

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**Sezónne nároky nekrofágnych skupín hmyzu
(Coleoptera: Silphidae; Diptera: Sarcophagidae
a Calliphoridae) na odlišných biotopoch na Slovensku**

Diplomová práce

Bc. Simona Barčíková

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Zoologie

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Alois Čelechovský, Ph.D.

Olomouc 2021

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracovala samostatne pod vedením RNDr. Aloisa Čelechovského, Ph.D. a iba s použitím uvedenej literatúry a informačných zdrojov.

V Olomouci, dňa

.....

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som chcela poďakovať všetkým, ktorí mi akýmkoľvek spôsobom pomáhali pri tvorbe tejto práce. Môjmu vedúcemu diplomovej práce RNDr. Aloisovi Čelechovskému, Ph.D. a Ing. Hane Šulákovéj, Ph.D. za významné konzultácie a rady, ako aj za poskytnutie študijnej literatúry a materiálu pre zber entomologického materiálu. Zároveň chcem poďakovať Doc. Mgr. Karlovi Weidingerovi, Dr. za pomoc pri štatistickom spracovaní výsledkov.

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKÁCIA

Meno a priezvisko autora: Bc. Simona Barčíková

Názov práce: Sezónne nároky nekrofágnych skupín hmyzu (Coleoptera: Silphidae; Diptera: Sarcophagidae a Calliphoridae) na odlišných biotopoch na Slovensku

Typ práce: Diplomová práca

Pracovisko: Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedúci práce: RNDr. Alois Čelechovský, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2021

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce je charakteristika a zhodnotenie vybraných skupín nekrofágneho hmyzu rádov Diptera a Coleoptera na severozápade Slovenska. Práca je zameraná na porovnanie druhového zloženia troch odlišných biotopov (les, lúka, intravilán obce) a ich sezónne nároky. Dôraz sa kladie na rozdiely medzi mestskými a vidieckymi biotopmi. Výskum prebiehal v okolí Púchova v rokoch 2019 – 2020. K odchyту jedincov slúžili špeciálne upravené pasce s mäsovou návnadou, do ktorých nalietaval nekrofágny hmyz. V každom z biotopov boli inštalované tri pasce, vzájomne vzdialené viac ako 50 m. K zberu dochádzalo jedenkrát týždenne po dobu jedného roka. Pomocou kľúča boli identifikovaní zástupcovia čeládí Calliphoridae, Sarcophagidae a Silphidae, z čeláde Muscidae boli zástupcovia zaradení do rodu. Zvyšný exemplár bol určený na úrovni čeládí. Celkovo bolo odchytených 40 234 jedincov patriacich do 13 rádov a 48 čeládí. Výsledky poskytujú rozsiahly súpis nekrofágnej fauny. Fauna zároveň vykazuje biotopové preferencie. Je preukázaná aj sezónnosť vybraných skupín nekrofágnej fauny a ich závislosť na teplote.

Kľúčové slová: nekrofágna fauna, mŕtvolu, dekompozícia, forénzna entomológia, sezónne zmeny, Calliphoridae, Sarcophagidae, Silphidae

Počet strán: 50

Počet príloh: 17

Jazyk: slovenský

BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION

First name and surname of the author: Bc. Simona Barčíková

Name of the Thesis: Seasonal pattern of necrophagous groups of Insecta (Coleoptera: Silphidae; Diptera: Sarcophagidae and Calliphoridae) in different habitats in Slovakia

Type of Thesis: Master Thesis

Workplace: Department of Zoology, Faculty of Science, Palacký University Olomouc
Bachelor Thesis supervisor: RNDr. Alois Čelechovský, Ph.D.

Year of defence: 2021

ABSTRACT

The aim of the Diploma Thesis is to characterize and evaluate selected groups of necrophagous insects from the orders Diptera and Coleoptera in northwestern Slovakia. The work is focused on the comparison of the species composition in three different habitats (forest, meadow, urban area) and their seasonal preferences. The difference between urban and rural habitat was emphasised. The research is situated in the surrounding of Púchov in the years 2019 – 2020. There were used specially adapted traps with meat bait to capture individuals. Three traps were installed in each of the habitats, more than 50 m apart. The collection took place once a week for one year. Individuals of the families Calliphoridae, Sarcophagidae and Silphidae were identified based on the key. The individuals from the family Muscidae classified in the genus. The remaining sample was determined at the family level. There were captured 40 234 individuals belonging to 13 orders and 48 families in total. The results provide an extensive inventory of necrophagous fauna. Results also demonstrates the seasonal preferences of selected groups of necrophagous fauna, as well as habitat preferences.

Key words: necrophagous fauna, carcass, decomposition, forensic entomology, seasonal pattern, Calliphoridae, Sarcophagidae, Silphidae

Number of pages: 50

Number of supplements: 17

Language: Slovak

OBSAH

1. ÚVOD	1
1.1. Cieľ práce	2
2. TEORETICKÁ ČASŤ	3
2.1. Sukcesia hmyzu na mŕtvoľe.....	3-4
2.2. Faktory vplývajúce na sukcesiu hmyzu na mŕtvoľe	4
2.2.1. Abiotické faktory	5
2.2.1.1. Geografické rozdiely v sukcesii.....	5-6
2.2.1.2. Sezónnosť	6-8
2.2.1.3. Slnéčné žiarenie	8
2.2.1.4. Urbanizované/ vidiecke prostredie	8-9
2.2.1.5. Exteriér/ interiér	9-10
2.2.1.6. Iné abiotické faktory	10
2.2.2. Biotické faktory	10
2.2.2.1. Biológia nekrofágneho hmyzu.....	10-11
2.2.2.2. Čas ovipozície	11
2.2.2.3. Stav mŕtveho tela	12
3. METODIKA	13
3.1. Popis skúmaného územia	13
3.2. Lokality a biotopy	14
3.2.1. Lokalita č.1 - Intravilán obce.....	14
3.2.2. Lokalita č. 2 - Lesný biotop.....	14-15
3.2.3. Lokalita č. 3 - Lúka.....	15
3.3. Pasca.....	15
3.3.1. Umiestnenie	15
3.3.2. Zhotovenie	16
3.4. Záznam počasia	17
3.5. Zber a kontrola	17-18
3.6. Spracovanie výsledkov	18
4. VÝSLEDKY	19
4.1. Kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnotenie pre oblasť Púchov.....	19
4.2. Kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnotenie pre lokality (biotopy).....	19-21
4.2.1. Les.....	21

4.2.2. Lúka	21-22
4.2.3. Intravilán obce	22
4.3. Biotopové preferencie pre významné skupiny nekrofágneho hmyzu	23
4.3.1. Coleoptera - Silphidae	23
4.3.2. Diptera	24
4.3.2.1. Calliphoridae	24
4.3.2.2. Sarcophagidae	24-25
4.4. Teplotná závislosť	25
4.4.1. Sezónne preferencie	25-26
4.4.2. Fenológia a teplotné závislosti významných nektofágnych skupín	26-30
5. DISKUSIA	31-37
6. ZÁVER	38-39
7. ZOZNAM LITERATÚRY	40-47
8. ZOZNAM OBRÁZKOV	48
9. ZOZNAM TABULIEK	49
10. ZOZNAM GRAFOV	50
ZOZNAM PRÍLOH	
PRÍLOHY	

1. ÚVOD

Rozklad mrtvých tiel živočíchov je úzko spojený so sukcesiou hmyzu. Dokonale vyvinuté zmysly, hlavne čuch, napomáhajú hmyzu kadáver rýchlo identifikovať. To vedie k tomu, že hmyz je na mieste, kde bola mŕtvola prvý (Povolný 1978). Spravidla sa jedná o zástupcov rádu Diptera, konkrétne čeľade Calliphoridae, po ktorých nasledujú zástupcovia čeľadí Muscidae a Sarcophagidae (Goff 1993; Šuláková 2014; Smith 1986). V neskorších sukcesných štádiách sa začínajú objavovať aj zástupcovia rádu Coleoptera, prevažne čeľade Silphidae (Goff 1993). Táto sukcesia je zákonitý proces, pričom platí, že postupné štádium hniloby kadáveru je úzko spojené s vývojovým štádiom konkrétneho hmyzu (Povolný 1978). Pre forenzné účely sú najvýznamnejšie tie skupiny hmyzu, pri ktorých dokážeme predvídať čas kolonizácie. Druhy, ktorých výskyt sa počas sukcesných vln opakuje, sú pre praktické forenzné využitie nespoľahlivé (Schoenly 1992).

Dekompozícia je zložitý proces, počas ktorého mŕtve telo prechádza radou fyzikálnych a chemických zmien (Henssge et al. 1995). V terestriálnom prostredí vo voľnej prírode sú opísané základné štyri štádia dekompozície tela. Na tieto štádia prirodzene nadväzujú sukcesné vlny hmyzu. Počet sukcesných vln sa líši v závislosti od autora. Primárnym rozdielom však je rozdiel v závislosti od vonkajších faktorov prostredia, hlavne geografickej polohy (Gennard 2007). Vonkajšie faktory prostredia majú zásadný význam v dĺžke trvania dekompozície, preto je ich znalosť najviac nápomocná v práci súdnych entomológov. Medzi najdôležitejšie faktory prostredia patrí vplyv ročných období a klimatických podmienok, ako sú zrážky alebo teplota (Catts & Haskell 1990).

Znalosti palearktiskej nekrofágnej fauny predovšetkým z územia Slovenska sú značne obmedzené. Komplexné výskumy zaoberajúce sa problematikou nekrofágneho hmyzu pochádzajú prevažne z nearktickej oblasti a výskumy nekrofágnej entomofauny z centrálnej Európy sú často neaktuálne a zastarané. Znalosť tejto fauny a ich odlišných biologických nárokov však môže mať pozitívny vplyv na prácu forenzných entomológov. Recentné výskumy tiež môžu dopomôcť k objaveniu nových druhov, prípadne majú značnú úlohu pri objasňovaní odlišných ekologických nárokov. Táto práca je pokusom o zhodnotenie odlišných ekologických nárokov nekrofágneho hmyzu na príklade typických biotopov na severozápade Slovenska v okolí Púchova.

1.1. Cieľ práce

Diplomová práca je zameraná na prieskum významných skupín nekrofágneho hmyzu. Úlohou práce je v skúmanej oblasti vytipovať tri lokality reprezentujúce odlišné typy biotopov. Na nich s využitím mäsových pascí vykonať zber entomologického materiálu. Súčasťou práce je sledovať klimatické podmienky a ich vplyv na početnosť a druhové zloženie hmyzu v odlišných ročných obdobiach v špecifických biotopoch. Cieľom práce je charakterizovať a zhodnotiť sezónne nároky vybraných taxónov nekrofágneho hmyzu rádov Coleoptera a Diptera. Zároveň spracovať materiál s dôrazom na druhové spektrum a zastúpenie jednotlivých taxónov.

Hlavná hypotéza: V závislosti na typoch biotopov budú rozdielne druhové spektrá záujmových skupín hmyzu.

Vedľajšia hypotéza: Druhové spektrá nekrobiotického hmyzu budú sezónne variabilné.

2. TEORETICKÁ ČASŤ

2.1. Sukcesia hmyzu na mŕtvoľe

Rozkladajúce sa mŕtve telo predstavuje ekologicky významný mikrohabitat pre radu organizmov, ako sú živočíchy, rastliny, huby a baktérie. Dominantnú skupinu tohto mikrohabitatu predstavuje hmyz, ktorý mŕtvolu využíva ako prostredie pre rozmnožovanie, prípadne slúži ako bohatý zdroj potravy (Smith 1986). Ovipozícia na substráte je primárne vyvolaná prítomnosťou zlúčenín bohatých na amoniak, ako aj feromónmi, vlhkosťou alebo hmatovými podnetmi (Ashworth & Wall 1994). Hmyz sa však na kadáveri rozmnožuje a kladie vajička iba v prípade, že budúca generácia potomkov bude mať vhodné podmienky pre život (Gennard 2007). Preto sa zdá, že kadáver je väčším atraktantom pre samičky. Tie na telo nakladú veľké množstvo vajícok, čo využívajú ako evolučnú stratégiu na minimalizovanie predácie a vysychania (Browne et al. 1969). Prítomnosť rozličných vývojových štádií sa dá dokázať exoskeletovými zvyškami tiel hmyzu alebo pupárimami. V prípade, že je telo nájdené po týždňoch, alebo mesiacoch, sú tieto zvyšky častokrát jedinou metódou umožňujúcou určiť čas smrti mŕtvolu (Payne 1965).

Telo nachádzajúce sa vo voľnej prírode v terestriálnych podmienkach prostredia prekonáva štyri základné dekompozičné štádia, ktorými sú čerstvé, nafúknuté, štádium hniloby a suché pozostatky mŕtvolu (Gunn 2011). Zmeny, ktorými telo prechádza počas dekompozičných štádií úzko súvisia s nekrofágnou faunou, ktorá ho kolonizuje. Znalosť fauny, ktorá je úzko spojená s konkrétnym dekompozičným štádiom mŕtvolu tak veľkou mierou napomáha práci forenzného entomológa. Hlavným cieľom je určenie post mortem intervalu (PMI), čo predstavuje časový interval medzi úmrtím a nájdením mŕtvolu (Amendt et al. 2004).

Postupnú kolonizáciu hmyzu, alebo sukcesiu môžeme rozdeliť do sukcesných vln. Počet vln je variabilný v závislosti od autora a od klimatického pásma (Daněk 1990). V miernom podnebnom pásme strednej Európy je podľa J. A. Peynea z roku 1965 zastúpených šesť hlavných sukcesných vln (Šuláková 2014).

Prvá sukcesná vlna začína ihneď po smrti jedinca. Zápach krvi láka prvých kolonizátorov rádu Diptera, primárne z čeľade Calliphoridae (Daněk 1990), ako sú *Calliphora* sp. alebo *Lucilia* sp. (Eliášová & Šuláková 2012). Počas druhej vlny telo začína páchnuť a začínajú hnilobné procesy. Telo je lákadlom pre čeľade Muscidae,

Sarcophagidae (Gennard 2007). Spoločne s Calliphoridae v tejto vlne dosahujú vrchol svojej aktivity. Začínajú sa objavovať prví zástupcovia rádu Coleoptera, konkrétne čeľade Silphidae (Šuláková 2014; Eliášová & Šuláková 2012). Tretia sukcesná vlna pozostáva z dvoch procesov, a to zmydelnením tukov a fermentáciou proteínov. Čeľade Dermestidae, Staphilinidae a Cleridae z Coleoptera sú lákané na zmydelnenie, zatiaľ čo zástupcovia čeľadí Fanniidae, Piophilidae alebo Sepsidae láka fermentácia proteínov (Eliášová & Šuláková 2012; Gennard 2007). Štvrtú vlnu predstavuje pokročilý rozklad. Ako noví sa tu môžu objaviť zástupcovia čeľade Phoridae (Šuláková 2014). Počas piatej vlny telo začína vysychať, na tele sa môžu objaviť roztoče (Acari), alebo z Coleoptera čeľaď Trogidae. Poslednou sukcesnou vlnou je obdobie kostrových zvyškov. V tomto období na tele už veľa entomofauny nenájdeme. Bežní sú Acari, ojedinele Dermestidae z Coleoptera (Daněk 1990; Šuláková 2014).

Aj keď majú zástupcovia rádov Diptera a Coleoptera najväčší podiel na dekompozícii mŕtveho tela (Gill 2005), neznamená to, že sú jeho jedinými kolonizátormi. Na kadáveri sa vyskytujú zástupcovia rôznych skupín článkonožcov. Bežní sú zástupcovia pavúkov (Araneae), ale aj roztočov (Acari). Z hmyzu sú časté chvostoskoky (Collembola), pavši (Psocoptera), ucholaky (Dermaptera) v rámci hmyzu s nedokonalou premenou. Z Holometabola sa môžeme stretnúť s dospelými jedincami motýľov (Lepidoptera) alebo blanokrídlym hmyzom (Hymenoptera) (Payne 1965; Gennard 2007).

2.2 Faktory vplývajúce na sukcesiu hmyzu na mŕtvoľe

Entomofauna kadáveru konkrétnej geografickej oblasti, jej druhové zloženie, diverzita aj abundancia je ovplyvnená radom faktorov. Tieto faktory, ktoré priamo vplývajú na sukcesiu môžeme definovať ako biotické a abiotické (Gunn 2011; Sonker et al. 2018). Faktory prostredia neovplyvňujú len na sukcesiu, ale priamo pôsobia aj na druhové zloženie na kadáveri. To znamená, že aj v rámci jednej sukcesnej vlny sa v dôsledku rozdielnych podmienok druhové zloženie líši. Napríklad z čeľade Calliphoridae môžeme druh *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) nájsť prevažne v letných mesiacoch, zatiaľ čo druh *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 môžeme nájsť celoročne. Vyplýva to z ich rozdielnych teplotných tolerancií (Schroeder et al. 2003).

Vedomosti o tom, aký dopad majú faktory prostredia na špecifické nekrofágne druhy sú dôležité pre presnosť odhadu PMI. Znalosť týchto faktorov môže odborníkovi napomôcť pri vyšetrovaní trestných činov (Goff 1993).

2.2.1 Abiotické faktory

2.2.1.1 Geografické rozdiely v sukcesii

Jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré ovplyvňujú druhové osídlenie na mŕtvole je geografický región nález, alebo aj biogeoklimatická zóna. Podnebie, charakter pôdy, alebo zloženie vegetácie patria medzi klimatické podmienky, ktoré priamo pôsobia na entomofaunu (Anderson in Byrd & Castner 2010). Charakter biocenózy neovplyvňuje iba entomofaunu, ale priamo pôsobí aj na dekompozíciu samotnú (Gunn 2011).

