

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů  
Katedra zoologie a rybářství



Využití živočichů ve forenzní praxi se zaměřením  
na dvoukřídlý hmyz

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Tereza Šulcová

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Miroslav Barták, CSc.

© 2014 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Využití živočichů ve forenzní praxi se zaměřením na dvoukřídlý hmyz“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Prof. RNDr. Miroslava Bartáka CSc. a konzultantky pplk. Ing. Hany Šulákové, Ph.D. s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Praze dne 5. 4. 2014

.....  
Tereza Šulcová

### **Poděkování**

Ráda bych touto formou poděkovala vedoucímu diplomové práce Prof. RNDr. Miroslavu Bartákovi, CSc. Velké díky patří i pplk. Ing. Haně Šulákové Ph.D. z Kriminologického ústavu za odborné vedení, podporu a poskytnutou pomoc s jakýmkoliv problémem při psaní práce. A v neposlední řadě děkuji i své rodině, přátelům a sousedům ze zahrádkářské kolonie Žatec Loučky, za jejich shovívavost při provádění výzkumu.

Využití živočichů ve forenzní praxi se zaměřením na dvoukřídlý hmyz.

## **SOUHRN**

Forenzní entomologie je věda, která využívá informace získané z nalezeného hmyzu na místě činu k vyšetřování trestné činnosti. Napomáhá k upřesnění doby smrti (PMI), lokalizuje místo činu, zda nedošlo k přesunu těla nebo zda oběť nepožila před smrtí léky či drogy. Ve většině případů slouží k vyšetřování vražd, ale lze ji použít i při vyšetřování zanedbání péče u dětí či nemohoucích lidí. Uplatnění nalezne i v případech znehodnocení potravin nebo staveb, nelegálního obchodu, pytláctví a v poslední době i při vyšetřování týrání zvířat. Identifikace druhů hmyzu pro použití odhadu post mortem intervalu (PMI) je hlavním předmětem forenzní entomologie a po uplynutí 72 hodin od smrti také jedinou přesnou metodou jeho určení. Identifikaci druhů lze provádět ve fázích larvy a dospělce za pomoci klíčů či DNA analýzy. Pro správný výpočet PMI je důležité znát vnější podmínky, kterým bylo tělo během rozkladu vystaveno. Ve forenzní entomologii se z třídy hmyzu (Insecta) uplatňují a považují za nejdůležitější řád dvoukřídlý (Diptera) a řád brouci (Coleoptera). Prvními kolonizátory těla jsou vyšší dvoukřídlí, čeleď Calliphoridae. Proto byl proveden pokus, zda jejich aktivita kladení je ovlivněna světelnými podmínkami, které by mohly ovlivnit výsledek PMI až o 12 hodin. V minulosti bylo provedeno několik pokusů, které měly ověřit a potvrdit hypotézu o možnosti kladení Calliphoridae v nočních podmínkách. Tyto pokusy skončily s rozporupnými výsledky. Hypotéza diplomové práce zní: Vyšší dvoukřídlí nejsou schopni klást vajíčka v nočních podmínkách. Pro celistvost práce byly provedeny pokusy s živočišným materiálem v letním období od června do září v letech 2012 a 2013. Noční pokusy byly provedeny ve dvou různých světelných podmínkách a to za naprosté tmy a v době úplňku. K doložení výskytu vyšších dvoukřídlych v této lokalitě byly vzorky jater vystaveny i během dne. Během denního vystavování vzorků se dochovaly dva pokusy z období 18.6. 2012 a 29.8. 2013, které doložily výskyt vyšších dvoukřídlych. Determinací v Kriminologickém ústavu v Praze se zjistil výskyt čtyř druhů z čeledi Calliphoridae: *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina*, *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*. Z žádných provedených jedenácti nočních pokusů v letech 2012 a 2013, neprokázalo noční kladení z čeledi Calliphoridae ani jiných vyšších dvoukřídlych.

### **Klíčová slova:**

Forenzní entomologie, dvoukřídlí, Calliphoridae, noční kladení.

## The use of animals in forensic practise with emphasise on diptera.

### **SUMMARY**

Forensic entomology is a science which uses information gained from insects found on a crime scene. It helps to determine exact time of death, localizes crime scene, indicates if the body was moved or if the victim ate drugs or medicine before death. In most of cases it may help to identify murders, but can be used to investigation of neglect in children or infirm people. It can be used also for devaluation of food or buildings, illegal trade, poachery and recently also for mistreat of animals. Identification of insect species for estimation of post mortem interval (PMI) is the main object of forensic entomology and after 72 hours since death also the only accurate method. Identification of species we can do in larvar or adult stage means of DNA analysis or with identifications keys. For right calculation of PMI it is important to know exact conditions during body decomposition. In forensic entomology from class insect (Insecta) we use flies (Diptera) and beetles (Coleoptera). First colonizators of a body are higher flies, Calliphoridae. So experiment was conducted to find out if laying of eggs is possible in night which can affect PMI estimate up to 12 hours. In the past there were few experiments which tried to verify and confirm hypothesis about laying eggs of Calliphoridae during night hours, results were contradictory. Hypothesis of this diploma thesis is: higher flies are not capable of laying eggs at night. For the purpose of this work experiments were conducted in summer season from June till September in 2012 and 2013. Night experiments were conducted in two different light conditions, in total dark and under full moon condition. Both positive and negative controls were performed in order to exclude oviposition prior to experiment and to exclude absence of flies in the locality. On 18.6. 2012 and 29.8. 2013 there were 2 samples which proved presence of higher flies. Identification of materials were performed in the Institu of Criminalistics in Prague. We found the occurrence of four species from family Calliphoridae: *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina*, *Phormia regina* and *Protophormia terraenovae*. In none of the eleven night experiments between 2011 and 2013 we found night oviposition of the family Calliphoridae or any other higher Diptera.

### **Key words:**

Forensic entomology, Diptera, Calliphoridae, night oviposition.

# Obsah

Úvod.....	1
Vědecká hypotéza a cíl práce .....	1
I. Forenzní entomologie .....	2
1. Kriminalistika a forenzní entomologie .....	2
1.1. Historie a současnost forenzní entomologie .....	3
1.2. Ukazatele doby smrti.....	6
1.3. Etapy rozkladu těla.....	7
1.3.1 Rozklad těla na souši .....	9
1.3.2. Rozklad těla ve vodě .....	12
1.4. Výpočet PMI .....	13
1.4.1. Vlivy abiotické.....	14
1.4.2. Vlivy biotické .....	16
2. Využití hmyzu v kriminalistice .....	20
2.1.1. Dvoukřídlí (Diptera) .....	22
2.1.2. Brouci (Coleoptera) .....	29
2.1.3. Ostatní řády z hmyzu .....	32
3. Ostatní členovci .....	34
4. Noční kladení.....	35
II. Praktická část.....	38
5. Metodika.....	38
5.1. Popis lokality.....	38
5.2. Popis experimentu.....	39
5.3. Odchov a zpracování vzorků.....	43
5.3.1. Preparace.....	43
5.3.2. Determinace .....	43
5.4. Materiál .....	44
6. Výsledky.....	45
7. Diskuze .....	48
Závěr .....	50
Seznam literatury .....	51
Přílohy.....	58

## Úvod

Předmětem diplomové práce je literární rešerše, která popisuje vývoj forenzní entomologie z minulosti až do současnosti. Posléze jsou nastíněny jednotlivé ukazatele doby smrti a etapy rozkladu těla na souši a ve vodě. Dalším bodem se práce zabývá výpočtem post mortem intervalu (PMI) a vlivu vnějšího prostředí (biotického a abiotického) na vývoj hmyzu. V práci jsou zmíněny forenzně významné skupiny členovců, které kolonizují mrtvé tělo a využívají se při určování PMI. Další kapitola je celá věnovaná problematice nočního kladení s výzkumy, které byly v minulosti provedeny.

Hlavním předmětem práce je praktická část, která má za cíl ověřit sporné tvrzení o schopnosti sameček čeledi Calliphoridae klást vajíčka v nočních podmínkách. Hypotéza práce zní: Vyšší dvoukřídle nejsou schopni klást vajíčka v noci. Znalost vývojových cyklů zástupců této čeledi umožňuje stanovit dobu smrti s přesností až na hodiny. V historii forenzní entomologie bylo však zaznamenáno několik případů, u kterých bylo rozhodující zjištění, zda k naklazení prvních vajíček zástupci čeledi Calliphoridae došlo ještě za světla nebo až v noci. Uvedené zjištění bylo natolik významné, že rozhodovalo o prokázání viny nebo nevin obžalovaného, nebo dokonce již odsouzeného člověka.

Praktická část je rozdělena do tří kapitol - metodiky, výsledku pokusu a diskuze. Metodika má čtyři podkapitoly: lokalita prováděného výzkumu; popis samotného experimentu; popis odchovu hmyzu a výčet použitého materiálu pro vytvoření této diplomové práce.

Významnými kapitolami jsou výsledky, kterých jsem v rámci prováděného výzkumu dosáhla a diskuze, která obsahuje názor na provedený výzkum a porovnává jej s výzkumy provedenými v minulosti. Závěr diplomové práce je celkové shrnutí do několika odstavců se zmíněnými dosaženými výsledky pokusu a práce je zakončena seznamem použité literatury s přílohami.

## Vědecká hypotéza a cíl práce

Cílem práce je shromáždit údaje o využití dvoukřídleho hmyzu ve forenzní praxi se zaměřením na čeleď Calliphoridae (Diptera) a dále experimentálně vyzkoušet, zda jsou dvoukřídle schopni klást vajíčka na substráty v noci. Hypotéza: Vyšší dvoukřídle nejsou schopni klást vajíčka v noci.

# I. Forezní entomologie

## 1. Kriminalistika a forezní entomologie

Kriminalistika je od poloviny 19. století považována za samostatnou vědní disciplínu (Vichlenda, 2011), zabývá se vyšetřováním a odhalováním trestných činů. Zároveň slouží jako prevence trestné činnosti a také zamezuje stíhání či odsouzení nevinného člověka. Avšak způsoby provádění nelegálních činů se vyvíjejí stejně rychle, jako forezní metody a vědy, které mají zločince dostihnout (Anon. 5, 2014).

Za zakladatele moderní kriminalistiky je považován rakouský profesor Hans G. A. Gross (1847-1915), který založil v roce 1912 první kriminalistický ústav na světě a zavedl výuku kriminalistiky na vysokých školách (Vichlenda, 2011).

Kriminalistická biologie je aplikovanou disciplínou sloužící k vyhledávání, zajišťování, zkoumání a vyhodnocování biologických stop. Pracuje s biologickým materiálem a kromě lidského, zvířecího a rostlinného původu se zkoumají i bezobratlí živočichové, jako je hmyz a mikroorganismy, které se nacházejí na místě činu (Vichlenda, 2011).

Význam slova forezní pochází z latinského slova *forensis*, což znamená fórum (Čírtková, 2004). V antickém Římě předstupovali obvinění z trestného činu před skupinu lidí na veřejném fóru, kde obviněný a žalobce přednesli své argumenty a poté bylo usneseno rozhodnutí. Forezní věda je aplikace přírodních věd na otázky práva a v praxi čerpá z fyziky, chemie, biologie a dalších odvětví, ze kterých využívá různé metody. Dále se zabývá identifikací a vyhodnocováním fyzických důkazů. Důkazy a odpovídající výsledky jsou prezentovány znalcem u soudu (Anon. 1, 2011).

Entomologie je z řeckého slova entomon = hmyz a log = slovo či rozum, jedná se tedy o nauku zabývající se výzkumem hmyzu. Entomologie se dá rozdělit na obecnou entomologii, zabývající se anatomii a potom aplikovanou, řešící soužití člověka a hmyzu (Anon. 6, 2014).

Forezní entomologie je obor forezní vědy, ve které informace o hmyzu jsou použity k vyvození závěrů při posuzování právních případů týkajících se lidí a zvířat. Hmyz je použit k vyšetřování trestného činu na souši i ve vodě. Forezní entomologie propojuje akademický svět s policií a soudními orgány (Gennard, 2007).



## 1.1. Historie a současnost forenzní entomologie

První zmínky o využití hmyzu při vyšetřování pocházejí již ze 13. století ze staré Číny. V roce 1235 napsal Sung Tz'ü lékařsko-právní knihu „Hsi yüan chi lu“, kterou lze do češtiny volně přeložit jako *Vymývání zla*, která popisovala několik případů a postupy při vyšetřování, zejména vražd (Gennard, 2007). Kniha představovala první učebnici zaměřenou na soudní lékařství a byla v Číně velice populární (Anon. 1, 2011). Mimo jiné se zmiňuje o případu, zavražděného rolníka na rýžovém poli v malé čínské vesnici. Den po vraždě přikázal Sung Tz'ü všem, kteří pracovali se zabitým, aby předložili srpy. Na jeden srp začaly nalétávat mouchy, protože na něm stále ulpívalo nepatrné množství krve. Majitel srpu se posléze přiznal ke svému zločinu (Benecke, 2001).

Na dalším rozvoji forenzní entomologie se významně podílel italský lékař a přírodovědec Francesco Redi (1626 – 1697). V roce 1668 použil maso různých druhů zvířat, pomocí něhož demonstroval vývoj much, resp. larev z jejich vajíček. Zároveň tak vyvrátil Aristotelovu teorii, že „červí“ vznikají spontánně z hniječím masa (Russell, 2014).

Švédský biolog a zakladatel nomenklatury Carl von Linnaeus (1707-1778) si také byl vědom, že se hmyz podílí na rozkladu těla. V roce 1767 prohlásil, že tři mouchy zničí tělo koně rychleji než lev (Benecke, 2001).

Dalšími zeměmi, kde využívali členovce jako forenzní ukazatele, bylo Německo a Francie. V 18. a 19. století během masových exhumací ve Francii a v Německu zjistili, že v pohřbených tělech je mnoho druhů členovců (Benecke, 2001).

V roce 1831 slavný francouzský lékař a chemik Mathieu J. B. Orfila (1787-1853) pochopil, že larvy hrají důležitou roli v rozkladu mrtvol. Poprvé sledoval nekrofágní hmyz na mrtvém lidském těle v jeho postupných vlnách. Byl průkopníkem toxikologie, nauky o jedech, svou prací vyvinul a ověřil chemické metody, které umožnily prokázat přítomnost jedu v mrtvém těle i delší dobu po jeho smrti (Benecke, 2001; Daněk, 1990).

První využití hmyzu k hodnocení posmrtného intervalu (PMI) učinil v roce 1850 francouzský lékař Marcel Bergeret (Benecke, 2001). Případ se týkal zavražděného novorozeněte, jehož silně mumifikované tělo bylo objeveno v římské nadkřb zrekonstruovaného penzionu (Gennard, 2007). Entomologický materiál, s kterým Bergeret tehdy pracoval, byly larvy mouchy *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) a roztoči. Bergeret byl lékařem, který se zabýval studiem zemřelých, přesto znalosti o vývoji hmyzu na mrtvolách byly v jeho době nedostatečné a nepřesné (Benecke, 2001).

Tak se stalo, že Bergeret použil chybnou dobu vývoje u nalezených bezobratlých, a přesto dokázal odhadnout dobu ukrytí novorozence do krbu na rok 1848. Jednalo se o první aplikaci forenzní entomologie při vyšetřování a k odhadu PMI a snaha začlenit entomologické materiály mezi forenzní vědy (Gennard, 2007).

Další případ, ve kterém byl použit hmyz k detekci PMI, se odehrál ve Francii, v roce 1879. Jednalo se opět o smrt novorozence, na kterém se kromě larev motýlů našlo velké množství roztočů. Na případu pracovali profesor Monsieur Perrier a armádní veterinář a entomolog Jean Pierre Megnin (1828 – 1905), odhadli PMI podle množství nalezených roztočů, jak živých, tak mrtvých. Tímto šetřením započali výzkum nejen hmyzu, ale také pavoukovic, plísní, hub, korýšů, roztočů a rostlin (Benecke, 2001).

V roce 1881 východoněmecký lékař Hermann Reinhard (1816 – 1892) vytvořil první systematickou studii zaměřenou na forenzní entomologii. Exhumoval těla a dokázal, že na pohřbená těla je úzce vázán vývoj některých druhů hmyzu. Během své studie odebral velké množství much čeledi Phoridae, které taxonomicky určil rakouský entomolog F. M. Brauer (Benecke, 2001).

V roce 1894 Jean Pierre Megnin rozlišil na mrtvole osm sukcesních „vln“, ve kterých hmyz kolonizuje mrtvolu v závislosti na stupni rozkladu (Povolný, 1978), tyto informace popisuje ve své knize *La faune des Cadavres* neboli Živočichové na mrtvolách (Wikipedie, 2013). O těchto vlnách je zmíněno v pozdější kapitole o rozkladu těla na souši.

Hmyz na mrtvolách se kromě lékařských a právnických studií objevuje i v uměleckých dílech znázorňujících rozklad lidského těla. Známé jsou dochované dřevoryty, obrazy a básně, znázorňující vztah vývoje hmyzu k mrtvým tělům. Významným dílem je z 16. století „Devět úvah o nečistotě lidského těla“, jedná se o devět obrazů znázorňující stadia rozkladu lidského těla (Obr. 1 v příloze), autorem byl japonský malíř Morishige Kinugasa. Dalším umělcem, který se zmínil o výskytu hmyzu při rozkladu těla, byl i francouzský básník Charlese Baudelaire (1821-1867) v básni Zdechlina (Benecke, 2001) nebo anglický básník a dramatik Wiliam Shakespeare ve svém díle Sonety, přesněji v 6 sonetu poukazuje na úzké spojení larev hmyzu k mrtvému tělu. „Nebud' tak svéhlavý, máš příliš krásy v sobě, aby tvým dědicem byli jen červi v hrobě.“ (Shakespeare, 1970).

Od konce 19. století zájem o forenzní entomologii náhle upadá do zapomnění na celá desetiletí. Nový rozvoj nastal až po druhé světové válce, kdy se v kriminalistice opět zvedl zájem o entomologii (Povolný, 1979).

Objevení struktury DNA americkým vědcem J. D. Watsonem a britským molekulárním biologem F. Crickem v roce 1953 přispělo k novým možnostem forenzních věd, včetně entomologie. Identifikace bezobratlých je mnohem spolehlivější než určování za pomoci klíče (Calliphoridae má 12 chromozómů). Zároveň se naskytla možnost zjistit analýzou hmyzu lidskou DNA v larvách (Anon. 1, 2011).

Mezi 60. - 80. léty metody soudní entomologie zdokonalovali belgický lékař a průkopník ve forenzní entomologii Marcel Lecleq s finským profesorem Pekka Nuorteva. Od té doby se uplatňuje forenzní entomologie po celém světě (USA, Japonsko, Anglie atd.) (Benecke, 2001).

V 70. letech vznikla na univerzitě Antropologického ústavu v Tennessee tzv. Farma lidských těl. Založil ji profesor William M. Bass pro studenty místní univerzity a policejní techniky. Nejdříve se farma využívala pro antropology, kteří studovali kosterní nálezy pro analýzu kostry (zda se jedná o ženu či muže, určení stáří kostry), později se přidalo i entomologické zkoumání. V současné době se na pozemku nachází přes 400 těl a ročně jich několik desítek přibývá, jedná se o dárce, kteří se rozhodnou věnovat své tělo vědě. Těla jsou umístěna v různých podmínkách, které napodobují místo činu (pohřbena, ve vodě, ve vozidle atd.). Nyní jsou v USA otevírány další podobné „farmy“ např. Western Carolina University. Forenzní entomologie se tak stává vědním odvětvím vyučující se na vysokých školách po celém světě (Fürbach, 2008).

