploty, které by mohly být využity při stanovení PMI. Bohužel posmrtné chladnutí ovlivňuje mnoho proměnných, a je tedy skoro nemožné vytvořit přesnou metodu anebo obecný výpočet pro stanovení doby smrti. Algor mortis může být však užitečný při odhadu PMI, pokud je dán do souvislosti s ostatními posmrtnými změnami a výsledky pozorování. Obecně je hodnocení poklesu tělesné teploty využitelné zejména v prvních deseti až dvanácti hodinách po smrti, za podmínky, že mrtvý se vyskytuje v prostředí s teplotami 21,1 °C až 23,8 °C (70 °F až 75 °F). V uvedeném časovém intervalu a za daných teplot prostředí se tělo u jedince průměrného vzrůstu ochlazuje rychlostí přibližně 0,83 °C/hod (1,5 °F/hod). Nicméně rychlost chladnutí je ovlivňována mnoha faktory, a proto nejsou výsledky z opakovaných měření uniformní. V prvních hodinách nemusí teplota nutně klesat, ale naopak z počátku může docházet k mírnému vzestupu. U těl s vyšší izolací (s větším množstvím podkožního tuku, nebo vlivem oblečení) dochází k pomalejšímu ochlazování, než u těl s nižší izolací (např. u podvyživených nebo nahých jedinců). Problematický pro výpočet algor mortis je také předpoklad, že počáteční teplota těla odpovídala 37 °C (98,6 °F) a teplota prostředí dosahovala hodnot v rozmezí 21,1 °C až 23,8 °C (70 °F až 75 °F). Chyby při kalkulaci by mohly nastat ve všech případech, kdy v době ante mortem (krátce před smrtí) byla tělesná teplota zvýšená, například v důsledku infekce, drogové toxicity či fyzické námahy (např. po útěku před vrahem). Druhým stěžejním faktorem je skutečnost, že teplota prostředí se zřídka pohybuje pro výpočet v požadovaném (optimálním) rozpětí 21,1 °C až 23,8 °C (70 °F až 75 °F). Všechny odchylky od tohoto „standartu“ způsobují změnu tvaru a sklonu křivky definující chladnutí těla. Zvýšená teplota prostředí zpomaluje proces algor mortis, přičemž naopak snížená teplota prostředí tento proces urychluje. Pokud se tělo vyskytuje ve velice chladném prostředí, může nastat jeho zmrznutí, což ztěžuje určení PMI. Jakmile však tělo začne po navýšení teplot okolního prostředí rozmrazovat, proces jeho rozkladu se urychlí. Rychlost popsanych změn je natolik zjevná, že mohou být viditelné v relativně krátkém čase mezi začátkem a koncem pitvy (Dix & Graham 2000).

**Celkový objem žaludku a stupeň natrávení žaludečního obsahu** musí být zdokumentován v pitevní zprávě. Tyto informace jsou velice užitečné jak pro zjištění složení posledního jídla, tak pro odhad doby, před kterou bylo pozřeno. Například pokud je tělo nalezeno večer, ale v žaludečním obsahu nalezneme potraviny ze snídaně, lze přepokládat, že smrt nastala v dopoledních hodinách. Zároveň nám může být prospěšná i znalost rychlosti trávení jednotlivých typů potravy. Obecně se lehké jídlo tráví rychleji a jeho přesun ze žaludku do tenkého střeva může trvat jen několik hodin. Naopak těžké jídlo se tráví pomaleji

a jeho přesun může trvat až šest hodin. Některé potraviny, například brambory, celer, cibule, kukuřice a rajčatové slupky, setrvávají v žaludku déle než například maso nebo jiné potraviny. Pokud je nám tedy známo složení posledního jídla a rychlost jeho trávení, lze tyto informace využít pro přibližné určení doby smrti. Avšak je nezbytné přihlídnout ke skutečnosti, že rychlost trávení a vyprazdňování žaludku je ovlivněna také duševním a fyzickým stavem daného jedince těsně před smrtí. Trávicí soustava osob, které jsou pod psychickým nebo fyzickým tlakem, má tendenci trávit a posouvat žaludeční obsah dále do střev pomaleji. Není neobvyklé, že při analýze obsahu žaludku u osob, které umřely v nemocnici po několika dnech v kómatu, například z důvodu úrazu hlavy, bylo zjištěno, že žaludek byl stále zaplněn zbytky nestrávené potravy, kterou jedinec pozřel krátce před úrazem. Rozborem žaludečního obsahu lze také zjistit, zda jedinec pozřel otrávenou potravu či cizorodou látku (Dix & Graham 2000).

Ve stejné době, ve které u mrtvého dochází k nadýmání a odpadávání kůže, začne degradovat krev v cévách a následně zabarví jejich stěny. Důvodem je, že degradovaná krev reaguje se sirovodíkem vytvořeným bakteriemi a černá, následně způsobí černé zbarvení cév. Zčernalé krevní cévy, které jsou blízko povrchu kůže, se tímto zviditelnění v podobě síťovaného vzoru, který je též nazývaný "mramorováním". Během této fáze lze někdy pozorovat výtok „krve“, zejména z úst a z nosu. Důvodem výtoku je bakteriální plyn, který stlačuje plíce a dýchací cesty, a tímto z nich vytlačuje rozkládající se krev. Tento proces se též nazývá "očista". Degradovaná krev by neměla být zaměněna za krev vytékající z těla z důvodu trauma (poranění) (Dix & Graham 2000).

Veškeré předchozí procesy se týkaly samotného fyziologického rozkladu mrtvého těla, ale ty nepředstavují jediné prostředky, které umožňují stanovit dobu smrti. Mezi další možnosti náleží vliv vnějšího prostředí, a tak zvaní rozkladači. **Prostředí**, ve kterém se mrtvý nachází, je jedním z hlavních faktorů, který definuje, jakým způsobem a jakou rychlostí bude rozklad probíhat. Těla nalezená pod zemí, pod vodou, na horkém letním slunci, nebo v chladném sklepě, budou po nálezu vypadat rozdílně, i když jejich post mortem intervaly budou naprosto stejné. Všeobecně platí, že jakmile pomine rigor mortis, tak na kůži začne projevovat zelené zbarvení. Zelenání nejčastěji začíná na podbřišku a břicho a následně postupuje po zbytku těla. Při pokojové teplotě dochází k zezelenání podbřišku do dvaceti čtyř hodin a celého břicha do třiceti šesti hodin. Šíření zeleného zbarvení probíhá nerovnoměrně a některé oblasti, například kvůli poloze těla, oblečení či jiným faktorům, nezezelenají vůbec. U některých těl se kůže nezabarví zeleně, ale dojde k jejímu zčervenání či zčernání. Následně se tělo začne postupně odbarvovat a nadouvat vlivem plynu, který produkují bakterie. Tyto bakterie jsou u živého jedince běžnou součástí tlustého střeva. Po jeho smrti se dostávají do cévního systému, rychle se množí a následně se šíří po celém těle. Rychlost množení bakterií podporuje teplé počasí. Naopak při chladných podmínkách je činnost bakterií zpomalena. Plyny, které tyto bakterie vylučují, nejsou žádným způsobem nebezpečné pro vyšetřovatele ani soudního lékaře či patologa. Obecně platí že jakmile se tělo začne nadýmat, dochází k hemolýze v krevních cestách a z těla začne odpadat epidermis, stejně jako vlasy a veškeré ochlupení. Kůže, která se uvolňuje z rukou a prstů, bude také obsahovat fragmenty otisků prstů zesnulého. S ohledem na skutečnost, že vzor otisku prstu je uchován na dermis, která zůstává na prstech, mohou být otisky i nadále odebrány. Získání otisků prstů z rozkládajícího se těla může být velice náročné, avšak bylo vyvinuto spoustu speciálních technik, které jejich

získávání ulehčují. Jak se nadýmání rozšiřuje, způsobuje hromadění tekutiny pod odlupující se kůží. Tento proces se projevuje vznikem puchýřů, které by se neměly zaměřovat s předsmrtnými popáleninami (Dix & Graham 2000).

Mezi **rozkladače** v tomto případě řadíme bakterie, houby (plísně), mrchožravé obratlovce a nekrofágní zástupce hmyzu. **Bakterie** představují významnou skupinu a můžeme je nalézt jak vně, tak uvnitř těla. Bakterie zastoupené uvnitř těla působily před smrtí jedince jako obrané mechanismy. Patří mezi ně například bakterie *Escherichia coli* (Escherich, 1885), kterou můžeme za normálních okolností najít ve střevech, kde napomáhá s trávením potravy. V jiných orgánech, jakými jsou například ledviny, může vyvolat vážné zdravotní potíže. Tato bakterie však po smrti jedince započne postupně tělo „konzumovat“ zevnitř a tento proces můžeme zaznamenat převážně v oblasti hlavy a břicha. **Houby**, nebo též **plísně**, se obvykle vyskytují i na živém těle, ale tím, jak z těla odpadává svrchní vrstva pokožky, se jich tělo průběžně zbavuje. Po smrti se proces odlupování staré kůže zastaví a plísně a jejich spory začnou kadáver kolonizovat, dokud nepokryjí celé tělo. Jinou skupinou rozkladačů jsou **mrchožraví obratlovci**. Mezi ně se řadí například lišky, potulní psi, káňata a jiní dravci. Patří se mezi ně i menší hlodavci, kteří dokáží na kadáveru napáchat značná poškození, a to za relativně krátkou dobu. V přírodě může těmto mrchožroutům trvat přibližně týden, než nastane úplná skeletonizace a z těla zůstane pouze kostra. Bylo také zjištěno, že pokud domestikovaná zvířata a hlodavci nemají přístup k jinému zdroji potravy než ke kadáveru, mohou jej začít konzumovat. Uvedené chování bylo zaznamenáno převážně u psů a koček. Pokud začali konzumovat svého mrtvého majitele, začali nejdříve okusovat koncové části končetin a obličej. V neposlední řadě náleží mezi rozkladače **zástupci nekrofágního hmyzu**, které lze z forenzního hlediska zařadit mezi nejvýznamnější. Jedním z hlavních důvodů je skutečnost, že hmyz se u těla objevuje skoro okamžitě po jeho smrti a do několika minut započne s rozkladnými procesy (Amendt et al. 2010).

### 3.3 Význam nekrofágního hmyzu

**Hmyz** nalézáný na kadáveru se dělí na čtyři ekologicky rozdílné kategorie. Do první náleží **nekrofágní druhy**, které se živí převážně mrtvým tělem. Patří sem například z much larvy čeledi bzučivkovití (Calliphoridae) a z brouků zástupci čeledi mrchožroutovití (Silphidae) a kožojedovití (Dermestidae). Nekrofágové jsou nejvýznamnější skupinou při výpočtu doby kolonizace. Do další kategorie spadají **konzumenti nekrofágů**, kteří se živí ostatními druhy hmyzu a členovci. Patří sem například čeleď drabčíkovití (Staphylinidae) z řádu brouci (Coleoptera), kteří se v určitém larválním stadiu živí larvami bzučivek a jiných much. Zástupci této kategorie také patří mezi jednu z forenzně nejdůležitějších. Třetí kategorií jsou **omnivorní druhy**, do kterých náleží například nadčeleď vosy (Vespoidea), čeleď mravencovití (Formicidae) a někteří zástupci brouků. Tito jedinci se živí oportunisticky jak kadáverem, tak jeho kolonizátory. Poslední kategorií jsou **adventivní druhy hmyzu**, které využívají mrtvolu jako rozšíření svého životního prostředí. Patří mezi ně například řád chvostokoci (Collembola) a pavouci (Aranea). Mezi těmito jednotlivými kategoriemi panují vzájemné ekologické vztahy a vazby (viz Obrázek č. 2), které lze využít při stanovení doby kolonizace (Šuláková et al. 2015).

Základním principem forenzní entomologie je zhodnocení činnosti hmyzu, který se zapojuje do rozkladného procesu kadáveru. Vše vychází ze skutečnosti, že je hmyz početný a nalézáme jej téměř ve všech terestrických biotopech. U nekrofágních druhů je důležité, že se ke kadáveru relativně snadno dostávají, kladou značné množství vajíček, případně larev a délku vývojových cyklů, která závisí na teplotě prostředí, je možné zpětně spočítat (Byrd & Castner 2010). V kriminalistické praxi forenzní entomologie spojuje znalosti taxonomie, jejímž základem je identifikace druhu, a ekologie, která vysvětluje chování těchto druhů na kadáveru a při vzájemné interakci. V souhrnu střídání nekrofágních druhů na kadáveru podléhá zákonitostem sukcese (Daněk 1990).

### 3.3.1 Rozklad činností hmyzu

Celý proces rozkladu je plynulý, kontinuální a jeho jednotlivé sukcesní vlny nelze jednoznačně časově ohraničit. Vývin jednotlivých druhů na kadáveru může trvat od pár dnů až po několik týdnů, proto téměř vždy na kadáveru vyskytují zástupci z rozdílných sukcesních vln současně (viz Obrázek č. 3). Rozklad mrtvolky se dělí do několika sukcesních vln a v podmínkách České republiky jich je zpravidla šest až sedm (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

První sukcesní vlna probíhá na tzv. čerstvém těle a mohou se na něm vyskytovat dvě skupiny hmyzu, které patří mezi prvotní kolonizátory kadáveru. Jednou z nich je řád blanokřídlí, jmenovitě vosy a mravenci, kteří se živí přímo tkáněmi mrtvého, ale uvedené zástupce nelze využít k stanovení posmrtného intervalu, protože se na těle vyskytují pouze dospělci, a to převážně při příjmu potravy. Významnější skupinou pro entomology jsou mouchy čeledi bzučivkovití (Calliphoridae). V České republice je známo 13 kriminalisticky relevantních druhů a nejčastějšími zástupci jsou zelené bzučivky, mezi které patří například *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) a *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758). Na jednom kadáveru lze současně nalézt dva až pět druhů bzučivek, u kterých existuje jistá mezidruhovná kompetice a vazba na roční období. Pro prvotní kolonizátory je hlavním atraktantem krev, zvratky, exkrementy, sperma na těle oběti, anebo hnilobný pach ran. Mouchy následně nakladou svá vajíčka do těchto atraktivních míst nebo na přístupné sliznice očí, úst, nosu, uší, urogenitálního traktu nebo konečníku. U intaktních mrtvol se může stát, že hmyz na něj zpočátku nereaguje a v těle probíhají pouze bakteriální procesy (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Při druhé sukcesní vlně se tělo nadýmá, což je způsobeno činností bakterií v trávicím traktu, které vytváří hnilobné plyny. Tento plyn nejenže tělo nadýmá, ale stává se i atraktantem pro další kolonizátory. Reagují na něj opět bzučivky, ale i další mouchy z čeledi masařkovití (Sarcophagidae) a mouchovití (Muscidae). Za forenzně podstatné se považuje okolo 25 druhů masařek, kdy nejběžnějším druhem je *Sarcophaga argyrostoma* (Robineau-Desvoidy, 1830) a z mouchovitých to je rod *Muscina* (Fallen, 1817). Larvy masařek patří mezi omnivorní, protože se živí nekrofágní tkání, ale také loví larvy bzučivek. V druhé sukcesní vlně začínají kolonizovat mrtvolu i první brouci. Mezi úplně prvotní kolonizátory patří převážně mrchožroutovití (Silphidae). Objevují se zde i parazitoidní druhy z řádu blanokřídlí (Hymenoptera), jejichž hostiteli jsou první kolonizátoři (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

V třetí sukcesní vlně nastává samotný biochemický rozklad mrtvoly, při kterém dochází k ztekutění tkání mrtvoly. Tato vlna zahrnuje dva procesy. Prvním je zmydlnění tuků, při kterém v těle vznikají těkavé mastné kyseliny, včetně silně zapáchající kyseliny máselné, která je silným atraktantem pro mouchy rodu *Hydrotaea* (Linnaeus, 1758). První samičky tohoto rodu, často kolonizují kadáver v době, kdy se larvy bzučivek ještě vyvíjejí. To je jeden z hlavních důvodů, proč kladou svá vajíčka nejdříve do lože mrtvoly a teprve larvy II. instaru se přemísťují přímo na kadáver. Při druhém procesu dochází k fermentaci proteinů, během kterého vznikají kaseózní látky, pro změnu lákající drobné mušky z čeledi sýrohloďkovití (Piophilidae), slunilkovití (Fanniidae) a kmitalkovití (Sepsidae) a brouky (Coleoptera) z čeledi kožojedovití (Dermestidae) a pestrokrovečnickovití (Cleridae). Pokud se teploty v místě uložení kadáveru zvýší, může být degradace na tolik rychlá, že obě fáze třetí vlny mohou probíhat prakticky současně (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Čtvrtá sukcesní vlna představuje pokročilý rozklad těla, která je charakteristická svojí čpavkovou fermentací zbylých měkkých tkání. Je pro ni také typické, že kadáver okupuje další generace mušek a brouků z předchozí vlny. Při páté vlně vysychají zbytky měkkých tkání a značně narůstají počty roztočů, kteří se na těle vyskytovali už od počátku rozkladu. V poslední sukcesní vlně dochází ke kompletní skeletonizaci, kdy z těla v podstatě zbývá pouze kostra a ojedinělé vyschlé chrupavky a vazivo. I zde můžeme nalézt několik roztočů a ojediněle kožojedy a hlodáče (Glareidae) (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

V roce 1975 provedl britský entomolog Richard P. Lane (1975) studii, která zjišťovala, které bzučivky se podílí na rozkladu malého kadáveru. V rámci experimentu zjistil, že larev rodu *Lucilia* bylo méně než ostatních druhů z čeledi Calliphoridae, přesto dosahovaly stejné velikosti. V souhrnu došel k závěru, že nízký počet larev rodu *Lucilia* neovlivnila nižší životaschopnost larev, ale nedostatek místa, respektive potravy na kadáveru. Vlivem kompetenčního boje mezi rozdílnými druhy a larvami stejného druhu nedošlo k přemnožení larev na kadáveru. V průběhu této studie provedl dva experimenty. V prvním sledoval larvy čeledi Calliphoridae, na čtyřech kadáverech hraboše polního (*Microtus arvalis* Pallas, 1778). Zatím co v druhém sledoval jejich dospělce, na osmi kadáverech myši domácí (*Mus musculus* Linnaeus, 1758). V průběhu pozdějšího experimentu, využil průhledných plastových pastí, které následně rozmístil do rozdílných expozic. Čtyři pasti uložil do lesního biotopu a zbylé čtyři na pastviny, které se skládaly z rozdílně vzrostlých travních porostů. V souhrnu zaznamenal výskyt much *Calliphora vicina*, *Lucilia caesar*, *Lucilia sericata* a *Lucilia richardsi* (Collin, 1926). V lesním prostředí byly primárními kolonizátory *Calliphora vicina* a *Lucilia caesar*. Také zjistil úplnou dominanci *Lucilia caesar* při kolonizaci kadáveru po uplynutí 48hodinového intervalu. Na pastvinách byla primárním kolonizátorem bzučivka druhu *Lucilia richardsi* a *Lucilia caesar* kadávery kolonizoval až po 48 hodinách. Došel tedy k závěru, že *Lucilia richardsi* je striktně druhem pastvin, na rozdíl od *Lucilia caesar*, který preferuje spíše lesní prostředí před pastevním (Lane 1975).