Rýchlosť dekompozície a rozklad tkanív je oveľa rýchlejší v tropických oblastiach, zatiaľ čo v polárnych oblastiach je tento proces pomalší. Tropické oblasti sa vyznačujú vysokou vlhkosťou a teplom, tento fakt spôsobuje urýchlenie rozkladu. Kolonizácia entomofaunou sa tak odvíja od oblasti a je časovo variabilná. V trópech začína častokrát už do 24 hodín od úmrtia. V miernom pásme prebieha dekompozícia mŕtvy o niečo pomalšie (Gunn 2011; Daněk 1983).

Každý druh sa líši svojim areálom rozšírenia. Odlišné nároky na podmienky prostredia určujú, či sú druhy kosmopolitné, alebo či je ich výskyt limitovaný na konkrétnu oblasť (Carvalho et al. 2000; Anderson in Byrd & Castner 2010). Early & Goff (1986) robili pokusy s entomofaunou a ich sukcesiou v dvoch odlišných ekologických habitatoch. Z ich výsledkov vyplýva, že skutočne dochádza k rozdielom v sukcesii medzi odlišnými lokalitami.

Druhové zloženie sa nelíši len v rámci odlišných biotopov, výrazné rozdiely sú zaznamenané aj medzi kontinentmi. Napríklad pre Európu a Áziu sú prvotnými kolonizátormi mŕtveho tela hlavne zástupcovia Calliphoridae, konkrétne *Lucilia* sp. alebo *Calliphora* sp. Naopak v Amerike sú prvými kolonizátormi z čeľade Calliphoridae hlavne *Phormia regina* Meigen, 1826 alebo *Phaenicia* sp. (Hall 1948). Takéto generalizované tvrdenie ale neplatí všade. V rámci Ameriky tiež môžeme nájsť regióny, kde medzi prvých kolonizátorov patria *Calliphora* sp., ale aj *Lucilia* sp. (Dillon & Anderson 1997).

Geografické rozdiely v sukcesii môžeme chápať ako rozdiely v entomofaune rôznych regiónov, alebo geografických oblastí. Entomofauna sa však môže líšiť aj medzi rôznymi živočíšnymi druhmi (Watson & Carlton 2003).

Je dôležité poznať distribúciu hmyzu a jeho nároky v rámci každého biotopu (Catts 1992). Predovšetkým v posledných rokoch dochádza k introdukcii do iných biotopov. Táto introdukovaná fauna, vysokou mierou ovplyvňuje pôvodné spoločenstvo

a tým aj celkové druhové zloženie oblasti (Laurence 1986). Znalosť tejto fauny je preto nesmierne dôležitá. Druhy sú natoľko variabilné, že čo i len jeden mylný predpoklad môže viesť k nesprávnemu odhadu PMI (Catts 1992). To znamená, že dáta o sukcesii konkrétneho druhu v určitom regióne nemôžu byť použité na určenie smrti v inom regióne (Byrd & Castner 2010). Preto je nevyhnutné redizajnovať štúdie o faune kadáveru v niektorých oblastiach a tak vytvoriť spoľahlivé dáta o ich sukcesii. Je však nutné tieto pokusy vykonávať pravidelne, aby nedochádzalo k interpretácii chybných záverov (Sonker & Singh 2017).

2.2.1.2 Sezónnosť

Rýchlosť dekompozície a s tým spojená aj sukcesia entomofauny je výrazne ovplyvnená sezónnymi nárokmi (Anderson in Byrd & Castner 2010). Hmyz patrí medzi poikilotermné živočíchy. To znamená, že jeho vnútorná teplota, ako aj správanie alebo početnosť sú vo veľkej miere závislé na vonkajšej teplote okolitého prostredia. Preto je aj teplota najdôležitejším faktorom pôsobiacim na rast a rýchlosť vývoja (Kreitlow in Byrd & Castner 2010).

So sezónnosťou je preto úzko spojená aj efektívna teplota živočíchov, ktorá udáva časový interval, kedy je hmyz schopný vývoja. V rámci strednej Európy, v závislosti od aktuálnych podmienok, obdobie aktivity hmyzu predstavuje asi šesť mesiacov. Pri nekrofágnom hmyze je aktivita približne od polovice apríla do konca októbra (Povolný 1982). Hmyz je inaktívny v období diapauzy (Hájková et al. 2012) a v prípade poklesu vonkajšej teploty pod 10 °C svoj vývoj zastavuje (Gunn 2011). Spodná teplotná hranica druhej aktivity (lower development treshold) je však medzi druhmi variabilná. Hranica 10 °C platí predovšetkým pre čeľaď Sarcophagidae, alebo rod *Lucilia* sp. z čeľade Calliphoridae, prípadne *Hydrotaea* sp. z čeľade Muscidae. Rada druhov má však spodnú teplotnú hranicu o niečo nižšiu, pričom sa blíži k teplotám 2 °C až 7 °C (Marchenko 2001; Smith 1986; Šuláková pers comm.).

V určitých prípadoch sú larvy schopné vyvíjať sa aj pri nižšej vonkajšej teplote prostredia. Larvy však nedosahujú svoju spodnú teplotnú hranicu. Jedná sa o prípady, kedy sa mikrobiálnou činnosťou produkuje metabolické teplo. Metabolické teplo tak spôsobuje zahrievanie mŕtvol a telo je tak schopné dosiahnuť teplotu až 50 °C. Aj keď je teplota prostredia nižšia ako spodná teplotná hranica, hmyz je naďalej schopný pokračovať vo vývoji (Povolný 1982; Šuláková 2006; Byrd & Castner 2010).

Teplotné tolerancie sa medzi jednotlivými druhmi líšia, niektoré druhy preferujú

teplejšie prostredie, iné naopak chladnejšie. Ich aktivita tak závisí od teplotných preferencií konkrétneho druhu (Archer & Elgar 2003; Smith 1986). Druhy s vysokou toleranciou voči extrémnym teplotám môžeme zaznamenať na tele celoročne. Príkladom sú druhy ako *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) alebo *Calliphora vicina* (Schroeder et al. 2003). Avšak väčšina druhov má skôr sezónnu aktivitu a preferuje iba určitý typ podmienok. To, či je konkrétny druh prítomný, alebo neprítomný v určitom ročnom období môže tiež napomôcť k určeniu času, alebo miesta smrti (Smith 1986).

Centrálne Európa sa vyznačuje štyrmi ročnými obdobiami, ktoré sa periodicky striedajú. Na rozdiel od toho, v tropických oblastiach sa môžeme stretnúť iba s dvomi obdobiami, a to obdobím dažďov a sucha (Gennard 2012). V oblasti mierneho pásma sa tak môžu striedať teplejšie obdobia s chladnejšími. Počas letných mesiacov dochádza k rýchlejšej dekompozícii mŕtveho tela v porovnaní so zimnými mesiacmi (Gunn 2011; Arnaldos et al. 2004). Rýchlosť rozkladu je tak často v letných mesiacoch až dvojnásobná (Povolný 1982), to spôsobí aj rýchlejšiu kolonizáciu hmyzu. Ten je v letných mesiacoch prítomný v maximálnych početnostiach (Byrd & Castner 2010) a v zimných mesiacoch sú jeho početnosti minimálne (Arnaldos et al. 2004). V zimných mesiacoch je tiež dekompozícia mŕtvol pomalšia, preto entomofauna začína kolonizovať mŕtvolu neskôr (Gruner et al. 2007).

Sezónne rozdiely entomofauny na kadáveri vychádzajú väčšinou z rozdielnych teplotných nárokov. Treba však vziať do úvahy, že ich početnosti neovplyvňuje iba vysoká alebo nízka teplota, ale aj vlhkosť (Byrd & Castner 2010). Smith (1986) si všimol, že abundancia hmyzu bola nízka, pri malej vlhkosti. Nízka úroveň vlhkosti je typická pre veľmi vysoké a veľmi nízke teploty prostredia.

Tak, ako je dekompozícia ovplyvnená sezónnosťou, tak sa mení aj druhové zloženie entomofauny na kadáveri. Rozdiely medzi ročnými obdobiami sú často veľmi výrazné (Byrd & Castner 2010). Tantawi et al. (1996) zistili, že *Calliphora vicina* a *Lucilia sericata* boli najhojnejšie v chladnejších mesiacoch, prípadne na jar a jeseň. Treba však brať do úvahy miesto, kde k štúdiu dochádzalo, v tomto prípade išlo o Egypt. Schroeder et al. (2003) uvádzajú, že v oblastiach mierneho klimatického pásma naopak *Lucilia sericata* preferuje teplejšiu klímu. Staršie literatúry ako napríklad Povolný (1978) uvádzajú, že ovipozícia druhu *L. sericata* začína, až keď teplota dosiahne hraničnej hodnoty 30 °C. Erzinclioglu (1996) ale dopĺňa toto tvrdenie a uvádza, že *Lucilia sericata* substráty s teplotou nad 30 °C skôr preferuje. Avšak tento teplotný údaj už neplatí a ovipozícia môže začať aj pri nižších teplotách (Tereli et al. 2015). Medzi teplomilný

druh môžeme zaradiť predovšetkým pôvodne tropický až subtropický druh *Chrysomya albiceps* (Tantawi et al 1996; Martínez-Sánchez et al. 2000).

2.2.1.3 Slnčné žiarenie

Očividný efekt na osídlenie kadáveru má slnečné žiarenie a teplo. Dekompozícia tela, ktoré bolo vystavené priamemu slnečnému žiareniu, prebieha rýchlejšie a zapríčiňuje rýchlejší priebeh dekompozičných štádií. Mikrobiálny rozklad a strata biomasy je rapídnejšia, než u tiel v tieni (Dillon 1995). Slnčné žiarenie spôsobuje, že dochádza k výraznejšiemu odparovaniu a dehydratácii mŕtvol. Z tohto dôvodu je kadáver menej atraktívny pre niektoré druhy z rádu Diptera, prípadne možno na mŕtvole nájsť nedostatočne vyvinuté larválne štádia. Tento fakt môže viesť k zníženiu druhového spektra na mŕtvole (Anderson 2000; Dillon 1995).

Nájdu sa ale druhy, ktoré teplú klímu preferujú. Typickými zástupcami kolonizujúcimi mŕtvolu na slnku sú muchy *Lucilia* spp. (Schroeder et al. 2003). V literatúre sú často uvádzaní zástupcovia ako *Lucilia sericata* (Gunn 2011), alebo najčastejšie uvádzaná *Lucilia illustris* (Meigen, 1826) (Smith 1986). Opačným príkladom sú druhy, ktoré sa slnečnému žiareniu vyhýbajú a vajíčka kladú iba v prípade, že sa telo nachádza v tieni. Takéto druhy tienisté prostredie preferujú, pretože vajíčka môžu byť náchylnejšie na vysychanie, alebo zástupcovia môžu mať nižšiu toleranciu na UV žiarenie (Daněk 1983). *Calliphora vomitoria* je najčastejšie uvádzaným tieňomilným druhom. Medzi jej preferovaný biotop patrí predovšetkým les (Smith 1986). Avšak Dillon (1995) uvádza, že bola odchytená aj na priamom slnku, treba však brať do úvahy, že sa tak dialo počas zimy. Stále sa však dá považovať, že preferuje tienisté oblasti, keďže zbery boli robené v lese. Iní autori, ako Shean et al. (1993) uvádzajú, že síce *Calliphora vomitoria* bola odchytená aj na slnečných miestach, viac ale preferovala zatienené miesta.

2.2.1.4 Urbanizované/vidiecke prostredie

Hmyz má určité preferencie v závislosti od typu biotopu. Druhy môžu vykazovať preferencie k určitému biotopu, napríklad k urbanizovanému mestskému prostrediu. Naopak niektoré druhy nemajú špecifické nároky a môžeme ich tak nájsť všade (Catts & Haskell 1990). V rámci čeľade Calliphoridae si napríklad Anderson (1995) všimla rozdiely vo výskyte. *Lucilia sericata* sa nachádzala iba v urbanizovaných oblastiach, *Calliphora vomitoria* iba na vidieku, ale iné ako *Phormia regina* boli nájdené

v oboch oblastiach.

Hmyz, ktorý sa vyskytuje vo vidieckom prostredí sa živí predovšetkým prirodzeným zdrojom potravy, ktoré predstavuje živočíšny kadáver. Druhy, ktoré sa však akomodovali na mestské prostredie často vyhľadávajú aj ľudské zvyšky a odpadky. V súčasnosti sú urbanizované a vidiecke prostredie úzko prepojené činnosťou človeka, preto môže dochádzať k náhodnému transportu druhov (Anderson 2000). Takýto fakultatívny synantropný prenos je často ovplyvnený sezónnosťou hmyzu. V tomto období môže nadobúdať hygienický prípadne epidemiologický význam (Rosický & Daniel 1989; Buttiker et al. 1979).

Organický odpad, ako sú výkaly alebo mŕtvolý zvierat, produkovaný činnosťou človeka a domestikovaním zvierat, je tak problematikou urbanizovaných oblastí. Pre Diptera toto prostredie predstavuje ideálne miesto na rozmnožovanie, preto môžu byť zdrojom rôznych patogénov, ktoré neskôr predstavujú pre človeka zdravotné riziko (Yepes-Gaurisas et al. 2013).

Súčasný epidemiologický význam majú hlavne zástupcovia čeľadí Sarcophagidae, Calliphoridae a Muscidae. V súčasnosti medzi ne patrí napríklad *Lucilia sericata*. Často citovanou bola aj *Musca domestica* Linnaeus, 1758, avšak v dnešnej dobe väčšie riziko predstavujú iní zástupcovia, prevažne čeľade Calliphoridae (Buttiker et al. 1979; Carvalho et al. 2004). Príkladom je *Calliphora vicina* hojná v urbanizovaných oblastiach (Davies 1990). Vysoké preferencie vykazujú aj zástupcovia čeľade Sarcophagidae, ktorí taktiež vyhľadávajú ľudské sídla a sú tak prenášačmi patogénov (Yepes-Gaurisas et al. 2013).

2.2.1.5 Exteriér/interiér

To, či sa mŕtvola nachádza v exteriéri, alebo interiéri môže mať vplyv na druhové zloženie fauny. Častokrát je medzi týmito dvomi biotopmi zásadný rozdiel (Byrd & Castner 2010). Goff (1991) robil pokusy s 35 vzorkami, z toho 14 z interiéru a 21 z exteriéru, pričom zaznamenal zásadné rozdiely v druhovom zložení. Dominantnou skupinou počiatočných štádií rozkladu v exteriéri boli zástupcovia čeľade Calliphoridae, zatiaľ čo v interiéri dominovala čeľaď Sarcophagidae. Druhové zloženie sa výrazne líšilo medzi biotopmi, pričom spoločný výskyt v oboch typoch biotopov zaznamenali iba u piatich druhov Diptera.

To, že čeľaď je dominantná v určitom type biotopu neznamená, že jej zástupcov nemôžeme nájsť v inom type biotopu. *Phormia regina* a *Lucilia sericata* sa častejšie

vyskytujú v interiéri, na rozdiel od toho *Calliphora vicina* preferuje prevažne exteriér a v interiéri ju možno nájsť zriedkavejšie (Anderson 1995).

V prípade pokročilejších štádií rozkladu, prevažne v štádiu fermentácie proteínov sú v uzavretých priestoroch bežní aj zástupcovia čelade Muscidae, ako je *Hydrotaea capensis* (Wiedemann, 1818). V rámci Coleoptera sa v uzavretých priestoroch stretávame ku koncu rozkladu hlavne so zástupcami Dermestidae, ktorí vyhľadávajú suché a teplé prostredie (Šuláková et al. 2013).

Biotopové rozdiely neovplyvňujú len druhové zloženie entomofauny, ale pôsobia aj na rýchlosť dekompozície mŕtveho tela. Uzavreté priestory, ako sú interiery budov spôsobujú, že kolonizácia entomofaunou začína neskôr. Môže tak dôjsť k oneskoreniu o niekoľko dní. Na rozdiel od toho na voľnom priestranstve je hmyz lákaný na mŕtvolu už v priebehu niekoľkých minút, pričom dochádza k okamžitému kladeniu vajíčok na telo (Anderson 2011).

2.2.1.6 Iné abiotické faktory

Na aktivitu nekrofágnej fauny pôsobia aj iné významné abiotické faktory, medzi ktoré patrí predovšetkým vlhkosť a zrážková činnosť. Oba tieto faktory pôsobia ako inhibitory osídlenia (Payne 1965). V prípade zrážkovej činnosti sú larvy hmyzu nútené nájsť si vhodné prostredie pre vývoj, ako rôzne záhyby na odeve a podobne (Shean et al. 1993). Ak si však larvy nestihnú nájsť vhodné prostredie, dochádza k ich úhynu, alebo oneskoreniu vývoja (Wells & Kurahashi 1994). Preto platí, že čím je vlhkosť väčšia, tým je menšie osídlenie nekrofágnou faunou a vývoj lariev sa tak zastavuje. Vysoká úroveň vlhkosti však pôsobí priaznivo na larválny vývoj niektorých zástupcov čeladi Staphylinidae alebo Silphidae rádu Coleoptera (Payne 1965). Niektoré druhy rodu *Sarcophaga* sú tiež schopné klásť pôsobením mierneho dažďa (Šuláková 2006). Vysoká vlhkosť značnou mierou pôsobí na druhové zloženie na kadáveri a má tak vplyv na sukcesiu. Podobný efekt má na sukcesiu aj veľké sucho (Johl & Anderson 1995).