V současné době je forenzní entomologie uznávanou vědou vyšetřování trestných činů, neomezuje se pouze na zjišťování PMI, ale dokáže přiblížit i způsob a místo činu. Současní forenzní entomologové se sdružují do různých organizací, v Evropě byla vytvořena Evropská společnost pro forenzní entomologii (European association for forensic entomology, EAFE), zpravidla ustanovuje mezinárodní standardy, které zajišťují správné posuzování entomologických stop. Poprvé společnost evropských forenzních entomologů usedla v květnu 2002 ve Francii (Anon. 11, 2014).

Zároveň dochází k popularizaci této vědní disciplíny i mezi laickou veřejností. Začleněním forenzní entomologie do televizních pořadů (kriminalistických seriálů a filmů) a tisku (novin, knih) se dostává do povědomí široké veřejnosti (pozn. Autora).

## 1.2. Ukazatele doby smrti

Rao (2013) uvádí, že smrt je kompletní nevratné zastavení krevního a dýchacího systému s ukončením mozkové funkce. Po několika minutách až hodinách následuje odumírání tkání.

Buňky těla přestanou přijímat z krve kyslík a krev se hromadí v cévách ve spodních místech těla, zatímco horní části začínají světlat. Tento proces se označuje za hypostázu neboli červeno-fialové posmrtné zbarvení kůže, způsobené zástavou srdce, kdy dochází k hromadění krve dle gravitace. Kůže začne blednout a ztrácet na elasticitě, celé tělo ochabuje a chladne. Buňky přestanou aerobně dýchat a vytvářejí energetické molekuly potřebné k udržení svalové biochemie např. buňky jater dehydrogenují ethanol na kyselinu octovou. Vyčerpání zásob ATP a pronikání iontů vápníku do svalových buněk, brání uvolnění svalstva, započne tzv. *rigor mortis* neboli posmrtná ztuhlost. Svaly ztuhnou do doby, než se začne tělo rozkládat, což může trvat až 3 dny. Buňky začínají odumírat a tělo ztrácí schopnost bojovat s bakteriemi, hlavně anaerobními ze střev, a tak dochází k rozkladu. Krev se začne rozkládat a její složky začnou pronikat do tkání, z rovnoměrně červené barvy se stane černá tekutina (Anon. 3, 2009; Rao, 2013).

Mozkové buňky zanikají, pokud nemají přístup ke kyslíku více než tři minuty. Svalové buňky odumírají za několik hodin a buňky kostí a kůže i za několik dní. Tělo v „pokojoyé teplotě“ chladne o 1,5 °C za hodinu. Asi za 12 hodin je lidské tělo na dotek chladné, za 24 hodin se ochladí až do morku kostí na teplotu okolí. Průběh chladnutí je ovlivněn mnoha faktory, např. pokud zemřel z důvodu nedostatku kyslíku, může být počáteční teplota těla vyšší, než je běžné. Chladnutí ovlivňuje i konstituce těla a je-li tělo oblečeno. Posmrtné ztuhnutí začíná po třech hodinách a trvá až do 36 hodin po smrti. Poté nastupují forenzní vědci, kteří použijí vodítka pro odhadnutí doby smrti tzv. post mortem interval, dále jen PMI (Anon. 3, 2009).

V prvních 72 hodinách po smrti je považováno za schopnost soudního lékaře poskytnout dostatečně přesné PMI. Je to dáno stavem samotného těla, zejména poklesem tělesné teploty. Forenzní entomolog poskytne měřítko možného intervalu po smrti, založené na fázích vývoje a výskytu druhů hmyzu. Odhad může být v rámci dnů, týdnů nebo i let. Začátek možného odhadu je výskyt prvních vajíček much. Míra pravděpodobnosti odhadu PMI za pomoci hmyzu je po 72 hodinách nejpřesnějším odhadem, která je k dispozici (Gennard, 2007).

### 1.3. Etapy rozkladu těla

Rozklad (dekompozice) je postupná dezintergrace mrtvé organické hmoty, zakončená mineralizací, tedy přeměnou na hmotu anorganickou. Příčinou jsou fyzikální a biologické činitele, kteří mrtvou organickou složku zkonzumují. V této souvislosti se na dekompozici podílejí rozkladači, detritivorové a saprofágové (Begon et al., 1997).

Mrtvý organismus je bohatý na bílkoviny, což vede k jeho postupné degradaci a rozkladu různými organismy. Rozklad živočišných těl obratlovců je spojen se zákonitou sukcesí saprofágního hmyzu. Hmyz má velice dobře vyvinuté smysly, zejména čich. Proto bývá první na místě, kde se nachází mrtvý organismus (Daněk, 1990).

Hmyz dorazí na mrtvolu v předvídatelné posloupnosti v závislosti na fázi rozkladu, také jinak nazývané hmyzí sukcese. Prvními kolonizátory těla (několik minut po smrti) jsou Calliphoridae a Sarcophagidae, které přitahuje pach těla (Daněk, 1990).

Gaudry (2010) poznamenal, že Sarcophagidae se ukazují v první vlně, avšak přicházejí později než čeleď Calliphoridae, s rody *Calliphora* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Lucilia* (Robineau-Desvoidy, 1830). Dalším, kdo kolonizuje tělo v první fázi, je čeleď Muscidae, např. druh *Musca domestica* (Linnaeus, 1758), která se objevuje krátce po smrti, ne proto, aby se krmila na mrtvole, ale aby konzumovala její sekrety, jako jsou výkaly a moč. Čeleď Calliphoridae nelákají mrtvoly, které jsou už značně rozloženy nebo už jsou mumifikované. Životní cyklus hmyzu je variabilní, i co se týče druhu v závislosti na vnějších podmínkách (Gennard, 2007), více v kapitole o abiotických a biotických vlivech.

Povolný (1978) vychází z poznatků soudní entomologie:

1. sukcese tedy sled mrchožravého hmyzu na mrtvoly, je zákonitým pochodem,
2. stáří mrtvoly je spjato s vývojovými stadii hmyzu,
3. každý mrchožravý hmyz může mít indikační význam.

Dle Povolného (1978) se vytvářejí čtyři návazná společenstva:

- 1) Nekrofágní hmyz, který se nachází na čerstvé mrtvole, jedná se zejména o mrchožravé mouchy, v období šesti měsíců, od konce dubna do konce října.
- 2) Saprofágní hmyz, na biochemicky aktivní mrtvole, jedná se o heterotrofního živočicha živícího se odumřelou organickou hmotou.
- 3) Dermatofágní hmyz žijící na vysychající mrtvole.
- 4) Keratofágní hmyz živící se zbytky těla, jako jsou vlasy, kosti a rohovina.

Dle Povolného (1978) koprofágní hmyz (živící se výkaly živočichů) není rozhodující pro posouzení stupně rozkladu.

Smith (1986) dělí typy hmyzu na mrtvém těle:

- 1) Nekrofágní hmyz živící se tělem.
- 2) Dravý hmyz živící se nekrofágním hmyzem.
- 3) Všežravý (omnivorní), jako jsou mravenci, vosy a někteří brouci.
- 4) Ostatní druhy, jako jsou chvostokoci (Collembola), roztoči (Acarina), pavouci (Araneae) a motýli (Lepidoptera).

Pro forenzní entomologii jsou nejdůležitější první dva typy, tedy nekrofágní a dravý hmyz.

Pro správnou interpretaci sukcese je nutné znát spektra a autekologii druhů. K urychlení naklazení vajíček může dojít za přítomnosti fekálií, zvratků, zakrvácení, v takovém případě ke kladení vajíček dochází během několika minut. Jestliže oběť krvácí a je bezmocná, vykládají se mouchy ještě na živé tělo, to vše záleží na prostředí, zda se tělo nachází v otevřeném terénu či v uzavřeném prostředí (Povolný, 1978).

Gennard (2007) rozděluje tři rozpoznatelné procesy rozkladu:

1. Autolýza, při které jsou buňky v těle štěpeny enzymy, včetně lipázy, proteázy a karbohydrázy. Tento proces může být velice rychlý, hlavně v orgánech, jako je mozek a játra. Vytváří se tak velké množství živin pro bakterie.
2. Hniloba, dochází k degradaci tkání pomocí bakterií, začíná při teplotě 10 °C, nutná je určitá vlhkost vzduchu. Dochází ke katabolismu čtyř hlavních biologických makromolekul, jako jsou proteiny, nukleové kyseliny, lipidy a sacharidy. Z degradovaných tkání vznikají a jsou vylučovány z těla do okolního prostředí plyny, jako je například sirovodík, oxid uhličitý, metan a amoniak. Kromě toho probíhá anaerobní fermentace, jejímiž výslednými produkty jsou těkavé mastné kyseliny (propionová a máselná). Dochází k aktivnímu úpadku těla, kdy bílkoviny jsou rozloženy bakteriemi na mastné kyseliny (Gennard, 2007).
3. Diagenese (kosterní rozklad) začíná, když tělo dosáhne fáze kostry. Po odstranění měkké tkáně, je kosterní materiál rozdělen na organické a anorganické pozůstatky. Tyto jsou dále členěny podle podmínek prostředí, až jsou rozloženy na složky půdy (Gennard, 2007).

Vliv na rychlost rozkladu kostí má kyselost půdy např. neutrální půda kostru nezničí vůbec a kyselé půdě stačí 25 až 100 let. Jelikož se kosti skládají z anorganických látek, dochází k rozpadu než k samotnému rozkladu kostí (Rao, 2013).

Rao (2013) se zabýval postupným rozkladem orgánů a zjistil postupné hnilobné procesy, které začínají v tomto pořadí: hltan, průdušnice, žaludek, střeva, slezina, játra, plíce, mozek, srdce, ledviny, děloha, kůže, svaly a nakonec kosti.

Rychlost rozkladu je závislá na teplotě okolního prostředí, k rozkladu nemusí docházet rovnoměrně a část těla může být ztekucována, zatímco jiná část může být už mumifikována. V úvahu musíme brát, že těla ve vnějších podmínkách mohou být ovlivněna i vyššími obratlovci, jako jsou potkani a psi a dalšími všežravými či masožravými živočichy, kteří mohou rozklad urychlit. Rychlost rozkladu neovlivňuje pohlaví oběti, ale věk oběti, zranění před smrtí a samotný stav těla, jelikož tuk rozklad zpomaluje (Rao, 2013).

Jestli je tělo ve vlhkém prostředí s vyššími teplotami, dochází k hydrolyzaci tuků, nejčastěji za nepřítomnosti kyslíku (Gennard, 2007).

Adipoceraci neboli zmýdelněním vzniká hrobní vosk, jedná se o bílou, voskovitou látku hromadící se na částech těla, které obsahují tuk (líce, břicho, hýždě). Jedná se o produkt chemické reakce, kdy tuky reagují s vodou a vodíkem za přítomnosti bakteriálních enzymů, při uvolňování mastných kyselin. Mastné kyseliny slouží jako potrava pro bakterie. Vznikem vosku dochází ke zpomalení dalšího rozkladu, jelikož je odolný vůči bakteriím, působí jako konzervační prostředek. Začíná se vytvářet jeden měsíc po smrti, jen je-li tělo nepřístupné pro hmyz, ale může začít i krátce po smrti, v případě ideálních podmínek, jako je prostředí bez kyslíku, s dostatečnou teplotou, vlhkostí a výskytem určitých bakterií. Struktura vosku se značně liší, od pevné konzistence po měkký tvarohovou hmotu (Anon. 3, 2009).

### 1.3.1 Rozklad těla na souši

Teorii rozkladu organismů v průběhu času se zabývá tafonomie, z řeckého taphos, τάφος, které znamená pohřeb a nomos, νόμος, které znamená zákon (Anon. 9, 2014).

Francouzský veterinář a entomolog J. P. Megnin (1894), jako první rozdělil a popsal rozklad lidských těl činností členovců do osmi sukcesních vln:

První fáze, jedná se o čerstvé tělo lákající první vlnu členovců, kterou jsou vyšší dvoukřídlí, hlavně čeled' bzučivkovití (Calliphoridae), masařkovití (Sarcophagidae) a mouchovití (Muscidae).

Druhá fáze započiná rozkladné procesy. První vlna se prolíná s druhou vlnou a trvá do 3 měsíců.

Třetí vlna společně se čtvrtou trvá od 3 do 6 měsíců, na těle dochází k sýrovatění. V tomto období se nachází na těle veliké množství dvoukřídlých, jako jsou sýrohlodky rodu *Piophilina* (Fallen, 1810), květilky rodu *Anthomyia* (Meigen, 1803), dále kožojedi rodu *Dermestes* (Linnae, 1758), pestrokrovečníci rodu *Necrobia* (Olivier, 1795) a v neposlední řadě zavíječi rodu *Aglossa* (Latreille, 1796).

Páté období se vyznačuje ztekucováním těla, trvá čtyři až osm měsíců a na těle se objevují převážně nižší dvoukřídli, čeleď Phoridae, vyšší dvoukřídli z rodu *Hydrotaea* (Robineau-Desvoidy, 1830), brouci rodu *Hister* (Linnae, 1758), *Necrophorus* (Fabricius, 1775) a *Silpha* (Linnae, 1758).

V šestém období dochází k vysychání těla a to po dobu 6 až 12 měsíců, s největším výskytem roztočů.

V sedmém období je tělo zcela vysušené, období trvá 1 až 3 roky, hmyz je různorodý s převahou zavíječů, molů a brouků z čeledi kožojedovití (Dermestidae).

Poslední osmé období se vyznačuje trouchnivěním, je to doba nad 3 roky, s výskytem roztočů (Acarina), brouků z čeledi potěmnikovití (Tenebrionidae) a rodu *Tenebrio* (Linnae, 1758).

Jednotlivé vlny nelze přesně ohraničit.

Pozdější badatelé počet vln různě upravovali a zkracovali např. Payne (1965) rozdělil stadia rozkladu těla na šest vln: čerstvá, nadmutá, biochemicky aktivní, pokročilý rozklad, vyschnutí a zbytky těla.

Povolný (1978) dělí rozklad na osm stadií: na čerstvou mrtvolu, mrtvolu na počátku rozkladu, tvorbu mastných kyselin, sýrovatění, amoniakální fermentaci, počáteční a konečné vysychání a trouchnivění.

Podle Gennard (2007) je další možné členění mrtvého těla do pěti stadií, které jsou spojeny s osmi vlnami navrženými J. P. Megninem (1894). První dvě vlny jsou bez rozdílu.

1 fáze: čerstvé. Začíná v okamžiku smrti a končí s prvními příznaky nadýmání těla. Prvními organismy jsou mouchy čeledi Calliphoridae. V Evropě jsou nejčastějšími druhy *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Calliphora vomitoria* (Linnae, 1758) nebo brzo na jaře *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830).

2 fáze: nadmuté (nafouklé) stadium. Rozklad těla pokračuje bakteriální činností v trávicím traktu mrtvého. Vznikající plyny nadouvají tělo mrtvého. Zpočátku se zvětšuje nejdříve břicho, poté celé tělo. V této fázi jsou čím dál více přitahovány bzučivky (Calliphoridae), zřejmě jsou přilákány vylučovanými plyny.



Vass et al. (2004) studoval vycházející pachy z mrtvol, ať pohřbených či ve vodě. Sbírali plyny pro pozdější analýzu v laboratoři a zjistili, že rozkládající tělo uvolňuje v průběhu času až 424 různých sloučenin. Dokonce lze rozeznat různé druhy mrtvých zvířat na základě pachu, tato studie se využívá v rámci výcviku služebních psů. Takoví drabčíkovití (Staphylinidae) jsou přitahováni k tělu později, až uvolňovanými plyny z těla, jelikož se živí vajíčky a larvami hmyzu, který se na těle objevuje dříve.

3 fáze: aktivní rozpad. Jedná se o stadium, kdy se měkké tkáně mrtvoly rozpadají a tělo začíná vypouštět plyny. Hnilobný proces stále pokračuje, zahrnuje amoniakální kvašení těla, při kterém se uvolňuje čpavek, přitahující další druhy hmyzu. Například brouky čeledi mrchožroutovití (Silphidae), z nichž např. druh *Nicrophorus humator* (Gleditsch, 1767) a mršníkovití (Histeridae), s druhem *Hister cadaverinus* (Hoffmann, 1803) a mouchy čeledi Muscidae, např. druh *Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1818), který je běžný v Africe u nás se nachází *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780) (Gennard, 2007).

4 fáze: stadium úpadku. Pozdější stadium, kdy z těla zbylo jen mumifikovaná kůže, chrupavky, kosti a seschlé zbytky masa. Hlavním indikátorem této fáze je zvýšená přítomnost brouků (Coleoptera) oproti mouchám (Diptera). Dojde-li k odstranění vody z kůže a tkání, dochází k mumifikaci. Nejčastěji k tomu dochází v suchých, teplých oblastech.

5 fáze: skeletonizace. V této fázi zůstávají z těla kosti a vlasy. Žádné zjevné druhy hmyzu s touto fází nejsou spojeny, v některých případech je větší výskyt brouků čeledi lesknáčkovití (Nitidulidae). Tělo se dostalo do závěrečné fáze rozkladu (Gennard, 2007).

Daněk (1990) se zmiňuje, že počet vln závisí na oblasti, kde je objeveno tělo. V palearktické oblasti v klimatických podmínkách střední Evropy, lze brát v úvahu osm sukcesních vln. V jižní Evropě se počítá s pěti vlnami, rovněž ve střední Evropě po dobu dlouhodobých veder, lze počítat s pěti vlnami.

Benninger et al. (2008) zkoumali biochemické změny půdy pod rozkládajícím se tělem. Z tohoto důvodu zkoumali dynamiku uhlíku, dusíku, fosforu a dalších sloučenin pod těly prasat, která byla volně položena na povrchu půdy po dobu 100 dní. Zjistila se změna v pH půdy, celkovém obsahu uhlíku, půdního fosforu a lipid-fosforu.

### 1.3.2. Rozklad těla ve vodě

Payne a King (1972) zpracovali studii o rozkladu těl prasat ve vodě. Rozklad těla ve vodě rozdělili do šesti stadií :

1. Čerstvě ponořené tělo. Některá z těl plavala, většina z nich se však potopila a vyplavala na hladinu po jednom až dvou dnech v letním období a po dvou až třech týdnech na podzim či v zimě. Na tělech se vždy nacházeli hydrofilní brouci.
2. Časné plovoucí stadium. Těla plavala na hladině a hmyz, jako čeled' bzučivkovití (Calliphoridae) začaly klást první vajíčka na obnažená místa těla nad vodou.  
Payne a King (1972) zaznamenali výzkumem v Severní Americe na všech exponovaných tělech Calliphoridae, druhy *Lucilia caeruleirostris* (Macquart, 1855) a *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775). Zjistili, že na tělo se vykládalo veliké množství různých čeledí much, než na těla vystavená na zemi. Dalšími zástupci byly vosy a sršni, kteří se živili tkání těla, vajíčky a dospělci much.
3. Pozdní plovoucí stadium. Dochází již ke značnému rozkladu, většinou třetí den po exponování ve vodě. Vajíčka much se po cca 23 hodinách po nakladení vyvinula do stadia larev, které se intenzivně krmily tělem, vytvářením otvorů v kůži. Mouchy čeledi Calliphoridae přestaly klást vajíčka a vyskytli se brouci z čeledi mršníkovití (Histeridae), hrobaříkovití (Silphidae) druh *Necrodes surinamensis* (Fabricius, 1775) a drabčikovití (Staphylinidae) druh *Staphylinus maxillosus* (Linnae, 1758). Brouci aktivně lovili larvy z čeledi bzučivkovití (Calliphoridae).
4. Nafouklé stadium. Tělo je v pokročilém stupni rozkladu, tkáně nad hladinou jsou již rozložené a dochází k migraci hmyzu.
5. Plovoucí ostatky. Larvy a brouci, jako mršníkovití (Histeridae), dvoukřídle čeledi mrvnatkovití (Sphaeroceridae), hrbilkovití (Phoridae), octomilkovití (Drosophilidae) a koutulovití (Psychodidae) se krmí na zbytcích těla. S velikým množstvím mrtvých larev. Tato fáze trvala 4 až 14 dnů a skončila potopením ostatků.
6. Potopené ostatky. Tato fáze trvala 10 až 30 dnů, z těla zůstaly jen kosti a kousky kůže. V rozkladu pokračují bakterie a houby, s možností výskytu dalších zástupců vyšších živočichů, jako larvy komárů a dalších vodních členovců.