### 3.3.2 Migrační fáze larev

Mouchy patří zpravidla mezi první snadno rozeznatelné kolonizátory kadáveru. Hlavním jejich ukazatelem jsou nakladená vajíčka (oviparních druhů), eventuálně larvy (larviparních druhů), přičemž časový interval mezi přiletem samiček a zanecháním „stop“ je



minimální. Larvy much se na mrtvole nacházejí od samotného počátku rozkladu až po vysychání zbytků měkkých tkání. Mezi hlavní entomologické stopy náleží vajíčka, larvy, kukly (puparia) a imaga (dospělci). **Vajíčka** jsou po kopulaci much kladena na kadáver, ale pouze některými druhy much (oviparní), patří sem například čeled' Calliphoridae. Jsou kladena buďto do shluků, nebo samostatně. Průměrná velikost vajíček se pohybuje od 0,5 mm do 2 mm. Primární kolonizátoři mají zpravidla větší vajíčka a kladou jich více než pozdější kolonizátoři. U bzučivek bylo zaznamenáno kladení vajíček ve shlucích a jejich počty se pohybovaly okolo 150 až 200 kusů. Z vajíček se líhnou larvy I. instaru. **Larvy** jsou apodní (beznohé) a jejich velikost a tvar jsou druhově specifické. Vyvíjejí se celkově přes tři stadia (tzv. instar), které lze od sebe odlišit podle determinačních znaků na těle larev. Larvy bzučivek, masařek a moučovitých mají převážně „červovitý“ tvar, zatímco jiné čeledi mohou mít na těle různé útvary nebo laločnaté panožky. Neplatí zde, že největší larva je vždy nejstarší a je na těle nejdelší dobu. Larvy se do II. a III. instaru dostanou po sérii svlékání (exuviace). Larvy v III. instaru se dělí do dvou fází. První je **krmná fáze**, ve které larvy zůstávají na kadáveru a živí se jeho tkáněmi. Druhá fáze je **migrační** a nastává po tom, co larvy přijmou dostatek potravy. Larvy migrují z mrtvoly, protože je tělo vlhké a stále biochemicky aktivní, a tedy tvoří prostředí nevhodné pro zakuklení. Migrační vzdálenost ovlivňuje typ podloží lože, stádium rozkladu těla a počasí. Postupným vysycháním mrtvoly se migrační vzdálenost zkracuje, až se poslední larvy kuklí přímo na zbytcích těla. Další vývojovou fází jsou **kukly** a poslední vývojovou fází **dospělci** (viz Obrázek č. 4) (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Migrace larev III. instaru z mrtvoly probíhá za účelem nalezení vhodného a nekontaminovaného místa pro zakuklení. Její délka je druhově specifická a pouze u larev rodu *Protophormia* (Townsend, 1908) a *Fannia* (Robineau-Desvoidy, 1830), probíhá kuklení přímo na kadáveru. Hlavní podmínkou je, že kadáver nesmí být vystaven slunečnímu záření. Další důležitou informací je vzdálenost, kterou migrující larva urazí. U *Lucilia caesar* bylo zjištěno (v České republice, převážně lesní biotopy), že larvy migrují přibližně 3 metry od kadáveru, přičemž denně urazí 1 metr. Za to bzučivka *sericata*, která je spíše teplomilným druhem, migruje na vzdálenost okolo 6 metrů při zhruba stejné rychlosti. Na tvrdých podkladech a při vysokých populačních hustotách (např. na jatkách), jsou larvy schopny urazit i několik desítek metrů. Pokud dojde při migraci k napadení larev mravenci nebo brouky (např. mršníky), může dojít k odvezení mrtvých jedinců. Mravenci jsou schopni odvléct ulovené larvy na značné vzdálenosti za poměrně krátkou dobu (Povolný 1979). Odběrem migrujících larev lze stanovit dobu kolonizace mrtvoly přesněji než při zajištění larev pouze z těla. Současně tím, že v letních měsících je přechod mezi úspěšnými fázemi natolik rychlý (převážně na počátku rozkladu), že každá z nich často zahrnuje pouze jednu generaci daného druhu nebo skupiny. Potom nově vylíhlá imaga prvotních kolonizátorů, která se na mrtvole vyvinula, ji často naleznou až v tak pokročilém stupni rozkladu, že pro ně není vhodná k opětovnému nakladení. Forenzní entomolog tak může analýzou vzorků zajištěných kolem těla podchytit zástupce, jejichž přítomnost na těle nelze jiným způsobem doložit (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Jedna z dalších forenzně významných studií pozorovala, jaký vliv měla mateřská indukce larvální diapauzy na následující generaci u druhu *Lucilia sericata*. Bylo prokázáno, že diapauza je u mnoha druhů organismů, ovlivněna fotoperiodicitou a podmínkami vnějšího

prostředí, kterým byly larvy vystaveny. Neexistoval však žádný důkaz o tom, že tato citlivost na podmínky vnějšího prostředí, by nějakým způsobem byla ovlivněna genetickou informací získanou od rodičů. U *Lucilia sericata* lze najít tzv. fakultativní diapauzu, která nastává v post-feeding fázi. Výsledky experimentu poukázaly na prodloužení diapauzy, v případě, že byla parentální generace larev vystavena nižším teplotám, než byla doposud zvyklá (Tachibana et al. 2004; Tachibana et al. 2004).

V září 2009 proběhl poblíž Ontaria entomologický experiment, který se zabýval migrací larev čeledi bzučivkovití. Při pokusu byly kadávery kojotů exponovány na rozsáhlých jetelotravních pastvinách a v lesích, které se nacházely na okraji pastvin. Lesní porost byl převážně tvořen smrky, borovicemi a cedrem. Při experimentu byly zaznamenány larvy bzučivek *Phormia regina* (Meigen, 1826), *Calliphora vomitoria* a *Lucilia illustris* (Meigen, 1826). U druhu *Lucilia illustris* larvy převážně migrovaly do vzdálenosti od 76,2 cm do 101 cm. Počet larev, které migrovaly do větší vzdálenosti, nebo naopak do kratší, případně zůstaly pod kadáverem, byl výrazně nižší. Při hodnocení směru migrace, nebyla zjištěna výrazná preference ve světové strany. Z 510 larev se jich 145 pohybovalo severním směrem, 133 na západ, 128 na východ a zbylých 104 se rozptýlilo směrem na jih (Turpin et al. 2014).

Po dosažení dospělosti opouští larvy bzučivek svůj zdroj potravy a následně se přemisťují do okolního prostředí, kde se zakuklují. Tuto fázi nazýváme migrace, nebo také larvální rozptyl, a nastává u larev v III. instaru. Toto chování bylo studováno na družích *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) a *Chrysoma rufifacies* (Macquart, 1842). Expozice byla rozdělena od středu do čtyř kruhů, pro snazší determinaci oblasti výskytu jednotlivých pupárií. Po sběru těchto pupárií, byla rozdělena do jednotlivých kategorií, dle hmotnosti a vzdálenosti od středu. Získaná data byla následně statisticky zpracována. Z výsledků bylo vyvozeno, že lehčí larvy měly tendenci urazit delší vzdálenost, zatímco těžší byly nalezeny blíže ke středu (viz Obrázek č. 5 a 6). Největší koncentrace larev byla nalezena v oblasti pod sto centimetrů, ve které bylo zaznamenáno více larev druhu *Chrysoma rufifacies*. Tato studie byla důležitá pro bližší poznání průběhu rozptylu u larev, v migračním stadium, který napomáhá s určením PMI v průběhu vyšetřování (Singh & Bala 2010).

Při hodnocení migrace larev byla většina studií zaměřena na směr a vzdálenost, kterou larvy urazí a jak se při ní chovají. Cammack et al. (2010) se však rozhodli zabývat otázkou, jak hluboko se larvy při své migraci zahrabávají. Cílem bylo prozkoumat účinky zhutnění půdy na chování larev druhu *Lucilia sericata*, s parazitoidy a bez nich, a za pomoci těchto znalostí, tak vyvinout prediktivní model pro hloubku jejich kuklení. V nezhutněné půdě, ani v půdě s vysokým zhutněním, nebyl sledován žádný významný vliv na hloubku zakuklení, pokud byly přítomny samice parazitoidních vosiček *Nasonia vitripennis* (Walker, 1836). Většina pupárií, u kterých byly tyto parazité nalezeny, se z části nacházela na půdním povrchu. Při prvním opakování experimentu dosahovaly v nezhutněných půdách a bez parazitů hloubky  $5,62 \pm 0,37$  cm a s parazity  $5,77 \pm 0,36$  cm, na zhutněných půdách bez parazitů pouze  $0,96 \pm 0,06$  cm a s parazity  $1,01 \pm 0,07$  cm. Při druhém opakování se pupária na nezhutněné půdě bez parazitů nacházela v hloubce  $4,95 \pm 0,40$  cm a s parazity v  $5,08 \pm 0,45$  cm, na zhutněné půdě bez parazitů to bylo v hloubce  $0,76 \pm 0,07$  cm a s parazity v  $0,60 \pm 0,06$  cm. Experimentem byl prokázán pouze vliv zhutnění zeminy. Hloubka kuklení *Lucilia sericata* se snižovala se zvyšujícím se zhutňováním půdy. Při jiné studii, která se zabývala pouze zhutněním půdy, byly larvy (pupária) na nezhutněném povrchu nalezeny v hloubce 4,4

cm, v mírně zhutnělém ve 2 cm, ve středně zhutnělém v 1,9 cm, ve více zhutnělém 0,9 cm a ve velmi zhutnělém v 0,5 cm. Zároveň bylo zjištěno, že se larvy v nezhutněné půdě vyvíjely mnohem rychleji než larvy v půdě s vysokým zhutněním. (Cammack et al. 2010).

### 3.3.3 Význam migrace larev pro kriminalistickou praxi

Pro stanovení PMI lze v kriminalistice využít několik metod. Základem je metoda sumy efektivních teplot (SET), která se uvádí v denních, nebo hodinových stupních. V zahraničí se pro SET v denních stupních uvádí zkratka ADD a pro SET v hodinových stupních zkratka ADH. SET představuje počet „denní“, nebo „hodinové“ teplotní energie, kterou uvedený druh potřebuje ke svému vývinu od vajíčka do kuklení, nebo od vajíčka po líhnutí dospělců. Koncept SET předpokládá, že rychlost vývinu je přímo úměrná teplotě v určitém teplotním rozmezí (Sharma et al. 2015; Šuláková 2017; Šuláková 2019). Přestože je metoda velice přesná, její využití je problematické u významně nižších, nebo vyšších teplot prostředí, které narušují lineární průběh vývojové křivky a výpočet se tak stává nepřesným (Povolný 1979). Křivka pro rychlost vývoje v závislosti na teplotě není nikdy lineární. V určitém středním rozpětí teplot ji lze s určitou chybovostí využít (Barták et al. 1985). Druhou skutečností, která zvyšuje náročnost použití této metody, je složitost sběru a přepravy vzorků hmyzu a jejich inkubace v laboratoři. Vajíčka, larvy i kukly hmyzu se odebírají živé a musí se v co nejkratší době dopravit do laboratoře (Šuláková 2017). V laboratoři je nutné zajistit podmínky, nejlépe v inkubátoru anebo klimatické komoře, vedoucí k zdárnému dokončení vývojových cyklů. Okamžik kuklení, nebo líhnutí dospělců je výchozím bodem pro odpočet SET vedoucí k stanovení doby kladení, a tím i počátku kolonizace (Šuláková 2019). Metoda se využívá především u kratších PMI, u kterých ještě nebyly dokončeny vývojové cykly prvních kolonizátorů (Povolný 1979; Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Druhou ze základních metod je určení fáze sukcese, ve které bylo mrtvé tělo nalezeno. Průběh sukcese, respektive jaké druhy se budou na rozkladu podílet a kolik generací proběhne, se liší v závislosti na zeměpisné šířce, se kterou souvisí změna klimatických podmínek, především průběh průměrných denních teplot. Z uvedeného důvodu lze tuto metodu použít zejména pro hrubé stanovení pravděpodobného PMI, nebo pro zjištění nejdelšího a nejkratšího PMI. Metoda vychází z principu střídání druhů a hodnotí jejich přítomnost, nebo absenci v době nálezů těla. Tento způsob určení PMI se využívá u starších nálezů, respektive v pozdějších fázích rozkladu, u kterých není přesný výpočet dle vývojových cyklů již možný. Základem je identifikace zastoupených druhů hmyzu a zhodnocení jejich dosažené fáze životního cyklu (Daněk 1990; Šuláková et al. 2015; Sharma et al. 2015).

V obou případech je nezbytné na místě nálezů zajistit relevantní entomologický materiál, který sestává ze vzorku hmyzu z těla, z tzv. lože mrtvoly (přímo pod tělem) a z širšího okolí. Vzorky z těla se zajišťují z přístupných sliznic, jako jsou například oči, nebo z traumat (ran), kam patří zejména krvácivé rány. V brzké fázi rozkladu lze vajíčka najít v podpaží, kožních záhybech nebo na oblečení, přičemž v pozdější fázi se mohou vyskytovat po celém těle. U starších nálezů jsou pro určení přesného PMI významnější vzorky z lože a z okolí mrtvoly. Lože mrtvoly představuje podloží přímo pod kadáverem a okolí mrtvoly zahrnuje prostor v okolí lože. Hlavním důvodem zajištění těchto vzorků je, že zde probíhá

kuklení prvních generací much. Před samotným zakuklením se larvy ukrývají pod vegetací a případně se zahrabávají do substrátu. V závislosti na typu půdy se zpravidla zahrabávají do hloubky 0,5 cm až 5 cm. Zajišťování těchto vzorků probíhá z pravidla ze zeminy i s vegetací. Maximální hloubka odběru činí 5 cm až 10 cm a odběr hmyzu ze získaného vzorku se následně provádí ve znalecké laboratoři (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

### 3.3.4 Využití nekrofágního hmyzu v medicíně

Chronické rány jsou považovány za vážný problém veřejného zdraví, kdy jejich četnost v průběhu let výrazně stoupá. Důsledkem je změna v životním stylu a stárnutí lidské populace. Existují různé typy chronických ran, z nichž každá vyžaduje odlišné metody léčby. Nicméně příprava lůžka rány, která je součástí léčby, je u všech těchto typů ran naprosto stejná. Larvální terapie je formou biologického debridementu (odstranění nekrotické tkáně), která zahrnuje aplikaci živých a pro lékařské účely připravených larev druhu *Lucilia sericata*. Původně se předpokládalo, že larvy pouze odstraňují nekrotickou tkáň, dnes je však známo, že larvální terapie ovlivňuje všechny čtyři překrývající se fyziologické fáze rány: hemostázu, zánět, proliferaci a remodelaci poškozené tkáně. Během této terapie jsou medicínské (sterilní) larvy aplikovány buď volně, nebo uzavřeny ve váčcích (biobag) na povrchu ran. V případě váčků se využívá skutečnost, že larvální produkty, respektive jejich exkreta a sekreta podporují hojivé procesy bez nutnosti jejich přímého kontaktu s poraněním (Gazi et al. 2020).

Fáze hemostázy, která je vyvolána expozicí kolagenu při tvorbě rány, se skládá ze dvou dílčích fází. Během primární se spouští koagulační kaskáda, za pomoci krevních destiček, následně se destičky vážou na exponovaný kolagen, kdy pak následuje jeho šíření a přilnavost krevních destiček k sobě. Celý tento proces vytvoří tzv. „zátku z destiček“. Sekundární fáze zahrnuje také aktivaci koagulační kaskády krve, s tím rozdílem, že se ještě aktivuje tvorba fibrinových sraženin, které se vyskytují spolu s primární hemostázou (Gazi et al. 2020). Ve studii od Kahl et al. (2015) bylo prokázáno že larvální ES produkty mají vliv v obou fázích. Serinové proteázy, které jsou obsaženy v larválních ES, indukují srážení lidské plazmy a samotné krve, bez toho, aby nějakým způsobem ovlivnily aktivaci krevních destiček nebo fibrinolýzy (Kahl et al. 2015).

V roce 2021 udělali Rahimi et al. studii účinků slin a hemolymfy *Lucilia sericata* vůči parazitickému prvoku *Leishmania tropica* (Wright, 1903). Tento parazit způsobuje závažné onemocnění zvané Leishmanióza, která se vyskytuje převážně v subtropických až tropických oblastech. Jelikož pro uvedené onemocnění zatím neexistuje žádná bezpečná a efektivní vakcinace, zahájili vědci intenzivní výzkum alternativního řešení. Sledovali účinky slin a hemolymfy (viz Obrázek č. 7) larev druhu *Lucilia sericata*. Tyto larvy nejen že odstraňují nekrotickou tkáň z rány, ale rozbory vzorku jejich slin prokázaly jejich antiseptický účinek. Sliny larev této bzučivky obsahují antimikrobiální peptidy, které mají mikrobicidní účinek vůči patogenům, jako jsou např. gram pozitivní a gram negativní bakterie nebo paraziti (Rahimi et al. 2021).