Rozdiely v entomofaune môžu byť zapríčinené aj inými faktormi, ako napríklad, či došlo k spáleniu, alebo popáleniu tiel. Kolonizácia faunou sa líši aj v prípade, ak sa mŕtvola nachádza vo vodnom prostredí (Byrd & Castner 2010).

2.2.2 Biotické faktory

2.2.2.1 Biológia nekrofágneho hmyzu

Využívanie kadáveru ako potravy, alebo na ovipozíciu spravidla ovplyvňuje to,

aký má hmyz v danej chvíli apetít, alebo reprodukčný stav (Dethier & Bodenstern 1958). Čas kladenia vajíčok sa líši v závislosti od autora. Napríklad Anderson a Vanlaerhoven (1996) uvádzajú, že ovipozícia začína niekoľko minút po príchode na mŕtvolu. Na rozdiel od toho, Bourel et al. (1999) uvádzajú, že síce sa dospelí jedinci objavujú niekoľko minút po vystavení mŕtvol, ovipozícia začína až piaty deň.

Veľký vplyv v rámci osídlenia má aj interšpecifická a intrašpecifická konkurencia. Konkurencia medzi rôznymi larválnymi štádiami môže viesť k zníženej miere prežitia dospelých jedincov a absencii niektorých konkrétnych druhov (Hutton & Wasti 1980).

Kolonizáciu hmyzom môže ovplyvniť aj prítomnosť iných kolonizátorov, ktorí môžu odstrániť veľké množstvo odumretého tkaniva z kadáveru. Ich prítomnosť je tiež viac bežná v zimných mesiacoch v porovnaní s letnými (Dillon & Anderson 1997). Títo kolonizátori, ktorí predstavujú oportunistických predátorov hmyzu, sú na mršinách častí. Majú tiež malý impakt na množstvo nájdeného hmyzu, nakoľko môžu skonzumovať podstatnú časť hmyzích kolonizátorov. Takýmito predátormi môžu byť napríklad mravce, poprípade niektoré Vertebrata (Greenberg 1991).

2.2.2.2 Čas ovipozície

Dôležitým faktorom vplývajúcim na sukcesiu nekrofágneho hmyzu je aj časový interval, kedy samičky kladú na substrát. Diptera sú diurnálne druhy, to znamená, že ich aktivita je väčšinou za denného svetla a v noci ich aktivita klesá. Spočiatku sa verilo, že samičky múch vajíčka v nočných hodinách nekladú (Greenberg 1985). Avšak Greenberg (1990) pozoroval najbežnejšie druhy čeľade Calliphoridae, ako sú *Calliphora vicina* alebo *Phormia regina* a zistil, že v malom množstve sú schopné znášať vajíčka aj v noci. Podobne aj *Lucilia sericata* a *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758) aktívne kladli vajíčka v nočných hodinách. V tomto prípade je ale podmienkou vonkajšia teplota v noci nad 25 °C (Šuláková pers comm.). Nočná aktivita a ovipozícia tak môže viesť k odchýlke od určenia PMI až o 12 hodín. Nočná ovipozícia je ale pravdepodobne ovplyvnená aj geografickou lokalitou (Greenberg 1985). Napríklad Haskell et al. (1997) v svojich štúdiách nočnú aktivitu nezaznamenali. Podobne aj Baldrige et al. (2006) zaznamenali aktivitu najneskôr hodinu po západe slnka. Z toho vyplýva, že hmyz kladie vajíčka hlavne cez deň, pričom mu neprekážajú ani tmavé priestory. Je teda zrejmé, že hmyz má diurnálnu aktivitu (Byrd & Castner 2010).

2.2.2.3 Stav mŕtveho tela

Faktorom, ktorý ovplyvňuje rýchlosť rozkladu je aj stav mŕtveho tela. Telesný stav môže viesť k spomaleniu rozkladu alebo k jeho urýchleniu. Zrýchlený rozklad môže spôsobiť prítomnosť vizuálnych zranení, ako sú krvácania. Naopak spomalenie rozkladu a kolonizácie môže byť zapríčinené napríklad zabalením mŕtvoly do textílie (Šuláková 2006).

Oblečenie mŕtvoly spôsobuje, že sa znižuje odparovanie z tela a zadržiava tak vlhkosť, tiež pôsobí na telesnú teplotu a telu poskytuje tieň pred slnečným žiarením. Tento fakt tak môže čiastočne pôsobiť na sukcesiu hmyzu a to tak, že poskytuje útočisko pre vajíčka a larvy hmyzu. Keďže oblečenie ovplyvňuje vlhkosť tela, priťahuje zároveň aj druhy preferujúce vlhkejšie prostredie pre život. Naopak pre druhy preferujúce suchšie prostredie je oblečené telo menej atraktívne (Dillon 1995). Podobne na kolonizáciu mŕtvoly vplývajú aj faktory ako sú hmotnosť, vek, stav oblečenia a podobne (Šuláková 2006).

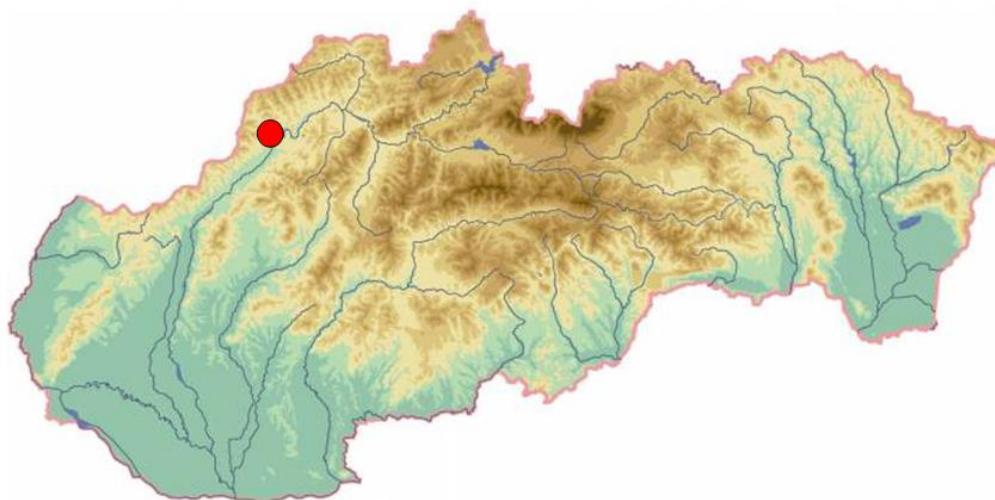
Zdá sa, že entomofauna môže vykazovať svoje preferencie aj v závislosti od veľkosti tela kadáveru (Erzinclioglu 1996), pokusy vykonané Daviesom (1990) vykazujú, že *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) môže preferovať telá väčších veľkostí.

3. METODIKA

Výskum zaoberajúci sa sezónnymi nárokmi so zameraním na čelade nekrofágneho hmyzu prebiehal od marca 2019 do marca 2020 na troch vytipovaných lokalitách v okolí Púchova na severozápade Slovenska. Počas skúmanej doby dochádzalo prevažne k sledovaniu sezónnosti hmyzu. Z toho dôvodu prebiehali odbery biologického materiálu celoročne. Každá individuálna sezóna predstavovala rozdielny časový interval, kedy bol nekrofágny hmyz najhojnejší a bol zastúpený v najväčších počtoch. Konkrétne sezóny boli štyri, a to: zimná, jarná, letná a jesenná sezóna. Jednotlivé sezóny nie sú zhodné s ročnými obdobiami a dátumy konkrétnych sezón sa mierne líšia v závislosti od hojnosti individuí. Preto je zimná sezóna v období 1. 12. – 15. 3, jarná 16. 3. – 15. 5, letná 16. 5. – 31. 8. a jesenná od 1. 9. – 30. 11.

3.1. Popis skúmaného územia

Výskum bol situovaný na severozápade Slovenska, v Trenčianskom kraji, v okolí Púchova, ktorý leží 265 m n. m. (obr. 1). Púchov leží v údolí rieky Váh a na pomedzí pohorí Javorníky, Biele Karpaty a Strážovské vrchy. Územie má preto poväčšine podhorský charakter a tomu zodpovedá aj vegetácia. Klimatické podmienky sú typicky vnútrozemské.



Obr. 1: Mapa Slovenska s vyznačenou skúmanou oblasťou Púchov (mapa prevzatá z <https://www.purposegames.com/game/pohoria-a-niziny-slovenska>)

3.2. Lokality a biotopy

V okolí Púchova boli vytipované lokality reprezentujúce tri odlišné typy biotopov, a to lesný biotop, lúka a biotop intravilánu obce (obr. 2). Každý z biotopov sa vyznačoval špecifickými vlastnosťami, ktoré pôsobili na druhové spektrum zaznamenané v pasciach. V každom z biotopov boli inštalované tri pasce. Biotopy sa líšili svojim charakterom, pričom vidiecke biotopy predstavovali les a lúka. Opačným príkladom bol biotop intravilánu obce, ktorý predstavoval mestský biotop bohatý prevažne na synantropné druhy.



Obr. 2: Satelitná mapa s vyznačenými biotopovými lokalitami (mapa prevzatá z <https://www.google.sk/maps/@49.0890241,18.3089983,3947m/data=!3m1!1e3?hl=cs>)

3.2.1. Lokalita č. 1 - Intravilán obce

Lokalita sa nachádzala v obci Dolné Kočkovce. Pasce boli inštalované na úzkom pozemku, v prednej časti, strednej a v zadnej časti. Prvá návnada bola inštalovaná na odpadovej rúre medzi domami. Druhá návnada bola umiestnená v strednej časti záhrady, v blízkosti sa nachádzala menšia záhradka, zberná nádoba na vodu a altánok. Tretia návnada bola inštalovaná na oplotení v zadnej časti záhrady. V blízkosti sa nachádzal potok, menšia záhradka a nádoba na kompost. GPS súradnice konkrétnych návnad boli: 49.539498 S, 18.192255 V; 49.539916 S, 18.192228 V a 49.540460 S, 18.192234 V (obr. 6).

3.2.2 Lokalita č. 2 – Lesný biotop

Lokalita sa nachádzala v blízkosti obce Horenická Hôrka, od ktorej bola

vzdialená viac ako 2 km. Lokalita bola zvolená podľa dostupných možností, tak aby spĺňala kritéria. Lokalita predstavovala zmiešaný les, v ktorom boli dominantnými rastlinnými druhmi zo stromového spektra *Corylus* sp. a *Picea* sp. Pasce boli umiestnené viac ako 100 m od hranice lesa. To umožnilo odchyt druhov primárne z lesného biotopu a bolo tak zabránené výskytu hraničných druhov. Všetky návnady boli umiestnené na stromoch vo výške viac ako 1 m nad zemou. V blízkosti návnady č. 3 sa nachádzala lesná chatka. GPS súradnice konkrétnych lokalít boli: 49.084499 S, 18.304103 V; 49.085432 S, 18.304047 V a 49.084956 S, 18.303751 V (obr. 5).

3.2.3. Lokalita č. 3 - Lúka

Lokalita sa nachádzala v blízkosti obce Horenická Hôrka, od ktorej bola vzdialená viac ako 1 km. GPS súradnice jednotlivých pascí boli: 49.080676 S, 18.306134 V; 49.080937 S, 18.306865 V a 49.081033 S, 18.308942 V (obr. 4). Vo vzdialenosti 300 m od pascí sa nachádzala komunálna cesta. Pasce boli umiestnené na drevinách, ktoré tvorili súvislý pás pozdĺž lúky. Na lúke prevažovali trávnaté byliny. V blízkosti pasce č. 3 sa nachádzal menší potok a chata. Pasca bola umiestnená na strome tak, aby bolo zabránené jej odcudzenie. Vo vzdialenosti 2 m sa nachádzala poľná cesta. Pasce č. 1 a 2 boli od poľnej cesty vzdialené viac ako 10 m a v ich blízkosti sa nenachádzala žiadna vodná plocha ani obydlie.

3.3. Pasca

3.3.1. Umiestnenie

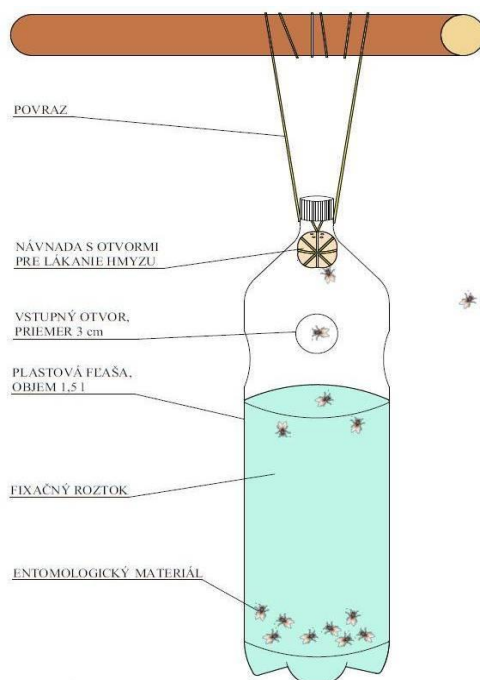
Proteínové pasce boli inštalované v troch skúmaných biotopoch. Individuálna pasca musela byť umiestnená priamo v konkrétnom biotope, nie však na hranici so susediacim biotopom. Boli tak inštalované najmenej 100 m od hranice biotopu. Tento fakt zamedzuje výskytu druhov v pasci z iného biotopu. Pasce boli priviazané vo výške 1 m až 2 m, čo zabránilo poškodeniu predátormi a lepší prístup pre lietajúci hmyz. Zároveň boli v biotope umiestnené tak, aby vzdialenosť medzi sebou nebola menšia ako 50 m. To zabezpečilo získanie väčšieho druhového spektra z konkrétneho biotopu. Pasce boli nainštalované tak, aby sa zabránilo ich odcudzeniu človekom a boli dostatočne nenápadné, aby nelákali priveľkú pozornosť. Preto boli zvolené pasce, ktoré mali svetlozelené sfarbenie. Sfarbenie pascí bolo na každej lokalite rovnaké, aby nedochádzalo k preferencii určitého sfarbenia hmyzom.

3.3.2. Zhotovenie

Pasca bola zhotovená z plastovej fľaše s objemom 1,5 l, v ktorej bol v 1/3 z hornej časti nádoby vyrezaný otvor s priemerom 3 cm. Veľkosť otvoru bola adekvátne k pozorovaným skupinám, nakoľko by pri väčšom priemere otvoru mohlo dôjsť ku konzumácii návnady vyššími stavovcami. Pod uzáverom bolo umiestnené bravčové mäso obalené v bavlnenej textílii, ktoré bolo následne dodatočne obalené igelitovým vrecúškom. Igelit primárne slúžil na to, aby nebolo mäso ihneď skonzumované hmyzom, a aby v pasci pretrvalo po dobu jedného mesiaca. Celá návnada bola omotaná povrazom, čo zaistilo jej pevnosť (obr. 7). Konce povrazu boli prevlečené cez hrdlo plastovej fľaše, zaistené vrchnákom, aby umožnili uchytenie na strome. Do vrchnej časti balíčka s mäsom boli vytvorené 3 drobné dierky, čo zabezpečilo, že hnilobné pachy z mäsa boli uvoľňované do priestoru a umožnili tak nalákavie hmyzu.

Cez vyrezaný otvor bol na odbernom mieste do návnady naliaty roztok, ktorý zaisťoval fixáciu entomologického materiálu a jeho usmrtenie. Roztok bol zložený z 1 litra vody, 1 ml detergentu (v mojom prípade prípravok JAR na umývanie riadu) a 2 – 3 ml 36 – 38 % formaldehydu (obr. 3).

Pasca bola zhotovená podľa Šuláková (2016).



Obr. 3: Nákres pasce zhotovenej z pet fľaše

3.4. Záznam počasia

Na odhalenie sezónnych rozdielov vzhľadom k denným poveternostným podmienkam boli zaistené údaje pochádzajúce z internetovej stránky www.meteoblue.com. Modely počasia z www.meteoblue.com sú založené na technológii NMM (Nehydrostatické mezo-scale modelovanie). Dáta predstavujú simulačné údaje, ktoré však z vysokou pravdepodobnosťou môžu nahradiť skutočné merania. Výpočty modelov sa počítajú pre "domény", pričom je každá doména rozdelená do buniek mriežky. Priemerná vzdialenosť medzi stredmi siete sa pohybuje od 30 km do 1 km. Informácie o teplote a veternosti sú počítané s priemernou nadmorskou výškou, veľkosť bunky mriežky je 12 km x 12 km. Každá bunka mriežky má svoju jedinečnú polohu, nadmorskú výšku, expozíciu, typ zemskeho povrchu a hraničné podmienky. Klimatické podmienky boli zaznamenávané z lokality Púchov 49.12° S 18.33° V. Pre relevanciu výskumu boli zaznamenávané hodnoty dennej teploty v °C, relatívnej vlhkosti vzduchu v % a množstvo zrážok v mm (tab. 1.).