Rozklad ve vodě se liší od rozkladu na souši rychlostí rozkladu a chybějícím stadiem vysychání. V etapě plovoucího stadia, dochází k tomu, že tělo za přítomnosti vznikajících plynů stoupá na hladinu, dochází k tomu 6 až 10 dnů po smrti. Fáze nadmutí je nejzřejmější, jelikož se tělo dostává na hladinu a lze ho spatřit z břehu (Smith, 1986).

Kůže se stává vrásčitou po 10 až 12 hodinách a po 10 dnech se může kůže odloupnout, po 3 až 4 týdnech dochází k vypadávání vlasů a nehtů. V letních teplých dnech může být čas rozkladu těla kratší až o polovinu (Smith, 1986).

Tělo ležící na souši po dobu jednoho týdne odpovídá tělu, které leží ve vodě dva týdny. Důvodem je, že tělo ve vodě ztrácí teplotu dvakrát rychleji a rozklad je proto pomalejší z důvodu nižších teplot vody, teplotu vody získá tělo během 5 až 6 hodin. Rychlost rozkladu se liší typem vod, zda se jedná o vodu sladkou či slanou. Rozklad v teplé, sladké, stojaté vodě je rychlejší, než ve studené, slané tekoucí vodě (Rao, 2013).

Fauna na zcela ponořeném těle bude samozřejmě jiná, než na těle exponovaném na souši. Na rozkladu těla ve vodě se podílí dravé ryby, potkani, korýši (krevety, garnáty, krabi a blešivci) a vodní hmyz, jako jsou larvy z čeledi komárovití (Culicidae), chrostíkovití (Trichoptera), potápníkovití (Dytiscidae), vodomilovití (Hydrophylidae) a dalších bezobratlých, včetně vodních plžů. Jestli jsou na potopeném těle nalezeny larvy vyšších dvoukřídlých lze poté usuzovat, že tělo bylo před potopením do vody na souši (Rao, 2013).

Na těle se můžou vyskytovat i zranění způsobená před smrtí tzv. *ante mortem*, se kterými se musí při vyšetřování počítat (Derrick, 1992).

Důležité je zjistit, zda došlo ke smrti utonutím, či bylo tělo mrtvé před ponořením do vody a smrt byla zapříčiněna cizím zaviněním. Soudní pitvou lze potvrdit, že došlo k utopení, pokud je nalezena voda v plicích a v žaludku nebo z nalezení jemné, bílé pěny v dýchacích cestách (Derrick, 1992).

## 1.4. Výpočet PMI

Hlavní uplatnění forenzní entomologie je, jak bylo uvedeno výše, výpočet post mortem intervalu (PMI). Podstatné pro výpočet je zjistit nejstarší vývojovou etapu nalezeného hmyzu a tím i získat nejpřesnější výsledek. Otázkou je, zda tělo bylo kolonizováno krátce po smrti, nebo zda došlo ke zpoždění vlivem vnějších podmínek (Amendt, 2008).

Teplota těla může být použita pro výpočet PMI do 24 hodin po smrti. Teplota těla klesá postupně a je závislá na tělesné hmotnosti, množství tuku a okolní teplotě. Posmrtná ztuhlost nastává zpravidla od 3 do 36 hodin po smrti, avšak uvedené časové rozhraní není specifické, jelikož nástup a odeznění posmrtné ztuhlosti ovlivňuje mnoho faktorů např. míra svalové práce těsně před smrtí. V některých případech nemusí vůbec *rigor mortis* nastat. Rozhodujícím vodítkem pro PMI delším než 36 hodin, je přítomnost hmyzu (Anon. 3., 2009).

Například, jestliže tělo bylo nalezeno v klimatizované budově (21 °C) s larvami v druhém instaru, forenzní entomolog spočítá, že od vývoje vajíčka, přes první instar uběhlo 50 hodin. Obvykle nejsou výpočty snadné, kvůli vnějším podmínkám, jako jsou právě klimatické podmínky, které jednotlivá stadia mohou zpomalit či urychlit (Anon. 3, 2009).

Vass et al. (1992) navrhli vzorec pro výpočet PMI:  $Y = 1285 / X$ , kde Y je počet dní, mumifikace nebo skeletonizace, a X je průměrná teplota během dní před nalezením těla.

Pro správné určení PMI je důležité znát prostředí, ve kterém tělo bylo nalezeno a počítat s abiotickými a biotickými vlivy, včetně působení lidské činnosti pro zakrytí důkazů při kriminálním činu (Daněk, 1990).

Existují dva hlavní způsoby využití hmyzu při určování PMI: využití jednotlivých vln hmyzu, které se na těle vyskytly po dobu několika měsíců či let nebo využití stárí larev při vyšetřování úmrtí, které nastalo do jednoho měsíce (Anderson, 2014).

### 1.4.1. Vlivy abiotické

Správné určení PMI závisí na řadě faktorů, včetně abiotických (neživých) jako je počasí, povětrnostní podmínky, vlhkost vzduchu, délka slunečního dne, přístup kyslíku a to, ať už bylo tělo nalezeno ve vnitřní budově či venku (Anon. 9, 2014). Kromě těchto vlivů se uvažuje i nad vlivem magnetického pole (Gennard, 2007).

Všechny organismy přijímají a odevzdávají teplo do prostředí. Hmyz patří mezi poikilotermní organismy, které mají tělesnou teplotu proměnlivou a nestálou. Zároveň ektotermní jsou závislí na vnějších zdrojích tepla, avšak existují i v hmyzím světě zástupci některých motýlů, včel a vážek, které využívají k regulaci tělesné teploty po omezenou dobu teplo, jež si dokážou vytvořit sami ve svém těle (Begon et al., 1992).

Velký význam na stupeň rozvoje larev a postup rozkladu těla má celý komplex faktorů, jako je fotoperioda, teplota, déšť a mikroklima stanoviště (Povolný, 1978).

Teplota je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují aktivitu létání a kladení vajíček a rychlost jejich vývoje v larvy. Je-li tělo umístěno na slunci, bude vývoj hmyzu mnohem rychlejší, než ve stínu. Některé druhy preferují spíše zastíněné podmínky, proto lze výskytem právě tohoto druhu hmyzu získat představu, v jakém prostředí se tělo nacházelo (Anon. 9, 2014).

Účinky teplot mají dvě hranice a ideální je teplota mezi minimální hodnotou (nižší vývojový práh), pod minimální hodnotou se vývoj zastaví a maximální hodnotou (horní vývojový práh), kdy často dochází k úhynu (Gennard, 2007).

U rodu *Calliphora* je maximální teplota 39 °C, zatímco u *Phormia* (Robineau-Desvoidy, 1830) bylo zjištěno až 45 °C (Gennard, 2007).

Cragg (1956) prokázal, že *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) dává přednost vyhřívaným místům, a optimálně klade na těla s teplotou nad 30 °C, stejně byla zaznamenána *Lucilia illustris* (Meigen, 1826) a *Phormia regina* (Meigen, 1826). *Calliphora vomitoria* byla pozorována vícekrát na zastíněném místě (Gennard, 2007).

Kvůli specifickým požadavkům na teplotu může docházet ke zkreslení PMI, z důvodu absence některých druhů a narušení jednotlivých vln hmyzu. Je všeobecně známo, že aktivita hmyzu se zastaví pod teplotou vzduchu 10 °C až 12 °C. Nicméně, někteří autoři poukazují, že některé druhy dokáží být aktivní i v chladném období. Deonier (1940) uvádí, že rod *Calliphora* je aktivní i při teplotě 1,7 °C, obvykle se uvádí spodní hranice teploty 4,5 až 10 °C. Nuorteva (1959) zjistil, že *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitoria* snášejí i určité podchlazení a byli aktivní i při teplotě 5 °C, což odpovídá zimnímu období. Greenberg (1991) určil minimální teplotu pro rod *Calliphora* 2,5 až 4 °C ve srovnání s *Lucilia sericata*, která má minimální teplotu 10 až 12,5 °C (Faucherre et al., 1999).

Existuje hodně literatury o vlivu teplot na larvální vývoj, ale překvapivě je málo studií na kladení vajíček s larválním vývojem při nízkých teplotách. *Calliphora vicina* se nelíhne při teplotě pod 4 °C. Avšak Davies a Ratcliffe (1994) uvádí, že pro larvální vývoj stačilo i 5 °C s embryogenezí při teplotě 3,5 °C. Tento výzkum byl proveden v laboratorních podmínkách, kde samice Calliphoridae nakladly vajíčka při teplotách 17 až 20 °C (Faucherre et al., 1999).

V Londýně se prováděl pokus na mrtvém praseti, kde ve vnitřku prasete byla naměřena teplota kolem 15 °C, a uvnitř těla se nacházely larvy. Zatímco na povrchu prasete byla nalezena pouze stadia vajíček, jelikož venkovní teplota byla kolem 1 °C (Gennard, 2007). V této souvislosti je třeba vzít v úvahu, že rozklad mrtvoly je spojen s jejím samozáhřevem na jejímž tepelném režimu se podílí i činnost a počet populace larev konzumující tělo (Daněk, 1990).

Vliv počasí a ročního období udává životní cyklus hmyzu. Greenberg (1990) zjistil svým výzkumem, že Calliphoridae v dešti nelítají. Povolný (1978) se zmiňuje, že některé mouchy rodu *Sarcophaga* (Meigen, 1826) jsou schopné klást za mírného deště, stejně autoři jako Wyss a kol. (2003a) zaznamenali mouchy, které byly schopny klást vajíčka i za deště.

Digby (1958) zkoumal vliv povětrnostních podmínek na výskyt hmyzu a stanovil optimální rychlost větru na 0,7 m/s.

Hobishak (2006) zkoumal rozdílné druhové složení hmyzu na tělech prasat, ležících na slunci a ve stínu. Zjistil, že těla ležící na slunci měla na sobě větší množství čeledí. Dalším, kdo prováděl pokus zabývající se vlivem slunečního záření, byl Joy (2004). Pokusem na tělech mývalů zjistil, že druh *Phormia regina* byl dominantním druhem na obou tělech. Zatímco larvy rodu *Sarcophaga* byly nalezeny pouze u těl na slunci (Amendt et al., 2007).

Průběh rozkladu se liší i dle zeměpisných šířek, značné odlišnosti jsou u rozkladu těla v tropech a na dalekém severu (Povolný, 1978).

Důležitým faktorem je i zeměpisná oblast, kde se tělo nachází, jelikož vegetace, půda, klima a zdroj potravy ovlivňuje, jaké druhy hmyzu se na těle vyskytnou. Názorným příkladem je, že v některých částech Severní Ameriky se brouci čeledi kožojedovití (Dermestidae) objevují na těle až po několika měsících a jsou považováni za pozdní kolonizátory, ale na Havaji jsou na těle už pár dnů po smrti. Proto nelze vždy kombinovat poznatky z odlišných oblastí země. V rámci České republiky takto významné rozdíly mezi lokalitami nenalzáme (Anon 9, 2014).

Značný vliv na průběh rozkladu těla ve vodě má i stav a složení vody, zda se jedná o znečištěné odpadní vody městských a průmyslových aglomerací nebo toky v blízkosti elektráren apod. Tyto odlišnosti mohou změnit faunu a ovlivnit tak i její další vývoj (Smith, 1986).

Dalšími rozdíly, které mohou ovlivnit zastoupení druhu hmyzu, jsou mezi městským a venkovským prostředím, kdy existují druhy, které upřednostňují jednu z uvedených lokalit, jiné druhy naopak nalzáme v obou (Anon. 9, 2014). Druhové složení hmyzu na těle může naznačit, jestli došlo k přesunu těla. Pokud je přítomen druh, který se v místě nálezu nevyskytuje či se nejedná o jeho typické stanoviště, může to znamenat, že tělo bylo přesunuto (Gennard, 2007).

#### 1.4.2. Vlivy biotické

Tyto vlivy vycházejí z působení živé složky (živočichové, rostlinstvo, bakterie) na sebe navzájem a zároveň na okolní prostředí. Jedná se tedy o vzájemné vztahy (interakce) organismů a prostředí, i organismů v rámci druhu, nebo mezi jednotlivými druhy (Begon et al., 1992).

Lze je ještě členit na vnitrodruhové a mezidruhové. Patří sem tedy i vztahy potravní a teplotní, produkované samotnými organismy (Begon et al., 1992).

Během kladení hmyzu dochází ke vnitrodruhové konkurenci, která snižuje velikost larev a může snížit počet a plodnost. Mezidruhová konkurence má podobné výsledky jako vnitrodruhová konkurence (Gennard, 2007).

Na těle se objevuje i dravý hmyz, který se živí jinými druhy hmyzu, takovými dravci jsou mravenci a brouci čeledi mršníkovití (Histeridae), drabčíkovití (Staphylinidae) a střevlíkovití (Carabidae). Tento hmyz se živí všemi vývojovými stadii včetně dospělců, na které během dne útočí. Z těchto důvodů může dojít ke změně druhového složení, kdy některé druhy, které by na těle měly být, budou chybět (Gennard, 2007).

Dalším faktorem ovlivňujícím vývoj a zastoupení hmyzu je vliv člověka (antropogenní vliv), zahrnující celou škálu vlivů a činností pachatele při zakrývání trestné činnosti (Gennard, 2007).

Složení hmyzu je silně závislé na prostředí, ve kterém je mrtvola uložena. Rozdíly nalzáme u volně exponované mrtvoly, mrtvoly ve vodě a mrtvoly pohřbené. Vliv na složení fauny má i to zda tělo bylo pohřbeno v rakvi či volně zahrabáno (Daněk, 1990).

Na pohřbených tělech je určitá posloupnost výskytu řádu členovců, jako jsou roztoči (Acarina), hrbilkovití (Phoridae), výkalnicovití (Scatopsidae), octomilkovití (Drosophilidae), mrvnatkovití (Sphaerocidae), střevlíkovití (Carabidae) a chvostokoci (Collembola). Řada brouků se snaží aktivně dostat k pohřbenému tělu, jako je tomu u čeledi drabčíkovití (Staphylinidae) a podčeledi Rhizophagidae patřící do čeledi lesklecovití (Monotomidae) (Gennard, 2007).

Druhová rozmanitost a rychlost vývoje je závislá na výšce půdní vrstvy nad tělem. Hrbilky (Phoridae) rodů *Conicera* (Meigen, 1830) a *Metopina* (Macquart, 1835) jsou schopné pronikat do hloubek až 50 cm. Do 20 cm pronikají larvy čeledi mouchovití (Muscidae) a lanýžkovití (Heleomyzidae) (Povolný, 1978).

Na pohřbeném těle je hmyzí rozmanitost menší než nad zemí, čeleď Calliphoridae na pohřbených tělech nenalzáme (Gennard, 2007).

I tenká vrstva o výšce pouhých 2,5 cm významně zpomalí kolonizaci mrtvého těla hmyzem a mnohonásobně prodlouží jeho rozklad. Během šesti týdnů larvy zredukují pouze 20 % váhy zahrabané mrtvoly, ale na mrtvole exponované na povrchu stačí larvám jeden týden při teplotě 20 °C, aby odbouraly 90 % původní váhy těla. S potížemi můžeme interpretovat nálezy mrtvol zakrytých (půdou, obaly) nebo uložených ve vodě. Vajíčka poté nacházíme pouze na obnažených místech, k jejichž odkrytí mohlo dojít až dodatečně (Povolný, 1978).

Gennard (2007) tvrdí, že je-li v půdě přítomná moucha *Conicera tibialis* (Schmitz, 1925) z čeledi hrbilkovití (Phoridae) je tělo pohřbeno po dobu jednoho roku a možná i více.

Mouchy mohou zkreslovat rozstříky krve, jelikož vyměšováním a chozením po čerstvé krvi ji přesunují na jiná místa. Benecke a Barksdale (2003) identifikovali rozstříky krve, došli k závěru, že krevní stopy po činnosti much mají charakteristický tvar pulce či spermie (Gennard, 2007).

Na průběh a rychlost rozkladu těla má vliv i přítomnost jedů v těle, např. při otravách, které brzdí svým účinkem rozvoj synúzií (Povolný, 1978).

Chemické látky různě ovlivňují rychlost vývoje hmyzu, buď urychlují či zpomalují a dokážou tak zkreslovat PMI (Anon. 9, 2014).

Jelikož se hmyz žijící na mrtvolách živí měkkými tkáněmi těla, tak spotřebovává veškerý materiál včetně látek obsažených v tkáních, včetně léků nebo jedů (Anon. 11, 2014).

Vědci tak mohou rozborem larev zjistit výskyt toxinů v těle (Anon. 9, 2014). Proto jednotlivá vývojová stadia hmyzu živící se tkáněmi těla, mohou v samotném těle hmyzu přenášet druhy léků, které byly oběti aplikovány dříve než zemřela. Některé látky mohou zapříčinit i smrt oběti a analýzou těl hmyzu mohou být takto diagnostikovány (Daněk, 1990).

Musvaska et al. (2001) zkoumali účinky barbiturátů a steroidů v játrech na vývoj druhu *Sarcophaga tibialis* (Macquart, 1851). Výsledky ukázaly, že kontrolní skupina hmyzu, která nebyla látkám vystavena, měla delší stadium larvy a kratší stadia puparia. Podobný pokus byl vyzkoušen i s heroinem, kde se ukázalo opětovné delší larvální stadium. A proto se při zjištění těchto látek musí nahlížet na značnou odchylku PMI (Gennard, 2007).

Goff (2001), autor knihy *Moucha pro prokurátora* (A Fly for the Prosecution), prozkoumal vliv různých látek na vývoj hmyzu. Zjistil, že kokain a heroin způsobuje zrychlení vývoje hmyzu, z důvodu vyvolání hladu dochází k rychlejší konzumaci těla.

V některých případech se využívají hmyzí svlečky (exuvie), které detekují přítomnost toxinů. Ve forenzní entomologii je odvětví entomo-toxikologie, kterou začal studovat v roce 1980 J. C. Meyer. Toxikologickou analýzou hmyzu mohou vyšetřovatelé prokázat předávkování oběti toxickými látkami (Anon. 11, 2014).

Entomo-toxikologie může analyzovat také obsah těžkých kovů v hmyzu. Z praxe známe případy, kdy zjištění jejich obsahu v hmyzu, a tím také v těle, umožnilo určit, odkud mrtvý pocházel. Ve Finsku byl zaznamenán případ nálezu těla, kdy hmyz, který se na mrtvole vyvíjel, obsahoval vyšší množství rtuti, které nepocházelo z místa nálezu. Vytipováním



oblastí s vyšší koncentrací rtuti v půdě vedlo následně i ke zjištění identity oběti (Anon. 11, 2014).