## 3.4 Významný zástupci řádu Diptera

Entomologické stopy představují širokou škálu bezobratlých, z nichž je nejčastěji zajišťován hmyz (Insecta). Patří sem zejména mouchy z řádu dvoukřídlí (Diptera), brouci

(Coleoptera), motýli (Lepidoptera) a dále vosy (Vespidae) a mravenci (Formidae). Jako entomologické stopy se mohou zajišťovat také parazitoidní vosičky z řádu Hymenoptera. Mezi forenzně významné čeledi z řádu Diptera patří zejména bzučivkovití (Calliphoridae) a masařkovití (Sarcophagidae) (Šuláková 2017; Šuláková 2019).

### 3.4.1 Bzučivkovití (Calliphoridae)

Čeď bzučivkovití je relativně malá skupina z řádu dvoukřídlých s více než 115 evropskými druhy (Rognes 2013). Na území České republiky bylo objeveno 61 druhů, z toho 51 druhů jenom v Čechách (Šuláková et al. 2014) a 57 druhů na Moravě (Kubík & Országh 2009; Pavel et al. 2008; Šuláková et al. 2014). V Červeném seznamu ohrožených druhů je celkem uvedeno 8 druhů (Kubík & Povolný 2005). Při výzkumu bzučivkovitých, v české části Krkonoš, bylo objeveno přibližně 27 druhů a z toho jeden nový druh pro Českou republiku – *Onesia zumpti* (Schumann, 1964). Jeden druh byl poprvé zaznamenán na území Čech, a to *Stomorhina lunata* (Fabricius, 1805) (Šuláková et al. 2014).

Dospělé bzučivky dosahují většinou středního až většího vzrůstu s robustní stavbou těla. Jejich délka je druhově specifická a některé druhy mohou dosahovat délky až 16 mm (viz Obrázek č. 8). Co se týče jejich zbarvení, tak mají různou variabilitu odstínů. V České republice jsou forenzně významné druhy převážně s různě modrým či zeleným zbarvením a s kovovým leskem. U některých druhů jsou zaznamenány dokonce i štětiny. Avšak u všech dospělých jedinců můžeme nalézt, pro ně specifické velké, červenohnědé oči a transparentní křídla, která jsou naplocho složena na hrudi. Dospělci se často sluní na zdích budov, plotech anebo další stavbách, které přitahují teplo. Také se vyskytují na kvetoucích rostlinách, které jim poskytují obživu v podobě nektaru. Larvy bzučivek jsou charakteristické svým žlutobílým zbarvením a zkosenou hlavou, který nemá tzv. hlavové pouzdro. Tělo mají protáhlé, dorzoventrálně zploštělé. Na rozdíl od dospělců je najdeme spíše na mršinách, hnoji, odpadcích, hnijící organické hmotě a často v překvapivě velkých koloniích (Delinger & Day 2015; Weidner 2016; Khang et al. 2021).

Životní cyklus bzučivek se skládá ze stadia vajíčka, larvy, kukly (pupária) a dospělého. Dospělé samice jsou schopné naklást okolo 100 až 200 podlouhlých, oválných, asi 1 mm dlouhých vajíček. Tato vajíčka klade do přirozené potravy larev, tedy shnilých odpadků, kadáverů apod. Z vajíček se pak následně líhnou larvy, které se před dosažením dospělosti ještě dvakrát svlékají. Vývin larev je závislý na teplotě. Při vyšších teplotách je rychlejší, při nižších pomalejší. Zcela vyvinuté larvy dosahují rozměrů od 10 mm do 20 mm a těsně před samostatným zakuklením migrují ze zdroje své potravy do okolního prostředí. Jejich pupária vypadají jako protáhlé, na koncích zakulacené tobolky a skládají se z pevného hnědého obalu. V podmínkách mírného pásma se bzučivkovití musí vyrovnat se střídáním ročních období, zejména s nízkými teplotami a v některých oblastech dokonce i s malou dostupností potravy, která může omezovat jejich rozšíření a vývojové cykly (Delinger & Day 2015).

Někdy jsou bzučivky označovány termínem „špinavé mouchy“, protože se jejich dospělí jedinci často vyskytují na hnijících odpadcích, mršinách, hnoji apod., kterými se živí jejich larvy. Z uvedeného důvodu se řadí mezi přenašeče některých závažných onemocnění, jakými jsou např. úplavice a salmonela, které následně přenáší na potravu v našich domácnostech. Najdou se však jedinci, kteří patří mezi tzv. oportunistické parazity, to

znamená, že vývoj jejich larev může za určitých podmínek probíhat v otevřených ranách. Avšak navzdory jejich životnímu cyklu a potravě, je tato čeleď významným pomocníkem při rozkladu tlejícího materiálu, jak ve volné přírodě, tak i v obydlených oblastech (Delinger & Day 2015).

#### 3.4.1.1 *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758)

První případ myiázy, způsobený druhem *Lucilia caesar*, byl zaznamenán v roce 2019 v Itálii na praseti divokém (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). Tento druh bzučivky je široce rozšířený v palearktických oblastech, ale je i běžným saprofágním druhem pro synantropní a přírodní ekosystémy v Evropě (Bonacci et al. 2010; Bonacci et al. 2011; Pezzi et al. 2021). Tento druh patří podle Lane (1975) mezi dominantní prvotní kolonizátory kadáveru, a to převážně v lesním biotopu. Potvrdila to i další studie od Martínez-Sanche et al. (2000) a Povolného (1979). Šuláková & Barták (2013) při svém experimentu zjistili, že tento druh na kadáveru převládá v letních měsících, zatímco na jaře patřil spíše mezi méně početné. Jako původce myiázy je *Lucilia caesar* obvykle klasifikována mezi fakultativní, ale tento druh je schopný kolonizovat i lidský a zvířecí kadáver (Bonacci et al. 2010; Bonacci et al. 2011; Pezzi et al. 2021).

V roce 2001 provedl Kočárek pokus, který se zabýval denními rytmy, v rámci kterých docházelo k migraci larev dvou koexistujících druhů much, *Calliphora vomitoria* a *Lucilia caesar* (Kočárek 2001). Migrace larev z kadáveru nastává na konci nejrychlejší fáze rozkladu, kterou je obvykle aktivní rozklad (Reed 1958). Vzhledem k potravní konkurenci a vlivu predátorů mají larvy rychlý a synchronizovaný vývin. Většina larev opouští kadáver během několika hodin. V Kočárkově studii opustilo 94.6 % larev kadáver a zbylých 5.4 % bylo nalezeno v tzv. loži kadáveru. Migrace larev *Lucilia caesar* započala sedmý den po začátku rozkladu a trvala tři dny, přesto většina larev kadáver opustila už osmý den (79.2 %). U *Calliphora vomitoria* začala migrace devátý den a trvala čtyři dny a většina larev opustila kadáver už desátý den (72.9 %). Larvy obou druhů migrovaly z kadáveru převážně v noci. U *Lucilia caesar* byla migrace zaznamenána mezi půlnocí až druhou hodinou ranní, zatímco u *Calliphora vomitoria* mezi čtvrtou až šestou hodinou ranní (Kočárek 2001). Schoenly (1983) zaznamenal migraci larev v průběhu dne. Migrace bílých larev v průběhu dne je velice riskantní, kvůli predaci malým inaktivním ptactvem, savci a dravým hmyzem (Putman 1983; Roberts 1984). Lze předpokládat, že pro minimalizaci predace došlo k adaptaci, při které dochází k migraci v nočních hodinách (Kočárek 2001).

#### 3.4.2 Masařkovití (Sarcophagidae)

Čeleď Sarcophagidae je velká skupina z řádu dvoukřídlých zahrnující okolo 3000 druhů. V České republice je známo celkem 143 druhů, z čehož 105 druhů pouze pro část Čech (Kejval et al. 2009; Verves et al. 2016). České druhy lze identifikovat s pomocí klíče a obrázků od Pape (1987), Povolného & Verves (1997) a Richet et al. (2011). Při výzkumu masařkovitých v oblasti Jizerských hor bylo objeveno přibližně 23 druhů, které jsou výhradně známé a široce rozšířené v palearktických oblastech. Nejpozoruhodnějšími nálezy byly mouchy druhů *Metopia grandii* (Venturi, 1953) a *Discachatea pumila* (Meigen, 1826)

s *Rosellea aratrix* (Pandellé, 1896), které jsou zapsané do Červeného seznamu ohrožených bezobratlých pro ČR (Verves et al. 2016).

Dospělý jedinci masařky obecné dorůstají rozměrů od 9 mm po 13 mm a jsou typické svým šedým zbarvením a třemi černými pruhy na hrudi. Jsou larviparní, což znamená, že samice začne klást vajíčka, ale při průchodu kladélkem dojde k jejich roztržení, takže naklade přímo larvy I. instaru. Ty se okamžitě po naklazení začnou krmit mrtvolou. Za optimálních teplotních podmínek následuje jejich rychlý vývin a přibližně do pět dnů po larvipozici se larvy nacházejí již ve III. instaru a jsou tedy téměř připraveny na zakuklení. Přesto rychlost vývinu je opět závislá na teplotě. Larvy v této fázi mohou dosahovat délky od 9 mm až po 13 mm. Larvy v III. instaru následně opustí tělo hostitele a vyhledají si vhodné místo pro zakuklení. Při optimálních teplotách řádově deset dní po zakuklení se začínají objevovat první dospělí jedinci. U druhu *Sarcophaga crassipalpis* (Macquart, 1839) je známo, že se vyskytuje tak zvaná fakultativní diapauza. To znamená, že pokud nejsou okolní podmínky prostředí vhodné pro kuklení, jedinec vstoupí do stavu podobnému hibernaci, přičemž se všechny jeho metabolické procesy téměř zastaví. Znovu se spustí, až když jsou okolní podmínky prostředí příznivé pro kuklení. Mezi faktory, které způsobují projev diapauzy spadá například změna teploty a vlhkosti, nebo také rozdílná délka světelné části dne mezi larvipozicí a larvou III. instaru (Tachibana et al. 2004; Diaz & Kaufman 2021; Khang et al. 2021).

Masařky k svému vývinu využívají různé hostitele. Vývojový cyklus některých zástupců je vázán na živé členovce, kdy larvy se vyvíjí uvnitř jejich organismu. Jiné druhy vyhledávají různé typy kadáverů, včetně člověka, prasat, vysoké zvěře nebo i přejeté kočky. U *Sarcophaga crassipalpis* (Macquart, 1839), bylo zaznamenáno, že u svého hostitele způsobuje myiázu. Typickými myiatickými zástupci jsou však masařky rodu *Wohlfartia* (Brauer & Bergenstamm, 1889). Myiáza je parazitický stav, při kterém se larvy dvoukřídleho hmyzu, včetně masařek, vyvíjí (živí) na tkáních stále živého obratlovce, včetně člověka (Diaz & Kaufman 2021).

#### 3.4.2.1 *Sarcophaga* sp. (Meigen, 1826)

*Sarcophaga crassipalpis* (Macquart, 1839) způsobuje na živém člověku tak zvanou myiázu, které je definována jako zamoření rány larvami u lidí či jiných obratlovců. Fakultativní případy této parazitózy byly zaznamenány kosmopolitně. Profesori Zumpt (1965) a James (1947) po svém pozorování v nemocnicích uvedli, že *Sarcophaga crassipalpis* způsobuje myiázu buďto pod kůží, nebo ve zraněních. Nikdy však nebylo pozorováno, že by vyvolal oftalmomyiáze, což je parazitární onemocnění oka (Uni et al. 1999).

Jeden z významných případů oftalmomyiázy se stal v roce 1996 v nemocnici v centrální části Osaky. Jedna ze sester všimla u osmdesáti osmi leté ženy bílých červů na pravém víčku a rohovce. Tato pacientka utrpěla v roce 1994 mozkovou příhodu, kvůli které ochrnula a od té doby nebyla schopna žádné verbální ani neverbální komunikace, natož jakéhokoliv pochybu. Po tomto nálezu jí bylo z oka odebráno devět larev, které měly délku přibližně 2,5 mm. Odchovem těchto larev bylo zjištěno, že se jednalo o druh *Parasarcophaga similis* (Meade, 1876). Zároveň byla nalezena eroze rohovky, otok očního víčka, hyperemie spojivky a

občasný výtok. Později bylo zjištěno, že mouchy se do nemocnice dostaly z odpadků z vedlejší restaurace (Uni et al. 1999).

V případě výskytu myiázy se musí odebrat vzorky larev z kontaminovaného místa a nechat v laboratorních podmínkách vyvinout do stadia dospělce. Pouze tak lze zajistit přesné určení druhu (Uni et al. 1999).



## 4 Metodika

Terénní experiment probíhal od 25. června 2021 do 1. července 2021 na adrese Nové domy 22, Oloví, 357 07, okres Sokolov (Karlovarský kraj). GPS souřadnice pokusné lokality byly 50°15'23.6"N a 12°34'12.9"E. Experimentální plocha se nacházela na okraji lesa situovaného severně od experimentu.

Při experimentu byly použity čtyři kadávery kura domácího (*Gallus gallus f. domestica* Linnaeus, 1758). Všechny kadávery představovaly vyřazené nosnice, stejné věkové kategorie a podobného vzrůstu, usmrcené ve stejném čase, za stejných podmínek a bez dalších (jatečních) úprav. Takto připravené kadávery byly ve stejné době přeneseny na pokusnou plochu a uloženy na připravené stanoviště. Vzájemná vzdálenost kadáverů byla pět metrů z důvodu možnosti vzájemného ovlivnění výsledků. Nad všechny kadávery byl umístěn ochranný kryt, který zamezoval přístup predátorům k pokusným zvířatům, zároveň umožnil přístup nekrofágnímu hmyzu a minimálně ovlivňoval migraci larev.

### 4.1 Příprava pokusných stanovišť

Den před zahájením experimentu proběhl na pokusné ploše nejdříve výběr a příprava stanovišť pro jednotlivé kadávery. Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti byla naměřena na 5 m a jednotlivá místa byla označena pořadovým číslem od 1 do 4. Vybraná pokusná plocha byla zarostlá, proto bylo zapotřebí provést několik drobných terénních úprav. Na všech čtyřech stanovištích byl posekán travní porost, který mohl negativně omezit pozorování larev při jejich migraci. Následně byl na každém stanovišti vyměřen čtverec o rozměrech 55 cm x 55 cm a jeho hranice vymezeny přinesenými kameny, které měly zabránit podhrabu predátory. Do takto vymezeného prostoru, který představoval tzv. lože kadáveru a jeho blízké okolí, byla navezena 8cm vrstva písku, která rovnoměrně vyplňovala celou plochu mezi kameny. Vrstva písku standardizovala podmínky v loži kadáverů a usnadnila pozorování migračního procesu. Pro ochranu kadáverů před liškami, kočkami, psy apod. byl nad každým kadáverem postaven ochranný kryt. Základem krytu byly čtyři kovové podpěry o délce 80 cm, které byly v délce 20 cm zatlučeny do země. Na uvedené podpěry byla přišroubována dřevěná deska o rozměrech 40 cm x 40 cm. Na závěr byla celá konstrukce obehnána pletivem o velikosti ok 20 cm x 20 cm, které bránilo případnému odnesení kadáverů anebo jejich narušení obratlovci, nenarušovalo však přístup hmyzu a ani migraci larev (viz Obrázek č. 9 a 10).

Stanoviště č. 1 bylo umístěno na mírném svahu jižně od středu pokusné plochy. Severně od kadáveru bylo stanoviště zarostlé brusnicí borůvkou a přibližně jeden metr jihovýchodně rostl středně vzrostlý smrk ztepilý.

Stanoviště č. 2 bylo na rovné ploše západním směrem od středu pokusné plochy. Severovýchodně od stanoviště stál středně vzrostlý smrk ztepilý a necelý metr od stanoviště se nacházelo mraveniště druhu *Formica rufa* (Linnaeus, 1761). V průběhu experimentu si mravenci přesunuli mraveniště těsně vedle lože kadáveru.

Stanoviště č. 3 se nacházelo na svahu se sklonem do 10 ° severně od středu expozice, přičemž byla celá jeho severní strana kryta ostružiníkem.

Stanoviště č. 4 bylo umístěno na travnatém svahu s maximálním sklonem 10° východně od středu pokusné plochy. Jednou ze zajímavostí na tomto stanovišti byl fakt, že zde skoro po celý den foukal chladný vítr z kopců, skrze malé údolíčko, kterým pramenil menší potok. Tento menší potok žádným způsobem nezasahoval do místa, kde experiment probíhal, pokud byl tedy vynechán nával chladného vzduchu (vánku).

## 4.2 Příprava pokusných zvířat

Pokusná zvířata, vyřazené nosnice, byla zakoupena z velkochovu dne 25. června 2021 a do začátku experimentu byla živá zvířata umístěna do oploceného výběhu o rozměrech 2 m x 1,5 metrů. Všem slepicím bylo přistříženo jedno křídlo, aby se zamezilo jejich případnému ulétnutí, jinak neměly žádné viditelné zranění. Usmrcení všech zvířat proběhlo mechanickým způsobem dekapitací. Hlava byla následně na pokusném stanovišti přiložena k tělu. Časové rozmezí v usmrcení mezi jednotlivými zvířaty bylo přibližně dvě minuty. Takto připravená zvířata byla ihned přenesena na příslušné stanoviště. Všechny kadávery byly položeny břichem vzhůru s minimálním rozdílem nasměrování končetin. Na stanovišti byly slepice umístěny pod ochranný kryt.