Rok	2019										2020		
	Mar	Apr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Priemerná mesačná teplota °C	7,21	11,74	12,90	22,24	20,10	22,07	15,72	12,02	8,30	2,93	1,04	4,46	6,20
Priemerná maximálna teplota °C	12,02	16,97	17,23	27,30	25,47	27,42	21,09	17,40	12,43	6,27	4,03	8,32	10,36
Priemerná minimálna teplota °C	2,34	6,12	7,84	15,56	13,71	15,89	10,13	7,16	4,58	0,60	-1,12	0,88	2,20
Zrážky (mm)	1,43	0,70	2,56	0,54	1,11	0,79	1,35	1,16	2,31	0,92	0,15	1,55	1,20
Vlhkosť %	66,23	60,53	71,81	66,99	65,88	63,19	68,07	70,74	78,37	81,32	81,68	74,62	70,29
Rýchlosť vetra m/s	15,83	15,95	13,68	10,97	9,04	9,11	10,34	10,16	12,04	13,44	10,18	19,33	13,20

Tab. 1. Meteorologické podmienky zaznamenané počas skúmaného obdobia. Hodnoty predstavujú zpriemerované denné hodnoty, pôvodné dáta sú prebrané z meteoblue.com.

3.5. Zber a kontrola

Kontrola pascí prebiehala 1x týždenne, pričom dochádzalo k pravidelnému odberu entomologického materiálu z pascí. Mäsová návnada bola menená 1x mesačne, prípadne počas letných mesiacov 2x mesačne. To umožňovalo iba odber druhov lákaných na počiatočné štádium dekompozície (obr. 9 – 11).

Entomologický materiál bol odobraný do vopred označených nádob, aby nedochádzalo k ich znehodnoteniu a zámene. Výber prebiehal tak, že sa obsah roztoku v pasci preliat do nádob, pričom každá nádoba zodpovedala konkrétnej pasci (s číslom 1, 2 a 3). Entomologický materiál sa pritom zachytil na sitku, umiestnenom na nádobe (obr. 8). Hmyz odstránený z roztoku bol následne premiestnený do zbernej nádoby so 70 % etanolom. Následne prebiehala laboratórna determinácia materiálu (obr. 12 – 13). Určovanie prebiehalo na úrovni čeľadí a rádov, v prípade čeľadí Calliphoridae, Sarcophagidae, Silphidae a Muscidae do rodov, prípadne druhov. K určovaniu dochádzalo po vytiahnutí entomologického materiálu z ethanolu na petriho misku. Laboratórna determinácia prebiehala za použitia binokulárnej lúpy (Levenhuk 2ST).

Pri determinácii materiálu boli využité špecializované kľúče k čeľadiam. Calliphoridae: Rognes (1991), Akbarzadeh et al. 2015, Sarcophagidae: Mulieri et al. 2010. Ďalšie použité kľúče: Daněk 1990, Povolný & Verves 1997, Carvalho & Mello-Patiu 2008, bakalárska práca Simona Barčíková – Nekrofágne skupiny hmyzu (Coleoptera: Silphidae; Diptera: Sarcophagidae a Calliphoridae) na území Českej republiky a Slovenska (2018). Nomenklatúra je upravená podľa Fauna Europaea.

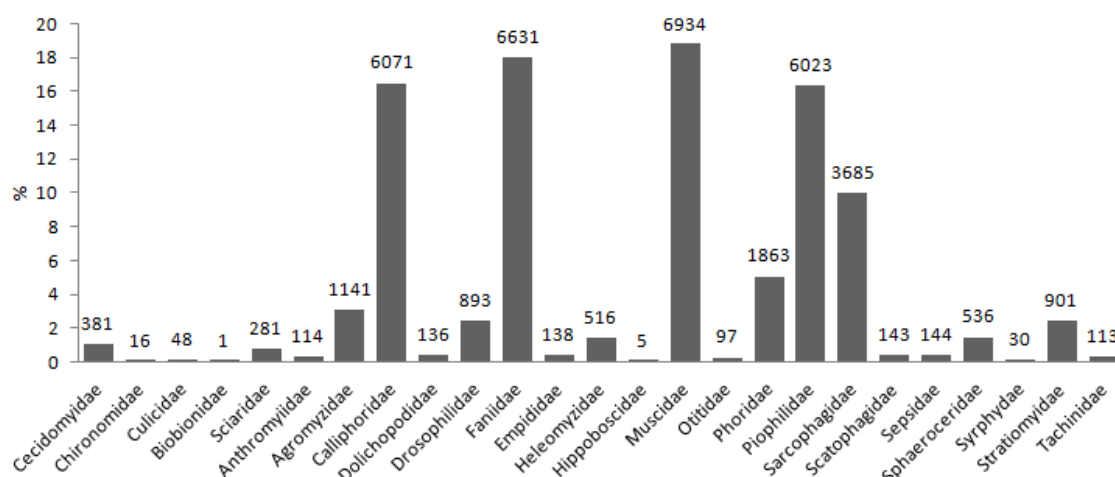
3.6. Spracovanie výsledkov

Na spracovanie výsledkov a ich štatistické zhodnotenie bol použitý štatistický program R. Tabuľky a grafy boli spracované za použitia programu Microsoft Excel. Pre štatistické zhodnotenie výsledkov závislosti počtu jedincov na teplote bola použitá metóda výpočtu Spearmanovho korelačného koeficientu.

4. VÝSLEDKY

4.1. Kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnotenie pre oblasť Púchov

Počas odchyty, ktorý trval od marca 2019 do marca 2020 bolo celkovo odchytených 40 234 jedincov, ktorí boli zaradení do 13 rádov a 48 čeľadí. Celkovo bol dominantnou skupinou rád Diptera tvoriaci 91,6 % celkového počtu odchytených jedincov. Druhým najpočetnejším rádom bol rád Coleoptera (2,28 %) a tretiu najpočetnejšiu skupinu tvorili zástupcovia rádu Dermaptera (2,16 %) (tab. 2. prílohy). Zástupcovia rádu Diptera boli určení do čeľadí, pričom dominantné čeľade s najvyšším počtom odchytených jedincov boli čeľade Calliphoridae (16,48 %), Muscidae (18,82 %), Faniidae (17,99 %) a Piophilidae (16,34 %) (graf 1, tab. 2. prílohy). Dominantné čeľade patria k prvým kolonizátorom na mŕtvole v počiatočnom štádiu rozkladu, ako aj k štádiám pokročilejšieho rozkladu.

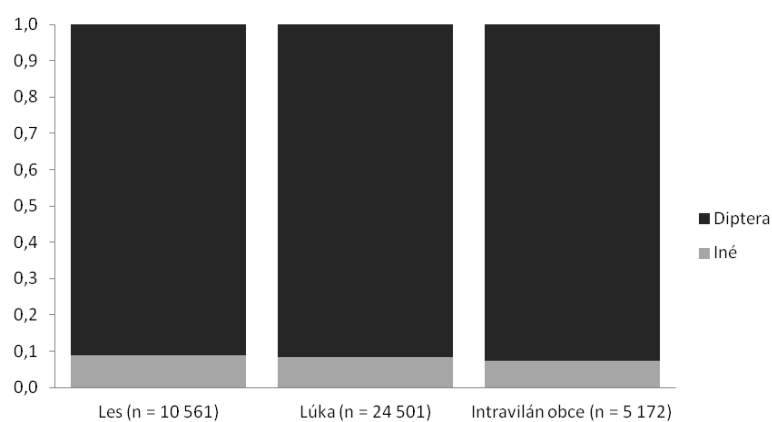


Graf 1. Distribúcia relatívnych početností odchytených čeľadí rádu Diptera pre oblasť Púchov ($n = 36\,841$)

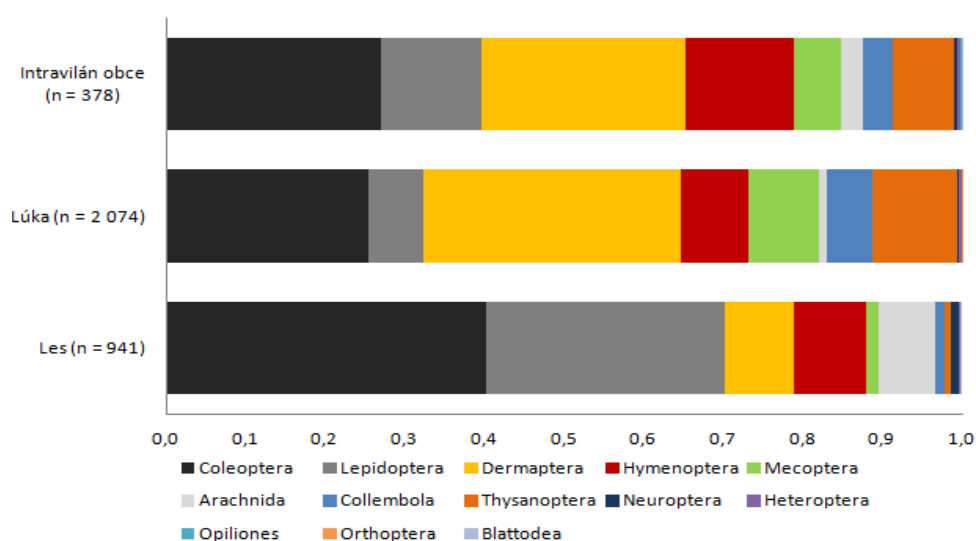
4.2. Kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnotenie pre jednotlivé lokality (biotopy)

Celkové počty odchytených jedincov sa od typu biotopu líšili. Najviac jedincov bolo odchytených v biotope lúka ($n = 24\,501$), lesný biotop bol druhým najpočetnejším biotopom ($n = 10\,561$) a intravilán obce bol najmenej početným biotopom ($n = 5\,172$)

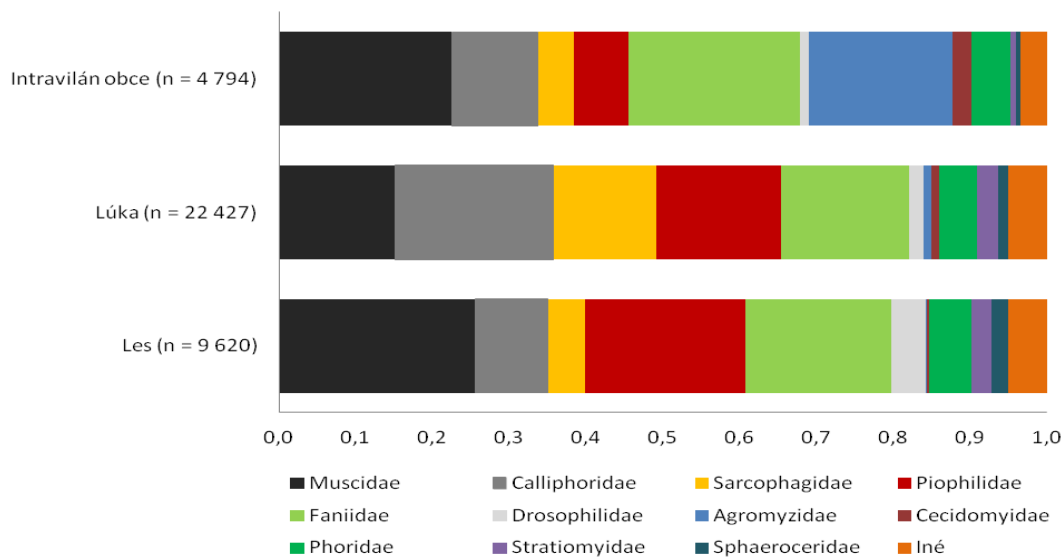
(tab. 2. prílohy). Distribúcia jedincov nebola vo všetkých troch typoch biotopov rovnomerná. Avšak zástupcovia rádu Diptera boli dominantní vo všetkých biotopoch (graf 2.). Distribúcia odchytených individuí rádu Diptera bola medzi rozdielnymi biotopmi vyvážená (graf 17. prílohy). Zvyšné determinované jedince patriace do 12 rádov, tvorili zlomok odchyty na každej lokalite. Ich distribúcia sa v závislosti od typu biotopu líšila (graf 3.). Determinované čeľaďe patriace do rádu Diptera vykazovali podobné biotopové preferencie a líšili sa svojou distribúciou (graf 4.). Pri porovnaní odchyty (rády okrem Diptera) konkrétnych pascí v jednotlivých lokalitách sa vidiecke typy biotopu (les a lúka) vyznačujú podobným zložením. Vidiecke biotopy sa tak líšia od mestského biotopu (intravilán obce) (graf 18. prílohy).



Graf 2. Distribúcia relatívnych početností rádu Diptera a iných rádov v odlišných typoch biotopov a porovnanie odchytených jedincov rádu Diptera k odchyteným jedincom iných rádov



Graf 3. Distribúcia relatívnych početností odchytených jedincov iných rádov, okrem rádu Diptera) v rozdielnych typoch biotopov



Graf 4. Distribúcia relatívnych početností determinovaných čeľadí rádu Diptera v rozdielnych typoch biotopov

4.2.1. Les

V biotope les bolo zaznamenaných 11 rádo, v rámci ktorých bolo identifikovaných 40 čeľadí (tab. 4. prílohy). Okrem dominantného rádu Diptera (91,08 %) boli relatívne početné aj rády Coleoptera (3,58 %) a Lepidoptera (2,67 %) (graf 3.). Dominantnou čeľad'ou v biotope les bola čeľad' Muscidae (25,63 %). Druhá najpočetnejšia čeľad' bola Piophilidae (20,95 %), nasledovala čeľad' Faniidae (18,91 %). Patria tak k eudominantným čeľad'iam, nakoľko ich dominancia presahuje > 10 %. Calliphoridae (9,39 %) a Phoridae (5,51 %) tvoria dominantné čeľade, nakoľko ich percentuálne zastúpenie leží v rozmedzí 5 – 10 %. Sarcophagidae (4,84 %) patrí k subdominantným čeľad'iam (2 – 5 %). Prítomné boli aj recedentné čeľade (1 – 2 %), ako Stratiomyidae (2,56 %) a Sphaeroceridae (2,12 %) Ostatné čeľade s percentuálnym zastúpením < 1% patria k subrecedentným druhom (graf 4., tab. 3. prílohy).

V pascách boli odchytení aj náhodní kolonizátori. Počas obdobia od 23. 6. 2019 – 26. 8. 2019 bola zaznamenaná čeľad' Apidae, alebo boli prítomní zástupcovia čeľade Hippoboscidae, ktorí neboli prítomní v žiadnom inom type biotopu.

4.2.2. Lúka

Celkovo bolo v biotope lúka determinovaných 14 rádo, v rámci ktorých bolo určených 40 čeľadí (tab. 5. prílohy). V odchytoch dominoval rád Diptera (91,53 %)

(graf 2.). Recedentnú relatívnu distribúciu mali rády Dermaptera (2,72 %) a Coleoptera (2,15 %) (graf 3). Najpočetnejšou čeľad'ou rádu Diptera bola čeľad' Calliphoridae (20,64 %). Spolu s čeľad'mi Faniidae (16,69 %), Piophilidae (16,33 %), Muscidae (15,11 %) a Sarcophagidae (13,37 %) patrili k eudominantným zástupcom biotopu (graf 4., tab. 3. prílohy).

V biotope lúka boli okrem nekrofágnej fauny, ktorá priamo kolonizuje kadáver (Calliphoridae, Sarcophagidae), alebo je predátorom nekrofágneho hmyzu (Dermaptera, Coleoptera – Staphylinidae), odchytení aj náhodní kolonizátori pascí (Orthoptera, Apidae, Coleoptera – Cerambycidae) (tab. 4. prílohy).

Výsledky jesenného odchyty v biotope lúka boli čiastočne ovplyvnené predáciou (obr. 9). Dochádzalo k odstráneniu návnady a často aj celej pasce vplyvom rodu *Apodemus*. K odstráneniu návnad došlo počas doby troch týždňov v pasci č. 3 v biotope lúka. Prítomnosť predátora bola pravdepodobne ovplyvnená obdobím predácie (jeseň). Po objavení návnady bola predácia pravidelná. K jej zabráneniu by bolo nutné premiestniť pascu, čo ale mohlo spôsobiť ovplyvnenie druhového spektra nekrofágnej fauny.

4.2.3. Intravilán obce

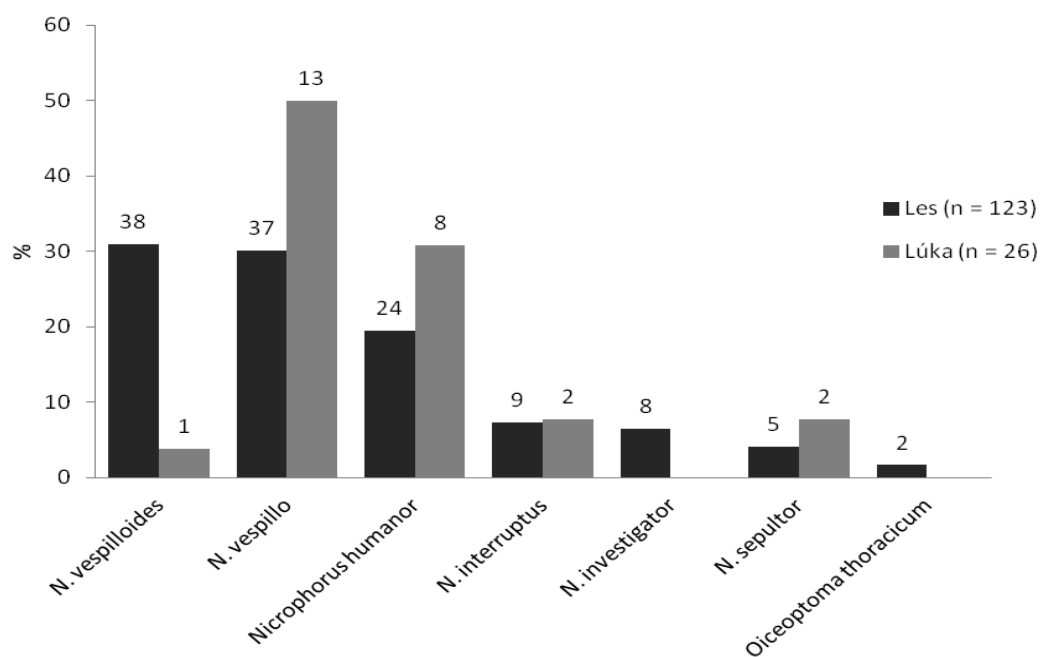
V biotope intravilán obce bolo determinovaných 13 rádiv a 33 čeľadí, predstavuje tak biotop s najmäňšou druhovou bohatosťou (tab. 6. prílohy). Celkovo dominoval rád Diptera (92,69 %) (graf 2.), zároveň boli vo vyšších relatívnych počtoch prítomné recedentné rády Hymenoptera (3,78 %) a Dermaptera (2,33 %) (graf 3.). V biotope bola z rádu Diptera najviac zastúpená čeľad' Muscidae (22,51 %), spolu s Faniidae (22,32 %) a Calliphoridae (11,24 %) patrili k eudominantným nekrofágny m druhom (graf 4., tab. 3. prílohy). Vysoký počet odchytených jedincov čeľade, ktorá nie je definovaná ako čeľad' nekrofágnej fauny, boli zástupcovia Agromyzidae (18,75 %). Išlo o obdobie od 23. 3. 2019 – 11. 5. 2019. Ich dominancia tak bola pravdepodobne ovplyvnená vzťahom ku kultúrnym plodinám. Podobne vykazovali svoju prítomnosť aj kultúrni škodcovia z čeľadí Anthomyidae alebo Cecidomyidae rádu Diptera a Chalcidae rádu Hymenoptera.