Avila a Goff (1998) naznačili, že mrtvoly spálené benzínem do druhého stupně ohoření byly pro kolonizaci atraktivnější než neohořelá těla. Zjistili, že některé druhy čeledi Calliphoridae (*Chrysomya megacephala*. Fabricius, 1794; *Chrysomya rufifacies*. Macquart, 1842; *Lucilia cuprina*. Wiedemann, 1830; *Lucilia sericata*) kolonizovaly ohořelé prase o jeden den dříve než neohořelé, v závislosti na stupni ohoření, kterému bylo tělo vystaveno (Gennard, 2007).

K vypočítání PMI u těla nalezeného ve vodě poslouží i ektoparaziti, když jsou nalezeni na těle mrtví či živí. Existují lidé, kteří mají na těle ektoparazity, jako jsou blechy (Siphonaptera) a všenky (Phthiraptera), které se mohou uplatnit pro stanovení PMI. Pokud je tělo ve vodě delší dobu než 12 hodin, vši nenávratně hynou, blechy hynou až za 24 hodin. V případě, že bylo tělo ve vodě 12 hodin a méně, lze blechy oživit po 60 minutách. Při delší expozici těla ve vodě 18 až 20 hodin je zapotřebí na oživení blech 4 až 5 hodin (Gennard, 2007).

Dalším důležitým prvkem pro správné posouzení PMI je potřebné řádně zajistit dostatečné množství vzorků hmyzu z místa činu. Důležité je důkladné prohledání těla z obou stran včetně oblečení (Daněk, 1990).

Vajíčka hmyzu se dají zaměnit za nečistoty prostředí, v kterém se tělo nachází. Nejčastěji se hmyz nachází v místě otvorů těla, jako jsou oči, nos, ústa, genitálie a v záhybech kůže. Jednotlivé shluky vajíček je nutné odebrat a umístit je do speciálních krabiček, které by měly být vystlány vlhkým papírovým ubrouskem, aby se zamezilo jejich vyschnutí. Po odebrání by měla krabička být označena štítkem, aby nedošlo k její záměně. Štítek by měl obsahovat: místo nálezu, jméno vyšetřovatele, pověřeného důstojníka, číslo případu, datum a místo na těle od kterého byly vzorky odebrány (Gennard, 2007).

Larvy se nacházejí na obdobných místech jako vajíčka se stejnými nároky na přepravu. Z těchto larev se dokáže za pomoci klíče určit druh hmyzu (Daněk, 1990).

Puparia se nacházejí často i několik metrů od těla a to i zahrabaná 3 až 5 cm pod zemí, pod kobercem nebo v jakémkoliv zákoutí. Pokud se puparia nacházejí na těle, jde většinou o specifický druh, který se vyvíjí přímo na těle nebo došlo k zabránění migraci larev. Puparia se zbarvují v průběhu vývoje od bílé až po tmavě hnědou (Daněk, 1990).

Puparia jsou v laboratoři vykultivována, aby došlo k jejich identifikaci, kultivace hmyzu probíhá za podmínek, které byly zjištěny na místě činu, pro přesné určení PMI (Gennard, 2007).

Pro dostatečný materiál je důležité i dospělý hmyz z mrtvoly nasmýkat (sítí), v případě, že se podezírá přemístění těla. V takovém případě by to vedlo k vylíhnutí odlišného spektra much. Hmyz slouží zároveň, jako vynikající indikátor chemikálií, muší larvy rychle kumulují rtuť (Povolný, 1978).

Po zajištění vzorků hmyzu musí dojít k prozkoumání okolí těla a odebrání vzorků půdy pro prozkoumání v laboratoři (Gennard, 2007).

Pro správný výpočet je nutné zajistit relevantní entomologický vzorek z místa činu, ať už vajíček, larev, puparií či dospělců a údaje o teplotě v lokalitě nálezů těla z nejbližší meteorologické stanice a zároveň záznam teploty na místě činu. Mezi doprovodné informace patří zjištění, kdy byla osoba naposledy viděna živá (Gennard, 2007).

## 2. Využití hmyzu v kriminalistice

Třída hmyzu (Insecta) patří taxonomicky do kmene členovců (Arthropoda), jedná se o nejpočetnější třídu, co se týče počtu druhů. Jedná se i o nejbohatší skupinu s celosvětovým výskytem, jeho význam v přírodním prostředí je nepostradatelný (Hudec a kol., 2007).

Kolonizaci hmyzu v určitých vlnách pozorovala řada výzkumníků Megnin (1894), Payne a King (1972), Povolný (1978), Smith (1986), Gaudry (2010), z nichž někteří poukazují, že na mrtvole přítomný hmyz charakterizuje místo činu, zatímco jiné druhy jsou v přímé závislosti k fázím rozkladu mrtvoly. Tyto vlny se liší podle toho, kde je tělo umístěno, zda je pohřbeno, na povrchu půdy nebo ve vodě. Různí zástupci hmyzu konzumují mrtvé tělo jen v některých fázích vývoje nebo ve všech etapách. Někteří zástupci rodů jsou pouze lákáni na výskyt hmyzu, kterým se živí (Gennard, 2007).

Pod rozkládajícím tělem se značně mění složení edafonu a tak se pod mrtvolou nacházejí chvostokoci (Collembola), roztoči (Acari), škvoři (Dermaptera), mravenci atd. Díky této změně edafonu se může určit místo, na němž leželo tělo, před případným odklizením, z důvodu zakrytí zločinu (Gennard, 2007).

Hmyz může, kromě k výpočtu PMI, jak je zmíněno v předešlé kapitole sloužit i jako ukazatel fyzického násilí či zanedbání péče. Některý hmyz, např. *Lucilia sericata*, je přitahován pachy, jako je čpavek, při přítomnosti inkontinentní osoby, svědčí o nedostatku při udržování hygieny (Daněk, 1990).

Benecke a Lessig (2001) se zabývali nad případem zanedbání péče, při kterém na mrtvém těle dítěte byly v genitální oblasti objeveny larvy *Muscina stabulans* (Fallen, 1817) a *Fannia canicularis* (Linnae, 1761). Mouchy byly přilákány výkaly, z vývojových stádií byla zjištěna doba, po kterou dítě bylo zanedbáno. Na obličejí byly larvy *Calliphora vomitoria*, které charakterizovaly dobu úmrtí dítěte, jelikož tento druh patří mezi první kolonizátory mrtvých těl.

Mouchy kladou na kůži či oblečení vajíčka, ze kterých se vyvinou larvy, krmící se ranami či vředy. Může tak dojít i k infikování bakteriemi či invazi jiného hmyzu (Gennard, 2007). Některý hmyz z hygienického hlediska slouží, jako přenašeč bakterií, virů, prvoků a helmitů, s možností přenosu chorob (Šuláková a Barták, 2013).

Stejnou problematiku lze využít při zjišťování špatných životních podmínek při chovu zvířat (Gennard, 2007).

Indikátorem násilí či zanedbání péče je invaze hmyzu do živé tkáně, nazývané myiasis. Nejčastějšími kolonizátory živých těl jsou *Lucilia sericata*, *Musca domestica* a *Phormia regina*. S možným zneužitím je dále spojeno i nalezení toxických látek v samotném těle hmyzu (Gennard, 2007), jak bylo zmíněno v předešlé kapitole biotických vlivů.

Dalším uplatněním forenzní entomologie je při vyšetřování týrání a zanedbání zvířat. U chovů, kde došlo k zanedbání základní hygieny, se objevují larvy hmyzu na ranách u živých zvířat. Vyšetřovat se proto může i doba zanedbání, kterému bylo zvíře či člověk vystaveno (Gail and Huitson, 2004). V posledních letech se využívá hmyz k vyšetřování pytláctví volně žijících zvířat (Byrd and Castner, 2009).

Hmyz může být použit i pro vyšetřování případů znehodnocených potravin škůdci z třídy hmyzu, a dále pro geografické určení při nelegálním obchodu např. s rostlinným materiálem. Příkladem je zadržení zásilky rostlin konopí (*Cannabis*. Linnae, 1753) na Novém Zélandu spolu s několika asijskými druhy hmyzu, které určily původ zásilky mezi Andamanským mořem a Thajskem. Jeden ze dvou podezřelých se na základě těchto důkazů přiznal (Gennard, 2007).

Nejdůležitějším prvkem pro vyšetřování je správná identifikace druhu. Druhy jednotlivých čeledí se mohou od sebe lišit v rychlosti růstu, chování a preferenci stanovišť.

Většinu druhů není možné identifikovat podle zobrazení na fotografiích, ale je zapotřebí klasifikačního klíče (Anon 9, 2014).

Grassberger a Frank (2004) provedli studii na posloupnost hmyzu na prasotech, která vystavili na městském dvorku v centru Vídně. Pokus prováděli od května do listopadu 2001. Celkem zaznamenali 42 druhů členovců z čeledi: Calliphoridae, Sarcophagidae, Sepsidae, Piophilidae, Muscidae, Fanniidae, Sphaeroceridae, Phoridae, Drosophilidae, Anthomyiidae a Lauxaniidae, patřící do řádu dvoukřídlých (Dipter). Další druhy byly z čeledi: Silphidae, Staphylinidae, Histeridae, Cleridae a Dermestidae z řádu brouků (Coleoptera). Z řádu blanokřídlých (Hymenoptera) se vyskytovaly druhy z čeledi: Formicidae, Braconidae, Pteromalidae, a Vespidae. Zaznamenali i řád Isopoda z třídy Malacostraca nebo infratřídu Acari z třídy pavoukovci (Arachnida).

### 2.1.1. Dvoukřídlí (Diptera)

Řád dvoukřídlých je nejpočetnějším řádem hmyzu v ČR. Všichni mají vyvinutý pouze jeden pár křídel, kdy zadní pár křídel je přeměněn na kyvadélka (haltery), které slouží pro držení rovnováhy. V České republice bylo zjištěno z toho to řádu 7 917 druhů (Barták et al., 2009).

U dvoukřídlých rozlišujeme několik stadií. Samice mají tendenci klást vajíčka ve shlucích na místa, která poskytují dostatečnou ochranu, vlhkost a potravu. Dle druhů se morfologicky vajíčka liší a za pomoci elektronového mikroskopu lze z vajíček identifikovat druh mouchy (Gennard, 2007).

Larva dvoukřídlých má tři instary, kdy největší jsou v posledním stadiu, kdy se zastavuje potřeba krmení a začíná migrace pro započítí stadia puparia. Dochází k vytracení tmavé linky (na tráveniny) viditelné přes bílé zbarvení pokožky. Larvy se vzdálí od těla, do tmavších a chladnějších míst někdy i přes 6 metrů od těla, dle materiálu země. Většinou se larva zahrabe do půdy 2 až 3 cm hluboko (Gennard, 2007).

K migraci neboli disperzi larev dochází u některých druhů v nočních hodinách v rozmezí od půlnoci do šesti do rána (*Lucilia sericata* a *Calliphora vomitoria*), aby tím snížily riziko napadení predátory. Migrace larev se nevyskytuje u všech druhů, na povrchu mrtvol se kuklí některé larvy rodu *Fannia* (Robineau-Desvoidy, 1830) a *Protophormia* (Townsend, 1908), př. druh *Protophormia terraenovae* se zakukluje přímo na těle (Gennard, 2007).

Je důležité rozeznat stupeň vývoje neboli stáří největších larev. V teplejších oblastech se doba zkracuje, při nálezu nedospělých larev srovnáme jejich délku s růstovou křivkou

z laboratorních chovů za různých teplot. Významnou indicií může být migrace larev, jejímž důsledkem je potřeba se kuklit v mikrobiálně a biochemicky méně závadném prostředí, než je samotná mrtvola. Migrace a vzdálenost od těla je závislá na typu půdy. Na lesních a polních půdách je to kolem 1,5 m denně, zatímco na silnicích či ušlapaných cestách to mohou být i desítky metrů. Pokud dojde k zamokření půdy, dochází k opětovné migraci (Gennard, 2007).

Migrace larev třetího stupně končí kuklením, do soudečkového puparia, které během času mění barvu, je ze začátku žlutavé a ke konci hnědočerné barvy. Chlad, sucho, zkracování dne nebo nedostatek kyslíku navozuje diapauzu, takže k líhnutí dochází po několika měsících. Stáří puparia lze odhadnout dle anatomické studie nebo jeho zbarvením, zároveň toto stadium trvá zhruba polovinu celkového vývoje mouchy. Puparia se nacházejí zřídka rozmístěné, jejich shluk je několik metrů od těla a zároveň jsou mělce pod povrchem. Proto je důležité pečlivé ohledání okolí (Daněk, 1990).

Vyvinutý jedinec se dostává z puparia prasknutím jeho povrchu v předem definovaném kruhovém švu a odklopením hlavové části, tzv. víčka (operculum). Puparium praská pod tlakem krve nafouklého váčku (ptilinum) na hlavě mouchy. Podobá se airbagu, který vyčnívá z přední části hlavy, později se váček zanořuje do hlavy mouchy a zůstává po něm pouze šev. Dospělec poté vyschne, jeho křídla se napnou a našedivělé tělo se začne pigmentovat (Gennard, 2007).

Diptera se vyskytují v nejhojnějším množství během jara a léta. Pár zástupců se vyskytuje i na podzim z čeledi Fanniidae, Muscidae rodu *Hydrotaea*, Dryomyzidae, Heleomyzidae, Piophilidae a Agromyzidae (Gennard, 2007).

### **Bzučivkovití (*Calliphoridae*)**

Bzučivky patří mezi nejběžnější a nejznámější hmyz, vyskytuje se v různorodých klimatických podmínkách Země. Jsou to velké druhy, často s kovovým namodralým nebo nazelenalým leskem (Hudec a kol., 2007).

Čeď bzučivkovití (*Calliphoridae*) zahrnuje v Evropě 115 druhů (Rognes 2013). Na území České republiky bylo dosud zjištěno 61 druhů, z toho 51 v Čechách a 57 na Moravě (Kubík & Országh. 2009; Pavel et al. 2008; Šuláková et al. 2013 a 2014).

O čeledi *Calliphoridae* se v angličtině mluví jako o „blowfly“. Odbourávají zdechliny, ale napadají i hnisavé rány živých živočichů a způsobují jim nekrózy. Rychlost vývoje larev závisí na teplotě, vlhkosti a délce dne (Povolný, 2001).

Snadno se pozná samice, která je připravená klást vajíčka má zvětšený zadeček plný vajíček a charakteristický bzučivý zvuk při letu. Pro naklazení vajíček je důležité nalézt vhodné místo, jedná se o tělesné otvory (ústa, konečník, oči a uši) a otevřená zranění, často vajíčka nacházíme pod tělem (Amendt et al., 2007).

Nejvýznamnější pro forenzní entomologii jsou rody *Calliphora*, *Lucilia* a *Phormia*, kromě toho má čeleď Calliphoridae celou řadu dalších rodů, jako *Bellardia* (Robineau-Desvoidy, 1836), *Melinda* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Onesia* (Robineau-Desvoidy, 1836) a *Pollenia* (Robineau-Desvoidy, 1830), které nejsou zahrnuty mezi forenzně zájmové rody, jelikož jejich larvy parazitují na žížalách a šnečích, kteří se na mrtvých tělech také nachází (Šuláková a Barták, 2013).

Bylo zjištěno, že samice druhu *Lucilia cuprina* byly přitahovány vylučovanými feromony ostatních druhů z čeledi Calliphoridae. Zástupci z této čeledi mohou položit poměrně veliké množství vajíček, samice *Calliphora vicina* produkuje během svého života 2000 až 3000 vajíček (Hinton, 1981).

Kvůli vlivu vnějších podmínek a působení parazitů a dravců se do plné dospělosti vyvine jen menší množství. Teplota, do které jsou schopny jednotliví zástupci hmyzu klást vajíčka se různí, u Calliphorid je nejčastěji mezní hodnota 12 °C, ale existují výjimky s kterými je nutno počítat (Zakaria, 1996).

Šuláková a Barták (2013) provedli experiment na prasatech (*Sus scrofa* f. *domestica*. Linnae, 1758) v letech 2011 až 2013. K pokusu využili dvou urbanizovaných lokalit Hrdlořezy a Troju, s odlišným začátkem expozice. Během obou experimentů determinovali 21 druhů much z čeledi Calliphoridae, z nich deset druhů je považováno za forenzně podstatné.

Jako forenzně důležité druhy z čeledi Calliphoridae, uvádí Šuláková a Barták (2013): *Lucilia caesar* (Linnae, 1758), *Calliphora vicina*, *Phormia regina*, *Protophormia terraenovae*, *Lucilia illustris*, *Lucilia ampullacea* (Villeneuve, 1922), *Calliphora vomitoria*, *Lucilia sericata*, *Lucilia silvarum* (Meigen, 1826), a *Cynomya mortuorum* (Linnae, 1761).

Šuláková a Barták (2013), zjistili odlišné druhové zastoupení v závislosti na lokalitě. Při prováděném pokusu v Hrdlořezech, kdy expozice těla začala v létě, dominantním druhem byla *Lucilia caesar*. Druhý den byly na těle detekovány druhy *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitoria*.

Třetí den byly zaznamenány *Lucilia sericata* a *Protophormia terraenovae* a až čtvrtý den *Phormia regina*. Druh *Cynomya mortuorum* byl zaznamenán pouze v jedné pasti na jaře (Šuláková a Barták, 2013).

V Troji začínala expozice na jaře a dominantními druhy byly *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*. Dalším méně zastoupeným druhem byla *Lucilia caesar* a *Lucilia sericata*. *Lucilia ampullacea* a *Lucilia silvarum* byla v obou pokusech zastoupena v malém množství. V České republice nebyly tyto dva druhy na lidském těle zaznamenány (Šuláková a Barták, 2013).

Na lidských ostatcích se běžně nachází nejméně dva až tři druhy z této čeledi (Šuláková a Barták, 2013).

Granssberger a Frank (2004), kteří provedli pokus na prasatech v centru města Rakouska, zjistili vysoké zastoupení druhu *Calliphora vomitoria* a *Chrysomya albiceps*. Od května do června byl dominantním druhem *Calliphora vomitoria*, následoval druh *Protophormia terraenovae*, *Calliphora vicina* a *Lucilia sericata*. Druh *Calliphora vomitoria* je považována za venkovský druh s preferencí zastíněných míst. V srpnu se začal na těle objevovat druh *Chrysomya albiceps*, který je považován za tropický druh vyskytující se převážně v jižní Evropě.

*Calliphora vicina* je veliká do 12 mm, ve starší literatuře se o ni píše jako o *Calliphora erythrocephala*. Hlava je černá s přední polovinou tváře naoranžovělou. Hrudník je černý a zadeček namodralý s šachovnicovým mozaikovým efektem (Gennard, 2007). Je synantropní, vyskytuje se od února do listopadu (Zahradník a Severa, 2004).

*Calliphora vomitoria* je také velká modravě zbarvená bzučivka. Liší se od *Calliphora vicina* odlišnou barvou *basicosty*, která je černá. Vyskytuje se od dubna do října (Zahradník a Severa, 2004).

*Lucilia sericata* je kovově zelená, zlatozelená až modrolesklá moucha s nažloutlou *basicostou* (Byrd and Castner, 2009).

*Phormia regina* je označována za sekundární přenašečku nemocí a běžně se vyskytující druh na mrtvých tělech po celém světě. Často se objevuje na živých hospodářských zvířatech při špatném hojení chirurgických zákroků, jako je kastrace a odrohování. Bylo zjištěno, že larvy tohoto druhu mají sklon se živit a pronikat i do zdravé tkáně (Byrd a Allen, 2001).