Všechna pokusná zvířata byla usmrcena a umístěna na pokusnou plochu dne 26. června 2021, na stanoviště č. 1 v 15.04 (viz Obrázek č. 11), na stanoviště č. 2 v 15.06 (viz Obrázek č. 12), na stanoviště č. 3 v 15.08 (viz Obrázek č. 13) a na stanoviště č. 4 v 15.10 (viz Obrázek č. 14).

## 4.3 Dokumentace terénního pokusu

Před zahájením pokusu byla pokusná plocha zhodnocena z pohledu mikroklimatických podmínek se zaměřením na průběh denních teplot. Po dřívějším pozorování okolního prostředí, respektive změn teplot a doby, kdy byla zaznamenána aktivita hmyzu, bylo zjištěno, že kolem šesté hodiny ranní se na lokalitě vyskytují příliš nízké teploty, a proto hmyz neprojevuje žádnou výraznou aktivitu. Na základě těchto skutečností bylo pro vizuální kontrolu kadáverů vybráno časové rozmezí každý den od osmé hodiny ranní do desáté hodiny večerní. Místo experimentu bylo kontrolováno minimálně osmkrát denně.

V průběhu všech kontrol byl prováděn zápis o zjištěných skutečnostech do terénního deníku a průběžně vyhotovena fotodokumentace místa pokusu i jednotlivých kadáverů. Při kontrolách byla sledována a zaznamenávána letová aktivita hmyzu, kladení, činnost larev na kadáverech, celkový průběh rozkladného procesu a zejména způsob a směr migrace larev z kadáverů.

## 4.4 Klimatické podmínky

V rámci celého experimentu byly zaznamenávány klimatické podmínky na pokusné ploše. V průběhu denních kontrol se prováděl záznam teploty (viz Obrázek č. 23), vlhkosti a případný výskyt a množství srážek (viz Tabulka č. 1).

V průběhu dne 25. června 2021 opakovaně pršelo, proto 26. června, tedy na začátku experimentu, kolem 15.00, byla pokusná plocha po posledním dešti ještě vlhká. Průměrná

teplota dosahovala 17 °C a bylo bezvětří, které vydrželo až do nočních hodin. Kolem 16.00 poklesla teplota na 14 °C a v 22.00 se teplota pohybovala mezi 10 °C a 11 °C.

Dne 27. června 2021 byla provedena kontrola mikroklimatických podmínek na pokusné ploše již v 6.00, aby se ověřila předchozí zjištění o příliš nízkých teplotách v takto časných hodinách. Byla naměřena teplota 7 °C a nezjištěna žádná letová aktivita hmyzu na kadáverech. V 8.00 vystoupala teplota na 10 °C a okolo 10.00 se teplota pohybovala mezi 12 °C a 14 °C. Současně začal vát slabý severozápadní vítr dosahující rychlosti do 1 km/h. Maximální teplota daného dne dosáhla 22 °C až 24 °C a maximální rychlost větru se pohybovala do 2 km/h. Při večerním poklesu teploty bylo naměřeno 17 °C až 18 °C.

Dne 28. června 2021 bylo slunečno. V 8.00 ráno byla naměřena teplota okolo 12 °C a panovalo bezvětří. Ve 12.00 se teploty pohybovaly mezi 22 °C a 24 °C a bylo zaznamenáno slabý vítr o rychlosti do 1 km/h. V 18.00 poklesla teplota na 17 °C.

Dne 29. června 2021 se výrazně ochladilo. Ranní teploty poklesly na 3 °C a mrholilo. Ve 12.00 teploty dosahovaly 18 °C až 19 °C a vlhkost vzduchu byla mezi 40 % a 50 %. V 16.00 se okolní teplota pohybovala mezi 16 °C a 17 °C a vanul vítr o rychlosti do 4 km/h. Vlhkost vzduchu se pohybovat mezi 60 % a 70 %. V 20.00 se zvýšila oblačnost a bylo slyšet vzdálené hřmění. Před 21.00 začala od východu postupující bouřka a během následujících dvou hodin napadlo okolo 150 mm/m<sup>2</sup> srážek.

Dne 30. června 2021 v 8.00 panovalo bezvětří a byla naměřena teplota okolo 10 °C a relativní vlhkost vzduchu 60 %. V 14.00 bylo oblačno a teploty se pohybovaly mezi 12 °C a 13 °C, rychlost větru byla do 2 km/h. V 16.00 bylo slunečno a teplota dosahovala hodnot 12 °C až 13 °C, relativní vlhkost vzduchu poklesla na 40 %.

Dne 1. července 2021 bylo v 8.00 větrno s rychlostí větru do 3 km/h a teplota se pohybovala kolem 10 °C.

#### **4.5 Odchov a determinace hmyzu**

Z každého pokusného stanoviště byl mezi osmou a devátou hodinou ranní odebrán vzorek migrujících larev, které byly ponechány živé. Larvy byly umístěny do speciálně upravených nádob, u kterých byl ve víčku vyvrtán otvor a překryt jemnou síťovinou, která bránila živým larvám uniknout z nádoby, ale současně zajišťovala výměnu vzduchu. Všechny nádoby byly označeny číslem stanoviště a v co nejkratší době po odběru umístěny do lednice při teplotě přibližně 5 °C. Hned ten den byly larvy převezeny do entomologické laboratoře Kriminálního ústavu v Praze. V laboratoři byly přetříděny a vloženy do klimatické komory, ve které při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti 50 % odchovány do stadia dospěléce.

Determinaci vylíhlých much provedla plk. Ing. Hana Šuláková, Ph.D.

### **5 Výsledky experimentu**

Výsledky experimentu jsou rozděleny do popisu rozkladného procesu u všech čtyř kadáverů a popisu migrační fáze přítomných larev. Pozorování kadáverů započalo dne 26. června 2021 jejich uložením na pokusné stanoviště v době mezi 15.04 a 15.10 a bylo ukončeno dne 1. července 2021 po 8.00 odběrem vzorku migrujících larev.

## 5.1 Rozkladný proces

### 5.1.1 Kadáver č. 1

Po exponování kadáveru v 15.04 dne 26. června 2021 byla během dvou minut pozorována první aktivita nekrofágního hmyzu (viz Obrázek č. 15). Na kadáver přilétlo přibližně 10 až 15 much. Vyskytovaly se mezi nimi převážně bzučivky rodu *Lucilia* (Robineau – Desvoidy, 1830) a několik dalších druhů much. První den byla v průběhu jednotlivých dvou kontrol zaznamenána pouze letová aktivita hmyzu a u kadáveru povolení řitního svěrače.

Druhý den expozice, 27. června 2021, při kontrole v 6.00 panovaly příliš nízké teploty (okolo 7 °C) a na kadáveru nebyly vizuální kontrolou nalezeny žádné mouchy, ani jiný nekrofágní hmyz. Během dopoledne se s rostoucí teplotou postupně zvyšovala aktivita hmyzu na kadáveru. Po kadáveru se zpravidla pohybovalo kolem pěti až šesti jedinců z čeledi Calliphoridae, dokonce byla zaznamenána přítomnost drobných mušek. Dopoledne bylo v oblasti dutiny břišní zaznamenáno tmavnutí kůže a pod ní uložených orgánů, ale na těle nebyly žádné viditelné známky výskytu larev. Okolo 12.00 byly nalezeny první, drobné larvy pod kadáverem a v 14.00 i v okolí kloakálního otvoru, na krku, v místě odseknutí hlavy, a na hlavě. V době zaznamenání prvních viditelných larev, byl u kadáveru pozorován propad dutiny břišní. Při následujících kontrolách nebyly toho dne na kadáveru zaznamenány skoro žádné rozdíly, pouze se navyšoval počet larev, které se viditelně pohybovaly v oblasti kloaky. Bližší prohlídkou slepice byla detekována vajíčka pod pravým křídlem. Snížila se také aktivita dospělých much. Ve večerních hodinách byl na hlavě kadáveru pozorován brouk *Anoplotrupes stercorosus* (Hartmann in L. G. Scriba, 1791). Hnilobný zápach kadáveru bylo možné zaznamenat v okolí kadáveru do maximální vzdálenosti pěti metrů.

Třetí den experimentu, 28. června 2021, při ranní kontrole zjevně přibyl počet larev v okolí hlavy a pod kadáverem. Během dopoledne začaly s rostoucí teplotou opět nalétávat bzučivky rodu *Lucilia* a ojediněle další druhy much. Hlava byla už z poloviny prožrána larvami a na přeseknuté části krku se pohybovaly první larvy. V oblasti břišní dutiny byl nepatrný náznak nafouknutí a pod kadáverem bylo nalezeno minimálně 80 larev. Současně bylo pozorováno, že některé larvy jsou loveny a odnášeny mravenci druhu *Lasius niger* (Linnaeus, 1758). Přes delší sledování se nepodařilo přesně lokalizovat jejich mraveniště. Přes poledne vzrostl počet zaznamenaných much. Pohybovaly se převážně v oblasti hřbetu, hlavy a hrudi. Podrobnější prohlídkou bylo nalezeno minimálně 40 larev mezi pravým křídlem a hrudí a pozorováno mírné zduření kloaky. Do 16.00 došlo činností larev k úplnému zkonzumování měkkých tkání na lebce a ke zjevnému zvýšení počtu larev, které se pohybovaly v kloakální oblasti. Na kadáveru bylo patrné výraznější nafouknutí dutiny břišní, které bylo během odpoledne stále výraznější, ale nepřesahovalo hrudní kost. Postupně došlo vyhřeznutí kloaky, která byla ve večerních hodinách již výrazně vyprofilovaná. Dospělci nekrofágního hmyzu, respektive much, začali na kadáveru postupně ubývat. Larvy stále více preferovaly pravou stranu kadáveru. K večeru postupně opustily téměř vyskeletovanou hlavu a přelezly na tělo. Hnilobný zápach z kadáveru bylo možné zaznamenat až do vzdálenosti 20 metrů.

Čtvrtý den, 29. června 2021, bylo možné pozorovat zjevné zčernání vnitřních orgánů a výrazné nafouknutí dutiny břišní, které zasahovalo až po hrudní kost. Současně bylo pozorováno uvolňování peří z kůže na hrudi a na břiše. Výhřez kloaky byl výrazně znatelnější. Aktivita larev se přesunula z kloaky do oblasti třísel. V rámci těla se larvy začaly pomalu přesouvat na levou stranu kadáveru a bylo je možné zaznamenat převážně na hrudi a břiše. Současně vzrostl i počet viditelných larev pod kadáverem a pod krkem, v místě poranění, bylo zaznamenáno 100 až 200 jedinců. V 14.00 byla odebrána jedna larva z oblasti kloaky a následně byla změřena její délka. Dosahovala délky přibližně 2 mm až 3 mm (II. Instar). Počet viditelných larev na levé straně kadáveru začal pomalu stoupat a na pravé se jejich počty pohybovaly už okolo 60 jedinců. Ojedinelé larvy byly pozorovány na zbytcích měkkých tkání na lebce. Odpoledne čtvrtého dne se na kadáveru začaly projevovat stále výraznější známky narušení kůže, a to na levé straně břicha, na kterém zůstala z kůže pouze tenká blána. Několik larev se postupně přesunulo z hřbetu na pravé stehno. Také se oblast narušení sliznice pomalu, ale jistě rozšiřovala na pravou stranu podbřišku, kyčlí a břicha. V 20.00 byly na tomto kadáveru viditelné shluky larev v místě břicha a třísel. Na těchto místech zůstala z kůže pouze průhledná blána, přesto nedošlo k ruptuře břišní stěny. V oblasti kloaky se začal vytvářet zvláštní hlenový obal vyplněný larvami. Po večerní bouřce zůstal kadáver mokrá, ale samotný déšť činnost larev viditelně neovlivnil. Hnilobný zápach dosahoval přibližně do 30 metrů od stanoviště.

Pátý den, 30. června 2021, bylo v 7.00 pozorováno nahloučení larev do menších kolonií, které na kadáveru utvořily menší skupinové „ostrůvky“ obalené blanitou vrstvou vytvořenou ze zaschlé pěny. Tyto kolonie se vytvořily pod peřím na bocích hrudi a břicha. Do 8.00 byl pozorován výrazný nárůst počtu larev pohybujících se na kadáveru. V 10.00 byl u kadáveru zaznamenán propad hrudníku z pravé strany a postupné rozšiřování larev k hrudní kosti. V průběhu následujících dvou kontrol se larvy začaly postupně prožírat směrem ke hrudní kosti. V 12.00 byl již viditelný levý kyčelní kloub a larvy pokrývaly téměř celý kadáver. Kolem 14.00 došlo k propadu levé strany hrudi. Vlivem aktivity larev na levém stehně, došlo k postupnému uvolnění peří z kůže a jeho odpadnutí. Postupem dne došlo vlivem larev k zviditelní obou kyčelních kloubů a končetiny byly pokryté pouze tenkou průhlednou blánou. Larvy v oblasti kloaky, pravého křídla, na levém stehně a v třísle dosahovaly délky až 9 mm (III. instar). V průběhu dne bylo možné na kadáveru zaznamenat ojedinelé mouchy, ale ty na těle setrvaly vždy jen krátkou dobu. Od 18.00 postupně vzrůstal počet viditelných larev. Mezi 20.00 a 22.00 se z kadáveru postupně uvolnilo peří. Ve stejné době byla zaznamenána migrace prvních, ojedinelých larev z kadáveru.

Poslední den, 1. července 2021, z kadáveru zbyla pouze kostra potažená zbytky tenké a průhledně blanité kůže, ze které se uvolnilo peří (viz Obrázek č. 16). Při kontrole v 6.00 nebyla pozorována žádná migrační aktivita larev, patrně vlivem nižších teplot. Až kolem 8.00 začaly larvy III. Instaru zcela zjevně opouštět kadáver a migrovat do jeho okolí. Do terénního deníku byl zaznamenán způsob a směr migrace a byla pořízena fotodokumentace. V 8.14 byl proveden odběr migrujících larev pro účely jejich determinace do druhu.

### 5.1.2 Kadáver č. 2

Po exponování kadáveru v 15.06 dne 26. června 2021 byla během dvou minut pozorována první aktivita nekrofágního hmyzu. Na kadáver přilétlo přibližně 13 až 15 much (viz Obrázek č. 17). Vyskytovaly se mezi nimi převážně bzučivky rodu *Lucilia* a několik dalších much. První den byla v průběhu jednotlivých dvou kontrol zaznamenána pouze letová aktivita hmyzu a u kadáveru povolení řitního svěrače.

Druhý den expozice, 27. června 2021, při kontrole v 6.00 panovaly příliš nízké teploty (okolo 7 °C) a na kadáveru nebyly vizuální kontrolou nalezeny žádné mouchy, ani jiný nekrofágní hmyz. Během dopoledne se s rostoucí teplotou postupně zvyšovala aktivita hmyzu na kadáveru. Po kadáveru se zpravidla pohybovalo kolem osmi až devíti jedinců z čeledí Calliphoridae a Muscidae. Dopoledne bylo v oblasti dutiny břišní zaznamenáno tmavnutí kůže a pod ní uložených orgánů, ale na těle nebyly žádné viditelné známky výskytu larev. Okolo 12.00 byly nalezeny první, drobné larvy pod kadáverem a v 14.00 i na krku, v místě odseknutí hlavy, a na hrudi. V době zaznamenání prvních viditelných larev, byl u kadáveru pozorován propad dutiny břišní. Při následujících kontrolách toho dne nebyly na kadáveru zaznamenány skoro žádné rozdíly, pouze se navyšoval počet larev, které se viditelně pohybovaly v oblasti krku. Bližší prohlídkou slepice byla detekována vajíčka v oblasti kloakálního otvoru, pod peřím a v dutině lebeční. Snížila se také aktivita dospělých much. Ve večerních hodinách bylo zaznamenáno zkonzumování jedné poloviny z dutiny lebeční. Hnilobný zápach kadáveru bylo možné zaznamenat v okolí kadáveru do maximální vzdálenosti pěti metrů. V průběhu dne mravenci nejevili žádný zájem o kadáver.

Třetí den experimentu, 28. června 2021, při ranní kontrole výrazně přibyl počet larev v okolí hlavy a pod kadáverem. Během dopoledne začaly s rostoucí teplotou opět nalétávat bzučivky rodu *Lucilia* a ojediněle další druhy much. Oblast kloakálního otvoru byla celá pokrytá larvami a na hlavě se larvy přesunuly do očí. V oblasti břišní dutiny byl nepatrný náznak nafouknutí a v oblasti kloakálního otvoru bylo nalezeno minimálně 20 larev. Současně nebyl pozorován žádný lov larev mravenci. Přes delší sledování se podařilo zaznamenat přesun jejich mraveniště pod stanoviště. Přes poledne vzrostl počet zaznamenaných much. Pohybovaly se převážně v oblasti hřbetu, hlavy a hrudi. Podrobnější prohlídkou bylo pozorováno mírné zduření kloaky. Do 16.00 došlo činností larev k úplnému zkonzumování měkkých tkání na i v lebce a ke zjevnému zvýšení počtu larev, které se pohybovaly v kloakální oblasti. Na kadáveru bylo patrné výraznější nafouknutí dutiny břišní, které bylo během odpoledne stále výraznější, ale nepřesahovalo hrudní kost. Postupně došlo vyhřeznutí kloaky, která byla ve večerních hodinách již výrazně vyprofilovaná. Dospělci nekrofágního hmyzu, respektive much, začali na kadáveru postupně ubývat. Larvy stále více preferovaly pravou stranu kadáveru. K večeru postupně opustily téměř vyskeletovanou hlavu a přelezly na tělo. Hnilobný zápach z kadáveru bylo možné zaznamenat až do vzdálenosti 20 metrů.