Výrazné preferencie k synantropnému biotopu vykazoval druh *Musca domestica* (tab. 5.). Jeho ojedinelý nález bol zaznamenaný v biotope lúka, tento nález však nebol pravidelný. V biotope intravilán obce bol zachytený pravidelný nález od 13. 4. 2019 – 14. 10. 2019.

4.3. Biotopové preferencie významných skupín nekrofágneho hmyzu

4.3.1. Coleoptera - Silphidae

Počty odchytených jedincov sa pohybovali v rozmedzí 1 – 10 jedincov na odber (1 pasca). V rámci čeľade bolo identifikovaných 7 druhov. V biotope les bolo identifikovaných všetkých 7 druhov a v biotope lúka iba 5 druhov (graf 5.). Celkovo najčastejšie zastúpeným bol druh *Nicrophorus vespillo* (n = 51). V biotope les dominoval druh *N. vespilloides* (30,89 %) a *N. vespillo* (30,08 %). V biotope lúka dominoval druh *Nicrophorus vespillo* (50 %). Celkovo *N. vespillo* tvoril 34 % z celkového počtu odchytených jedincov čeľade Silphidae. Spolu s *N. vespilloides* (26 %) a *N. humanor* (22 %) patrili medzi eudominantné druhy. V biotope intravilán obce bol zaznamenaný nulový výskyt jedincov čeľade Silphidae (tab. 6. prílohy). V odchytoch dominovala podčeľaď Nicrophorinae (98,65 %), podčeľaď Silphinae bola zastúpená minimálne (1,34 %), konkrétne iba druhom *Oiceoptoma thoracicum*, ktorý bol odchytený počas zberu iba 2x v biotope les. Patrí tak medzi subprecedentné druhy.

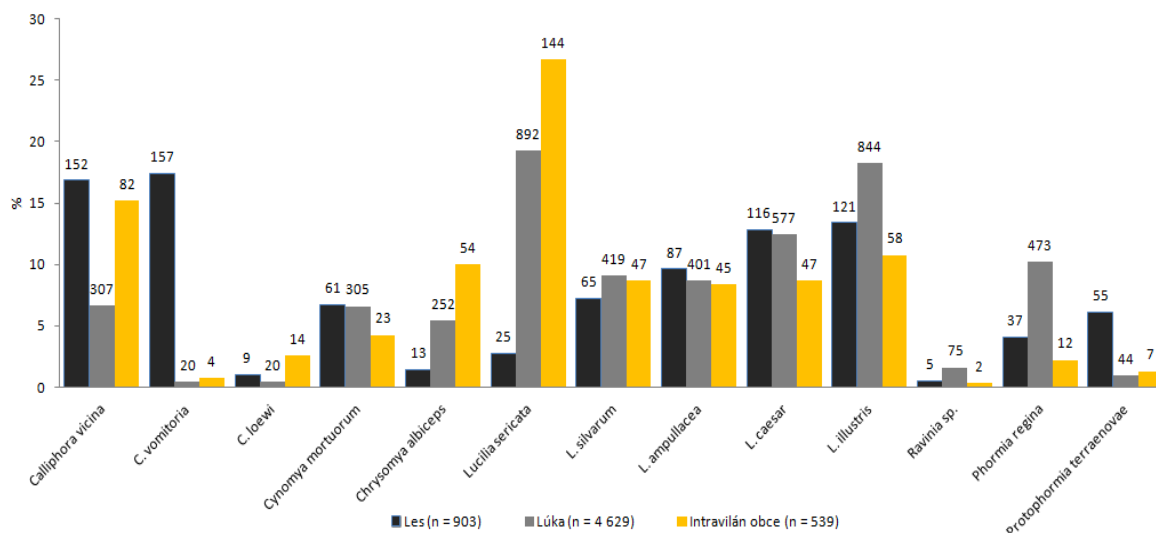


Graf 5. Dominancia odchytených druhov čeľade Silphidae v biotopoch les (n = 123) a lúka (n = 26)

4.3.2. Diptera

4.3.2.1. Calliphoridae

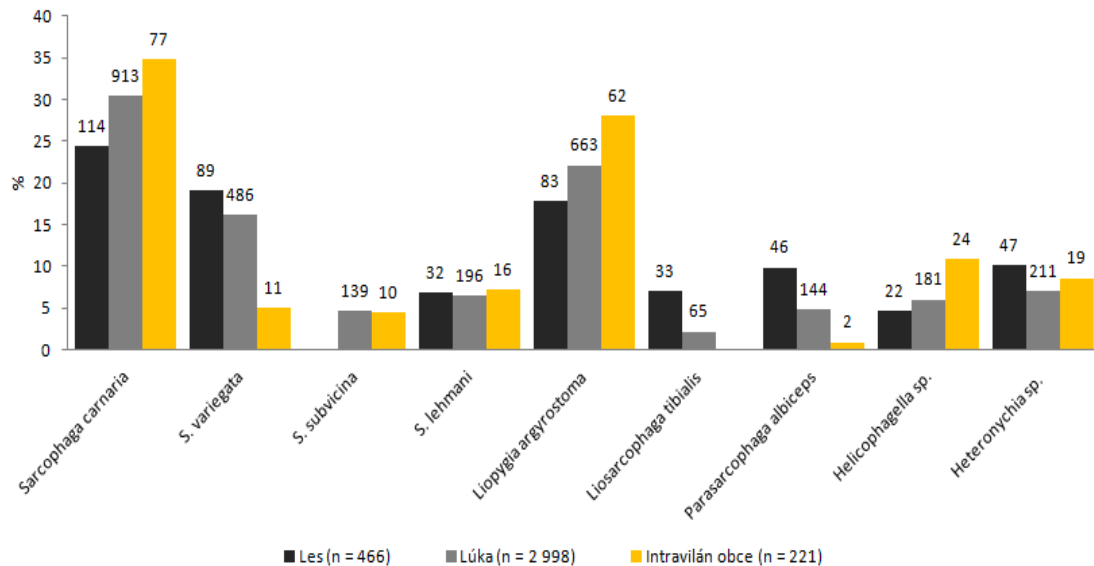
Celkovo bolo identifikovaných 13 druhov. Najviac individuí bolo odchytených v biotope lúka (n = 4 629). V biotope les dominoval druh *Calliphora vomitoria* (17,38 %), zároveň *C. vomitoria* tento biotop preferovala (tab. 4. prílohy). Jej počty v biotope lúka (0,43 %) a intravilán obce (0,74 %) boli zanedbateľné (graf 6). V biotope les boli dominantnými druhmi aj *Calliphora vicina* (16,83 %), *Lucilia caesar* (12,84 %) a *Lucilia illustris* (13,39 %). Dominantným druhom biotopu lúka bola *Lucilia sericata* (19,26 %). Spolu s druhmi *Lucilia illustris* (18,23 %) a *Lucilia caesar* (12,46 %) patrili k eudominantným druhom biotopu. V biotope intravilán obce prevládal synantropný druh *L. sericata* (26,71 %) a *Calliphora vicina* (15,21 %).



Graf 6. Dominancia odchytených druhov čeľade Calliphoridae v rozdielnych typoch biotopov

4.3.2.2. Sarcophagidae

Celkovo bolo v rámci čeľade Sarcophagidae identifikovaných 9 druhov. Najviac individuí z čeľade Sarcophagidae bolo odchytených v biotope lúka (n = 2 998). Eudominantné druhy v biotope lúka predstavovali *Sarcophaga carnaria* (30,45 %) a *Liopygia argyrostoma* (22,11 %). Zároveň druhy *S. carnaria* (34,84 %) a *L. argyrostoma* (28,05 %) patrili k dvom výrazne dominantným druhom v biotope intravilán obce. V biotope les dominovala *S. carnaria* (24,46 %), podobne bol dominantný aj druh *Sarcophaga variegata* (19,09 %) (graf 7.).

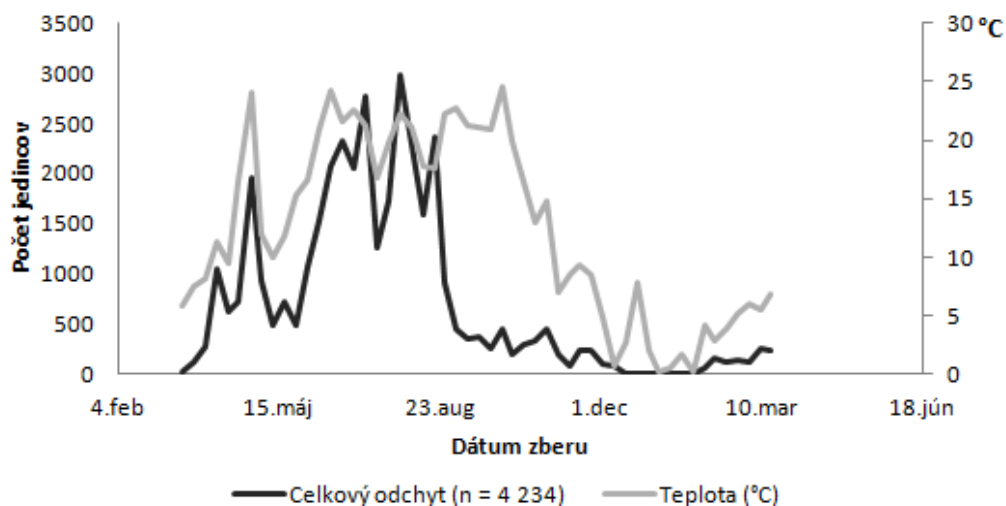


Graf 7. Dominancia odchytených druhov čeľade Sarcophagidae v rozdielnych biotopoch

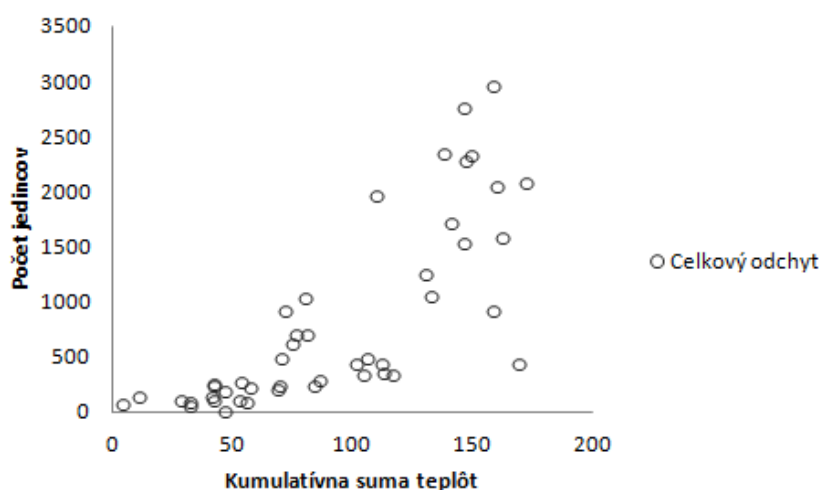
4.4. Teplotná závislosť

4.4.1. Sezónne preferencie

Najviac jedincov bolo odchytených v letných mesiacoch a to 69,80 % (n = 28 084). Aktivita smerom k chladnejším mesiacom klesala (graf 8.), pričom jesenný odchyt tvoril 9,4 % a zimný 3,11 %. Minimálny počet odchytených jedincov bol zaznamenaný v mesiacoch december (n = 206) a január (n = 0). V období od 16. 12. 2019 – 27. 1. 2020 bol zaznamenaný nulový výskyt jedincov vo všetkých typoch biotopov (tab. 4. – 6. prílohy). Počas jarných mesiacov bol zaznamenaný nárast jedincov oproti zimným. Jarný odchyt tvoril 17,67 % z celkového počtu odchytených jedincov. Mesiace, kedy bol zaznamenaný najvyšší počet odchytených jedincov boli zároveň aj mesiace, kedy bola priemerná denná teplota najvyššia (graf 8.). Výsledky preukazujú pozitívnu koreláciu medzi celkovým počtom odchytených jedincov a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.852$, $p\text{-value} < 0,001$), pričom pri rastúcej teplote rastie aj počet odchytených jedincov (graf 9.).



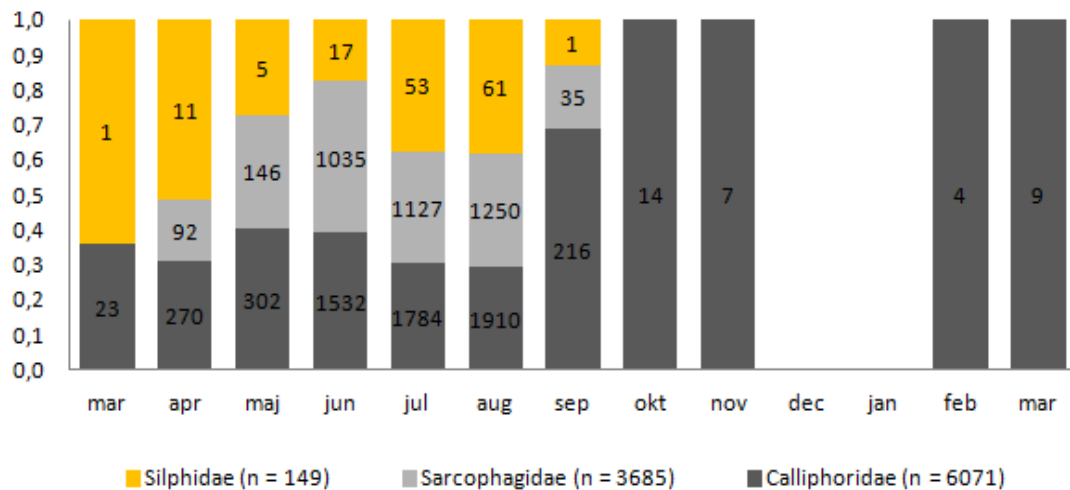
Graf 8. Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a celkových počtov odchytených jedincov v závislosti od dátumu zberu pričom priemerná týždenná teplota predstavuje relatívnu týždennú teplotu pred výberom pasce



Graf 9. Korelácia medzi celkovým počtom odchytených jedincov ($n = 4234$) a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.852$, $p\text{-value} < 0,001$)

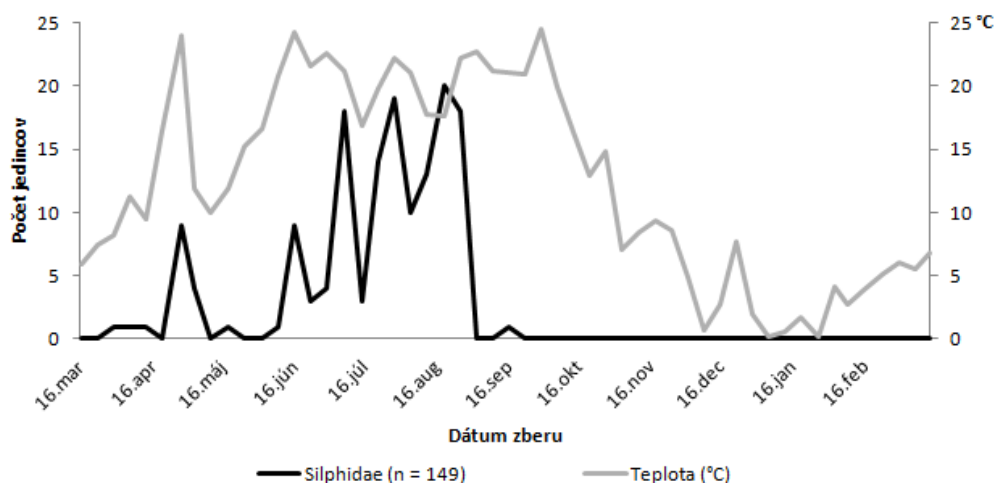
4.4.2. Fenológia a teplotné závislosti významných nekrofágnych skupín

Aktivita významných nekrofágnych skupín sa líšila v závislosti od čelade a od teplotných preferencií. Čelade Silphidae rádu Coleoptera a Sarcophagidae rádu Diptera boli aktívne primárne počas letných mesiacov. Vzájomné relatívne počty čeladi boli vyrovnané v mesiacoch júl a august (graf 10.).