*Lucilia illustris* je 6 až 8 mm velká modro-zelená moucha, s černou *basicostou*. Samice vykládají vajíčka na sluncem vyhřátá místa, larvy se živí výkaly a mrtvými živočichy (Byrd and Castner, 2009).

*Lucilia caesar* její dospělci se živí pylem a nektarem květů, jejich larvy žijí na mršinách (Zahradník a Severa, 2004).

*Protophormia terraenova* je 7 až 12 mm velká tmavě modrá až černá moucha se stříbřitým povrchem. Je to druh, kterému vyhovuje chladnější podnebí, proto zasahuje daleko na sever. Larvy se živí mrtvými živočichy, patří mezi významné přenašeče nemocí a parazitují v hnízdech ptáků (Byrd and Castner, 2009).

*Cynomya mortuorum* tento druh má modro-zelený hrudník se stříbrným či zlatým povlakem. Na hrudi mohou být tři tmavé, podélné pruhy. Hlava je často jasně žluto-oranžová (Byrd and Castner, 2009).

Indoaustralská *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) objevující se na jatkách a tržištích se může vyvinout do sedmi dnů (Povolný, 2001).

Samičky *Chrysomya megacephala* kladou až 200 vajíček. Vyuvíjet se mohou jen hromadně, jelikož vylučují baktericidní látky, které chrání proti vlastní intoxikaci. V jejich žaludcích mají velice kyselé prostředí, že v něm většina bakterií nepřežije. Kuklení probíhá v místě mimo rozkládanou zdechlinu, proto se larvy třetího instaru stěhují i několik set metrů daleko. Její životní cyklus od vajíčka po dospělé se pohybuje od 190 po 598 hodin. V Evropě jsou první zprávy o tomto rodu ze 40. let 20. století na Krymu a Zakavkazí, posléze i v Maďarsku, Slovensku a jižních Čechách. V roce 1983 se jí podařilo laboratorně vychovat na ovčím a kozím trusu, takže není čistě vázaná na zdechliny (Povolný, 2001).

Tropická bzučivka *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819) proniká ze Středomoří do jižní Evropy a v horkých létech proniká až do nížin jihomoravských úvalů. Její larvy jsou stejně dravé jako bzučivky zelené. Obě bzučivky jsou si velice podobné, liší se brvami na hrudi a velikostí hlavy. Larva *Chrysomya albiceps* je jako u všech z čeledi Calliphoridae beznohá a bezhlavá. Na jejích tělních kroužcích jsou umístěny krátké trnky (Obr. 3 v příloze), jde o sklerotizované výrůstky kutikuly umožňující zrychlený pohyb (ve srovnání s larvami bzučivek rodu *Calliphora* a *Lucilia*) (Povolný, 2001).

Calliphoridae mají specializovaná tykadla, které jsou schopné zachytit pachy rozkládajících se těl i na velké vzdálenosti. Toho využívají některé rostliny, které se opylují za pomoci těchto vyšších dvoukřídlých, jako je např. květina ze Sardinie a Korsiky *Helicodiceros muscivorus*, která vydává zápach hnijícího masa. Z anglického překladu se jí říká Mrtvý kůň Arum (Stensmyr et al. 2002).



## Ostatní dvoukřídlí

Dalšími významnými čeleděmi, využívající se ve forenzní entomologii, jsou:

Hrbilkovití (Phoridae) jsou malé, robustní, šedohnědé či namodralé mouchy se zesílenou žilnatinou při předním okraji křídel. Na mrtvole jsou jako aktivní mouchy, schopné běhu a skákání (Gennard, 2007). Dospělci žijí na květech, v hnízdech a norách či v úlech včel, zatímco larvy žijí v zahnívajících látkách či v hmyzu (Hudec, 2007). Dewaele a LeClerq (2002) definovali jejich letové období od dubna do listopadu.

Kmitalkovití (Sepsidae), zastoupeny jsou 30 druhy v České republice (Barták a kol., 2009). Jsou malé, lesklé, černé mouchy, připomínající mravence. Mají kulovitou hlavu, zdánlivý pas, nohy jsou protáhlé, někteří s tmavou skvrnou na křídlech. Lákány jsou na živočišný materiál (hnůj a exkrementy), v kterých se vyvíjejí i jejich larvy a na tělo v pokročilém stádiu rozkladu. Larvy jsou saprofágní, koprofágní a nekrofágní (Gennard, 2007).

Koutulovití (Psychodidae) v České republice je známo okolo 166 druhů (Barták a kol., 2009), převážně se vyskytují ve vlhkých oblastech, jako jsou mokřady a břehy vodních toků. Larvy jsou saprofágní a často se vyvíjejí v hlubokých vodách (Farkač a kol., 2005),

Lanýžkovití (Heleomyzidae) dosud bylo zjištěno 84 druhů vyskytující se u nás (Barták a kol., 2009). Dosud je to čeleď nedostatečně objasněná. Larvy žijí v houbách, hniјících látkách a zdechlinách. Řada druhů je fytofágní, troglofilních (schopny přežít v tmavých prostorách) přetrvávajících v chladných jeskyních (Farkač a kol., 2005).

Masařkovití (Sarcophagidae) jsou velké mouchy šedavé barvy s mozaikovým zadečkem v rámci České republiky zastoupeny 128 druhy (Barták a kol., 2009). V angličtině se o nich mluví jako o „fleshfly“ (Gennard, 2007). Mediální žilka na křídle je ostře zahnutá. Dospělci hledají osluněná místa, larvy žijí v mršinách a ve hnoji, případně parazitují u hmyzu a plžů (Hudec a kol., 2007).

Mouchovití (Muscidae) je čeleď s 307 druhy vyskytující se na našem území (Barták a kol., 2013). Dospělci jsou našedlé mouchy a jejich znakem je, že anální žilka nedosahuje okraje křídla. Larvy jsou saprofágní žijící v hniјících látkách nebo výkalech a jsou vysoce dravé. Někteří zástupci mají larvy vodní, které jsou taktéž vysoce dravé (Farkač a kol., 2005). Na tělo nalétávají nejčastěji ve fázi hniloby, kdy dochází k vytváření hnilobných plynů (Isaac et al., 2011). Zástupce: *Musca domestica* samci mají na zadečku výraznější žlutou kresbu a úzké tělo. Vyskytuje se po celém světě. *Hydrotaea ignava* (Harris, 1780) má saprofágní larvy vyskytující se v mršinách, výkalech a hnízdech ptáků (Hudec a kol., 2007).

Mrvnatkovití (Sphaeroceridae) nebo také mouchy hnoje jsou do 5 mm veliké, saprofágní mouchy, živící se převážně bakteriemi a tlejícími rostlinnými nebo živočišnými substráty. Na mrtvých tělech se vyskytují nejčastěji kolem 4 až 8 měsíce po PMI, láká je pokročilé stadium rozkladu, jedná se o pátou vlnu hmyzu (Gennard, 2007).

Octomilkovití (Drosophilidae) patří mezi synantropní nebo exoantropní čeleď (Farkač a kol., 2005). Nejčastěji jsou nacházeny na rostlinných materiálech, jako je ovoce a kvasící tekutiny. Svou přítomností snižují jakost potravin a mohou přenášet bakterie, plísňe, hniloby a kvasinky (*Micoderma acetis*). Octomilky se na těle vyskytují ve 4 vlně, jelikož jsou přilákány fermentací proteinů, což připomíná zápach sýru (Daněk, 1990).

Pestřenkovití (Syrphidae) je čeleď se 401 druhy žijící v České republice. Larvy jsou vzhledově rozmanité, i co se do způsobu života a výskytu v prostředí týká. Jednotliví zástupci jsou draví, fytofágní, saprofágní nebo mykofágní, někteří jsou významnými škůdci (Farkač a kol., 2005).

Smutnicovití (Sciaridae) je drobný dvoukřídlý hmyz, který má oči propojené úzkým můstkem nad tykadly. Některé druhy samic jsou zcela bezkřídlé nebo se zkrácenými křídly. Často se druhy vyvíjejí v půdě a v trouchnivějícím dřevě nebo v domácnostech např. v květináčích (Hudec a kol., 2007).

Sýrohlojdkovití (Piophilidae) jsou čeledí se 17 druhy vyskytující se v České republice (Farkač a kol., 2005). Jsou malé (2,5 – 4,5 mm), lesklé, černé mušky. Larvy se vyvíjejí v rozkládajícím se živočišném či rostlinném substrátu. Nejvíce prozkoumanou je *Piophila casei* (Linnae, 1758), která se vyskytuje na mrtvolách na konci aktivního rozkladu a zároveň patří mezi škůdce mléčných výrobků (sýrů). Larvy jsou podobné larvám sepsidů, jen v tom rozdílu, že larvy Piophilidae dokážou se vymrštit i do vzdálenosti několika centimetrů (Gennard, 2007).

Vířilkovití (Fanniidae) je malá čeleď, larvy jsou saprofágní vyvíjející se v rozkládajícím biologickém materiálu včetně výkalů, lákány na vůni čpavku (Farkač a kol., 2005). Od Muscidae se liší žilnatinou na křídlech (Gennard, 2007). Zástupcem je *Fannia canicularis* (Linnae, 1761), patří k nejběžnějším druhům. Její larvy mají na těle početné výrůstky a vyvíjejí se v hnijlých odpadcích rostlinného a živočišného původu (Hudec a kol., 2007).

Výkalnicovití (Scathophagidae) se vyskytují nejčastěji v zastíněných a vlhkých oblastech. Patří mezi středně veliké mouchy se silnými štětinami poblíž makadel. Dospělci jsou draví, některé druhy koprofilní a larvy jsou saprofágní až koprofágní. Některým druhům se larvy vyvíjejí ve vodě (Hudec a kol., 2007; Farkač a kol., 2005).

### 2.1.2. Brouci (Coleoptera)

Tělo brouků (Coleoptera) je pevné, kryté většinou silnou kutikulou. Na těle jsou dobře rozlišitelné tři části, hlava (*caput*) s kousacím ústním ústrojím, hrud' (*thorax*) s šesti končetinami a párem křídel, z nichž jeden je sklerotizovaný na krovky (*elytrae*) a zadeček (*abdomen*) (Anon. 4., 2013).

U brouků je fáze vajíčka, tři až pět larválních stádií v závislosti na druhu, fáze kukly a dospělec. Brouci se často před kuklením zahrabávají do země či si stavějí komůrky. Délka cyklu se liší v závislosti na rodu a druhu. Vývoj od vajíčka po imago může trvat i 7-10 dnů u brouků *Staphylinidae*, zatímco u střevlíků může trvat cyklus i rok. U některých druhů počet instarů není pevně stanoven, ale závisí na okolních podmínkách. *Dermestidae* mohou mít až 9 instarů a proto stihnou pouze jednu generaci za rok, jelikož pupal může trvat i 2 měsíce v případě, že nemá vhodné klimatické podmínky (Gennard, 2007).

Celá řada karnivorních druhů není v druhovém složení kořisti vybíravá. Platí to o střevlících, jejich larvy i imaga jsou výrazní dravci, loví rozmanité živé larvy hmyzu, žížaly a mrtvé organismy. Určitou modifikací dravých druhů jsou druhy nekrofágní, ty se živí zdechlinami nebo tlejícími živočišnými látkami, nazýváme je mrchožrouti. O larvách některých kožojedů, které požírají látky živočišného původu (kožešiny, vlnu) se nedá říct, že jsou vysloveně zoofágní. Avšak imaga, která se zdržují na kvetoucích rostlinách, jsou fytofágní (Zahradník, 2008).

Gennard (2007) dělí řád brouků do 4 podřádů: prvožraví (Archostemata), řasožraví (Myxophaga), masožraví (Adephaga) a všežraví (Polyphaga). Kdy pouze dva poslední podřády jsou významné pro forenzní entomologii.

K masožravým (Adephaga) patří čeledě: Carabidae, Noteridae, Trachypachidae aj. (Anon. 12., 2013).

K všežravým (Polyphaga) se řadí čeledě: Anobiidae, Dermestidae, Derodontidae, Histeridae, Geotrupidae, Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae, Sphaeritidae, Trogidae aj. (Anon. 12., 2013).

#### **Zástupci brouků**

Drabčíkovití (Staphylinidae) jsou drobní 0,5 mm až 30 mm velcí brouci poměrně jednotné tělesné stavby, řadící se do podřádu všežravých. Jejich tělo je štíhlé, protáhlé, někdy nenápadně hnědě či černě zbarveno, ale jsou zástupci i pestře zbarvení. Mají zkrácené krovky,

kteře je odlišují od ostatních brouků, pokrývají jen první dva zadečkové články, zřídka kryjí celý zadeček, který je deseti členný, s jednotlivě pohyblivými články (Zahradník, 2008).

Obývají rozmanitá stanoviště, jsou náročni na určitý stupeň vlhkosti, polovina druhů žije v odpadu a tvoří důležitou součást půdní fauny (Farkač a kol., 2005).

Nalezneme je proto na březích vod, v mechu, v tlejícím listí, pod kameny, v jeskyních a pod mrtvolami živočichů. Staphylinidi jsou dravci a živí se nejčastěji larvami dvoukřídleho hmyzu (Zahradník, 2008).

Hlodáčovití (Trogidae) jsou středně velicí, hnědé nebo našedivělé barvy. Tělo mají zdrsnatělé a na krovkách se mohou objevovat chloupky a výrůstky. Larvy se objevují na mumifikovaných tělech (obvykle jsou poslední vlnou hmyzu) po celém světě. Trogidae jsou čeledí významné nadčeledi Scarabaeoidea, kam patří i čeleď chrobákovití (Geotrupidae) nebo roháčovití (Lucanidae). Na těle se objevují, když začíná tělo vysychat a převažují kosterní zbytky. Setkáme se s nimi po 2 měsících v letním období a přetrvávají i do druhého roku stáří mrtvoly. Společně s roztoči se živí kostní dřeví, takže urychlují rozpad kostí (Gennard, 2007; Daněk, 1990).

Hrobařikovití (Silphidae) nebo také označovaní jako mrchožroutovití jsou brouci, často černě nebo červenohnědé barvy. U některých jsou na krovkách červené až oranžové či černé skvrny. Tělo je protáhlé, ploché a široce oválné a tykadla mají paličku. Brouci i larvy se vyskytují především na mrtvých živočiších a na zahnívajících rostlinách. Vývoj probíhá v tlejících látkách, některé druhy nepříjemně páchnou. Jsou v této čeledi zástupci, kteří šíří foretické roztoče, který napadají vajíčka a larvy dvoukřídlejších (Zahradník, 2008).

Chrobákovití (Geotrupidae) jsou blízcí příbuzní vrubounovitým (Scarabaeidae), jedná se výlučně o koprofágy, vyskytující se od jara do podzimu. Jsou známí svou výraznou péčí o potomstvo, kterým rodičovský pár vybuduje podzemní hnízdo (Hudec a kol, 2007).

Kožojedovití (Dermestidae) jsou drobní brouci s protáhlým až kulovitým tělem s černou nebo hnědou barvou, s některými druhy nápadně zbarvenými. Zástupci jsou denní nebo noční, někteří se živí pylem, jiní žijí na tlejících organismech, ve starých kostech, kůži a peří. Protáhlá hustě ochlupená larva se vyvíjí ve vlněných látkách, v potravinách, v kožešinách, hnízdech ptáků, ale i na mrtvém těle (Zahradník, 2008).

Leiodidae je čeleď, s významnou podčeledí Cholevinae, která obsahuje nekrofágní druhy (Hudec a kol., 2007).

Lesklecovití (Monotomidae) je čeleď zastoupena v Evropě třemi rody, nejčastěji se vyskytují v tropických oblastech. Nejvýznamnějším druhem pro nekrofágní faunu je *Rhizophagus parallelcollis* (Gyllenhal, 1827), který se v Evropě nevyskytuje. Jedná se o hnědého brouka, který žije v rakvích a sklepích na zaplísňených sudech, kdežto ostatní druhy žijí pod kůrou stromů (Daněk, 1990).

Lesknáčkovití (Nitidulidae) jsou malí do 7 mm, jednobarevní někdy i skvrnití, matní i lesklí či s kovovým zbarvením. Obrys těla je oválný, kruhový či protáhlý, s tělem vyklenutým. Tykadla mají s paličkou, krovky jsou u některých zkrácené. Jsou květomilní, jiní žijí pod kůrou nebo v houbách, ale někteří žijí v mumifikovaný mrtvolách a kostech (Zahradník, 2008). Jedná se o kolonizátory mrtvol v pozdějších stádiích (Gennard, 2007). Živí se pylem, nektarem, larvami a spory (Zahradník, 2008).

Z kriminalistického hlediska jsou významní z této čeledi pouze rody *Nitidula* (Fabricius, 1775) a *Omosita* (Erichson, 1843) s podpurným významem. Nejčastěji se vyskytují ve 3 vlně, kdy se vytvářejí těkavé mastné kyseliny a výskyt tohoto řádu ustává zpravidla v 6 až v 7 vlně, kdy dochází k vysychání těla (Daněk, 1990).

Mršníkovití (Histeridae) zahrnuje nejmenší zástupce brouků (0,5 mm), ale patří mezi ně i větší druhy (15 mm). Jejich hlava je založena pod štítem, tykadla jsou ukončena paličkou. Krovky nekryjí dva poslední články těla, mají vyvinutá blanitá křídla. Končetiny jsou krátké, silné s trny, uzpůsobené k hrabání. Žijí v lesích, na polích, přilétávají k mrtvým zvířatům a exkrementům, v norách savců a hnízd ptáků. Jedná se převážně o denní, jen zřídka noční druhy a patří mezi predátory brouků a dvoukřídlých, včetně jejich larev. Samice klade vajíčka buď jednotlivě nebo ve skupinách (do tlející hmoty či pod zdechliny). Z vajíčka se stává dravá larva, která se poté kuklí v kokonu (Zahradník, 2008).

Z nálezů larev mršníků lze usuzovat, že mrtvola ležela nepohřbená alespoň 2 až 3 dny. Jelikož mršníci kladou vajíčka, až když jsou na mrtvole vajíčka much, jimiž se larvy mršníků živí (Anon.8, 2014).

Pestrokrovečnickovití (Cleridae) jsou velmi často pestře zbarvení brouci. Zbarvení je často kovové, s tykadly zakončené paličkou. Jsou teplomilní, většina pochází z tropů a subtropů. Imaga se zdržují na květech, dříví, výjimečně na starých kostech a na zdechlinách. Brouci se živí pylem nebo jsou draví a loví různá stadia hmyzu, někteří jsou synantropní (Farkač a kol., 2005).

Sřevlíkovití (Carabidae) jsou štíhlí, zřídka zavalití, vždy s pevným tělním pokryvem. Mnozí jsou jednobarevně černí až černohnědí nebo žlutohnědí, u jiných je zbarvení výrazné,

modravé, žlutavé. Ústní ústrojí je kousací a slouží nejen při lovu kořisti, ale i k jejímu přidržení. Nohy jsou dlouhé, kráčivé. Někdy může mít první pár hrabací funkci. Krovky mají různý obrys, většinou jsou dlouze vejčité, vypuklé nebo ploché. Jen ojedinělé hladké, většinou jsou na nich tečkované rýhy. Blanitá křídla bývají sice vyvinuta, jsou však často zakrnělá. Některé druhy létají a jiné mají křídla zkrácená, letu neschopná (Hudec a kol., 2007).