Čtvrtý den, 29. června 2021, bylo možné pozorovat zjevné zčernání vnitřních orgánů a výrazné nafouknutí dutiny břišní, které zasahovalo až po hrudní kost. Současně bylo pozorováno uvolňování peří z kůže na hrudi a na břiše. Vyhřez kloaky byl výrazně znatelnější. Aktivita larev se přesunula z kloaky do oblasti třísel a podbřišku. V rámci těla se larvy začaly pomalu přesouvat na pravou stranu kadáveru a bylo je možné zaznamenat převážně na hrudi a břiše. Současně vzrostl počet viditelných larev v oblasti kloaky a hrudi,

kde bylo zaznamenáno 100 až 200 jedinců. V 14.00 byla odebrána jedna larva z oblasti kloaky a následně byla změřena její délka. Dosahovala délky přibližně 2 mm až 3 mm (II. Instar). Počet viditelných larev v oblasti kloakálního otvoru, hrudi a břicha začal rapidně stoupat a jejich počty se pohybovaly okolo 200 jedinců. Ojedinělé larvy byly pozorovány na zbytcích měkkých tkání na lebce. Odpoledne čtvrtého dne se na kadáveru začaly projevovat stále výraznější známky narušení kůže, a to na levé straně břicha, na kterém zůstala z kůže pouze tenká blána. Několik larev se postupně přesunulo z břicha na hřbet. V 20.00 byly na tomto kadáveru viditelné shluky larev v místě podbřišku a stehen. Na těchto místech zůstala z kůže pouze průhledná blána, přesto nedošlo k ruptuře břišní stěny. V oblasti kloaky se začal vytvářet zvláštní hlenový obal vyplněný larvami. Po večerní bouřce zůstal kadáver mokrá, ale samotný déšť činnost larev viditelně neovlivnil. Hnilobný zápach dosahoval přibližně do 30 metrů od stanoviště.

Pátý den, 30. června 2021, bylo v 7.00 pozorováno nahloučení larev do menších kolonií, které na kadáveru utvořily menší skupinové „ostrůvky“ obalené blanitou vrstvou vytvořené ze zaschlé pěny. Tyto kolonie se vytvořily pod peřím na bocích hrudi a břicha. Do 8.00 byl pozorován výrazný nárůst počtu larev pohybujících se na kadáveru. V 10.00 byl u kadáveru zaznamenán propad hrudníku z pravé strany a postupné rozšiřování larev na levou stranu. V průběhu následujících dvou kontrol se larvy začaly postupně prožírat směrem ke hrudní kosti. V 12.00 byl již viditelný pravý kyčelní kloub a larvy pokrývaly celou pravou stranu kadáveru. Kolem 14.00 došlo k mírnému propadu levé strany hrudi. Vlivem aktivity larev na levé straně hrudi, došlo k postupnému uvolnění peří z kůže a jeho odpadnutí. Postupem dne došlo vlivem larev k zviditelní obou kyčelních kloubů a končetiny byly pokryté pouze tenkou průhlednou blánou. Larvy na pravé straně kadáveru dosahovaly délky až 9 mm (III. instar). V průběhu dne bylo možné na kadáveru zaznamenat ojedinělé mouchy, ale ty na těle setrvaly vždy jen krátkou dobu. Od 18.00 postupně vzrůstal počet viditelných larev. Mezi 20.00 a 22.00 se z kadáveru postupně uvolnilo peří. Ve stejné době byla zaznamenána migrace prvních, ojedinělých larev z kadáveru.

Poslední den, 1. července 2021, z kadáveru zbyla pouze kostra potažená zbytky tenké a průhledně blanité kůže, ze které se uvolnilo peří (viz Obrázek č. 18). Při kontrole v 6.00 nebyla pozorována žádná migrační aktivita larev, patrně vlivem nižších teplot. Až kolem 8.00 začaly larvy III. instaru zcela zjevně opouštět kadáver a migrovat do jeho okolí. Do terénního deníku byl zaznamenán způsob a směr migrace a byla pořízena fotodokumentace. V 8.20 byl proveden odběr migrujících larev pro účely jejich determinace do druhu.

### **5.1.3 Kadáver č. 3**

Po exponování kadáveru v 15.08 dne 26. června 2021 byla během dvou minut pozorována první aktivita nekrofágního hmyzu. Na kadáver přilétlo přibližně 15 až 20 much (viz Obrázek č. 19). Vyskytovaly se mezi nimi převážně bzučivky rodu *Lucilia* a několik dalších druhů much. První den byla v průběhu jednotlivých dvou kontrol zaznamenána pouze letová aktivita hmyzu a u kadáveru povolení řitního svěrače.

Druhý den expozice, 27. června 2021, při kontrole v 6.00 panovaly příliš nízké teploty (okolo 7 °C) a na kadáveru nebyly vizuální kontrolou nalezeny žádné mouchy, ani jiný nekrofágní hmyz. Během dopoledne se s rostoucí teplotou postupně zvyšovala aktivita hmyzu

na kadáveru. Po kadáveru se zpravidla pohybovalo kolem deseti až dvanácti jedinců z čeledi Calliphoridae a Muscidae, dokonce byla zaznamenána přítomnost dalšího nekrofágního hmyzu, patrně z rodu *Nicrophorus* (Fabricius, 1775) a *Anoplotrupes stercorosus*. Dopoledne bylo v oblasti dutiny břišní zaznamenáno tmavnutí kůže a pod ní uložených orgánů, ale na těle nebyly žádné viditelné známky výskytu larev. Okolo 12.00 byly nalezeny první, drobné larvy pod kadáverem a v 14.00 i v okolí kloakálního otvoru, na krku, v místě odseknutí hlavy, hrudi a na hlavě. V době zaznamenání prvních viditelných larev, byl u kadáveru pozorován propad dutiny břišní. Při následujících kontrolách toho dne nebyly na kadáveru zaznamenány skoro žádné rozdílly, pouze se navyšoval počet larev, které se viditelně pohybovaly v oblasti kloaky. Bližší prohlídkou slepice byla detekována vajíčka pod pravým křídlem. Snížila se také aktivita dospělých much. Ve večerních hodinách byl v oblasti pravého křídla zaznamenán lov a odnos mravenci. Přes delší sledování se nepodařilo přesně lokalizovat jejich mraveniště. Bližší prohlídkou bylo detekováno natlačení orgánů na stěnu dutiny břišní a navýšení počtu larev oblasti pravého křídla. Hnilobný zápach kadáveru bylo možné zaznamenat v okolí kadáveru do maximální vzdálenosti pěti metrů.

Třetí den experimentu, 28. června 2021, při ranní kontrole zjevně přibyl počet larev v oblasti kloakálního otvoru, krku a pod kadáverem. Během dopoledne začaly s rostoucí teplotou opět nalétávat bzučivky rodu *Lucilia* a ojediněle další druhy much. Orgány natlačené na stěnu dutiny břišní byly více viditelné a na přeseknuté části krku byl detekován *Anoplotrupes stercorosus*. V oblasti břišní dutiny byl nepatrný náznak nafouknutí. Přes poledne vzrostl počet zaznamenaných much. Pohybovaly se převážně v oblasti krku, hrudi a kloakálního otvoru. Podrobnější prohlídkou bylo pozorováno mírné zduření kloaky. Do 16.00 došlo ke zjevnému zvýšení počtu larev, které se pohybovaly v kloakální oblasti. Na kadáveru bylo patrné výraznější nafouknutí dutiny břišní, které bylo během odpoledne stále výraznější, ale nepřesahovalo hrudní kost. Postupně došlo vyhřeznutí kloaky, která byla ve večerních hodinách již výrazně vyprofilovaná. Dospělci nekrofágního hmyzu, respektive much, začali na kadáveru postupně ubývat. Larvy stále více preferovaly pravou stranu kadáveru. K večeru byla dutina břišní nafouknutá až po první polovinu hrudní kosti. Hnilobný zápach z kadáveru bylo možné zaznamenat až do vzdálenosti 20 metrů.

Čtvrtý den, 29. června 2021, bylo možné pozorovat zjevné zčernání vnitřních orgánů a výrazné nafouknutí dutiny břišní, které bylo souměrné s hrudní kostí. Současně bylo pozorováno uvolňování peří z kůže na hrudi a na bříše. Vyhřez kloaky byl výrazně znatelnější. Aktivita larev se přesunula z kloaky do oblasti břicha a hrudi. V rámci těla se larvy začaly pomalu přesouvat pod zbylé peří a bylo možné zaznamenat tenkou a průhlednou vrstvu blanité kůže na levé straně kadáveru. V 14.00 byla odebrána jedna larva z oblasti kloaky a následně byla změřena její délka. Dosahovala délky přibližně 2 mm až 3 mm (II. Instar). Viditelné larvy na levé straně kloakálního otvoru započaly přesun do oblasti břicha. Ojedinělé larvy byly pozorovány na zbytcích měkkých tkání na lebce. Odpoledne čtvrtého dne se na kadáveru začaly projevovat stále výraznější známky narušení kůže, a to na levé straně břicha, na kterém zůstala z kůže pouze tenká blána. Několik larev se postupně přesunulo z oblasti kloakálního otvoru na hřbet a hrud'. Také se oblast narušení sliznice pomalu, ale jistě, rozšiřovala na pravou stranu podbříšku a břicha. V 20.00 byly na tomto kadáveru viditelné shluky larev v místě břicha a třísel. Na těchto místech zůstala z kůže pouze průhledná blána, přesto nedošlo k ruptuře břišní stěny. V oblasti kloaky se začal vytvářet



zvláštní hlenový obal vyplněný larvami. Po večerní bouřce zůstal kadáver mokrý, ale samotný déšť činnost larev viditelně neovlivnil. V průběhu dne byl na kadáveru zaznamenán rod *Nicrophorus* a nejspíš druh *Anoplotrupes stercorosus*. Hnilobný zápach dosahoval přibližně do 30 metrů od stanoviště.

Pátý den, 30. června 2021, bylo v 7.00 pozorováno nahloučení larev do menších kolonií, které na kadáveru utvořily menší skupinové „ostrůvky“ obalené blanitou vrstvou vytvořené ze zaschlé pěny. Tyto kolonie se vytvořily pod peřím na bocích hrudi a břicha. Do 8.00 byl pozorován výrazný nárůst počtu larev pohybujících se na kadáveru. V 10.00 byl u kadáveru zaznamenán propad hrudníku z levé strany. V průběhu následujících dvou kontrol se larvy začaly postupně prožírat směrem ke hrudní kosti. V 12.00 larvy pokrývaly téměř celou levou stranu kadáveru. Kolem 14.00 došlo k přesunu larev na pravou stranu hrudi a k jejímu propadu. Vlivem aktivity larev na levém stehně, došlo k postupnému uvolnění peří z kůže a jeho odpadnutí. Postupem dne došlo vlivem larev k zviditelní obou kyčelních kloubů a končetiny byly pokryté pouze tenkou průhlednou blánou. Larvy v oblasti kloaky, pravého křídla, na levém stehně a v třísle dosahovaly délky až 9 mm (III. instar). V průběhu dne bylo možné na kadáveru zaznamenat ojedinělé mouchy, ale ty na těle setrvaly vždy jen krátkou dobu. Od 18.00 postupně vzrůstal počet viditelných larev, které pokrývaly celý kadáver. Mezi 20.00 a 22.00 se z kadáveru postupně uvolnilo peří. Ve stejné době byla zaznamenána migrace prvních, ojedinělých larev z kadáveru.

Poslední den, 1. července 2021, z kadáveru zbyla pouze kostra potažená zbytky tenké a průhledně blanité kůže, ze které se uvolnilo peří (viz Obrázek č. 20). Při kontrole v 6.00 nebyla pozorována žádná migrační aktivita larev, patrně vlivem nižších teplot. Až kolem 8.00 začaly larvy III. instaru zcela zjevně opouštět kadáver a migrovat do jeho okolí. Do terénního deníku byl zaznamenán způsob a směr migrace a byla pořízena fotodokumentace. V 8.24 byl proveden odběr migrujících larev pro účely jejich determinace do druhu.

#### **5.1.4 Kadáver č. 4**

Po exponování kadáveru v 15.10 dne 26. června 2021 byla během dvou minut pozorována první aktivita nekrofágního hmyzu. Na kadáver přilétlo přibližně 5 až 7 much (viz Obrázek č. 21). Vyskytovaly se mezi nimi převážně bzučivky rodu *Lucilia* a několik dalších druhů much. První den byla v průběhu jednotlivých dvou kontrol zaznamenána pouze letová aktivita hmyzu a u kadáveru povolení řitního svěrače.

Druhý den expozice, 27. června 2021, při kontrole v 6.00 panovaly příliš nízké teploty (okolo 7 °C) a na kadáveru nebyly vizuální kontrolou nalezeny žádné mouchy, ani jiný nekrofágní hmyz. Během dopoledne se s rostoucí teplotou postupně zvyšovala aktivita hmyzu na kadáveru. Po kadáveru se zpravidla pohybovalo kolem osmi až devíti jedinců z čeledí Calliphoridae a Muscidae. Dopoledne bylo v oblasti dutiny břišní zaznamenáno tmavnutí kůže a pod ní uložených orgánů, ale na těle nebyly žádné viditelné známky výskytu larev. Okolo 12.00 byly nalezeny první drobné larvy pod kadáverem a na břicho byl zpozorován druh *Anoplotrupes stercorosus*. V 14.00 byly pozorovány larvy na krku, v místě odseknutí hlavy, a hlavy. V době zaznamenání prvních viditelných larev, byl u kadáveru pozorován propad dutiny břišní. Při následujících kontrolách toho dne nebyly na kadáveru zaznamenány skoro žádné rozdíly, pouze se navyšoval počet larev, které se viditelně pohybovaly v oblasti krku.

Snížila se také aktivita dospělých much. Ve večerních hodinách nebyl zaznamenán žádný příbytek larev. Hnilobný zápach kadáveru bylo možné zaznamenat v okolí kadáveru do maximální vzdálenosti pěti metrů.

Třetí den experimentu, 28. června 2021, při ranní kontrole zjevně přibyl počet larev na krku a pod kadáverem. Během dopoledne začaly s rostoucí teplotou opět nalétávat bzučivky rodu *Lucilia* a ojediněle další druhy much. V oblasti břišní dutiny byl nepatrný náznak nafouknutí. Současně bylo pozorováno, že se larvy zdržují převážně v oblasti hlavy, krku a pod kadáverem. Přes poledne vzrostl počet zaznamenaných much. Pohybovaly se převážně v oblasti krku, hlavy a břicha. Podrobnější prohlídkou byl zaznamenán patrně rod *Nicrophorus* a pozorováno mírné zduření kloaky. Do 16.00 došlo ke zjevnému zvýšení počtu larev, které se pohybovaly pod kadáverem. Na kadáveru bylo patrné výraznější nafouknutí dutiny břišní, které bylo během odpoledne stále výraznější, ale nepřesahovalo hrudní kost. Postupně došlo vyhřeznutí kloaky, která byla ve večerních hodinách již výrazně vyprofilovaná. Dospělci nekrofágního hmyzu, respektive much, začali na kadáveru postupně ubývat. K večeru došlo v oblasti krku ke zjevnému nárůstu larev. Hnilobný zápach z kadáveru bylo možné zaznamenat až do vzdálenosti 20 metrů.

Čtvrtý den, 29. června 2021, bylo možné pozorovat zjevné zčernání vnitřních orgánů a výrazné nafouknutí dutiny břišní, které zasahovalo až po hrudní kost. Současně bylo pozorováno uvolňování peří z kůže na hrudi a na bříše. Vyhřez kloaky byl výrazně znatelnější. Aktivita larev se přesunula z kloaky do oblasti třísel. V rámci těla se larvy začaly pomalu přesouvat na levou stranu kadáveru a bylo je možné zaznamenat převážně pod peřím. Současně vzrostl počet viditelných larev pod kadáverem a v oblasti kloakálního otvoru. V 14.00 byla odebrána jedna larva z oblasti kloaky a následně byla změřena její délka. Dosahovala délky přibližně 2 mm až 3 mm (II. Instar). Odpoledne čtvrtého dne se na kadáveru začaly projevovat stále výraznější známky narušení kůže, a to na levé a pravé straně břicha, na kterých zůstala z kůže pouze tenká blána. Několik larev se postupně přesunulo z hřbetu na podbříšek. Také se oblast narušení sliznice pomalu, ale jistě rozšiřovala na pravou stranu podbříšku a stehen. V 20.00 byly na tomto kadáveru viditelné shluky larev v místě břicha a třísel. Na těchto místech zůstala z kůže pouze průhledná blána, přesto nedošlo k ruptuře břišní stěny. V oblasti kloaky se začal vytvářet zvláštní hlenový obal vyplněný larvami. Po večerní bouřce zůstal kadáver mokrá, ale samotný déšť činnost larev viditelně neovlivnil. Hnilobný zápach dosahoval přibližně do 30 metrů od stanoviště.

Pátý den, 30. června 2021, bylo v 7.00 pozorováno nahlučení larev do menších kolonií, které na kadáveru utvořily menší skupinové „ostrůvky“ obalené blanitou vrstvou vytvořenou ze zaschlé pěny. Tyto kolonie se vytvořily pod peřím na bocích hrudi a břicha. Do 8.00 byl pozorován výrazný nárůst počtu larev pohybujících se na kadáveru. Několik larev bylo zaznamenáno v oblasti hrudníku a břicha. Také bylo v oblasti kloaky detekováno vejce s plně vyvinutou skořápkou. V 10.00 byl u kadáveru zaznamenán propad břišní dutiny a postupné rozšiřování larev k hrudní kosti. V průběhu následujících dvou kontrol se larvy začaly postupně rozšiřovat po celém kadáveru. V 12.00 byla viditelná pouze hrudní kost a běháky. Kolem 14.00 došlo k navýšení larev v oblasti krku, hrudi a břicha. Vlivem aktivity larev na těle došlo k postupnému uvolnění peří z kůže a jeho odpadnutí. Postupem dne došlo vlivem larev k zviditelní obou kyčelních kloubů a končetiny byly pokryté pouze tenkou průhlednou blánou. Larvy z celého těla dosahovaly délky až 9 mm (III. instar). V průběhu dne

bylo možné na kadáveru zaznamenat ojedinělé mouchy, ale ty na těle setrvaly vždy jen krátkou dobu. V 18.00 bylo vejce z kadáveru plně vypuzeno a larvy o něj neprojevovaly žádný viditelný zájem. Mezi 20.00 a 22.00 se z kadáveru postupně uvolnilo veškeré peří. Ve stejné době byla zaznamenána migrace prvních, ojedinělých larev z kadáveru.