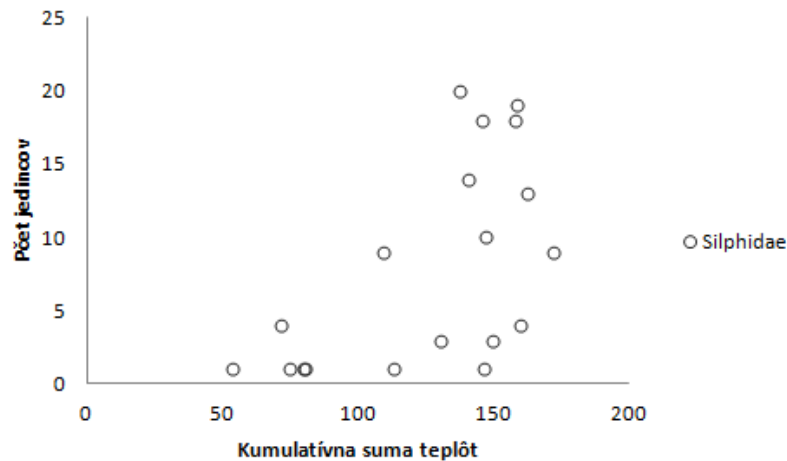


Graf 10. Vzájomné porovnanie relatívneho odchytu čeladi *Silphidae*, *Sarcophagidae* a *Calliphoridae* v závislosti od mesiaca zberu

Jedince čelade *Silphidae* z rádu *Coleoptera* boli odchytené v období 30. 3. 2019 – 16. 9. 2019, teda v jarnej a letnej sezóne (graf 10. – 11.). Najvyššia aktivita bola zaznamenaná od prvej polovice júna do konca augusta ($n = 132$). Nulová aktivita bola zaznamenaná v období od 23. 9. 2019 – 15. 3. 2020. Pri náraste priemernej týždennej teploty dochádzalo zároveň k nárastu odchytených jedincov (graf 11.). Výsledky ukazujú koreláciu medzi počtom odchytených individuí čelade *Silphidae* a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.481$, $p\text{-value} = 0.037$), pričom pri rastúcej teplote rastie aj počet odchytených jedincov (graf 12.).

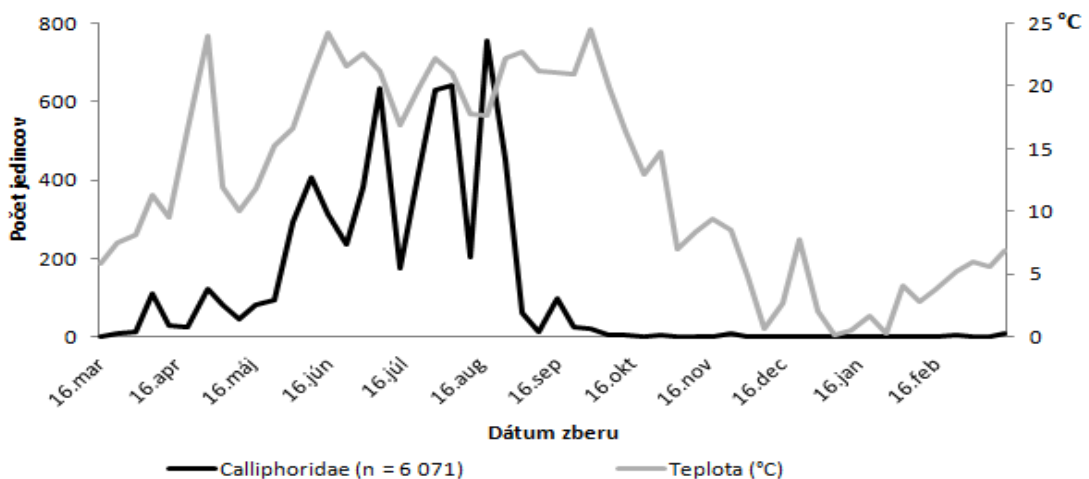


Graf 11. Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu odchytených individuí z čelade *Silphidae* pričom priemerná týždenná teplota predstavuje relatívnu týždennú teplotu pred výberom pasce

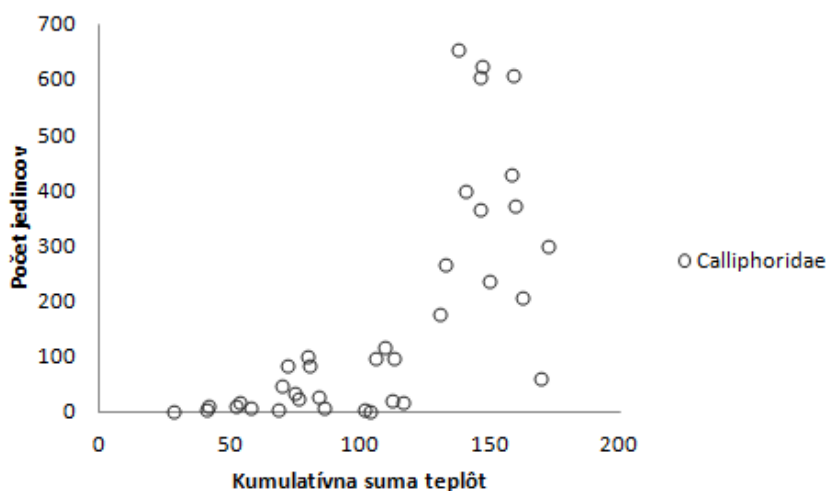


Graf 12. Korelácia medzi počtom individuí čeľade Silphidae ($n = 149$) a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.481$, p -value = 0.037)

Aktivita čeľade Calliphoridae bola 1. 4. 2019 – 31. 10. 2019, teda v jarnej, letnej a čiastočne jesennej sezóne (graf 13.). V období od novembra do marca boli zaznamenané ojedinelé prípady (graf 10.). Najvyšší celkový počet odchytených individuí bol zaznamenaný 19. 8. 2019 ($n = 654$). Nulový výskyt bol zaznamenaný v období 2. 12. 2019 – 9. 2. 2020. Pri rastúcej priemernej teplote rástol aj počet odchytených individuí z čeľade Calliphoridae (graf 13.). Najvyššia aktivita bola zaznamenaná pri najvyšších denných teplotách. Výsledky tiež ukazujú koreláciu medzi počtom odchytených individuí čeľade Calliphoridae a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.767$, p -value < 0,001), pričom pri rastúcej teplote rastie aj počet odchytených jedincov (graf 14.).

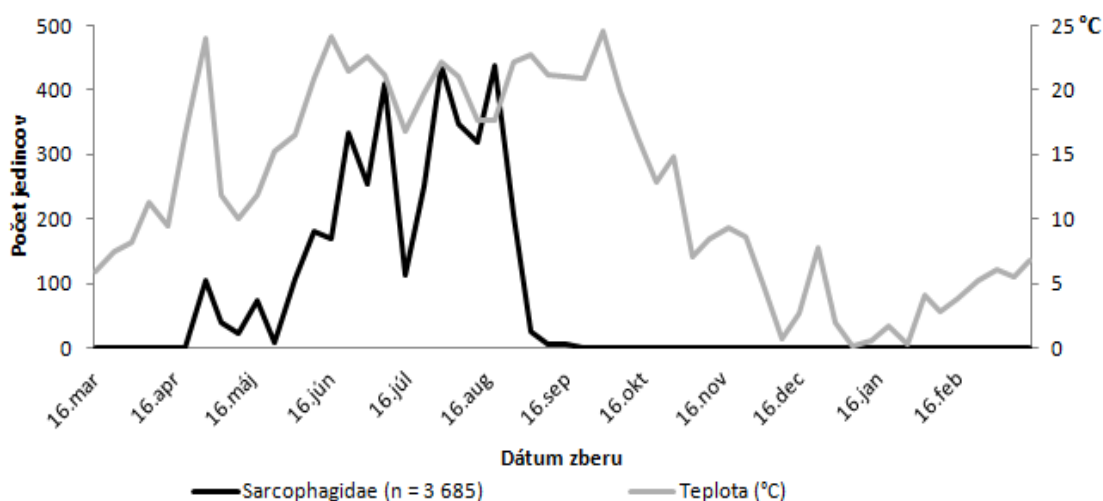


Graf 13. Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu individuí celkovo odchytených z čeľade Calliphoridae pričom priemerná týždenná teplota predstavuje relatívnu týždennú teplotu pred výberom pasce

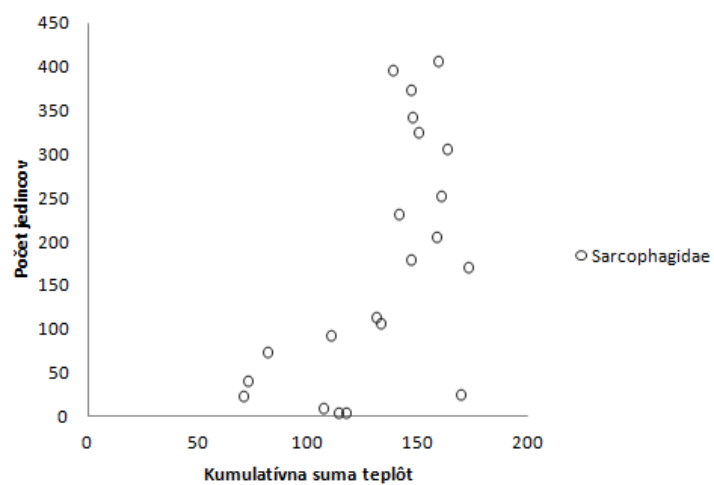


Graf 14. Korelácia medzi počtom odchytených individuí čeľade Calliphoridae ($n = 6\,071$) a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.767$, $p\text{-value} < 0,001$)

Aktivita čeľade Sarcophagidae bola od 28. 4. 2019 do 16. 9. 2019, primárne v letnej sezóne (graf 10.). Najvyšší celkový počet odchytených individuí bol zaznamenaný 29. 7. 2019 ($n = 407$). V období od 23. 9. 2019 – 15. 3. 2020 bol zaznamenaný nulový výskyt zástupcov čeľade Sarcophagidae. Pri maximálnych denných teplotách boli zaznamenané najvyššie počty odchytených individuí. Pri poklese teploty aktivita klesala (graf 15.). Výsledky tiež ukazujú koreláciu medzi počtom odchytených jedincov čeľade Sarcophagidae a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.575$, $p\text{-value} = 0.007$), pričom pri rastúcej teplote rastie aj počet odchytených jedincov (graf 16.).



Graf 15. Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu odchytených individuí z čeľade Sarcophagidae, priemerná týždenná teplota predstavuje relatívnu týždennú teplotu pred výberom pasce



Graf 16. Korelácia medzi počtom odchytených individuí čeľade Sarcophagidae ($n = 3\,685$) a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.575$, $p\text{-value} = 0.007$)

5. DISKUSIA

Výskum prebiehal na severozápade Slovenska v regióne Púchov, kde boli vytipované tri lokality s rozdielnymi typmi biotopov, na ktorých boli umiestnené pasce. Odchyt jedincov prebiehal jeden rok, a to od 16. 3. 2019 – 15. 3. 2020. Obdobie reprezentovalo štyri sezóny podľa aktivity nekrofágneho hmyzu. Najvyšší počet odchytených jedincov bol zaznamenaný počas letnej sezóny, čo predstavovalo 69,8 % (n = 28 084). V literatúre, ako napríklad Arnaldos et al. (2004), uvádzajú najvyšší počet odchytených jedincov počas jarnej sezóny (36,75 %). Odchýlka môže byť pravdepodobne spôsobená teplotnými podmienkami konkrétneho regiónu. V prípade zimnej sezóny s nimi môžem súhlasiť, nakoľko počet odchytených jedincov bol najnižší, konkrétne 1 254 jedincov, čo predstavovalo 3,11 % z celkového odchytu.

V zimnej sezóne bol nekrofágny hmyz zachytený v pascách v období 11. 12. 2019 – 4. 2. 2020, pričom od 18. 12. 2019 do 27.1. 2020 nebol zaznamenaný výskyt žiadneho hmyzu. Môžem tak súhlasiť aj s tvrdením Daněk (1990), že hmyz má sezónny charakter a v zime prebieha obdobie diapauzy. Zároveň platí, že aktivita nekrofágneho hmyzu bola počas zimných mesiacov znížená a v mesiacoch s najnižšou priemernou dennou teplotou bola aktivita nulová, podobne to uvádzajú aj Gunn (2011) alebo Reed (1958). Platí tak, že nízka teplota inhibuje aktivitu nekrofágneho hmyzu.

Napriek nízkym teplotám boli zastúpení zástupcovia niektorých skupín v malých počtoch (Araneae, Heleomyzidae, Phoridae a i.). Charabitz et al. (2016) podobne ako v mojich pokusoch zaznamenal výskyt čel'ade Heleomyzidae prevažne v chladnejších mesiacoch. Avšak to, že sú niektoré skupiny zastúpené v zimných mesiacoch neznamená, že sa počas celého roka nevyskytujú. Napríklad aktivita čel'ade Phoridae bola zaznamenaná počas celého roka. Podobné výsledky preukázal aj Schroeder (2003). Pričom najvyššia aktivita bola zaznamenaná v jarných a jesenných mesiacoch.

V chladnejších mesiacoch bol preukázaný aj výskyt niekoľkých dospelých jedincov z čel'ade Calliphoridae. Smith (1986) uvádza vo svojej práci, že zástupcovia čel'ade Calliphoridae sa počas zimných mesiacov nepodieľajú na rozklade mŕtveho tela. Tento názor bol neskôr vyvrátený (Charabidze et al. 2016) a preukázali výskyt druhu *Calliphora vomitoria* aj v zimných mesiacoch. Mnou získané dáta potvrdzujú tieto tvrdenia, nakoľko *Calliphora vomitoria* bola zaznamenaná aj v chladnejších mesiacoch, prevažne v lesnom type biotopu. Podobne bol zaznamenaný aj výskyt druhu *Calliphora vicina*, pričom Šuláková (2014) uvádza, že zástupcovia tohto druhu prezimujú ako

dospelí jedinci.

Teplejšie mesiace na rozdiel od chladných mesiacov spôsobujú vyššiu aktivitu nekrofágneho hmyzu. Zároveň platí, že konkrétne skupiny sú rôzne adaptované na teplotu a vyskytujú sa v dlhších, ale aj v kratších časových intervaloch v závislosti od teplotných tolerancií jednotlivých druhov (čeladi). Napríklad Schroeder (2003) uvádza, že zástupcovia čelade Calliphoridae sú primárne aktívni počas teplejších mesiacov, čiže od mája do októbra. Ide prevažne o druhy *Lucilia sericata* alebo *Phormia regina*, ktoré autor uvádza. Druh *Lucilia sericata* môžem považovať za teplomilný druh preferujúci vysoké teploty a slnečné žiarenie. Aktivita druhu *L. sericata* (podobne aj *Phormia regina*) bola zaznamenaná počas letných mesiacov od mája do septembra a aktivita tohto druhu tak korelovala s priemernou dennou teplotou. Počas tohto obdobia dochádzalo aj ku kladeniu a vývoju lariev, pričom larvy boli počas obdobia letných mesiacov v pascách často zastúpené. Predpoklad, ktorý Schroeder (2003) uvádza, že *Lucilia sericata* bola zastúpená iba na slnečných miestach musím vyvrátiť, nakoľko bola zastúpená vo všetkých typoch biotopov, teda aj v tienistom lesnom biotope.

V rámci čelade Calliphoridae môžem vyjadriť názor, že v letných mesiacoch dominovali zástupcovia rodu *Lucilia*. Konkrétne najviac zastúpenými boli *Lucilia sericata*, *Lucilia caesar* a *Lucilia illustris*. Podobne Byrd & Cartner (2010) uvádzajú najčastejších zástupcov letných mesiacov druhy *Lucilia sericata* a *Lucilia caesar*, ktorých aktivita prevažuje od začiatku júna po koniec septembra. Tereli et al. (2015) zaznamenali ako dominantný druh letných mesiacov druh *L. sericata*, s týmto výrokom môžem súhlasiť. Podobné výsledky zachytil aj Martínez-Sánchez et al. (2000), ktorý podobne považuje druh *L. sericata* najviac abundantný počas letných mesiacov. Literatúra ako Smith (1986) uvádza za najčastejší teplomilný druh *Luciliu illustris*. Podobne aj Martínez-Sánchez et al. (2000) uvádzajú ako teplomilný druh *Chrysomyu albiceps*. Tieto druhy boli taktiež zaznamenané prevažne v letných mesiacoch. Môžem ho tak považovať za druh preferujúci vyššie teploty. Vyššie spomenuté druhy sa dominanciou v letných mesiacoch v závislosti od autora líšia. Všeobecne sa dá považovať, že všetky vyššie spomenuté druhy čelade Calliphoridae preferujú vyššie teploty a ich výskyt v letných mesiacoch je bežný.

Ďalšou čeladou, ktorá obľubuje teplejšiu klímu a letné mesiace bola čelad' Sarcophagidae. Druhy čelade Sarcophagidae boli aktívne od začiatku mája do konca augusta. Súhlasím tak s tvrdením Schroeder et al. (2003), že Sarcophagidae patria medzi druhy obľubujúce teplejšie ročné obdobia. Na úrovni druhu neboli zaznamenané výrazné

rozdiely v teplotných toleranciách. Podobné časové intervaly aktivity Sarcophagidae uvádza aj Verves et al. (2017), popisujúci aktivitu konkrétnych druhov čeľade Sarcophagidae.