Vesměs jsou to dravci, kteří loví hmyz, larvy, měkkýše a kukly v mrtvolách, mrtvoly požirají pouze výjimečně. Vysloveně býložravé druhy jsou vzácné. Stejně jako jiní draví brouci, tráví svou kořist extraintestinálně (tj. mimo střevo). Vylučují na ni kapky žaludečních šťáv, které ji rozkládají. Teprve takto rozloženou hmotu nasává. Stejně jako brouci, i larvy jsou velice dravé (Daněk, 1990).

Samice klade do země jednotlivě několik desítek vajíček. Zrozená larva je bílá, zakrátko ztmavne, třikrát se svléká, poté se zakuklí. Brouci se líhnou na podzim, ale úkryt opouštějí až po přezimování. Někteří prodělávají letní spánek. Jsou převážně aktivní za soumraku a v noci, během dne se ukrývají pod kameny, kůrou a v listí (Zahradník, 2008).

Vrubounovití (Scarabaeidae) žijí výhradně v lese, pasekách, výkalech a hnijících houbách a mršinách. Zakládá si v období od května do června hnízda, až 60 cm dlouhé chodby s hnízdy, kde pokládá samička mateřskou hrudku. Z kriminalistického hlediska jsou méně významní, jelikož jsou lákány na mrtvolu z důvodu výkalů při perforaci břišní dutiny (Daněk, 1990).

### 2.1.3. Ostatní řády z hmyzu

Pro přímou konzumaci těla z ostatních zástupců hmyzu se vyskytují na těle řády, jako blanokřídlí (Hymenoptera): vosy, mravenci; škvoři (Dermaptera); motýli (Lepidoptera): moli, zavíječi a polokřídlí (Hemiptera): ploštice, švábi (Gennard, 2007).

Povolný (1978) poukazuje, že prvními, kdo se živí mrtvolou jsou z půdního hmyzu mravenci a škvoři, kteří zanechávají na její kůži charakteristické stopy. Tyto stopy mohou vést i k mylnému tvrzení, že ranky v kůži mohou být stopy po kyselině, avšak se jedná o kyselinu mravenčí, kterou mravenci silně vylučují.

Řád blanokřídlí (Hymenoptera) obsahuje druhy s rozmanitou velikostí těla, zástupci dosahují velikostí od 1 mm (vejcomarovití – Scelionidae) až do 44 mm (pilořitkovití, Siricidae). Zbarvení jednotlivých druhů se pohybuje od černé po hnědočervené s některými zástupci nápadně zbarvenými. Tělo je rozděleno do tří oddílů, hlava je připojena k hrudi krčkem a je vysoce pohyblivá. Tykadla na hlavě mají od 3-70 článků, složené oči leží

po stranách hlavy a mezi nimi leží tři jednoduchá očka. Stavba ústního ústrojí není jednotná. Kusadla (mandibuly) používají samice k výstavbě hnízda nebo při lovu a zpracování kořisti (Zahradník a Severa, 2004).

Vosy se často vyskytují v první vlně s nekrofágní faunou. Včely a sršni patří zároveň ke zdravotně nejvýznamnější skupině blanokřídlých, jejíž bodnutí patří k nejčastější příčinou intoxikace člověka živočišnými jedy. Smrtelná dávka není přesně známa (Daněk, 1990).

Řád škvoří (Dermaptera) s rozdílnou velikostí od 5 do 30 mm, s protáhlým tělem silně sklerotizovaným, hnědé až hnědožluté barvy, zakončené u obou pohlaví dvěma klíšťkovitými přívěsky. Hlava je zřetelně oddělena od hrudi a nese dlouhá nitkovitá tykadla, kousací ústrojí a složené oči. Oba páry křídel mají různou stavbu i délku. Přední křídla jsou přeměněna v krátké krovky bez nervatury, zadní křídla jsou blanitá a široká, aby se vešly pod krovky, jsou dvakrát příčně složená. Samci se od samic liší v počtu zadečkových článků, u samců jich je deset, u samic osm. Žijí v teplých oblastech na loukách, v okolí lesů a člověka, s noční aktivitou. K obraně jim slouží klíšťkovité přívěsky a zápašné žlázy v zadečku, které mohou vystříknout i několik cm od těla (Zahradník a Severa, 2004)

Řád motýlů (Lepidoptera) se vyznačuje v dospělosti dvěma páry blanitých křídel, na spodní straně hlavy mají savé ústrojí. Dospělí jedinci nekrofágních druhů jsou převážně noční. Na mrtvolách se vyskytují ve třetí a zejména v sedmé vlně. Nejdůležitějšími druhy jsou *Tineola bissealliella* (Hummel, 1823) a *Tinaea pellionella* (Linnae, 1758). Jedná se o škůdce, zejména vlněného textilu, kožešinách, peří a v ptačích hnízdech (Daněk, 1990).

Významnou čeledí jsou zavíječovití (Pyralididae), jedná se o drobné až středně veliké motýly s trásněmi na křídlech. Nejběžnějším druhem této čeledi je *Aglossa pinguinalis* (Linnae, 1758), z kriminalistického hlediska se jedná o nejvýznamnějšího motýla. Vyskytuje se ve třetí až sedmé vlně. Výskyt těchto motýlků je vázán k uzavřeným prostorům bez přímého působení vnějších vlivů, jelikož se jedná o druh suchomilný (Daněk, 1990).

Polokřídlí (Hemiptera) je řád hmyzu s bodavě savým ústrojím přizpůsobeným k sání šťáv, ať rostlinného či živočišného původu. Zahrnuje významné podřády ploštic (Heteroptera), mšicosavých (Sternorrhyncha) a cikád (Cicadomorpha) (Anon. 4., 2013).

Pro forenzní entomologii zmiňované řády v této kapitole nejsou natolik významné, jako dvoukřídlí (Diptera) a brouci (Coleoptera), kterým jsou věnovány předchozí kapitoly (pozn. Autora)

### 3. Ostatní členovci

Mezi další zástupce členovců (Arthropoda) vyskytující se v blízkosti těla, kvůli vhodným podmínkám pro život patří chvostokoci (Collembola), roztoči (Acari) a v případě těla ve vodě jsou to koryši (Crustacea) (Gennard, 2007).

Řád chvostokoci (Collembola) se řadí do třídy Entognatha do stejného podkmene šestinozí (Hexapoda), jako třída hmyzu (Insecta) (Anon. 12., 2013). Chvostokoci jsou drobní 1 až 15 mm šestinozí členovci, s některými zástupci, kteří mají skákající vidličku (furcula). Třída obsahuje zástupce s rozmanitým tvarem těla a jeho zbarvením, od nenápadně šedomodré až po pestře zbarvené. Na hlavě jsou nejvýše 4 členná tykadla, ústní aparát uzavřený v hlavové schránce a složené oči s malým počtem omatidií a několik oček (ocelí). Holeň a chodidlo srůstá v jediný útvar – tibiotarsus. Chvostokoci se pohybují skákavým pohybem. Obývají nejrůznější biotopy, půdní druhy jsou nejčastěji ve svrchní vrstvě humusu a směrem do hloubky jejich počet ubývá. Samice klade vajíčka v malých skupinkách, larvy se mnohokrát svlékají a svlékání probíhá i u dospělců. Potravou jsou tlející i živé části rostlin, jsou to významní rozkladači organických látek (Zaradník a Severa, 2004).

Třída pavoukovci (Arachnida) je skupina členovců, která má rozložené tělo na dva segmenty: hlavohruď (cephalothorax) a zadeček (abdomen), jejich ústní ústrojí má po jednom páru chelicer a pedipalp (Hudec a kol., 2007).

Do této třídy patří infrařád roztoči (Acari) jsou drobní a nenápadní, značně rozmanité velikosti 0,5 až 10 mm. Vývoj probíhá přes šestinohou larvu a osminohou nymfu v dospělce obvykle s osmi končetinami. Jejich tělo je chitinisováno s různě dlouhými brvami. Jedná se o významnou skupinu škůdců a cizopasníků všech živočichů včetně člověka, zároveň jsou významnými predátory a saprofágními druhy podílejícími se na koloběhu látek v přírodě (Hudec a kol., 2007).

Pro výpočet doby PMI tento infrařád nelze použít, avšak se využívají jako biologické mikrostopy a to s důkazní závažností. Jejich přítomnost může prokázat kontakt pachatele s obětí. Je znám případ, kdy vzácný druh roztoče byl zjištěn v baretu pachatele a přispěl tak k jeho odhalení (Daněk, 1990).

Na rozkladu těla se podílí celá řada organismů, jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, např. koryši, dravé ryby, savci, včetně nižších organismů tzv. rozkladačů, jako jsou bakterie a houby (Anon. 9, 2014).



## 4. Noční kladení

K správnému určení PMI je důležité znát faktory, které mohou ovlivnit kladení a vývoj hmyzu. V předešlých kapitolách byly zmíněny faktory, které zpomalují či urychlují vývoj hmyzu. Tato diplomová práce se zabývá vlivem světla při kladení vajíček u čeledi Calliphoridae, jejíž zástupci se nacházejí u mrtvých těl jako první. Vědeckými týmy bylo v minulosti prováděno mnoho pokusů, které měly potvrdit či vyvrátit hypotézu o možnosti kladení vyšších dvoukřídlých v nočních podmínkách. Experimenty, které se snažily ověřit a potvrdit hypotézu, skončily s rozporupnými výsledky, rozporupnost může být dána klimaticky.

Obecně platí, že čeď Calliphoridae není v noci nebo za špatného počasí aktivní a není schopná klást vajíčka. Nicméně u některých druhů bylo zjištěno, že jsou toho schopné během dne v tmavých místech, jako jsou komíny, sklepy nebo kufry automobilů (Faucherre et al., 1999).

Existuje několik studií s pozitivními výsledky v nočních podmínkách. Pozorování učiněná Greenem (1951) a Greenbergem (1990) ukázala, že některé druhy, jako například *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina* a *Phormia regina* by mohly být aktivní i v noci (Faucherre et al., 1999).

Greenberg (1990) při svém výzkumu použil vzorky skopového masa, které pokládá na zem. Singh a Bharti (2001) tento výzkum zpochybnili tvrzením, že výsledek byl ovlivněn výběrem místa, jelikož vzorky byly položeny na zemi blízko vegetace a mohlo dojít k tomu, že mouchy na místo dolezly. Došli k názoru, že vyšší dvoukřídlí jsou schopni klást v noci vajíčka, pokud se nacházejí v těsné blízkosti těla.

Další, kdo se snažil dokázat schopnost kladení u vyšších dvoukřídlých během noci, byli Singh a Bharti (2001), kteří zkoumali noční kladení za pomoci stojanu (1,85m) s využitím skopového masa. Stojan zabezpečili před lezoucími mouchami lepicí páskou, aby musely k vzorku na kladení doletět. Při teplotách 16 až 27 °C a velmi nízkého osvětlení (0,6 – 07 lux) se jim podařilo zaznamenat menší množství vajíček. Na vzorku nakladly druhy *Calliphora vicina*, *Chrysoma megacephala* a *Chrysoma rufifacies*.

Greenberg (1990) prováděl pokus na kladení vajíček čeledi Calliphoridae v umělém osvětlení (pouličními světly) a zaznamenal menší množství vajíček druhů *Calliphora vicina*, *Phormia regina* a *Lucilia sericata*.

Zakaria (1996) píše, že zástupci čeledi Calliphoridae jsou schopni klást ve tmě vajíčka, v případě sklepů, komínů a dalších tmavých místností během dne.

Green (1951) se zmiňuje o druhu *Calliphora vicina*, který byl zpozorován na jatkách při kladení vajíček v noci.

Wyss et al. (2003b) zaznamenali, že mouchy z čeledi Calliphoridae mohou klást ve večerních hodinách do 22.00 i během deště.

Faucherre (1999) se zmiňuje o případu nalezeného těla 77letého muže. Tělo bylo objeveno 22. července 1997, přesně 18 dní poté, co byl prohlášen za nezvěstného, v 10 metřů hluboké jeskyni nacházející se ve švýcarském pohoří Jura, v nadmořské výšce 1260 m. Ležel na zádech a na sobě neměl viditelná zranění. Tělo v jeskyni bylo v naprosté tmě a okolní teplota byla kolem 5 °C. Z hlavy a z úst se sesbíralo kolem 70 vajíček a v laboratorních podmínkách (26 °C, 70 RH) se z vajíček vyvinuly bzučivky druhu *Calliphora vicina*. Pro prokázání, že Calliphoridae jsou v této tmavé jeskyni schopny létat a klást vajíčka a pro zjištění PMI, byl proveden pokus. Dne 12. srpna se umístilo na místo nálezu těla, 1,5 kg čerstvého masa a 1 kg vepřových jater. Každý den byla sledována teplota a návnada pro detekci přítomnosti vajíček. Dne 23. srpna bylo zjištěno, že na vzorcích se nachází asi 50 vajíček. Ta byla ponechána dalších 6 dní na místě nálezu, což odpovídalo intervalu 18 dní mezi zmizením a objevením těla. Poté byla sebrána a odchována stejným způsobem, jako při kultivaci z případu, jednalo se taktéž o druh *Calliphora vicina*. Zjistilo se, že dotyčný zemřel na epidurální hematom pádem z výšky.

Maureen et al. (2012) prováděli pokus nočního kladení u druhu *Phormia regina*. Jejich výsledky potvrzují možnost nočního kladení ve vyjimečných případech. Za takové případy považují teplý den s teplotou nad 20 °C a noční teplotou nad 10 °C.

Berg a Benbow (2013) prováděli v letním období výzkum, který se zabýval vlivem umělého osvětlení s odlišnou výškou pokládaných vzorků (na zemi a nad zemí) na noční kladení, s použitím hovězích jater. Dalším pokusem sledovali vliv stanovišť na noční kladení, k tomuto pokusu využili vepřová jatečně upravená těla. Nezaznamenali žádné nakladení na zmiňovaný živočišný materiál. Výzkumem zjistili jistou preferenci denního kladení na vzorky umístěné na zemi ve srovnání se vzorky 1 m nad zemí. Zároveň potvrdily teorii Maureen et al. (2012), kteří zjistili zvýšenou diurnální aktivitu u *Phormia regina*, pokud během dne byla teplota nad 20 °C. Závěrem jejich práce je, že noční kladení je v přirozeném prostředí vzácné.

Existují studie, které nepotvrdily žádný důkaz o schopnosti kladení ve tmě nebo při umělém osvětlení. Nuorteva (1977), Haskell et al. (2002), Tessmer et al. (1995) a Spencer (2003) nepozorovali ve svých výzkumech žádné důkazy, že by zástupci z čeledi Calliphoridae byli schopni nočního kladení.

Zurawski et al. (2009) zkoumali v laboratorních podmínkách noční aktivitu *Lucilia sericata*. Tato studie dokládá, že pravděpodobnost nočního kladení je velice nízká. Výsledkem bylo, že dospělé mouchy v temné místnosti nebyly schopny letu.

Wooldrige (2007) prováděl výzkum na pohybovou aktivitu druhů z čeledi Calliphoridae ve tmě, při kterém bylo použito dvou druhů much z této čeledi: *Calliphora vomitoria* a *Lucilia sericata*. V laboratořích, za pomoci letového tunelu vyrobeného z hliníku s vyztuženými skleněnými boky a stropem, sledoval jejich noční aktivitu. Nicméně schopnost Calliphorid lokalizovat mrtvolu a naklást vajíčka v nočních podmínkách byla neprůkazná. Pravděpodobnost orientovaného letu za naklazením byla velice nízká. Ale Wooldrige (2007) ji nevylučuje při přítomnosti úplňku či nočního osvětlení.

Amendt et al. (2008) se zmiňují, že v současné době obecně platí, že zástupci čeledi Calliphoridae jsou považováni v noci za neaktivní. Z tohoto důvodu oběť, která byla v noci zabita, nebude kolonizována druhy z čeledi Calliphoridae a to vede ke značnému rozdílu výpočtu PMI, který může ovlivnit dobu skutečného času smrti až o 12 hodin.

Také Povolný (1978) upozorňuje na skutečnost, že zástupci čeledi Calliphoridae jsou heliofilní (aktivní pouze ve dne), tvrdí to i o čeledi Sarcophagidae a Muscidae. Zároveň popisuje, že pokud se naleznou vajíčka na jinak inaktivní mrtvole v noci, dokazuje to, že tělo bylo exponováno již den předtím. Kvůli tomuto poznatku byl v Maďarsku rehabilitován odsouzený převozník pro vraždu muže. Tělo muže bylo nalezeno v šest hodin ráno, kriminalisté tenkrát nevzali v úvahu, že tělo bylo již silně zakladeno a proto k vraždě v noci dojít nemohlo, pro předchozí dny měl převozník alibi.

Amendt et al. (2008) zároveň poukazují na možné ovlivnění výsledků výběrem živočišného materiálu. Ve většině zemí je nelegální provádět pokusy na lidských tělech, proto se využívá pro studium hmyzu ve forenzním vyšetřování široké spektrum fauny, včetně psů (Richards and Goff 1997), koček (Goff, 1986), želv (Abell et al., 1982), medvědů (Peters, 2003) a slonů (Coe, 1978; Villet, 2011). Přednostně se za nejlepší model pro forenzní pokusy využívají prasata domácí (*Sus scrofa f. domestica*), jelikož jsou všežravá, mají podobnou střevní mikroflóru, nemají srst a jsou považována za biologicky podobné člověku (Anderson and VanLaerhoven 1996).

## II. Praktická část

### 5. Metodika

#### 5.1. Popis lokality

Terénní pokus proběhl na kraji Žatce v severozápadních Čechách, a v jihozápadní části Ústeckého kraje. Pro tuto oblast je charakteristické suché podnebí, zapříčiněné vlivem srážkového stínu Krušných hor, Doupovských hor a Českého středohoří, jedná se o nejsušší oblast České republiky. Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek nepřekročí 450 mm, zároveň spadá do teplé podnebné oblasti s průměrnou roční teplotou 8 až 9 °C.

Půda v této oblasti je z velké části permská červenka a z části opuka. Nadmořská výška této lokality nepřekračuje 500 m n. m., její svažitost s širokými údolími s volným prouděním vzduchu ji chrání před prudkými západními a severními větry. Oblast se vyznačuje zemědělskou půdou (chmelnicemi, pole s obilovinami a olejninami) s minimálním zalesněním, sousedí s těžařskou oblastí Mostecké pánve. Městem protéká řeka Ohře, na které je nedaleko (cca 10 km) vybudovaná Nechranická přehrada, která svou rozlohou 1338 ha patří mezi pátou největší přehradou v České republice.

Pozemek, na kterém se prováděl výzkum, měl rozlohu 0,5 ha včetně zastavěné plochy s podsklepenou chatou. Jde o zahradu s ovocnými stromy, s částí zatravněnou plochou a s částí zemědělsky využívanou půdou. Zahrada se nachází uprostřed zahrádkářské kolonie Loučky v blízkosti obce Žatce a Libočany, u řeky Ohře.

Místo se nachází v částečně obydlené oblasti, u železniční trati, bez pouličního osvětlení. Zahrada je členěna na rekreační část, kde byl prováděn pokus a část využívaná pro pěstování zemědělských plodin. Jelikož pokus se prováděl v noci i ve dne, byly dva vzorky vystaveny ve stinné části (zavěšené na stromě a pod stromy či keři) a dva vzorky na slunci (na stojanu a volně položené na zemi).