Poslední den, 1. července 2021, z kadáveru zbyla pouze kostra potažená zbytky tenké a průhledně blanité kůže, ze které se uvolnilo peří (viz Obrázek č. 22). Při kontrole v 6.00 nebyla pozorována žádná migrační aktivita larev, patrně vlivem nižších teplot. Až kolem 8.00 začaly larvy III. instaru zcela zjevně opouštět kadáver a migrovat do jeho okolí. Do terénního deníku byl zaznamenán způsob a směr migrace a byla pořízena fotodokumentace. V 8.28 byl proveden odběr migrujících larev pro účely jejich determinace do druhu.

## 5.2 Migrace larev

Byly také porovnány rozkladné procesy u jednotlivých kadáverů a také u nich byla vypočítána hodinová suma efektivních teplot, ze získaných meteorologických dat (viz Tabula č. 2).

U kadáveru č. 1 byla migrace zaznamenána 1. července v 8.00. Larvy z celého kadáveru projevovaly stejný způsob migrace, která byla převážně skupinová. Migrace probíhala 257° západním směrem a larvy urazily z lože mrtvoly maximálně 30 cm. Nebylo pozorováno zahrabání do substrátu. Po odchovu vzorku migrujících larev, bylo determinováno 16 samců a 9 samic druhu *Lucilia caesar* (viz Obrázek č. 24–26).

U kadáveru č. 2 byla migrace zaznamenána 1. července v 8.04. Larvy z celého kadáveru projevovaly stejný způsob migrace, která byla převážně skupinová. Migrace probíhala také 257° západním směrem a larvy urazily z lože mrtvoly minimálně 30 cm. Nebylo možné detekovat maximální vzdálenost migrace, kvůli vysokému porostu. Po odchovu vzorku migrujících larev, byly determinovány 4 samci a 4 samice druhu *Lucilia caesar* (viz Obrázek č. 24–26).

U kadáveru č. 3 byla migrace zaznamenána 1. července v 8.08. Larvy z celého kadáveru projevovaly stejný způsob migrace, která byla převážně skupinová. Migrace probíhala 252° západním směrem a larvy urazily z lože mrtvoly okolo 10 cm až 15 cm. Nebylo pozorováno zahrabání do substrátu. Po odchovu vzorku migrujících larev, bylo determinováno 7 samců a 3 samice druhu *Lucilia caesar* a 2 samice s tmavým pátým tergitem rodu *Sarcophaga* (viz Obrázek č. 24–26).

U kadáveru č. 4 byla migrace zaznamenána 1. července v 8.10. Larvy z celého kadáveru projevovaly stejný způsob migrace, která byla převážně skupinová. Migrace probíhala 257° západním směrem a larvy urazily z lože mrtvoly okolo 10 cm až 15 cm. Bylo pozorováno ukrývání larev pod kameny, které v průběhu experimentu měly zamezit riziku podhrabu predátory. Po odchovu vzorku migrujících larev, bylo determinováno 10 samců a 8 samic druhu *Lucilia caesar* (viz Obrázek č. 24–26).

## 6 Diskuse

Rozkladný proces byl na kadáverech pozorován hned první den, kdy se těla nacházela v první sukcesní vlně. Druhý den byl na kadáverech zaznamenán livor mortis, a to v oblasti dutiny břišní. Současně byl na těle rozpoznatelný propad dutiny břišní. Kadávery se tedy mohly nacházet ve fázi mezi čerstvým a nadmutým tělem. V noci na třetí den došlo u kadáverů k nadmutí těla a u hlavy nastala činností larev úplná skeletonizace. Potvrzuje se tím tvrzení, že jednotlivé vlny se nedají časově ohraničit, tedy jich může probíhat víc ve stejnou dobu (Šuláková 2017; Šuláková 2019). Čtvrtý den došlo u kadáverů k černání orgánů a většímu nadmutí. Vzhledem k vzrůstajícímu zápachu a změně konzistence kůže, se dá předpokládat, že kadávery přešly do třetí sukcesní vlny. Kvůli silným dešťům zde došlo k zpomalení rozkladu, proto se i pátý den kadávery nacházely ve třetí sukcesní vlně. Nedošlo, ale k výraznému zpomalení, protože ke konci pátého dne byly kadávery již ve fázi pokročilého rozkladu. Šestý den ráno nastala migrační fáze larev a těla se nacházela na pokraji předposlední sukcesní vlny, kterou je vysychání měkkých tkání. Při porovnání tohoto experimentu s Kočárkem (2001), trval tento rozkladný proces, respektive do fáze migrace larev, kratší dobu. Při studii, kterou provedl Kočárek (2001), začaly larvy *Lucilia caesar* migrovat sedmý den. Když využijeme fakt o tom, že dešť mezi čtvrtým a pátým dnem, způsobil zpomalení rozkladu přibližně o jeden den, dojdeme k závěru, že rozklad při tomto experimentu trval přibližně pět dní. Je zde tedy časová rozdílnost jednoho až dvou dnů. Důvodem, proč jsou doby rozkladů těchto dvou experimentů rozdílné, může být nepříznivost počasí nebo rozdílné roční období ve kterém experiment proběhl. *Lucilia caesar* má totiž rozdílné zastoupení populace na kadáveru v rozdílných ročních obdobích (Šuláková & Barták 2013; Šuláková et al. 2013; Šuláková 2017; Šuláková 2019).

Po uložení kadáverů do volné expozice byli během dvou minut pozorováni první kolonizátoři. Kladení vajíček samičkami much na kadáver nebylo přímo pozorováno, ale z důvodu výskytu larev následujícího dne k němu muselo dojít již během prvního dne. Larvy byly nalezeny pod kadávery, jmenovitě v oblastech kožních záhybů a pod peřím. Z toho lze vyvodit, že samice nakladly vajíčka na tato místa za účelem jejich ochrany – dostatečná vlhkost a krytí před přímým slunečním zářením, které by mohlo vajíčka vysušit ještě před vylíhnutím larev. V pokusné oblasti se během experimentu teploty pohybovaly v průměru kolem 15 °C a některé kadávery byly vystaveny proudění chladného vzduchu (vánku). S ohledem na průběh teplot došlo s největší pravděpodobností k ovipozici mezi 16.00 až 17.00 hodinou. Dalším důvodem výběru této oblasti ke kladení, mohla být ochrana vajíček před prouděním chladného vzduchu a případnou predací mravenci (Formidae), nebo jiného dravého hmyzu.

Ve vztahu k lokalizaci larev byla u některých kadáverů pozorována preference jedné strany, ale skoro vždy byly larvy detekovány pod kadáverem. S rostoucí teplotou se zvýšila i letová aktivita dospělců. V dalších dnech se larvy začaly rozšiřovat z oblasti kloakálního otvoru na končetiny a podbřišek, přičemž larvy z pod kadáveru a záhybů se začaly pomalu přesouvat na hrudník a břicho. Jedním z nejpreferovanějších míst pro kolonizaci se nacházelo v oblasti kloakálního otvoru. Letová aktivita hmyzu v průběhu experimentu neustávala, docházelo však ke snižování počtu jedinců, kteří o kadávery projevíli zájem. Hlavy kadáverů larvy opustily přibližně třetí den a následně se přesunuly na tělo. Důvodem přesunu z hlav byl

zcela zjevný nedostatek potravy, protože z hlav zůstaly pouze kostry pokryté tenkou vrstvou kůže. Po dočasných deštích bylo pátý den pozorováno nahloučení larev do menších kolonií, které na kadáveru utvořily menší skupinové „ostrůvky“ obalené blanitou vrstvou vytvořené ze zaschlé pěny. Tyto kolonie se vytvořily převážně pod peřím na bocích hrudi a břicha. Důvodem bylo nejspíše zamezení vyplavení z kadáveru. O několik hodin později tento obal zmizel, nejspíše ho larvy zkonsumovaly anebo se rozpadl jejich pohybem. Během pěti hodin došlo k rozšíření larev po kadáverech v takovém množství, že nebylo možné rozeznat o jakou jeho část těla se jedná. To bylo způsobeno zejména nárůstem larev. Poslední den experimentu zbyla z kadáverů pouze kostra potažená zbytky tenké a průhledné kůže, přičemž larvy se začaly pomalu přesouvat k běhákům.

V průběhu rozkladu se na kadáverech objevil druh *Anoplotrupes stercorosus*, kterého patrně přilákal zápach trusu. Tato teorie není však úplně potvrzená z důvodu, že tento jedinec byl povětšinou nalezen na kadáveru v oblasti utnutého krku. Není ale ani úplně vyvrácená, protože se daný druh na kadáveru objevil po uvolnění řitního svěrače. Tento druh se živí výkaly, popřípadě mršinami, proto jeho výskyt na kadáveru není nějak neobvyklý (Mittal & Bhati 1998).

Podle Povolného (1979) mohou být migrující larvy loveny mravenci. Tuto skutečnost realizovaný experiment potvrzuje, protože u dvou ze čtyř kadáverů byl zaznamenán lov larev, nejspíše mravenci druhu *Lasius niger*. Přes delší pozorování se ale nepodařilo přesně lokalizovat jejich mraveniště. U jednoho z kadáverů bylo v průběhu experimentu nalezeno mraveniště druhu *Formica rufa* v blízké oblasti lože. Bylo pozorováno, že tyto mravenci lovili larvy pouze jeden den experimentu. Je tedy vysoká pravděpodobnost, že lovili larvy v průběhu noci, přičemž se přes den tento typ chování žádným způsobem neprojevoval. Z pozorovaného chování jednotlivých druhů by se dalo usoudit, že mravenci druhu *Formica rufa* neprojevují takový zájem o larvy, jako mravenci druhu *Lasius niger*, kteří byli schopni urazit větší vzdálenost, jenom aby se dostali ke zdroji potravy.

Migrace larev proběhla u všech kadáverů na západ a skupinově. Motivací pro migraci larev v III. instaru tímto směrem, nemohlo být bezpečné místo pro zakuklení, protože u některých kadáverů se nacházelo na severní straně. Na stanovištích musel být tedy jiný faktor, který některé larvy donutil migrovat i v blízkosti mraveniště. Důvodem proč migrace proběhla tímto způsobem mohlo být způsobeno náklonem terénu, i přestože se dva ze čtyř kadáverů nacházely na rovině. Na první pohled mohla být stanoviště na rovném povrchu, ale tím že oblast experimentu byla uložena na rovné vyvýšenině, zde mohlo dojít k mírnému náklonu terénu. Dalším faktorem, který mohl přímo ovlivnit směr migrace, byl směr proudění větru, který v této oblasti převážně vanul od východu nebo severu. Současně se nedaleko od expozice nacházel menší potok, který do ní přímo nezasahoval, ale způsoboval to, že byl přichozí vítr o něco chladnější.

Lane (1975) uskutečnil experiment, který se z části zabýval druhy, které se vyskytovaly na kadáveru v průběhu jeho rozkladu. Z této studie vyplývá, že dospělí jedinci druhu *Lucilia caesar* kadáver kolonizovaly rychleji, pokud se vyskytoval v expozici situované v lese než na pastvině. Zjistil také, že je zde po 48 hodinách úplná dominance nad ostatními nekrofágními druhy. Námí provedený experiment jeho studii potvrzuje. Ten totiž probíhal také v lesní expozici a z odchovaných jedinců bylo zjištěno, že zde byla naprostá převaha již

zmiňovaného druhu. Pouze 3,17 % ze všech odchovaných jedinců tvořil jiný druh (viz Obrázek č. 26).

Kočárek (2001) dospěl ke zjištění, že larvy migrovaly z kadáveru ve večerních hodinách, zatímco dle Schoenly (1983) započaly migraci v brzkých ranních hodinách. Vlastní experiment potvrdil výsledky Schoenly (1983), jelikož migrace započala mezi sedmou a osmou hodinou ranní. Důvodem toho, že se výsledky vlastního experimentu neshodovaly s výsledky Kočárka, mohla být rozdílná doba kdy experiment probíhal nebo odlišná expozice.

Podobný experiment, který se zabýval migrací larev z kadáveru, provedl Turpin (2014). Výsledky jeho experimentu poukázaly na rovnoměrný rozptyl, při kterém ze 510 larev migrovalo 145 na sever, 133 na západ, 128 na východ a 104 na jih. Výsledky této práce (Turpin 2014) se výrazně lišily od našich výsledků, kdy proběhla migrace všech larev na západ. Odlišnost výsledků, může být způsobena rozdílným vzhledem expozice, která mohla být v několika drobných detailech odlišná. Dalším faktorem, který mohl ovlivnit způsob migrace je roční období, kdy se Turpin experiment konal koncem listopadu, kdy jsou okolní teploty mnohem nižší než koncem června, při kterých probíhal nynější experiment.

Během našeho experimentu neproběhly žádné významné poklesy okolních teplot pro vznik diapauzy, jako tomu bylo ve studii Tachiban (2004). Současně popsany pokus v porovnání s vlastním zahrnuje rozdílné druhy z čeledi Calliphoridae. Pokud je tedy mezi sebou porovnáme lze dojít k závěru, že zde existuje rozdílná mezidruhová nebo dokonce i vnitrodruhová kompetice vůči nepříznivým klimatickým podmínkám. Jednotlivé druhy v této čeledi jsou tedy rozdílně citlivé na teplotu. Při realizovaném pokusu nastala situace, kdy byl před nástupem bouřky pozorován postupný přesun larev pod kadáver a do oblastí pokryté peřím. Lze tedy předpokládat, že uvedená generace larev získala jisté vzorce chování, které jim napomohly přežít nepříznivé vnější podmínky.

Hypotéza, že u larev proběhne rovnoměrná migrace všemi směry, vznikla z předpokladu, že larvy v III. instaru nemají žádnou preferenci strany, na kterou migrují, a opouští kadáver nahodile do všech směrů. U prvního kadáveru larvy III. instaru začaly migrovat skupinově západním směrem. Tento způsob migrace proběhl i u zbylých tří kadáverů, přestože některé larvy jevíly den před migrací náznak rovnoměrného rozptylu všemi směry. Zjištění našeho experimentu tedy nepotvrdilo nulovou hypotézu. Důvodem toho, že u larev nedošlo k tomuto způsobu migrace, mohl být mírný náklon terénu i na místech kde se zdál být terén rovný. Dalším faktorem mohl být směr větru, který po celou dobu experimentu vanul z východní strany. Tyto dva faktory se zdají být nejpodstatnějšími prvky, které mohly ovlivnit směr migrace larev. Nelze však s jistotou říct, který z faktorů mohl za tento projev migrace, nebo zda jí nezpůsobily oba.

## 7 Závěr

- Ve forenzní entomologii existuje široká škála informací, ale jejich zdrojem je převážně zahraniční literatura. Z důvodu rozdílných podmínek a druhů, za kterých byly zahraniční výsledky získány, nelze z nich nekriticky čerpat. Hlavním důvodem je převážně rozdílná biodiverzita, podnebí apod. Najde se však pár zahraničních informací, které můžeme využít v našich klimatických podmínkách, přesto je nezbytné jejich závěry experimentálně ověřit.
- Kadávery byly sledovány od 26. června do 1. července 2021. Kontrola probíhala každé dvě hodiny v časovém rozmezí od 8.00 do 22.00 hodin. Toto časové rozmezí bylo zvoleno kvůli letové aktivitě hmyzu. Ta se po důkladném pozorování, prokázala být nejvyšší v tuto dobu. V dřívějších hodinách nebyla zaznamenána skoro žádná nebo jenom nepatrná aktivita nekrofágního hmyzu.
- Při porovnání se studií od Lane (1975) lze konstatovat, že druh *Lucilia caesar* má silnou preferenci kadáverů, které se nacházejí v lese či jeho těsné blízkosti. Výsledky vlastního experimentu se s touto studií shodují.
- Poblíž některých kadáverů byl zaznamenán výskyt mravenců, kteří podle Povolného (1979) loví a odnášejí larvy mimo kadáver. Jednalo se o dva rozdílné druhy, ale i přesto zde bylo toto chování zaznamenáno, pouze v rozdílné míře.
- Larvy migrovaly, dne 1. července 2021, ze všech kadáverů skupinově a všechny putovaly pouze na západ v souvislém pásu.
- Důvodem západně směřované migrace byl nejspíše náklon terénu, který nebyl na první pohled viditelný. Dalším možným faktorem, který ovlivnil směr migrace, mohl být směr větru a nepříznivá, respektive nižší teplota během experimentu.
- Odchovem migrujících larev, bylo zjištěno, že 96,83 % tvořili jedinci druhu *Lucilia caesar*, přičemž zbylých 3,17 % tvořily jedinci druhu *Sarcophaga* sp. To potvrzuje prohlášení od Lane (1975), který tvrdí že *Lucilia caesar* převažuje nad ostatními druhy, za předpokladu, že se expozice nachází v lese.
- Na konci experimentu byla vypočtena suma efektivních teplot v hodinových stupních a následně přidána do souhrnné tabulky, kam byly zapsány i tafonomické změny (rozkladný proces) jednotlivých kadáverů (viz tabulka č. 2).
- Výsledky našeho experimentu se neshodují s tvrzením Kočárka (2001), podle kterého migrace probíhá v noci. Při vlastním experimentu byl začátek migrace pozorován naopak v ranních hodinách.
- Při porovnání výsledků z realizovaného pokusu s údaji od Turpin (2014) byly zjištěny odlišné preference světové strany, přestože experimenty probíhaly ve skoro stejném prostředí. Zatímco Turpin (2014) popisuje především migraci všemi směry, tak při realizovaném experimentu byla pozorována migrace především západním směrem.
- Nulová hypotéza se realizovaným experimentem nepotvrdila.