V pascách boli okrem zástupcov počiatočného štádia rozkladu z rádu Diptera zaznamenaní aj kolonizátori z rádu Coleoptera, konkrétne čeľade Silphidae. Jedinci boli odchytení v jarnej, letnej a jesennej sezóne, v období od 30. 3. 2019 – 9. 9. 2019, čo sa taktiež zhoduje s publikovanými zdrojmi (Kocarek 2001). Zároveň môžem s Kocarkem (2001) súhlasiť, že druh *Nicrophorus investigator* je aktívny v lete a na jeseň. Počas skúmaného obdobia bol odchytený v období od 16. 6. 2019 – 27. 8. 2019. Iní zástupcovia čeľade Silphidae, napríklad *Nicrophorus humanor* majú skoršiu aktivitu. Tento druh bol v pascách odchytený už 30.3. 2019.

Podobné preferencie vykazovali aj zástupcovia čeľade Staphylinidae z rádu Coleoptera, ktorí boli aktívne zaznamenávaní od mája do polovice augusta, teda primárne v letnej sezóne. Konkrétne od 4. 5. 2019 – 19. 8. 2019. Ojedinele sa vyskytli aj v októbri, ich počty boli ale zanedbateľné. Čiastočne sa tak stotožňujem s tvrdením Madra et al. (2014), nakoľko časť jedincov bola zaznamenaná aj v jarnej sezóne. Avšak Madra et al. (2014) v období jari uvádzajú najvyšší počet zaznamenaných jedincov. Castro et al. (2013) uvádzajú, že zástupcovia čeľade Staphylinidae sa vyskytujú na mršinách po celý rok, s týmto tvrdením v mojom prípade nemôžem súhlasiť. Čeľaď Staphylinidae tiež predstavovala dominantnú čeľaď patriacu do rádu Coleoptera (tab. 4. - 6. prílohy).

Niektoré čeľade preferujú teplejšiu klímu, iné naopak chladnejšiu. Môžeme ich tak objaviť v rôznych obdobiach počas roka. Avšak nájdeme aj pár skupín, ktoré boli aktívne počas celého roka (Muscidae, Piophilidae, Faniidae, Phoridae). Takéto skupiny (čeľade, rády) boli taktiež v pascách zaznamenané. Treba však brať do úvahy, že tieto skupiny boli určované prevažne na úrovni čeľadí, pričom môže dochádzať k výrazným rozdielom na úrovni druhov. To mohlo spôsobiť odchýlky, že bola daná skupina zaznamenaná počas celého roka.

Jednou z takýchto skupín bola napríklad čeľaď Muscidae. V rámci čeľade Muscidae boli jedince určené na úrovni rodu. V zimnom období prevažoval rod *Muscina* sp. Klimešova et al. (2014) uvádzajú, že dominantným druhom v zimných mesiacoch je *Muscina prolapsa*. Často odchyteným bol aj rod *Hydrotaea* sp. Publikácie (Daněk 1990; Klimešova et al. 2014) uvádzajú, že druh *Hydrotaea ignava* je dominantný a môže dosahovať 70 % až 80 % všetkých zistených jedincov čeľade Muscidae. V prípade výskumu v regióne Púchov bolo jeho zastúpenie 30,83 %. V pokuse boli

zároveň zaznamenaní aj zástupcovia ako *Musca domestica* a *Musca autumnalis*, s ktorými sa Klimešova et al. (2014) počas výskumu nestretli. *Musca autumnalis* bola zastúpená počas jesenných a jarných mesiacov. *Musca domestica* bola odchytená od apríla do septembra.

Vyššie popísané sezónne aktivity nekrofágneho hmyzu potvrdzujú, že teplota patrí k jednému z najdôležitejších faktorov. Počas zimných mesiacov aktivita klesala, zatiaľ čo v letných mesiacoch aktivita rástla. Počet odchytených jedincov celkovo, aj v konkrétnych významných skupinách koreloval s teplotou. Zároveň tak môžem súhlasiť s tvrdením Byrd & Castner (2010), že hmyz má určité teplotné preferencie, od ktorých závisí ich aktivita.

Diplomová práca bola zameraná primárne na odchyt druhov vyskytujúcich sa pri počiatočných štádiách rozkladu. Okrem zástupcov prvých sukcesných vln, ako sú Calliphoridae, Muscidae alebo Sarcophagidae, boli ale v pascách výrazne zastúpení aj zástupcovia pokročilejšieho rozkladu. Konkrétne sa jednalo o čeľade Piophilidae a Faniidae, eventuálne Phoridae (Gunn 2011), ktoré láka pach fermentácie proteínov (Šuláková 2014). Čeľaď Piophilidae sa vyznačovala aktivitou od marca do novembra. Tento záznam je tak v súlade so zistenými výsledkami (Hrdinova et al. 2013), ktoré preukázali vysokú aktivitu tejto čeľade predovšetkým od apríla do novembra. Patrí tak medzi čeľade preferujúce teplejšíu klímu. Zároveň dokazujú, že Piophilidae sa v hojných počtoch vyskytujú aj v počiatočných štádiách rozkladu a nie iba v pokročilých štádiách, ako uvádzajú staršie zdroje (Byrd & Castner 2010; Smith 1986; Gunn 2011). Podobne staršie publikácie (Daněk 1990) uvádzajú výskyt jedincov od mája do októbra. Tento údaj bol taktiež vyvrátený. Je tak otázkou ďalšieho výskumu, či zástupcovia čeľade Piophilidae predstavujú kolonizátorov pokročilejšieho štádia rozkladu, ako uvádzajú staršie práce (Daněk 1990), alebo sa naopak podieľajú už pri počiatočnom rozklade. Podobne boli v pascách zachytené aj druhy čeľade Phoridae. Šuláková (2014) uvádza, že tieto druhy láka fermentácia mäkkých tkanív. Phoridae boli v pascách tiež hojne zastúpení. Môžem tak usúdiť, že návnada, ktorá podliehala rozkladu nelákala len prvotných kolonizátorov, ale vyskytovali sa tu aj druhy pokročilejšieho rozkladu. Dizajn pokusu, ktorý bol použitý v tejto práci však neumožňoval určiť, ktoré druhy patrili k úplne prvým kolonizátorom, nakoľko k výmene návnady dochádzalo jedenkrát za štyri týždne. Na zistenie týchto dát by bol nutný iný dizajn pasce, prípadne kamerové záznamy, ktoré by to dokázali zistiť.

Obsahom diplomovej práce nebolo iba sledovanie teplotných nárokov

nekrofágneho hmyzu a období dominancie. Cieľom bolo zároveň porovnať, ako sa líši skladba druhov v rozdielnych typoch biotopov. V závislosti od typu biotopu boli zaznamenané čiastočné rozdiely v druhovom spektre. Výrazný rozdiel v počte odchytených jedincov aj v druhovom zložení bol zaznamenaný medzi vidieckym prostredím (lúka a les) a prostredím mestským (intravilán obce). V lesnom type biotopu, ktorý považujeme za tienisté prostredie prevažovali tieňomilné druhy. Smith (1986) uvádza, že takýmto druhom je napríklad *Calliphora vomitoria*. S jeho tvrdením môžem čiastočne súhlasiť, avšak časť zástupcov druhu *Calliphora vomitoria* bola odchytená aj v biotope lúka. Počty jedincov v biotope lúka neboli v takom rozsahu, ako v biotope les. Môžem tak súhlasiť s tvrdením Shean et al. (1993), ktorí dokazujú, že *Calliphora vomitoria* síce bola odchytená aj na slnečných miestach, preferovala však viac zatienené typy biotopov (graf 6.).

Podobné výsledky boli zaznamenané aj v prípade čeľade Silphidae z rádu Coleoptera. Silphidae preferovali tienistý typ biotopu, čiže les. Avšak časť jedincov bola zastúpená v biotope lúka. Ich prítomnosť v tomto biotope bola v malých počtoch (graf 5.). Tieto získané dáta sa zhodujú aj s publikovanými údajmi (Scott 1998; Kocarek 2001). Zároveň môžem súhlasiť, že druh *Nicrophorus vespilloides* preferuje lesné prostredie. Jeho výskyt v biotope lúka bol ojedinelý. Podobné preferencie vykazoval aj druh *Nicrophorus vespillo*. Kocarek (2001) však zistil, že *Nicrophorus vespillo* preferuje lúčne typy biotopov. Počas odchytovej práce bol *N. vespillo* v biotope lúka odchytený, pričom jeho počty boli vyššie ako počty druhu *N. vespilloides*. Avšak v porovnaní s lesným typom biotopu sa *N. vespillo* vyskytoval vo vyšších počtoch v biotope les. Výskum tiež preukázal výrazný rozdiel v počte odchytených jedincov podčeľadí Silphinae a Nicrophorinae. Zástupcovia podčeľade Silphinae neboli takmer v pascách zaznamenaní. Jediným zástupcom bol druh *Oiceoptoma troracicum*, ktorý sa objavil v lesnom type biotopu v počte dvoch kusov. Naopak podčeľaď Nicrophorinae bola v pascách dominantná. Anderson (1982) uvádza, že Silphinae preferujú prevažne veľkú korisť, naopak Nicrophorinae menšiu korisť. Nakoľko pasce obsahovali návnadu malých rozmerov, mohlo to spôsobiť dominanciu podčeľade Nicrophorinae.

Niektoré skupiny (čeľade, druhy) boli prítomné vo všetkých skúmaných biotopoch (Piophilidae, Calliphoridae a i.), iné naopak preferovali určitý typ biotopu. Napríklad druh *Musca domestica* bol výhradne prítomný iba v biotope intravilán obce, zároveň sa považuje za eusynantropný druh. Nakoľko má tento druh iné potravné preferencie ako mŕtve telo (Klímešová et al. 2014), dá sa predpokladať, že jeho

prítomnosť v pascách bola ovplyvnená okolitým prostredím (kompost). Toto zistenie súhlasí aj s tvrdením Šuláková (2014), ktorá tvrdí, že *Musca domestica* je druhom, ktorý kladie vajíčka na trus. Preto sa môže vyskytnúť v blízkosti ľudských obydí.

V prípade urbanizovaného typu biotopu z čeľade Calliphoridae dominoval druh *Lucilia sericata*. Nemôžem však súhlasiť s tvrdením Anderson (1995), ktorá tvrdí, že sa tento druh nachádza iba v urbanizovaných oblastiach. Druh *Lucilia sericata* bol zaznamenaný vo všetkých typoch biotopov. Podobne nesúhlasím ani s tvrdením Davies (1990), že *Calliphora vicina* je viac zastúpená v synantropných oblastiach, nakoľko *C. vicina* bola zachytená v najvyšších počtoch v biotope lúka. Avšak v rámci urbanizovaného intravilánu obce bola po druhu *Lucilia sericata* druhou najpočetnejšou. Súhlasím tak s Carvalho et al. (2004) o tom, že druhy *L. sericata* a *C. vicina* patria medzi synantropné druhy a vyskytujú sa v blízkosti ľudských obydí.

Ako poukázali Amendt et al. (2004), nekrofágna fauna je zložená z určitých kategórií podľa vzťahu k mŕtvole. V pascách boli zachytení zástupcovia každej z týchto kategórií. Dominovali skupiny, ktoré sa mŕtvou priamo živia (Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Dermestidae). V pascách boli zachytení aj predátori a parazitoidi nekrofágnej fauny, konkrétne zástupcovia čeľade Syrphidae. Svoju prítomnosť vykazovali aj omnivorní predátori, medzi ktorých radíme hlavne Formicidae a Vespidae. Pričom sa organickým tkanivom môžu živiť aj zástupcovia Staphylinidae (Merritt & De Jong 2015). Títo predátori boli v pascách zastúpení často.

Na mŕtvom tele sa môžu objaviť aj náhodní konzumenti. Medzi takýchto konzumentov patria napríklad zástupcovia Collembola alebo Araneae. Mŕtve telo využívajú na rozšírenie svojho životného prostredia, pričom sa mŕtvou primárne neživia, môžu sa ale živiť prítomnými zástupcami rádu Diptera (Byrd & Castner 2010). Zástupcovia týchto skupín boli taktiež prítomní v proteínových pascách. Araneae sa vyznačovali svojou prítomnosťou prevažne v chladnejších mesiacoch a pri nízkej teplote. Dá sa predpokladať, že tak dochádzalo iba k spestreniu jedálnička pri nedostatku potravy vo voľnej prírode. Ojedinele boli odchytení aj počas teplejších mesiacov.

V rámci výskumu tiež môžem súhlasiť s tvrdením Payne (1965), že najpočetnejšou skupinou, ktorá osídľuje mŕtve telo je hmyz. Avšak v rámci výskumu boli mäsové návnady čiastočne predované aj vyššími stavovcami. Konkrétne podliehala predácii pasca č. 3 v biotope lúka rodom *Apodemus* sp. De Vault et al. (2003) vyjadrujú svoj názor, že väčšina kadáverov je vo voľnej prírode skonsumovaná dravými stavovcami. Toto tvrdenie nemôžem ani potvrdiť, ani vyvrátiť. Je však otázkou ďalšieho

výskumu, či bola táto predácia cielená, alebo náhodná vzhľadom k obdobiu predácie (jeseň) a množstvu dostupnej potravy v prírode.

Časť starších článkov ukazuje značné zovšeobecnenie entomofauny v rámci odlišných regiónov. V niektorých oblastiach je tak nevyhnutné redizajnovať tieto štúdie. (Sonker & Singh 2017). Táto diplomová práca sa tak snažila poskytnúť predstavu o nekrofágnej faune regiónu Púchov. Zároveň na vybraných skupinách popísala fenológiu vzhľadom ku klimatickým podmienkam a čiastočne odzrkadlila sukcesiu na kadáveri. Avšak na to, aby sme mohli vytvoriť spoľahlivé databázy a predstavy o sukcesii nekrofágneho hmyzu je nutné pokusy vykonávať pravidelne, aby nedošlo k interpretácii chybných záverov.

6. ZÁVER

Diplomová práca bola zameraná na porovnanie druhového zastúpenia nekrofágneho hmyzu v rozdielnych typoch biotopov a ich sezónne preferencie. Zároveň bola vytvorená databáza druhov v biotopoch konkrétnych lokalít. Takéto databázy sú využívané v kriminálnej praxi po celom svete a napomáhajú k rozvoju vedného odboru, pričom ich hlavné využitie spočíva v určení PMI (post mortem intervalu). Databázy tiež môžu obsahovať kompletnú sukcesiu nekrofágneho hmyzu v rozdielnych klimatických podmienkach ako aj v odlišných biotopoch a regiónoch.

Výskum sa uskutočnil v rokoch 2019 – 2020 na severozápade Slovenska v okolí mesta Púchov. V oblasti boli vytipované tri biotopovo odlišné lokality, na ktorých boli inštalované tri pasce. Celkovo bolo odchytených 40 234 jedincov zaradených do základných taxonomických skupín. Entomologický materiál bol determinovaný do 13 rádov a 48 čeľadí. V rámci čeľade Calliphoridae bolo identifikovaných 13 druhov, v čeľadi Sarcophagidae 9 druhov a z čeľade Silphidae rádu Coleoptera 7 druhov. Pre presnejšiu interpretáciu výsledkov a určenie druhov zvyšných čeľadí by bola nutná prítomnosť špecialistov na dané skupiny, prípadne využitie metód, ktoré nie sú založené na determinácii jedincov podľa morfológických znakov.

Dominantnú vyššiu taxonomickú skupinu zaznamenanú v oblasti Púchov tvoril rád Diptera (91,6 %), nasledoval rád Coleoptera (2,28 %) a Dermaptera (2,16 %). Patria zároveň k primárnym kolonizátorom nekrofágneho hmyzu na mŕtvom tele. V ráde Diptera dominovali čeľade Muscidae (18,82 %), Faniidae (17,99 %) a Calliphoridae (16,48 %).

V troch rozdielnych biotopoch boli zistené čiastočné rozdiely v zložení entomofauny. Spektá odchyteného hmyzu boli podobné medzi biotopmi les a lúka, predstavujúce vidiecke typy biotopu. Najnižší počet odchytených jedincov a zároveň najnižšia variabilita bola zaznamenaná v biotope intravilán obce predstavujúci synantropný typ biotopu.

Rozdiely v distribúcii vykazovali aj významné nekrofágne čeľade. Výrazné preferencie boli zaznamenané v prípade čeľade Silphidae (Coleoptera), ktorá dominovala v biotope les. Rozdiely boli zaznamenané aj na úrovni druhov, napríklad *N. vespilloides* preferoval lesný typ biotopu. Biotopové preferencie boli zistené aj v čeľadi Calliphoridae. *Calliphora vomitoria* preferovala lesný typ biotopu. V čeľadi Sarcophagidae neboli zistené druhové preferencie k určitému typu biotopu.

Súčasne boli vo všetkých biotopoch odchytení aj náhodní kolonizátori (Apidae – Hymenoptera, Agromyzidae – Diptera) a predátori nekrofágnej fauny.

Počas skúmaného obdobia boli zistené rozdiely v sezónnej distribúcii odchytených taxónov. Najvyšší počet odchytených jedincov bol zaznamenaný v letnej sezóne (69,80 %). Naopak najnižší v zimnej sezóne (3,11 %). Počas obdobia od 16. 12. 2019 – 27. 1. 2020 bol zaznamenaný nulový výskyt individuí. Počas tohto obdobia bola zaznamenaná aj najnižšia priemerná teplota. Bola tiež preukázaná pozitívna korelácia medzi počtom odchytených jedincov a kumulatívnou sumou teplôt ($r_s = 0.852$, p - value < 0,001).