Zeměpisné souřadnice zahrady, která byla pro výzkum použita: 50°20'04.5"N 13°31'33.1"E, s nadmořskou výškou 215 m. n. m. (viz obr. 1)



Obr. 1. Zahrada - zelená vlajčeka, kde byl prováděn výzkum ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

## 5.2. Popis experimentu

Pro potvrzení hypotézy se aplikovala metoda přímého vystavování živočišného materiálu v odlišných podmínkách světelných i výškových. K pokusu se použila játra, a to vepřová a kuřecí, která byla navážena na stejně velké 100 g vzorky. Jednotlivé vzorky byly umístěny ve venkovních podmínkách, různých míst pozemku v letním období od června do srpna v letech 2012 a 2013.

Za jeden pozorovací večer byly použity čtyři vzorky, které byly vystaveny po dobu pěti hodin v naprosté tmě, od 22.30 do 3.30. Pokus obsahoval čtyři různé podmínky expozice vzorků. Jeden vzorek byl nad zemí na 1,5 m vysokém dřevěném stojanu (obr.2a), tyč stojanu byla natřena vazelinou, aby byla návnada přístupná pouze letícímu hmyzu. Druhý vzorek byl zavěšený na stromě (obr. 2b), volně dostupný pro létající a lezoucí hmyz. Třetí vzorek byl položen ve stínu pod keři či stromy (obr. 2c) a čtvrtý vzorek byl volně položený na zemi bez zastínění a bez přímého kontaktu s vegetací (obr. 2d). Nočních pokusů v roce 2012 se provedlo pět: 18.6., 3.7., 29.7., 19.8. a 27.8. V roce 2013 bylo provedeno šest pozorovacích večerů 19.6., 17.7., 22.7., 21.8., 29.8. a 7.9. Dne 21.8. byl noční pokus proveden bez předešlé denní kontroly. Pokus v nočních podmínkách byl dvakrát uskutečněn i v době úplňku (3.7. 2012 a 22.7. 2013), snahou bylo zjistit jestli tato fáze měsíce, respektive svit měsíce má vliv na noční kladení a aktivitu u čeledi Calliphoridae.

Postup pokusu byl zopakován pro pozitivní (denní) kontrolu, kdy byly vzorky po stejné dobu vystaveny na stejných místech, jako při nočním pozorování. Denní kontrola byla provedena před noční expozicí téhož dne za teplého počasí od 13.00 do 18.00 hodin.

Kromě pozitivní kontroly byla použita i kontrola negativní. Jeden vzorek jater byl vždy ošetřen stejným způsobem jako ostatní, pouze nebyl volně exponován (zůstal uzavřen v nádobě), pro ověření, že játra nebyla zakladena ještě před pokusem. Tento vzorek byl uložen společně s denním a nočním pozorováním do přístřešku a uchován ve stejných podmínkách po dobu pěti dní. Za celou dobu experimentu nebyla zaznamenána předchozí kontaminace používaných jater. Jedno pozorování obsahovalo dohromady devět vzorků jater.

Experiment proběhl ve dvou opakováních za sebou, po denní vystavení vzorků následovalo noční pozorování. Celkem se provedlo pět denních a pět nočních pozorování v roce 2012 a pět pozorování během dne a šest v noci v roce 2013. Dohromady se provedlo deset denních a jedenáct nočních pozorování.



*Obr. 2a : Vzorek jater na stojanu.*



*Obr. 2aa: Vzorek jater s výskytem vyšších dvoukřídlých.*



*Obr. 2b: Vzorek jater zavěšený na stromě, s výskytem vyšších dvoukřídlých*



*Obr. 2c: Vzorek jater volně položený bez zastínění.*



*Obr. 2d: Zastíněný vzorek položený na zemi pod stromem.*

Vzorky jater po denním a nočním vystavení ve venkovních podmínkách, včetně kontrolního vzorku byly uloženy do uzavíratelných plastových misek (tzv. chovných misek) o délce 18 cm, šířce 14 cm a výšce 8 cm (Obr.3a, 3b). Misky byly naplněné vrstvou písku o výšce cca 5 cm, do kterého se zahrabávají larvy před kuklením. Z venkovní strany na boku byly misky označené datem a místem expozice vzorku. Víka misek byla proděravělá, aby mohly odcházet plyny vyprodukované rozkladem jater a nedošlo k nežádoucím biochemickým procesům, které by mohly negativně ovlivnit vývoj hmyzu. K zamezení dalšího kladení much či zabránění odlezení larev byly víka, resp. otvory v nich přetaženy silonovou tkaninou.



*Obr. 3a, 3b: Játra uložena do speciálně připravených misek, po denním vystavení s hluky vajíček..*

Chovné misky byly po ukončení expozice přeneseny a uloženy do plechové uzavíratelné přepravky (Obr. 4) a do zastřešené budovy, která omezila znehodnocení vzorků vnějšími vlivy, jako je déšť či jiné povětrnostní podmínky. Přístřešek s chovnými miskami, byl ve stinném místě zahrady bez přímého slunečního záření na budovu a v těchto podmínkách byly po celou dobu výzkumu.



*Obr. 4.: Uložení chovných misek se vzorky jater.*



### 5.3. Odchov a zpracování vzorků

Odchov hmyzu probíhal od chvíle, kdy byly vzorky jater vloženy do speciálně upravených misek. Po dobu vývoje hmyzu uchovávaného v přístřešku byl dokrmován živočišným materiálem (vepřové maso). Po zakuklení larev byl zbytek jater, nebo masa z misek odstraněn.

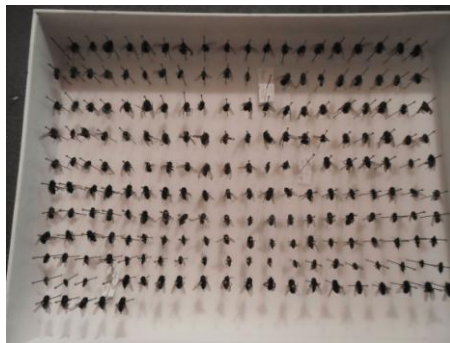
Vylíhlý hmyz v miskách byl vložen do lednice, aby došlo ke zpomalení jeho metabolismu a byl tak snadno odchycen a následně usmrcen v 70 % ethanolu. Následně byl přendán do připravených lahvíček s lihem, zaopatřenými štítky s označením varianty pokusu, místem odběru a datem vystavených vzorků.

#### 5.3.1. Preparace

Preparaci hmyzu na entomologické špendlíky provedla Tereza Šulcová v laboratoři Kriminálního ústavu Praha.

#### 5.3.2. Determinace

K determinaci byly použity klíče Rognes (1991) a Draber-Moňko (2004). Názvosloví bylo upraveno podle Fauna Europaea (Rognes 2013). Determinaci do druhů provedla Bc. Tereza Šulcová a revizi určeného materiálu pplk. Ing. Hana Šuláková Ph.D.



*Obr. 5 a 6 Vypreparované Calliphoridae, připravené k determinaci*

## 5.4. Materiál

K této diplomové práci se použily následující materiály:

### Výzkum:

25 plastových misek s víky (18 cm x 14 cm x 8 cm)

4 plastové lahve pro převoz vylíhlého hmyzu

1,5 l 70% etanolu

Silonová tkanina

Dřevěný stojan (1,5 m vysoký)

Vazelína

Entomologická pinzeta

Gumové rukavice

10 kg písku

Vepřové a kuřecí játra – spotřebováno za období 2012 až 2013 (9,8 kg jater)

Vepřové maso pro odchov

Plechová přepravka

Igelitové sáčky a polystyrenové desky

Teploměr

### Preparace a determinace:

Stereo-mikroskop Zeiss Discovery V.20

Entomologické pinzety

Entomologické špendlíky černé (1, 2, 3)

Preparační podložky

Výškáček

Štítky s informacemi o vzorku (datum a místo vystavení, zeměpisné souřadnice místa)

### Psaní diplomové práce:

Počítač s operačním systémem Windows 8 a internetem

Microsoft Word 2013

Microsoft Excel 2013

Adobe Reader pro čtení PDF souborů

Fotoaparát Nikon Coolpix S6200

Odborné publikace a internetové zdroje uvedené v seznamu literatury

## 6. Výsledky

Při pozitivní kontrole během dne byly na játrech po 5 hodinách patrné shluky nakladených vajíček a v blízkosti vzorků se vyskytovali zástupci dospělého dvoukřídlého hmyzu. Pozitivní kontrolou bylo zjištěno, že se v prostředí nacházejí vyšší dvoukřídlí. Všechny denní vzorky jater během prováděných pokusů v letech 2012 a 2013 obsahovaly vajíčka much, zatímco na nočních vzorcích jater nebyla zaznamenána žádná vývojová stadia hmyzu. Celý vývoj hmyzu z denních expozic se časově lišil dle aktuálního počasí, jelikož teplota v přístřešku byla stejná jako teplota venku. Proto vývoj jednotlivých zástupců trval od 20 do 30 dní.

Během odchovu z denního vystavování, došlo ke čtyřem případům otevření víček chovných misek s hmyzem. Z toho to důvodu byly denní vzorky ze dne 3.7., 29.7. v roce 2012 a 19.6. a 7.9. 2013 zkráceny. Ve dvou případech (19.8. 2012 a 17.7. 2013), došlo k znehodnocení chovných misek hlodavci. Následně ve dvou případech (27.8. 2012 a 22.7. 2013) byla silonová tkanina na víčkách proděravěna. Během denního vystavování 27.8. 2012 začalo pršet, proto výskyt vajíček na vzorcích byl minimální. Denní vzorky sloužily jako pozitivní kontrola k prokázání výskytu much v lokalitě.

I přes nezdar v odchovech všech denních vzorků, prováděný výzkum hypotézu potvrdil, jelikož z jedenácti nočních pokusů po čtyřech vzorcích nezaznamenal žádná vývojová stadia hmyzu, včetně vzorků vystavených v době úplňku (3.7. 2012 a 22.7. 2013).

Nedostatečná znalost s odchovem způsobila, že se dochovaly pouze dva kompletní denní pokusy. Celkem bylo odchováno z obou pozorovacích dnů 730 dospělých zástupců ze čtyř druhů z čeledi Calliphoridae.

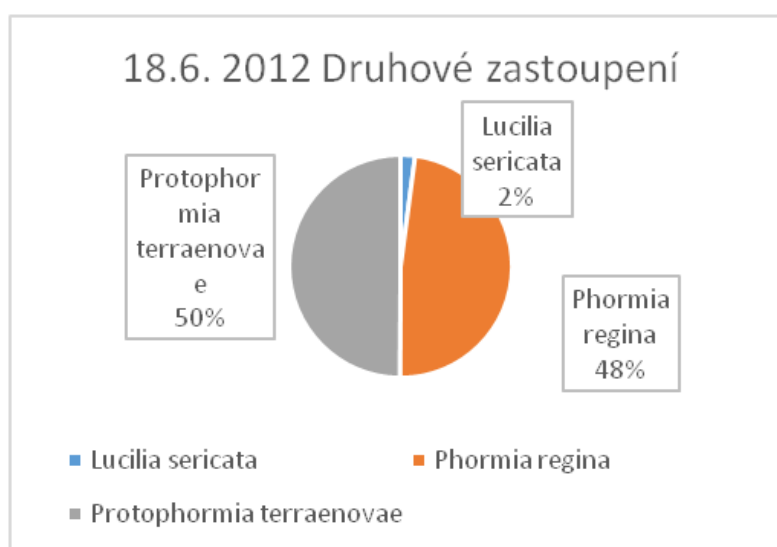
Průměrná teplota naměřená během výzkumu dne 18.6. 2012 byla na slunci 30 °C a ve stínu 26 °C. Bylo jasno beze srážek a bezvětří, s noční teplotou 18 °C.

Z denních vzorků 18.6. 2012 byly vykultivovány tři druhy hmyzu z čeledi Calliphoridae (tab. 1): *Lucilia sericata*, *Protophormia terraenovae* a *Phormia regina*. Každá past z toho dne obsahovala zástupce *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*, pouze vzorek na stojanu obsahoval druh *Lucilia sericata*.

18.6.2012 - DEN	STOJAN	STROM	ZEM VOLNĚ	ZEM KEŘ	CELKEM
<i>Lucilia sericata</i>					
♂	4	-	-	-	4
♀	5	-	-	-	5
<i>Phormia regina</i>					
♂	11	25	22	18	76
♀	13	48	28	43	132
<i>Protophormia terraenovae</i>					
♂	14	11	34	32	91
♀	12	22	41	50	125
CELKEM	59	106	125	143	433

Tab. 1.: Celkové druhové zastoupení na odlišných místech ze dne 18.6. 2012

Z tab. 1 vyplývá, že celkově bylo vykultivováno ze čtyř chovných misek 433 zástupců, z něhož bylo 9 druhů *Lucilia sericata*, 208 druhů *Phormia regina* a 216 druhů *Protophormia terraenovae*. Procentuální zastoupení druhů graf 1., který zobrazuje značné zastoupení druhu *Protophormia terraenovae*, která obsahovala 50 % zástupců ze všech čtyřech míst a druhu *Phormia regina* s 48 %.



Graf. 1.: Druhové zastoupení v %.

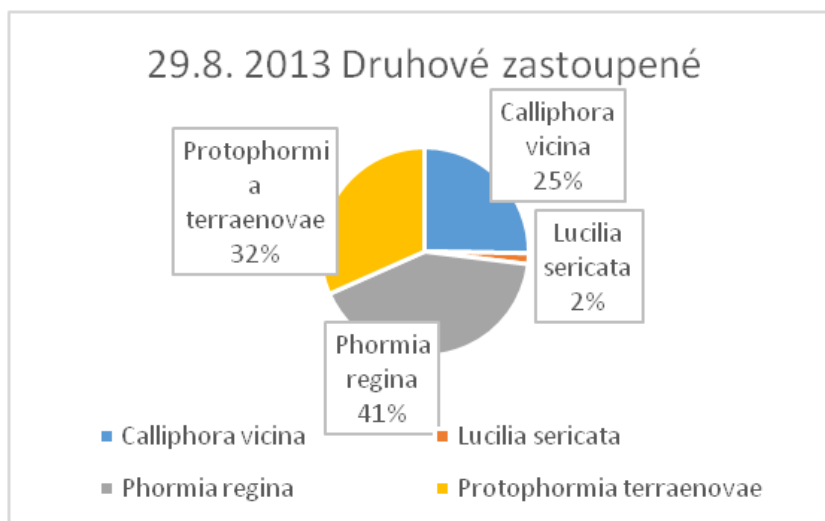
Počasí během dne 29.8.2013 bylo skoro jasno, bez přeháněk a bezvětří. Denní teplota se pohybovala od 24 do 27 °C, byla měřena v době vystavení vzorků., s noční teplotou od 13 do 17 °C. Vlhkost vzduchu se pohybovala od 40 - 90 %.

Z tohoto dne byly na denních vzorcích nalezeny čtyři druhy vyšších dvoukřídlých (tab. 2): *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata*, *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*.

29.8. 2013 - DEN	STOJAN	STROM	ZEM VOLNĚ	ZEM KEŘ	CELKEM
<i>Calliphora vicina</i>					
♂	-	13	22	-	35
♀	-	14	26	-	40
<i>Lucilia sericata</i>					
♂	-	-	-	-	-
♀	-	1	4	-	5
<i>Phormia regina</i>					
♂	15	2	5	33	55
♀	20	-	2	46	68
<i>Protophormia terraenovae</i>					
♂	12	-	-	26	38
♀	18	-	-	38	56
CELKEM	65	30	59	143	297

Tab. 2.: Celkové druhové zastoupení na odlišných místech ze dne 29.8. 2013

Ze dne 29.8. 2013 se podařilo vykultivovat 297 zástupců z čeledi Calliphoridae. Z nich 75 byli zástupci druhu *Calliphora vicina*, 5 zástupců *Lucilia sericata*, 123 bylo *Phormia regina* a zbylých 94 byl druh *Protophormia terraenovae*. Jak zobrazuje graf 2. zastoupení druhu v %, nejpočetnějším druhem byla *Phormia regina*, která se objevila na všech expozičních místech.



Graf. 2: Druhové zastoupení v %.

## 7. Diskuze

Z denních expozic se determinovaly čtyři druhy z čeledi Calliphoridae: *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata*, *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*. Jedná se o druhy, které se na mrtvých tělech běžně vyskytují. V obou pozorovacích dnech (18.6. 2012 a 29.8. 2013) se vyskytovaly druhy *Lucilia sericata*, *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*.

Z důvodu chyb při odchovu se z deseti pokusů dochovala dvě kompletní pozitivní kontroly. Denní (pozitivní) kontrola byla prováděna z důvodu doložení výskytu zástupců z čeledi Calliphoridae, což se podařilo potvrdit. Na výslednou hypotézu diplomové práce odchov denních vzorků nemá vliv. Tato diplomová práce má za cíl potvrdit hypotézu, že čeleď Calliphoridae není schopna v nočních podmínkách klást vajíčka.

Noční pokládání vzorků jater se provádělo za naprosté tmy bez městského osvětlení a ve dvou případech v době úplňku. Vzorky se po pěti hodinách vystavení venkovním podmínkám vložily do upravených plastových misek, které měly víčka zaopatřené textilem proti kontaminaci z vnějšího prostředí. Při sklizení vzorků z expozičních míst nebyli zaznamenáni žádní dospělí jedinci vyšších dvoukřídlých.

Noční kladení vyšších dvoukřídlých se nepotvrdilo v případě položení živočišného materiálu blízko vegetace, jako tomu bylo u pokusu Greenberga (1990), který provedl výzkum v letním období v letech 1988 a 1989 s pozitivním výsledkem. Ze vzorku determinoval tři druhy: *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata* a *Phormia regina*.

Vzorek položený na 1,5 m vysokém stojanu, zaopatřeném proti lezoucímu hmyzu, nebyl taktéž během noci zakladen žádnými vajíčky. Nepodařilo se tak zopakovat výzkum v nočních podmínkách Singha a Bhartiho (2001), kteří použili 1,85 m vysoký stojan a vyšli s pozitivními výsledky na noční letovou aktivitu u vyšších dvoukřídlých, pokus prováděli od března do září.

Teorie Maureen et al. (2013), kteří došli k závěru, že může dojít k nočnímu kladení u druhu *Phormia regina*, pokud teplota během dne přesahuje 20 °C a noční teplota je nad 10 °C, se nepotvrdila. Během pokusů se vystavovaly vzorky jater pouze v denních teplotách nad 20 °C s nočními teplotami nad 10 °C, jen ve dvou případech (27.8. 2012 a 7.9. 2013) byla noční teplota pod tento limit. Z denních kontrol se zjistil výskyt druhu *Phormia regina* v této lokalitě a přesto nedošlo k nočnímu kladení.

Použité vzorky jater, ze všech nočních pokusů z let 2012 a 2013, byly po týdnu od vystavení vyřazeny bez známky jakéhokoliv výskytu vajíček či larev. Proto se došlo k závěru, že hypotéza byla potvrzena a vyšší dvoukřídlí nejsou schopni klást vajíčka v nočních podmínkách. Výsledky se tak shodují s údaji v pracích: Amendt et al. (2008), Povolný (1978) a Wooldrige (2007), kteří tvrdí, že zástupci z čeledi Calliphoridae jsou heliofilní, v noci neaktivní.

Provedené noční experimenty hypotézu potvrdily, ale lze počítat s možností, že používaná návnada v experimentu (vepřová a kuřecí játra) mohla být příliš malá nebo lidské tělo může být pro gravidní samičky čeledi Calliphoridae mnohem atraktivnější.