## 8 Literatura

Amendt J, Goff ML, Campobasso CP, Grassberger M. 2010. Current Concepts in Forensic Entomology. Springer Science+Business Media B V. 3-23.

Barták M, Barták J, Kára V. 1985. Entwurf eines: System und Modellvorganges zur Lösung der Fragen des Pflanzenschutzes gegen schädliche Insekten. Acta Univ. Carolinae – biologica, 1981: 153–160.

Benecke M. 2001. A brief history of forensic entomology. Forensic science International **120** (1-2): 2–14.

Bergeret M. 1855. Infanticide. Momification naturelle du cadaver. Annals of Hygiene and Legal Medicine **4**: 443–452.

Bonacci T, Brandmayr P, Greco S, Tersaruolo C, Vercillo V, Zetto T. 2010. A preliminary investigation of insect succession on carrion in Calabria (Southern Italy), Terr. Arthropod Rev. **3**: 97–110.

Bonacci T, Zetto T, Brandmayr P, Vercillo V, Porcelli F. 2011. Successional patterns of the insect fauna on a pig carcass in southern Italy and the role of *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera, Formicidae) as a carrion invader. Entomol. Sci. **14**: 125–132.

Byrd JH, Castner JL. 2010. The Utility of Arthropods in Legal Investigation, Second Edition. Florida: CRC Press. 39-121.

Cammack JA, Adler PH, Tomberlin JK, Arai Y, Bridges WC. 2010. Influence of parasitism and soil compaction on pupation of the green bottle fly, *Lucilia sericata*. Entomology Experimentals Et Application **136**: 134-141.

Daněk L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Kriminalistický ústav VB. Praha: 140.

Delinger TA, Day ER. 2015. Agriculture insects/ Pests Blow flies. Virginia cooperative extension 2015: 1-2.

Dix J, Graham M. 2000. Time of Death Decomposition and Identification an Atlas. Florida: CRC Press. 1-120.

Diaz LA, Kaufman PE. 2021. A Flesh Fly *Sarcophaga crassipalpis* Macquart (Insecta: Diptera: Sarcophagidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension. Gainesville, 6 pp.



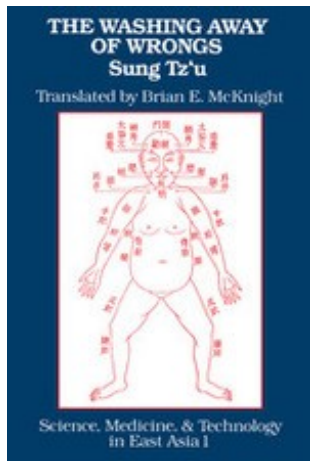
- Gazi U, Taylan-Ozkan A, Mumcuoglu KY. 2020. The effect of *Lucilia sericata* larval excretion/secretion (ES) products on cellular responses in wound healing. *Medical and Veterinary Entomology Review* (2021):1-10.
- Gennard DE. 2007. *Forensic Entomology: Introduction*, 1nd Edition. New Jersey: Wiley 1–244.
- Greenberg B, Kunich JC. 2002. *Entomology and the Law: Flies as Forensic Indicators*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Haskell NH, Hall RD, Cervenka VJ, Clark MA. 1997. On the body: insects' life stage presence and their postmortem artifacts. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC Press LLC.
- Cheng Ko. 1890. Cases in the history of Chinese trials [English translation of *Zhe yu gui jian bu*] Lu Shih China. In *Entomology and the Law*, Greenberg B, Kunich JC (eds). Cambridge University Press: Cambridge, 2002.
- James MT. 1947. The flies that cause myiasis in man. U.S. Department of Agriculture Miscellaneous publication **631**: 53-54.
- Kejval Z, Pape T, Jedlička L, Kúdela M, Stloukalová V. 2009: Sarcophagidae Macquart, 1834. Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Česká zemědělská univerzita, Praha. Electronic version 2.
- Kahl M, Gökçen A, Fisher S, et al. (2015) Maggot excretion products from the blowfly *Lucilia sericata* contain contact phase/intrinsic pathway-like proteases with procoagulant functions. *Thrombosis and Haemostasis* **114**: 277-288.
- Khang TF, Puaad NADM, Teh SH, Mohamed Z. 2021. Random forests for predicting species identity of forensically important blow flies (Diptera: Calliphoridae) and flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) using geometric morphometric data: Proof of concept. *Journal of forensic science* 2021:1-11.
- Kočárek P. 2001. Diurnal patterns of postfeeding larval Dispersal in carrion blowflies (Diptera: Calliphoridae). *European Journal of Entomology* **98**: 117-119.
- Kubík Š, Országh I. 2009: Calliphoridae Brauer & Bergenstamm, 1880. Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Česká zemědělská univerzita, Praha. Electronic version 2.
- Kubík Š, Povolný D. 2005: Calliphoridae (bzučivkovití). In: Farkač J., Král D. & Škopík M. (eds), Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha: 363–364.

- Lane RP. 1975. An Investigation into Blowfly (Diptera: Calliphoridae) succession on corpses. *Journal of Natural History* **9**(5): 581-588.
- Linnaeus CV. 1775. The Elements of Botany: Being a Translation of the Philosophica Botanica and other Treatises of the Celebrated Linnaeus. *Trans. Hugh Rose. London: T. Cadell.*
- Martínez-Sánchez A, Rojo S, Marcos-García MA. 2000. Annual and spatial activity of dung flies and carrion in a Mediterranean holm-oak pasture ecosystem, *Med. Vet. Entomol.* **14**: 56–63.
- Mégnin P. 1894. La Faune des Cadavres. *Encyclopédie Scientifiques des Aide Memoire.* Masson, Gauthier-Villars et Fils: Paris
- Mittal IC, Bhati R, 1998. Food preference of some dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae). *J. Entomol. Res.* **22**, 107-115.
- Pape T. 1987: The Sarcophagidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica* **19**: 1–203.
- Pavel V, Chutný B, Petrusková T, Petrušek A. 2008: Blow fly *Trypocalliphora braueri* parasitism on meadow pipit and bluethroat nestlings in Central Europe. *Journal of Ornithology* **149**: 193–197.
- Pezzi M, Scapoli C, Wyatt N, Bonacci T. 2021. Wound myiasis in a wild boar by *Lucilia caesar* (Diptera: Calliphoridae): First case and current status of animal myiasis by this species. *Parasitology International* **85**: 1383-5769.
- Povolný D. 1979. Některá hlediska praktického využití hmyzu v kriminalistice. *Kriminalistický sborník č. 10*: 620-630.
- Povolný D, Verves Y. 1997: The flesh-flies of Central Europe (Insecta, Diptera, Sarcophagidae). *Spixiana Suppl.* **24**: 1–264.
- Putman RJ. 1983. *Carrion and Dung: The Decomposition of Animal Wastes.* Edward Arnold, London, 62 pp.
- Rahimi S, Khamesipour A, Akhavan AA, Rafinejad J, Ahmadkhaniha R, Bakhtiyari M, Veysi, A, Akbarzadeh K. 2021. The leishmanicidal effect of *Lucilia sericata* larval saliva and hemolymph on in vitro *Leishmania tropica*. *Parasites & Vectors* **14**:40.
- Reed HB. 1958. A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects. *Am. Midl. Nat.* **59**: 213–245.

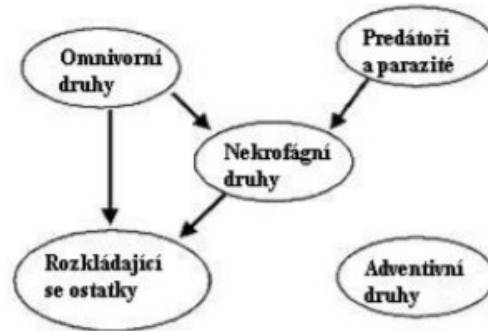
- Redi F. 1668. The generation of insects. Chicago: The Open court publishing company: 1-174.
- Richet R, Blackith RM, Pape T. 2011: Sarcophaga of France (Diptera: Sarcophagidae). Pensoft, Sofia: 327 pp.
- Roberts B. 1984. Photoperiodic regulation of prothoracicotropic hormone release in late larval, prepupal, and pupal stages of *Sarcophaga bullata*. Ciba. Found. Symp. **104**: 170–188.
- Rognes, K. (2013). Fauna Europaea: Calliphoridae. Diptera: Brachycera. Fauna Europaea version, 2(2).
- Sharma R, Kumar Garg R, Gaur JR. 2015. Various methods for the estimation of the post mortem interval from Calliphoridae: A review. Egyptian Journal of Forensic Entomology **5**: 1-12.
- Schoenly K. 1983. Microclimate observation and diel activities of certain carrion arthropods in Chihuahuan desert. N.Y.Entomol. Soc. **91**: 342–347.
- Singh D, Bala M. 2010. Studies on Larval Dispersal in Two Species of Blowflies (Diptera: Calliphoridae). Journal of forensic Research **1**: 1-3.
- Šuláková H. 2017. Kap. 10 Forezní entomologie. In: Straus J, Porada V a kol.: Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň, Aleš Čeněk: 292-316.
- Šuláková H. 2019. Kap. 14.7 Forezní entomologie. In: Porada V a kol.: Kriminalistika – Technické, forezní a kybernetické aspekty. 2. vydání, Plzeň, Aleš Čeněk: 678-692.
- 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, Barták M, Vaněk J. 2014: Bzučivkovití (Diptera, Calliphoridae) české části Krkonoš. Opera Corcontica **51**: 145–156.
- Šuláková H, Klimešová V, Barták M. 2015. Forezní entomologie a její využití v kriminalistické praxi. Konference: Junior forensic Brno 2015: 1-6.
- Šuláková H, Rognes K., Barták M., Kubík Š. 2013: Calliphoridae (Diptera) of Vráž nr. Písek (Czech Republic). In: Kubík Š. & Barták M. (eds), Sborník prací z mezinárodního workshopu „Workshop on biodiversity, Jevany“, Česká zemědělská univerzita, Praha: 381–388.
- Tachibana SI, Numata H. 2004. Maternal induction of larval diapause and its sensitive stage in the blow fly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae). Entomological Science **7**: 231-235.

- Tachibana SI, Numata H. 2004 Parental and direct effects of photoperiod and temperature on the induction of larval diapause in the blow fly *Lucilia sericata*. *Psychological Entomology* **29**: 39-44.
- Tomberlin JK, Benhow ME. 2015. *Forensic Entomology: International Dimensions and Frontiers*. Boca Raton: CRC Press. 1–468.
- Turpin Ch, Kyle Ch, Beresford DV. 2014. Postfeeding Larval Dispersal Behavior of Late Season Blow Flies (Calliphoridae) in Southern Ontario, Canada. *Journal of Forensic Science* **59**: 1295-1302.
- Uni S, Shinonaga S, Nishio N, Fukunaga A, Iseki M, Okamoto T, Ueda N, Miki T. 1999. Ophthalmomyiasis caused by *Sarcophaga crassipalpis* (Diptera: Sarcophagidae) in a hospital patient. *Journal of Medical Entomology* **36**(6): 906-908.
- Verves Y., Barták M. & Vaněk J. 2016: Masařkovití (Diptera, Sarcophagidae) české části Krkonoš. (Flesh flies (Diptera, Sarcophagidae) in the Czech part of the Krkonoše Mts). *Opera Corcontica* **53**: 11–30.
- Weidner LM. 2016. Biology and ecology of forensically important blow flies (Diptera: Calliphoridae) in New Jersey with a focus on black blow fly *Phormia regina* [BSc. Thesis]. Rutgers, The state University of New Jersey.
- Zumpt F. 1965. *Myiasis in man and animals in the Old World*. Butterworths, London.

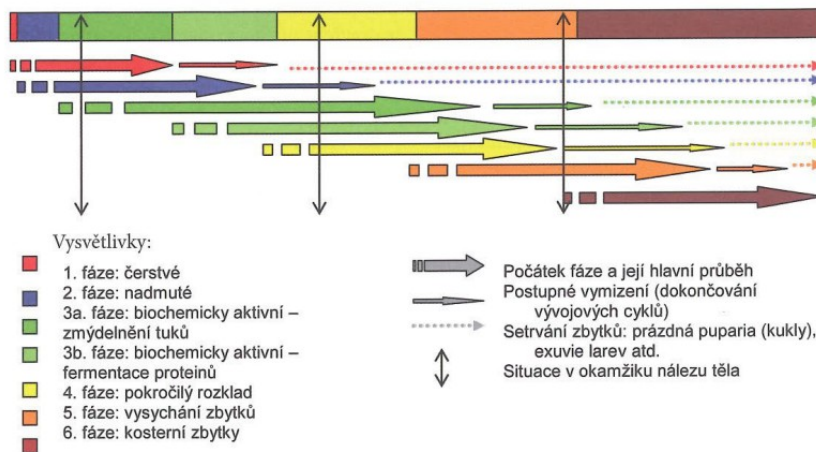
## 9 Samotné přílohy



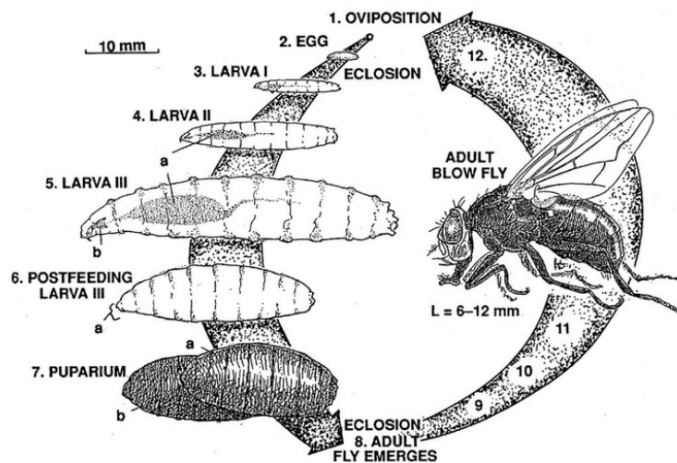
Obrázek 1 - Školitelský manuál 1235 (Cheng Ko 1890)



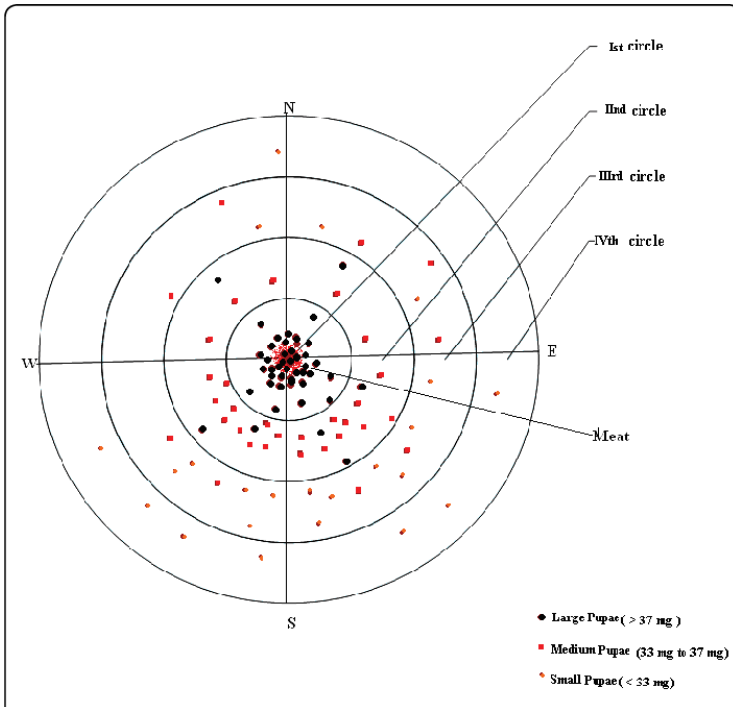
Obrázek 2 - Vzájemné vztahy organismů při sukcesi (Šuláková et al. 2015)



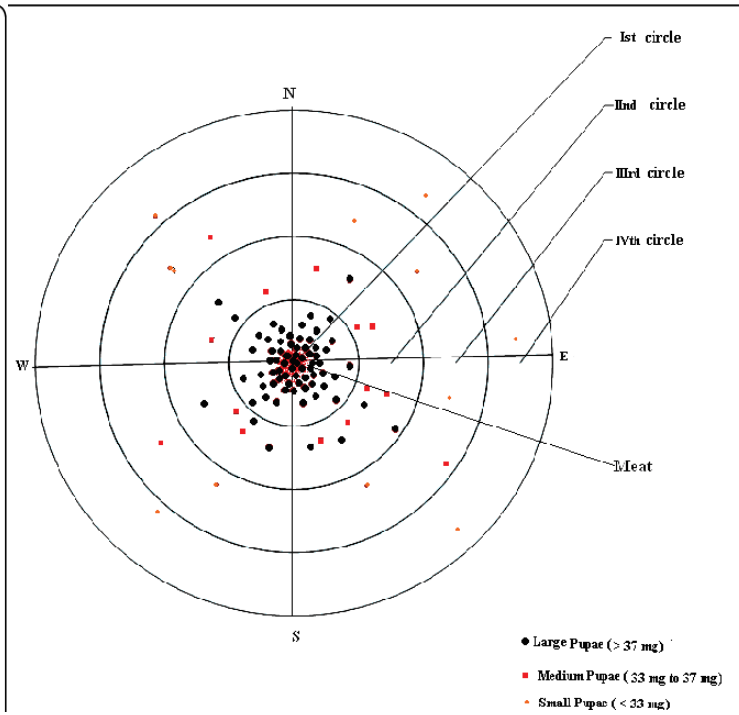
Obrázek 3 - Schématické znázornění průběhu jednotlivých sukcesních vln hmyzu na mrtvole v podmínkách ČR (Šuláková 2017)