Výzkum Zakaria (1996), zabývající se schopností kladení vajíček vyšších dvoukřídělých v tmavých místnostech budov (komíny, sklepy) i během dne, nelze jednoznačně vyloučit. S podobným důkazem o možnosti kladení vyšších dvoukřídělých v tmavých místech přišel Faucherre (1999), při vyšetřování smrti muže nalezeného v temné jeskyni. Jelikož se během prováděného výzkumu při denním pozorování zjistila vysoká aktivita kladení u vyšších dvoukřídělých na exponovaný živočišný materiál, proto tmavé místo nemusí být pro gravidní samičky překážkou.

Zároveň, pokud jsou vyšší dvoukřídlí v přímém kontaktu s tělem či v jeho blízkosti nelze jednoznačně noční kladení vyloučit. Proto jsou nezbytně nutné další studie s použitím větších jatečně upravených těl, s cílem zlepšit stávající znalosti o noční aktivitě této čeledi.

## Závěr

Forenzní entomologie je v současnosti uznávanou vědou vyšetřování trestných činů, první zmínky o využití hmyzu při vyšetřování trestného činu se objevují ze staré Číny už ve 13. století. V dnešní době se neomezuje pouze na zjišťování PMI, ale dokáže přiblížit i způsob a místo činu. Uplatnění této vědy se nachází i u vyšetřování zanedbání péče u dětí či nemohoucích lidí, při zjišťování týrání zvířat a pytláctví.

Krátce po smrti začíná postupný rozklad těla s uvolňováním látek do okolního prostředí za přítomnosti hmyzu. Na místě činu se nachází široké spektrum členovců, hlavními zástupci, kteří se využívají k vypočítání PMI, jsou řády z třídy hmyzu (Insecta), dvoukřídli (Diptera) a brouci (Coleoptera). Prvními kolonizátory těla jsou vyšší dvoukřídli z čeledi bzučivkovití (Calliphoridae).

Hlavním cílem této práce bylo potvrdit hypotézu: vyšší dvoukřídli nejsou schopni klást vajíčka v noci. V minulosti bylo provedeno vědci veliké množství pokusů zabývajících se noční aktivitou vyšších dvoukřídlych, avšak nedošlo k jasnému vyloučení o možnosti jeho kladení.

Provedenými pokusy v letech 2012 a 2013, v období od června do září se hypotézu podařilo potvrdit.

Pro pozitivní kontrolu byly vystaveny vzorky i během dne, na kterých byly determinovány čtyři druhy much z čeledi Calliphoridae: *Calliphora vicina*, *Lucilia sericata*, *Phormia regina* a *Protophormia terraenovae*.

I když pokus potvrdil hypotézu o nemožnosti kladení vyšších dvoukřídlych, nelze jednoznačně tuto možnost potvrdit v případě, že by se vyšší dvoukřídli vyskytovali v bezprostřední blízkosti těla. Proto je zapotřebí se této problematice i nadále věnovat.



## Seznam literatury

- Amendt, J., Zehner, R., Reckel, F. 2007. The nocturnal oviposition behaviour of blowflies(Diptera: Calliphoridae) in Central Europe and its forensic implications. *Forensic Sci. Int.* 175: 61-64.
- Anderson, G. S., Vanlaerhovenl, S. L. 1996. Initial Studies on Insect Succession on Carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of forensic sciences.* Č. 4. 617 – 625 p.
- Barták, M., Vaněk, J., Hlavová, A. & Hlava, J. 2013. Mouchovití (Diptera, Muscidae) české části Krkonoš. *Opera Corcontica* 50: 151-170.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R.. 1997. *Ekologie; jedinci, populace a společenstva.* Olomouc: Univerzita Palackého. 949 p. ISBN: 80-7067-695-7.
- Benecke, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science Internatiol* 120. 2-14 p.
- Benecke, M., Lessig, R. 2001. Child neglect and forensic entomology. *Forensic Science International* 120. 155-159 p.
- Benninger, L. A., Carter, D. O., Forbes, S. L. 2001. The biochemical alteration of soil beneath a decomposing carcass. *Forensic Science International* 180. 70-75 p.
- Berg, M. C., Benbow, M. E. 2013. Environmental factors associated with *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae) oviposition. *J. Med. Entomol.* 50 (2): 45-7.
- Byrd, J. H., Allen, J. C. 2001. The development of the black blow fly, *Phormia regina* (Meigen). *Forensic Science International* 120. 79-88.
- Byrd, J. H., Castner, J. L. 2009. *Forensic entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, CRC Press. Second Edition. 705 p. ISBN: 978-0849392153.
- Cragg, J. B. 1956. "The olfactory behavior of *Lucilia* species (Diptera) under natural conditions." *Annals of Applied Biology* 44(3): 467-477.
- Čírtková, L. 2004. *Forenzní psychologie*, Plzeň: Aleš Čeněk, s.r.o. 431 s. ISBN: 80-86473-86-4.

- Daněk, L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Kriminalistický ústav VB. 40. 140 s.
- Davies, L., Ratcliffe, G. G. 1994. Development rates of some pre-adult stages in blowflies with reference to low temperatures. *Med Vet Entomol.* 8 (3): 245-54.
- Digby, P. S. B. 1958. Flight activity in the blowfly, *Calliphora erythrocephala*, in relation to wind speed with special reference to adaption. Department of Biology, St Thomas's Hospital Medical School, London. 776 – 794 p.
- Draber-Moňko, A. 2004. Calliphoridae. Plujky (Insecta: Diptera). *Fauna Polski. Roč. 23.* Warszawa. 662 p.
- Farkač, J., Král, D. a Škorpík, M. 2005. [eds.]: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates, 760 pp.; Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. ISBN 80-86064-96-4.
- Faucherre, J., Cherix, D., Wyss, C. 1999. Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) under extreme conditions. *Journal of Insect Behavior.* 12: 687–690.
- Gail, A. a Huitson, N. R. 2004. Myiasis in pet animals in British Columbia: The potential of forensic entomology for determining duration of possible neglect. *Can Vet J. Dec;* 45(12): 993–998.
- Gaudry, E. (2010) in J. Amendt et al. (eds). Current concepts in forensic entomology springer science + Business Media. 273-311 p.
- Gennard, D. E. 2007. Forensic entomology: An Introductiond. First edition. Wiley. University of Lincoln. UK: Wiley. 244 p. ISBN: 978-0-470-01478-3.
- Goof, M. L. 2001. A Fly for the Prosecution. How Insect Evidence Helps Solve Crimes. Harvard University Press. 240 p. ISBN: 9780674007277.
- Grassberger, M., Frank, C. 2004. Initial Study of Arthropod Succession on Pig Carrion in a Central European Urban Habitat. *Journal of Medical Entomology* 41 (3): 511-523 p.
- Green, A. A. 1951. The control of blowflies infesting slaughter-houses. observations on the habits of blowflies. *Ann. Appl. Biol.* 38. 475-494.

- Greenberg, B. 1990. Nocturnal oviposition behaviour of blow flies (Diptera: Calliphoridae). J. Med. Entomol. 27. 807-810.
- Gullan, P. J. 2005. Cranston The Insects: An Outline of Entomology. 3. vyd. Oxford: Blackwell Publishing. 505 p. ISBN: 1-4051-1113-5.
- Hinton, H. E. 1981. Biology of insect eggs. Oxford. New York. Pergamon Press. 1st ed. 799-999 p. ISBN: 0080215394.
- Hudec, K., Kolibáč, J., Laštůvka, Z., Peňáz, M. a kol., 2007. Příroda České republiky, průvodce faunou. Academia. 1 vydání. Praha. ISBN: 978-80-200-1569-3.
- Isaac, J., Deepu, G M., Pradeesh, S. and Geetha, V. 2011. The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. J Forensic Dent Sci. Jul-Dec; 3(2): 89–91. doi: 10.4103/0975-1475.92154.
- Kubík, Š. & Országh, I. 2009. Calliphoridae Brauer & Bergenstamm, 1880. In: Jedlička L., Kúdela M. & Stloukalová V. (eds): Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. Electronic version 2. <<http://zoology.fns.uniba.sk/diptera2009>> Accessed 15.01.2014.
- Maureen, C., Berg and Benbow. 2012. Environmental Factors Associated with *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae) Oviposition. Journal of Medical Entomology 50(2):451-457.
- Megnin, J. P. 1894. La faune de cadavres. Application de l'entomologie ala médecine légale. Encyclopedie scientifique des Aides-Mémoire, Masson. Paris Gauthier-Villarsi Paris. 214 p.
- Nuorteva, P. 1959. Studies on the significance of flies in the transmission of poliomyelitis. The composition of the blowfly fauna in different parts of Finland during the year 1958. Ann. Entomol. Fenn. 25: 137-162.
- Pavel, V., Chutný, B., Petrusková, T. & Petrusek, A. 2008: Blow fly *Trypocalliphora braueri* parasitism on Meadow Pipit and Bluethroat nestlings in Central Europe. J. Ornithol., 149: 193-197.
- Payne, J. A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus, Ecology 46. 592-602.
- Payne, J. A., King, E. W. 1972. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. Journal of Georgia. Entomology Society 7: 153-162.

- Povolný, D. 1978. Hmyz v kriminologii. *Vesmír* 57. č. 7. str. 205-208.
- Povolný, D. 1979. Některá hlediska praktického využití hmyzu v kriminalistice. *Kriminalistický sborník*, č. 10, str. 620-632.
- Povolný, D. 2001. Návraty tropických bzučivek: Invaze bzučivky *Chrysomya albiceps* do České republiky a její význam ve forenzní entomologii. *Vesmír* 80. 622 – 624.
- Rognes, K. 1991: Blowflies (Diptera, Calliphoridae) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna entomologica Scandinavica* 24: 1-272.
- Rognes, K. 2013: Fauna Europaea: Calliphoridae In: Pape T. (ed.): Fauna Europaea: Diptera, Brachycera. Fauna Europaea version 2.6.2. <<http://www.faunaeur.org>>. Most data not changed since 2010. Accessed 15.01.2014.
- Sedlák, E. 2000. Zoologie bezobratlých. Přírodovědecká fakulta MU, Brno. 335s. ISBN: 8021023961.
- Shakespeare, W. 1970. Sonety. Mladá fronta. Přeložil Jan Vladislav. Praha. 86 s.
- Singh, D., Bharti, M. 2001. Further observations on the nocturnal oviposition behaviour of blowflies (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Sci. Int.* 120. 124-126.
- Smith, Kenneth, G. V. 1986. A Manual of Forensic Entomology. The trustees of the British Museum (Natural History). Forensic entomology 1. title. London. 102 p. ISBN: 0-565-00990-7.
- Šuláková, H. a Barták, M. 2013. Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with animal and human decomposition in the Czech Republic: preliminary results. *Čas. Slezské muzeum Opava*. 62: 255-266.
- 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 v Praze: 381-388.
- Šuláková, H., Barták, M. & Vaněk, J. 2014: Bzučivkovití (Diptera, Calliphoridae) české části Krkonoš. *Opera Corcontica*: in press

- Vass, A. A., Smith, R. R., Thompson, C. V., Burnett, M. N., Wolf, D. A., et al. 2004. Decompositional odour analysis database. *Journal of Forensic Sciences* 49: 760–769.
- Vichlenda, M. 2011. *Kriminalistika*. Střední odborná škola ochrany osob a majetku s.r.o. Karviná. 418 s.
- Villet, M. H. 2011. African carrion ecosystems and their insect communities in relation to forensic entomology. *Global science books. Pest technology*. 5 (1): 1-15 p.
- Wooldrige, J., Scrase, L., Wall, R. 2007. Flight activity of the blowflies, *Calliphora vomitoria* and *Lucilia sericata*, in the dark. School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol. 172 (2-3): 94-7.
- Wyss, C., Cherix, D., Michaud, K., Romain, N. 2003a. Pontes de *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy et de *Calliphora vomitoria* (Linné) (Diptérés, Calliphoridae) sur un cadavre humain enseveli dans la neige. *Rev. Int. De Criminologie et de Police technique et scientifique* 1/03: 112-116.
- Wyss, C., Chaubert & Cherix, D. 2003b. Case study – determining post-mortem interval with four blowfly species (Diptera; Calliphoridae): The importance of cross assessment. *Proceeding of European Association for Forensic Entomology Conference*. London. 1-28 p.
- Zahradník, J. 2008. *Brouci. Aventinum*. Praha. 288 str. ISBN: 978-80-86858-43-2.
- Zahradník, J. Severa, F. 2004. *Hmyz. AVENTINUM s.r.o., Praha*. 326 s. ISBN: 80-86858-36-7.
- Zakaria, E. 1996. *Blowflies*. Company of Biologists Limited. 71 p. ISBN: 0-85546-303-1.
- Zurawski, K. N., Benbow, M. E., Miller, J. R., Merritt, A. R. W. 2009. Examination of Nocturnal Blow Fly (Diptera: Calliphoridae) Oviposition on Pig Carcasses in Mid-Michigan. *Journal of Medical Entomology* 46(3):671-679.

**Internetové zdroje:**

Anderson, G. S. Forensic entomology: The use of insects in death investigations. [cit. 2014-04-09]. Dostupné z < <http://www.sfu.ca/~ganderso/forensicentomology.htm> >

Anon. 1. Definition of Forensic Science. All about forensic science [online]. 2013 [cit. 2013-10-11].

Dostupné z <<http://www.all-about-forensic-science.com/definition-of-forensic-science.html>>.

Anon. 2. Tree of life web project. Diptera. True Flies. Wiegmann and Yeates [online]. 29. listopadu 2007 [cit. 2013-10-11]. Dostupné z <<http://tolweb.org/Diptera/8226>>.

Anon. 3. Australian Muzeum. Defining Death [online]. 2009 [cit. 2014-2-1].

Dostupné z

<<http://web.archive.org/web/20090303211314/http://www.deathonline.net/index.cfm>>.

Anon. 4. Rostlinolékařská entomologie. 2013 [cit. 2014-4-9].

Dostupné z <[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=597](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=597)>

Anon. 5. Okénko do dějin kriminalistiky. Policie. Muzeum policie [online]. 2014 [cit. 2014-2-1]. Dostupné z <<http://www.policie.cz/clanek/okenko-do-dejin-kriminalistiky.aspx>>.

Anon. 6. Výzkumná koncepce [online]. Entomologický ústav, Biologické centrum AV ČR, v.v.i.. 2014 [cit. 2014-2-1]. Dostupné z <<http://www.entu.cas.cz/cs/o-ustavu/vyzkumna-koncepce/>>.

Anon. 7. Forensic entomology. Insects in legal investigations. [online]. [cit. 2014-2-1].

Dostupné z <<http://www.forensicentomology.com/definition.htm>>.

Anon. 8. Explore forensics. Forensic entomology [online]. [cit. 2014-2-1].

Dostupné z <<http://www.exploreforensics.co.uk/forensic-entomology.html>>.

Anon. 9. The university of Western Australia. Forensic entomology [online]. [cit. 2014-2-1].

Dostupné z <<http://www.clt.uwa.edu.au/asistm/forensic/entomology>>.

Anon. 10. Forensic entomology. September 2008 [cit. 2014-2-1]. Dostupné z <[http://www.nationalstemcentre.org.uk/dl/2463ab84d9ad9d2a3c7aaf47ad9e21c5d2d91b34/8521-catalyst\\_19\\_1\\_358.pdf](http://www.nationalstemcentre.org.uk/dl/2463ab84d9ad9d2a3c7aaf47ad9e21c5d2d91b34/8521-catalyst_19_1_358.pdf)>.

Anon. 11. EAFE – European Association for Forensic Entomology [online]. [cit. 2014-2-22].

Dostupné z <<http://www.eafe.org/>>.

Anon. 12. Fauna Europaea. 2013. [cit. 2014-4-9].

Dostupné z <<http://www.faunaeur.org/>>

Barták, M., Bitušík, P., Chvála, M., Jedlička, L., Roháček, J., Rozkošný, R., Starý, J., Vaňhara, J. Families. Checklist of Diptera of the Czech Republic and Slovakia. 2009. [cit. 2014-4-8]. Dostupné z < <http://dfs.fns.uniba.sk/diptera2009/families.htm#D> >.

Derrick, J. P. 1992. Water. Department of Forensic Medicine, University of Dundee. Dostupné z < <http://www.dundee.ac.uk/forensicmedicine/notes/water.pdf> >

Fürbach, M. Farma na mrtvoly. Podívejte se, co dokáží brouci a slunce s lidským tělem [online]. Technet.cz. Změněno: 11. června 2008 [citováno 2014-02-12] Dostupné z < [http://technet.idnes.cz/farma-na-mrtvoly-podivejte-se-co-dokazi-brouci-a-slunce-s-lidskym-telem-1mp-/tec\\_technika.aspx?c=A080610\\_170447\\_tec\\_technika\\_fur](http://technet.idnes.cz/farma-na-mrtvoly-podivejte-se-co-dokazi-brouci-a-slunce-s-lidskym-telem-1mp-/tec_technika.aspx?c=A080610_170447_tec_technika_fur)>.

Hadley, D. Can Crime Scene Insects Prove That Drugs or Toxins Played a Role in a Death? [online]. Insect about.com. [cit. 2014-3-1]. Dostupné z <<http://insects.about.com/od/forensicentomology/f/CSItoxicology.htm>>.

Rao, D. Post mortem changes [online]. Forensic pathology online. 2013 [cit. 2014-3-14]. Dostupné z < <http://www.forensicpathologyonline.com/e-book/post-mortem-changes> >.

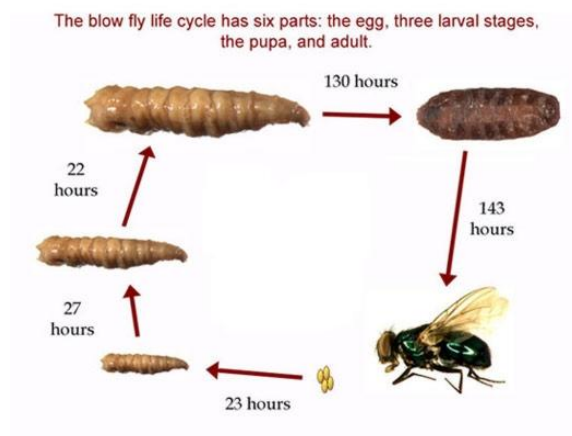
Russell, L., Evers, CH. The Slow Death of Spontaneous Generation (1668-1859) [online]. [cit. 2014-5-1]. Dostupné z < [http://www.accessexcellence.org/RC/AB/BC/Spontaneous\\_Generation.php](http://www.accessexcellence.org/RC/AB/BC/Spontaneous_Generation.php)>.

Wikipédia. L'encyclopédie libre [online]. Změněno 27. září 2013 [cit. 2014-5-1]. Dostupné z <[http://fr.wikipedia.org/wiki/Entomologie\\_m%C3%A9dico-l%C3%A9gale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Entomologie_m%C3%A9dico-l%C3%A9gale)>.

## Přílohy



Obr 1. Morishige Kinugasa - The nine contemplations of the impurity of the human body, 16th century. (zdroj < [http://hosting.zkm.de/icon/stories/storyReader\\$141](http://hosting.zkm.de/icon/stories/storyReader$141)>).



Obr 2. Vývojová stadia dvoukřídlých z čeledi Calliphoridae  
(zdroj < [http://www.mun.ca/biology/bpromoters/Crime\\_Fighting\\_Bugs.php](http://www.mun.ca/biology/bpromoters/Crime_Fighting_Bugs.php)>)



Obr 3. Larva Chrysomya albiceps s patrnými trny  
(zdroj < <http://mmbpd6.wikispaces.com/>>)