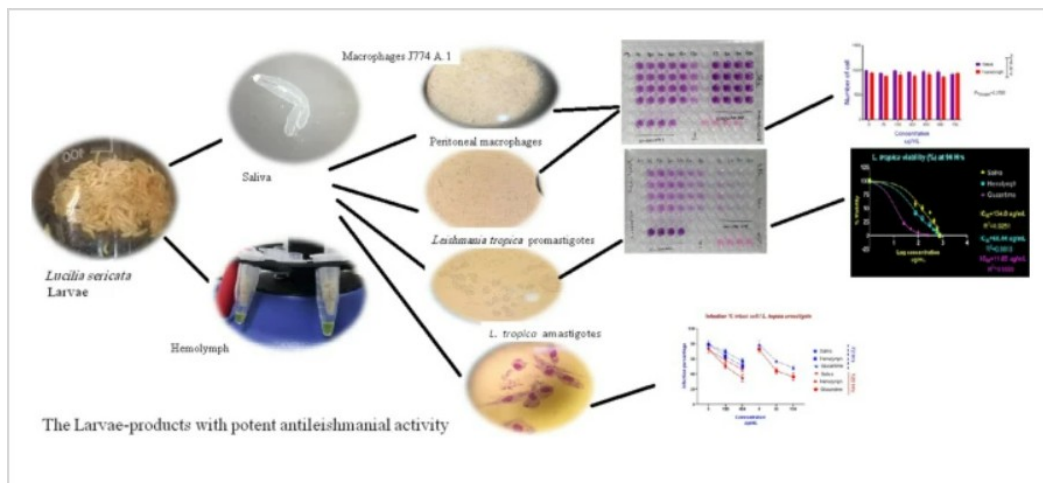
Obrázek 4 - Životní cyklus Calliphoridae (Haskell 1997)



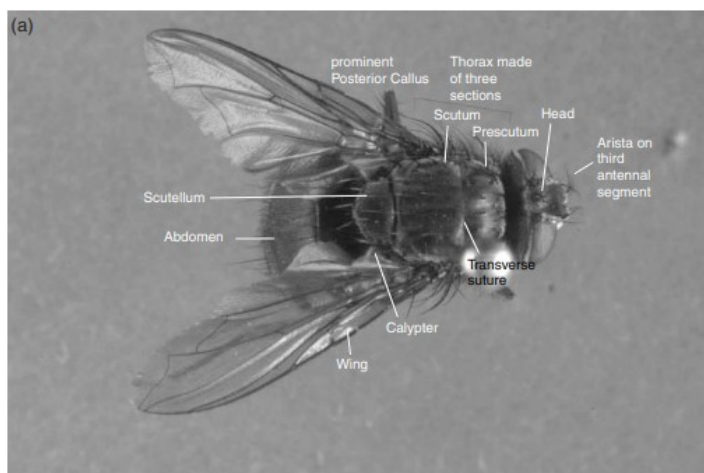
Obrázek 5 - Rozptyl *Chrysomya megacephala* podle hmotnosti (Singh & Bala 2010)



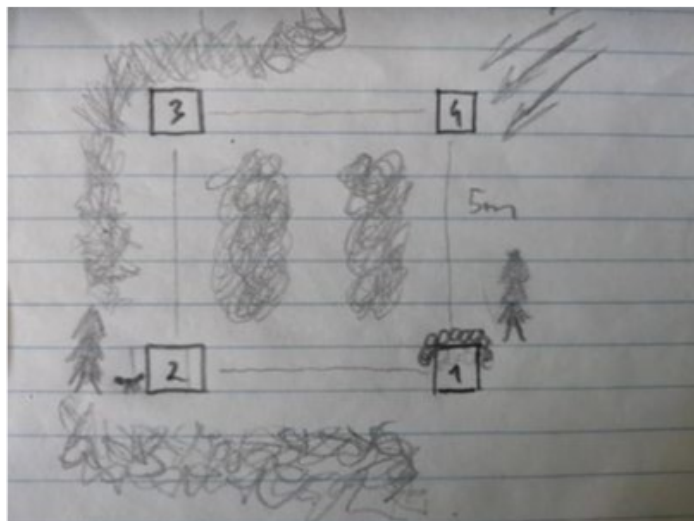
Obrázek 6 - Rozptyl *Chrysomya ruffacies* podle hmotnosti (Singh & Bala 2010)



Obrázek 7 - Larvální produkty s potencionálními Leishmanicidními účinky (Rahimi et al. 2021)



Obrázek 8 - Morfologie Calliphoridae (Gennard 2007)



Obrázek 9 - Náčrt expozice



Obrázek 10 - Vzhled expozice při započnutí experimentu



Obrázek 11 - Kadáver č. 1 po uložení na stanoviště



Obrázek 12 - Kadáver č. 2 po uložení na stanoviště



Obrázek 13 - Kadáver č. 3 po uložení na stanoviště



Obrázek 14 - Kadáver č. 4 po uložení na stanoviště



Obrázek 15 - Kadáver č. 1 první den v expozici



Obrázek 16 - Kadáver č. 1 poslední den v expozici





Obrázek 17 - Kadáver č. 2 první den v expozici



Obrázek 18 - Kadáver č. 2 poslední den v expozici



Obrázek 19 - Kadáver č. 3 první den v expozici



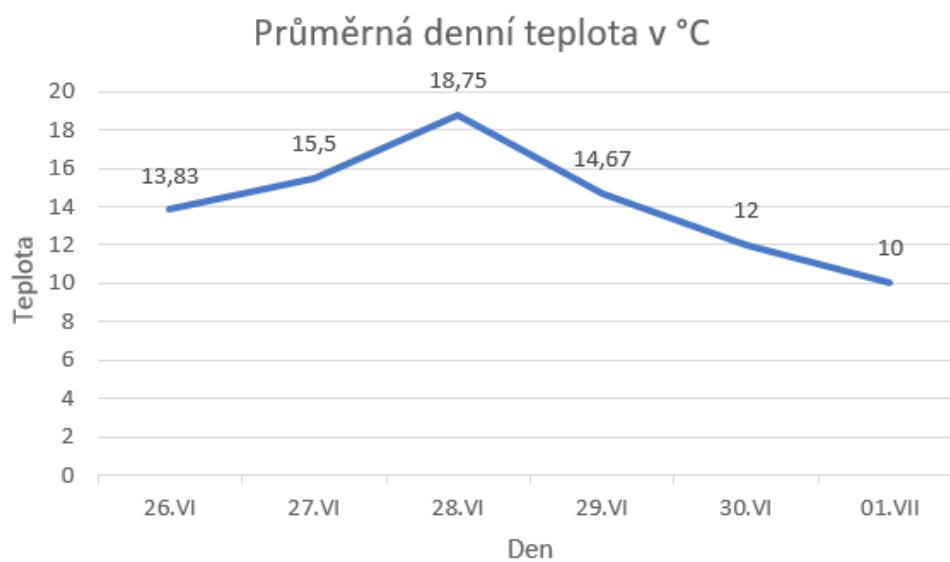
Obrázek 20 - Kadáver č. 3 poslední den v expozici



Obrázek 21 - Kadáver č. 4 první den v expozici



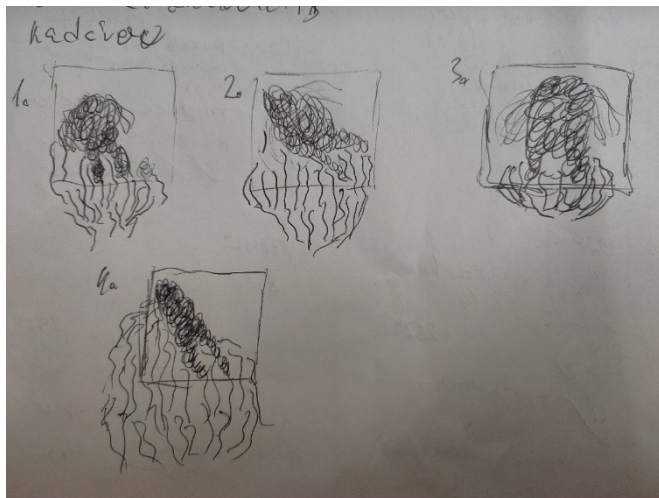
Obrázek 22 - Kadáver č. 4 poslední den v expozici



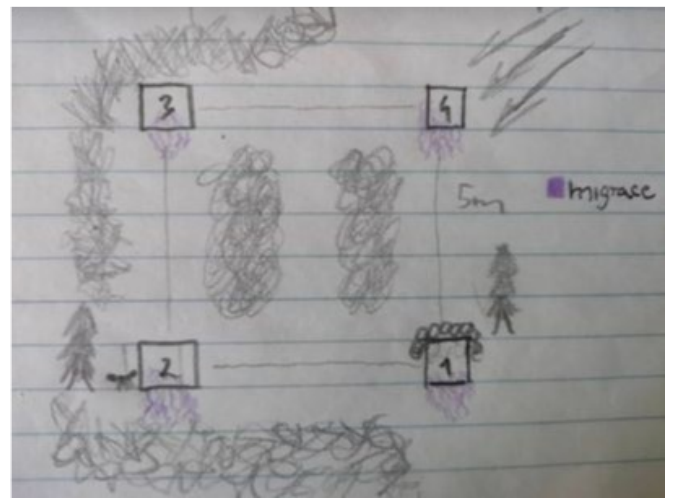
Obrázek 23 - Průměrné denní teploty v průběhu experimentu

|              | 26.VI   | 27.VI    | 28.VI   | 29.VI  | 30.VI   | 01.VII   |
|--------------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|
| Denní srážky | Oblačno | Slunečno | Oblačno | Bouřka | Oblačno | Slunečno |

Tabulka 1 - Průměrné denní srážky v průběhu experimentu



Obrázek 24 - Náčrt směru migrace na jednotlivých stanovištích

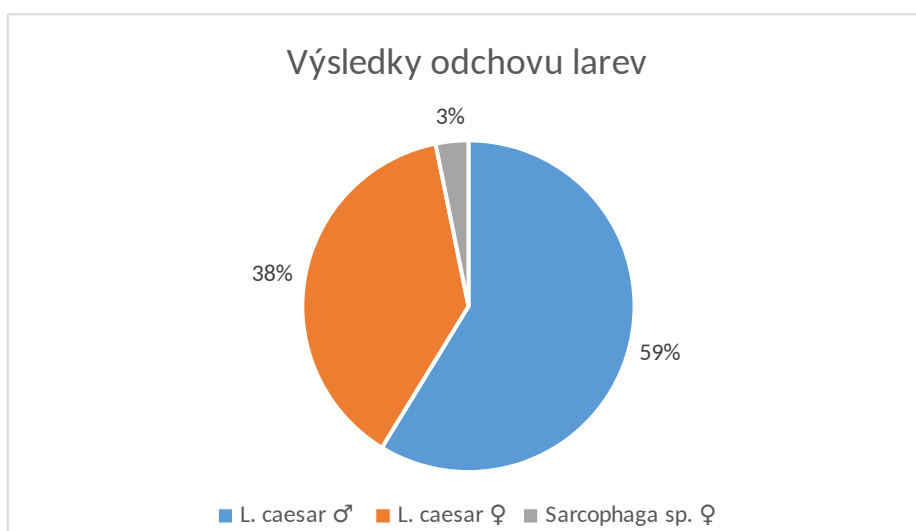


Obrázek 25 - Náčrt průběhu migrací vůči expozici

|        | Kadáver č. 1  | Kadáver č. 2                            | Kadáver č. 3  | Kadáver č. 4                           | Rozkladný proces       | SET     |
|--------|---|---|---|--|------------------------|---------|
| 1. den | Prvotní kolonizátoři                                | Prvotní kolonizátoři                    | Prvotní kolonizátoři                                    | Prvotní kolonizátoři                   | 1. sukcesní vlna       | 331,92  |
|        | Povolení řitního svěrače                            | Povolení řitního svěrače                | Povolení řitního svěrače                                | Povolení řitního svěrače               |                        |         |
| 2. den | ↑ Aktivita hmyzu                                    | ↑ Aktivita hmyzu                        | ↑ Aktivita hmyzu  | ↑ Aktivita hmyzu                       | 1. a 2. sukcesní vlna  | 703,92  |
|        | Tmavnutí kůže                                       | Tmavnutí kůže                           | Tmavnutí kůže   | Tmavnutí kůže                          |                        |         |
|        | Nález prvních larev - kloaka, krk a hlava           | Nález prvních larev - hrud', krk, hrudi | Nález prvních larev - kloaka, krk a hlavě               | Nález prvních larev - hřbet            |                        |         |
|        | Propad dutiny břišní                                | Propad dutiny břišní                    | Propad dutiny břišní                                    | Propad dutiny břišní                   |                        |         |
|        | Vajíčka - pravé křídlo                              | Vajíčka - kloaka, peří a dutina lebeční | ↑ Larvy - pravé křídlo                                  | ↑ Larvy - krk                          |                        |         |
| 3. den | ↑ Larvy - hlava a hřbet                             | ↑ Larvy - hlava a hřbet                 | ↑ Larvy - kloaka, krk a hřbet                           | ↑ Larvy - krk a hřbet                  | 2. až 3. sukcesní vlna | 1153,92 |
|        | Výskyt larev - krk                                  | Nepatrné nadmutí                        | ↑ Larvy = krk, hrud' a kloaka                           | ↑ Nadmutí                              |                        |         |
|        | Nepatrné nadmutí                                    | ↑ Larvy = hřbet, hlava, kloaka a hrud'  | Zduřená rekta   | ↑ Larvy = hlava, krk a hřbet           |                        |         |
|        | ↑ Larvy - hlavy, hřbet a hrud'                      | Zduřená kloaka                          | ↑ Larvy = kloaka  | Zduřená kloaka                         |                        |         |
|        | Zduřená kloaky                                      | ↑ Nadmutí                               | ↑ Nadmutí   | ↑ Nadmutí                              |                        |         |
|        | Skeletonizace hlavy                                 | Skeletonizace hlavy                     | Skeletonizace hlavy                                     | ↑ Výchřez kloaky                       |                        |         |
| 4. den | Zčernání orgánů                                     | Zčernání orgánů                         | Zčernání orgánů   | Zčernání orgánů                        | 3. sukcesní vlna       | 1506    |
|        | ↑ Nadmutí   | Max. nadmutí                            | Max. nadmutí  | ↑ Nadmutí                              |                        |         |
|        | Uvolňování peří                                     | Uvolňování peří                         | Uvolňování peří   | Uvolňování peří                        |                        |         |
|        | Výchřez kloaky                                      | Výchřez kloaky                          | Výchřez kloaky  | Výchřez kloaky                         |                        |         |
|        | Přesun larev do třísel, levou stranu a pravé stehno | Přesun larev na pravou stranu a hřbet   | Přesun larev na břicho, hřbet a hrud'                   | Přesun larev na levou stranu           |                        |         |
|        | ↑ Larvy - hřbet a krk                               | ↑ Larvy - kloaka a hrud'                | Narušení kůže   | ↑ Larvy = hřbet a kloaka               |                        |         |
|        | Larvy II. instar                                    | Larvy II. instar                        | Larvy II. instar  | Larvy II. instar                       |                        |         |
|        | ↑ Larvy - levá strana                               | ↑ Larvy - rektum, hrud' a břicho        | Přesun zbylých larev na břicho                          | Narušení sliznice - stehno a podbřišek |                        |         |
|        | Narušení kůže - podbřišek                           | Narušení kůže - levá strana břicha      | Narušení sliznice - levá strana břicha a pravá polovina | Přesun larev na podbřišek a stehna     |                        |         |
|        | Kloaka - hlenový obal                               | Kloaka - hlenový obal                   | Kloaka - hlenový obal                                   | Kloaka - hlenový obal                  |                        |         |

|        |  |  |   |   |                        |      |
|--------|--|--|---|---|------------------------|------|
| 5. den | Obal ze zaschlé pěny - peří a boky                 | Obal ze zaschlé pěny - peří a boky                 | Obal ze zaschlé pěny - peří a boky                  | Obal ze zaschlé pěny - peří a boky                  | 3. až 4. sukcesní vlna | 1794 |
|        | ↑ Larvy - levá strana                              | ↑ Larvy  | ↑ Larvy   | ↑ Larvy - krk a rozšíření k hrudní kosti            |                        |      |
|        | Propad hrudi - pravá strana. Později i levá strana | Propad hrudi - pravá strana. Později i levá strana | Propad hrudi - levá strana. Později i pravá strana. | Propad hrudi - levá strana. Později i pravá strana. |                        |      |
|        | Rozšíření larev k hrudní kosti                     | Rozšíření larev k hrudní kosti                     | Viditelná pouze pravá strana kadáveru               | Viditelná pouze hrudní kost a běháky                |                        |      |
|        | Viditelný levý kyčelní kloub. Později i druhý.     | Viditelný Pravý kyčelní kloub. Později i druhý.    | Viditelné oba kyčelní kloub                         | Viditelné oba kyčelní klouby                        |                        |      |
|        | Larvy III. instar                                  | Larvy III. instar                                  | Larvy III. instar                                   | Larvy III. instar                                   |                        |      |
| 6. den | Tělo pokryté zbytky tenké a průhledně blanité kůže | Tělo pokryté zbytky tenké a průhledně blanité kůže | Tělo pokryté zbytky tenké a průhledně blanité kůže  | Tělo pokryté zbytky tenké a průhledně blanité kůže  | 5. sukcesní vlna       | 2034 |
|        | Migrace z kadáveru - Západním směrem               | Migrace z kadáveru - Západním směrem               | Migrace z kadáveru - Západním směrem                | Migrace z kadáveru - Západním směrem                |                        |      |

Tabulka 2 - Porovnání výsledků rozkladných procesů získaných při pozorování jednotlivých kadáveru a následné vypočtení hodinové sumy efektivních teplot ((Prům. denní teploty\*24h) + následující hodinové SET)



Obrázek 26 - Laboratorní výsledky odchovu larev