Rozdiely v sezónnej distribúcii boli potvrdené aj pre významné nekrofágne čeľade (Diptera – Calliphoridae, Sarcophagidae; Coleoptera – Silphidae). Najvyššie počty odchytených jedincov boli zaznamenané v letnej sezóne. U týchto čeľadí bol tiež preukázaný vzťah medzi počtom odchytených jedincov v rámci individuálnej čeľade a kumulatívnej sumy teplôt.

Výsledky experimentu tak potvrdili nulovú hypotézu, že druhové spektrá nekrobiotického hmyzu sú odlišné v závislosti od typu biotopu. Podobne platí aj výrazná sezónna variabilita.

7. ZOZNAM LITERATÚRY

- Akbarzadeh K., Wallman J. F., Šuláková H. & Szpila K. 2015. Species identification of Middle Eastern blowflies (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance. *Parasitology Research* **114**, 1463-1472.
- Amendt J., Krettek R., & Zehner R. 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften*. **91**, 51-65.
- Anderson R. S. 1982. Resource partitioning in the carrion beetle (Coleoptera: Silphidae) fauna of southern Ontario: ecological and evolutionary considerations. *Canadian Journal of Zoology*. **60**, 1314-1325.
- Anderson G. S. 1995. The use of insects in death investigations: an analysis of cases in British Columbia over a five year period. *Canadian Society of Forensic Science Journal*. **28**, 277-292.
- Anderson G. S. & Vanlaerhoven S. L. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in South Western British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. **41**, 617-625.
- Anderson, G. S. 2000. Minimum and maximum development rates of some forensically important Calliphoridae (Diptera). *Journal of Forensic Science*. **45**, 824-832.
- Anderson, G.S. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In Byrd J. H. & Castner J. L. 2010 *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC Press, Florida. 143-176.
- Anderson, G. S. 2011. Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments. *Journal of Forensic sciences*. **56**, 136-142.
- Archer M. S. & Elgar M. A. 2003. Yearly activity patterns in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. *Forensic Science International*. **132**, 173-176.
- Arnaldos M. I., Romera E., Presa J. J., Luna A. & Garcia M. D. 2004. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine*. **118**, 197-205.

- Ashworth J. R. & Wall R. 1994. Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *Lucyprina* to odour and the development of semiochemical baits. *Medical and veterinary entomology*. **8**, 303-309.
- Baldrige R. S., Wallace S. G., & Kirkpatrick R. 2006. Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in central Texas. *Journal of forensic sciences*. **51**, 125-126.
- Bourel B., Martin-Bouyer L., Hedouin V., Cailliez J.C., Derout D. & Gosset D. 1999. Necrophilous insect succession on rabbit carrion in sand dune habitats in northern France. *Journal of Medical Entomology*. **36**, 420-425.
- Browne L. B., Bartell, R. J. & Shorey H. H. 1969. Pheromone-mediated behaviour leading to group oviposition in the blowfly *Lucilia cuprina*. *Journal of Insect Physiology*. **15**, 1003-1014.
- Buttiker W., Attiah M. A. & Pont A. 1979. Synanthropic Flies. *Fauna Saudi Arabia*. **1**, 352-366.
- Byrd J. H. & Castner J. L. 2010. *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Second edition*, Boca Raton: CRC Press.
- Catts E. P. & Haskell N. H. 1990. Entomology and death: a procedural guide. Joyce's Print Shop. Inc., Clemson, SC, 182.
- Catts E. P. 1992. Problems in estimating the postmortem interval in death investigations. *Journal of Agricultural Entomology*. **9**, 245-255.
- Carvalho C. J. B. D. & Mello-Patiu C. A. D. 2008. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Revista Brasileira de Entomologia*. **52**, 390-406.
- Carvalho L. M. L. D., Thyssen P. J., Linhares A. X. & Palhares F. A. B. 2000. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. **95**, 135-138.
- Carvalho L. M. L., Thyssen P. J., Goff M. L. & Linhares A. X. 2004. Observations on the succession patterns of necrophagous insects on a pig carcass in an urban area of Southeastern Brazil. *Aggrawal's Internet Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. **5**, 33-39.

- Castro E. C. P., García M. D., da Silva P. M., Silva I. F. & Serrano, A. 2013. Coleoptera of forensic interest: a study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic Science International*. **232**, 73-83.
- Daněk L. 1983. Odběr hnmyzu z místa neúplného kosterního nálezu umožnil identifikaci zemřelého. *Kriminalistický sborník*. 691-700.
- Daněk L. 1990. Možnosti využití entomologie v kriminalistice. Brno. *Kriminalistický ústav VB*.
- Davies L. 1990. Species composition and larval habitats of blowfly (Calliphoridae) populations in upland areas in England and Wales. *Medical and Veterinary Entomology*. **4**, 61-68.
- Dethier V. G. & Bodenstein D. 1958. Hunger in the blowfly. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. **15**, 129-140.
- DeVault T. L., Rhodes Jr O. E. & Shivik J. A. 2003. Scavenging by vertebrates: behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems. *Oikos*. **102**, 225-234.
- Dillon L. C. & Anderson G. S. 1995. Forensic entomology: the use of insects in death investigations to determine elapsed time since death. Ottawa. *Canadian Police Research Centre*. Technical Report TR-05-95.
- Dillon, L. C. & G. S. Anderson 1997. *Forensic Entomology--Use of Insects towards illegally killed wildlife*. Technical report.
- Early M. & Goff M. L. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian Islands, USA. *Journal of Medical Entomology*. **23**, 520-531.
- Eliášová H. & Šuláková H. 2012. Forenzní biologie. In: Štefan J., Hladík J. et al.(Ed.). *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. (281-325). Praha: Grada publishing a.s.
- Erzinçlioğlu Z. 1996. *Blowflies*. Richmond Publishing Co. Ltd.
- Gennard D. 2007. *Forensic Entomology*. Chichester: Wiley.
- Gennard D. 2012. *Forensic entomology: an introduction*. John Wiley & Sons.

- Gill G. J. 2005. Decomposition and arthropod succession on above ground pig carrion in rural Manitoba. Ottawa, Ontario: *Canadian Police Research Center*, 178.
- Goff M. L. 1991. Comparison of insect species associated with decomposing remains recovered inside dwellings and outdoors on the island of O'hau, Hawaii. *Journal of Forensic Sciences*. **36**, 748-753.
- Goff M. L. 1993. Estimation of postmortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Science Review*. **5**, 81-94.
- Greenberg B. 1985. Forensic Entomology: Case studies. *Bulletin of the Entomological Society of America*. **31**, 25-28.
- Greenberg B. 1990. Nocturnal oviposition behavior of blow flies (Diptera: Calliphoridae). *Journal of medical entomology*. **27**, 807-810.
- Greenberg B. 1991. Flies as forensic indicators. *Journal of medical entomology*. **28**, 565-577.
- Gruner S. V., Slone D. H. & Capinera J. L. 2007. Forensically important Calliphoridae (Diptera) associated with pig carrion in rural north-central Florida. *Journal of Medical Entomology*. **44**, 509-515.
- Gunn A. 2011. *Essential forensic biology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Hájková L., Voženílek V., Tolasz R., Kohut M., Možný M., Nekovář J & Vondráková A. 2012. Atlas fenologických poměrů Česka. *Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci*.
- Hall D. G. 1948. The blowflies of North America. *Thomas Say Foundn*, 4.
- Haskell N. H., Hall R. D., Cervenka V. J. & Clark M. A. 1997. On the body: Insect's life stage presence and their postmortem artifacts. Forensic taphonomy. The postmortem fate of human remains, ed. W. D. Haglund and M.H. Sorg. *Boca Raton, FL: CRC*. 415-48
- Henssge C., Madea B., Knight B., Nokes L. & Krompecher T. 1995. *The estimation of time since death in the early postmortem interval*. London: Arnold.
- Hrdinová M., Šuláková H. & Barták M. 2013. Využití čeledi Piophilidae (Diptera) ve forenzní praxi. In *Workshop on biodiversity, Jevany*. Czech Academy of

Agricultural Sciences. 170-184.

- Hutton G. F. & Wasti S.S. 1980. Competitive interactions between larvae of the green bottle fly, *Phaenicia sericata* (Meigen) and the black blow fly, *Phormiargina* (Meigen). *Comparative Physiology and Ecology*. 5, 1-4.
- Charabidze D., Vincent B., Pasquerault T. & Hedouin V. 2016. The biology and ecology of *Necrodes littoralis*, a species of forensic interest in Europe. *International journal of legal medicine*, **130**, 273-280.
- Johl H. K. & Anderson G. S. 1996. Effects of refrigeration on development of the blow fly, *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) and their relationship to time of death. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*. **93**, 93-98.
- Klimešová V., Slobodová M., Šuláková H. & Barták M. 2014. Využití čeledi Muscidae (Diptera) ve forenzní praxi. Use of the family Muscidae (Diptera) in forensic practice. *Česká zemědělská univerzita v Praze*. 67-76.
- Kocarek P. 2001. Diurnal activity rhythms and niche differentiation in a carrion beetle assemblage (Coleoptera: Silphidae) in Opava, the Czech Republic. *Biological Rhythm Research*. **32**, 431-438.
- Kreitlow K. L. T. 2010. Insect succession in a natural environment. In Byrd J. H., Castner J. L. 2010 *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC Press, Florida. 251-269.
- Laurence B. R. 1986. Old world blowflies in the New World. *Parasitology Today*. **2**, 77-79.
- Mądra A., Konwerski S. & Matuszewski S. 2014. Necrophilous Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae) as indicators of season of death and corpse relocation. *Forensic Science International*. **242**, 32-37.
- Martínez-Sánchez A., Rojo S. & Marcos-García M. A. 2000. Annual and spatial activity of dung flies and carrion in a Mediterranean holm-oak pasture ecosystem. *Medical and Veterinary Entomology*. **14**, 56-63.
- Marchenko M. I. 2001. Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. *Forensic science international*. **120**, 89-109.
- Mulieri P. R., Mariluis J. C. & Patitucci L. D. 2010. Review of the Sarcophaginae

- (Diptera: Sarcophagidae) of Buenos Aires Province (Argentina), with a key and description of a new species. *Zootaxa*. **2575**, 1-37.
- Merritt R. W., & De Jong G. D. 2015. Arthropod communities in terrestrial environments. *Carrion ecology, evolution, and their applications*. CRC Press, Boca Raton, FL, 65-92.
- Payne J. A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*. **46**, 592-602.
- Povolný D. 1978. Hmyz v kriminologii. *Vesmír*. **57**, 205-208.
- Povolný D. 1982. Několik úvah o osudech mrtvol obratlovců v přírodě. *Živa*. 24-28.
- Povolný D. & Verves Y. 1997. *The Flesh-flies of Central Europe:(insecta, Diptera, Sarcophagidae)*. Mníchov: Friedrich Pfeil.
- Reed Jr H. B. 1958. A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects. *American midland naturalist*. 213-245.
- Rognes K. 1991. *Blowflies (Diptera, Calliphoridae) of Fennoscandia and Denmark* (Vol. 24). Leiden: Brill.
- Rosický B. & Daniel M. 1989. Lékařská entomologie a životní prostředí. Praha. *Československá akademie věd*.
- Scott M. P. 1998. The ecology and behaviour of burying beetles. *Annual review of entomology*. **43**, 595-618.
- Shean B. S., Messinger L. & Papworth M. 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Science*. **38**, 938-949.
- Schoenly K. 1992. A statistical analysis of successional patterns in carrion-arthropod assemblages: implications for forensic entomology and determination of the postmortem interval. *Journal Forensic Sciences*. **37**, 1489-1513.
- Schroeder H., Klotzbach H. & Püschel K. 2003. Insects' colonization of human corpses in warm and cold season. *Legal medicine*. **5**, S372-S374.
- Smith K. 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. London: The Trustees of British Museum of Natural History, London and Comstock Publishing Associates, New York. 1-207.
- Sonker R. & Singh K. 2017. Investigations on ecological succession of arthropod

- communities over a dead animal with forensic purview. *University of Lucknow, Lucknow, India*. 1-321.
- Sonker R., Rawat S. & Singh K. 2018. Factors affecting the arthropod succession on a dead animal. *IJSIR*. **6**, 11-22.
- Šuláková H. 2006. Speciální biologie: využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. *Kriminalistický sborník*. 36-37.
- Šuláková H., Markvartová J., Beran M. & Kriminalistický ústav Praha. 2013. Hmyz a mrtvý muž v bytě. Kazuistika. *Soud Lek*. **58**, 2-5.
- Šuláková H. 2014. Forezní entomologie – když smrt je začátek. *Živa. Academia*, 250-256.
- Šuláková H. 2016. Forezní entomologie III.: Metody odchyty forezně významných zástupců bezobratlých. CM VaVaI č. 60. Zpráva o zpracování certifikované metodiky. Kriminalistický ústav Policie České republiky, Praha: 1 – 17.
- Tantawi T. I., El-Kady E. M., Greenberg B. & El-Ghaffar H. A. 1996. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. *Journal of Medical Entomology*. **33**, 566-580.
- Tereli M., Bayram A. & Tüzün A. 2015. Determination of Species of Diptera Feeding on Carcasses and their Evaluation in Forensic Entomology in Kırıkkale Province. *Journal of Applied Biological Sciences*, **9**.
- Verves Y., Šuláková H., Barták M. & Vonička P. 2017. Flesh flies (Diptera: Sarcophagidae) of the Jizerské hory Mts, Frýdlant region and Liberec environs 36 (northern Bohemia, Czech Republic). *Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy*. **35**, 155–166
- Watson E. J. & Carlton C. E. 2003. Spring succession of necrophilous insects on wildlife carcasses in Louisiana. *Journal of Medical Entomology*. **40**, 338-347.
- Wells J. D. & Kurahashi H. 1994. *Chrysomya megacephala* (Fabricius)(Diptera: Calliphoridae) development: rate, variation and the implications for forensic entomology. *Medical Entomology and Zoology*. **45**, 303-309.
- Yepes-Gaurisas D. Sánchez-Rodríguez J. D., Antunes de Mello-Patiu C. & Wolff Echeverri M. 2013. Synanthropy of Sarcophagidae (Diptera) in La Pintada, Antioquia-Colombia. *Revista de Biología Tropical*. **61**, 1275-1287.

INTERNETOVÉ ZDROJE

Google mapy [online] [cit. 19.4.2021]. Dostupné z:

<https://www.google.sk/maps/@49.0890241,18.3089983,3947m/data=!3m1!1e3?hl=cs>

Pohoria a nížiny Slovenska [online] [cit. 19.4.2021]. Dostupné z:

<https://www.purposegames.com/game/pohoria-a-niziny-slovenska>

8. ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Mapa Slovenska s vyznačenou lokalitou Púchov.....	13
Obr. 2: Satelitná mapa s vyznačenými biotopovými lokalitami.....	14
Obr. 3: Nákres pasce zhotovenej z pet fl'áše.....	16

9. ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Meteorologické podmienky zaznamenané počas skúmaného obdobia.....17

10. ZOZNAM GRAFOV

Graf 1.	Distribúcia relatívnych početností odchytených čeľadí rádu Diptera pre oblasť Púchov.....	19
Graf 2.	Distribúcia relatívnych početností rádu Diptera a iných rádov v odlišných typoch biotopov.....	20
Graf 3.	Distribúcia relatívnych početností odchytených jedincov iných rádov, okrem rádu Diptera) v rozdielnych typoch biotopov.....	20
Graf 4.	Distribúcia relatívnych početností determinovaných čeľadí rádu Diptera v rozdielnych typoch biotopov.....	21
Graf 5.	Dominancia odchytených druhov čeľade Silphidae v biotopoch les a lúka.....	23
Graf 6.	Dominancia odchytených druhov čeľade Calliphoridae v rozdielnych typoch biotopov.....	24
Graf 7.	Dominancia odchytených druhov čeľade Sarcophagidae v rozdielnych biotopoch.....	25
Graf 8.	Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a celkových počtov odchytených jedincov v závislosti od dátumu zberu.....	26
Graf 9.	Korelácia medzi celkovým počtom odchytených jedincov a kumulatívnu sumou teplôt.....	26
Graf 10.	Vzájomné porovnanie relatívneho odchyty čeľadí Silphidae, Sarcophagidae a Calliphoridae v závislosti od mesiaca zberu.....	27
Graf 11.	Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu odchytených jedincov z čeľade Silphidae.....	27
Graf 12.	Korelácia medzi počtom jedincov čeľade Silphidae a kumulatívnu sumou teplôt.....	28
Graf 13.	Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu jedincov celkovo odchytených z čeľade Calliphoridae.....	28
Graf 14.	Korelácia medzi počtom jedincov čeľade Calliphoridae a kumulatívnu sumou teplôt.....	29
Graf 15.	Sezónny priebeh priemernej týždennej teploty a počtu odchytených jedincov z čeľade Sarcophagidae.....	29
Graf 16.	Korelácia medzi počtom jedincov čeľade Sarcophagidae a kumulatívnu sumou teplôt.....	30

ZOZNAM PRÍLOH

- Obr. 4:** Biotop lúka, marec 2019
- Obr. 5:** Biotop les, marec 2019
- Obr. 6:** Biotop intravilán obce, marec 2019
- Obr. 7:** Zhotovenie mäsovej návnady z bravčového mäsa
- Obr. 8:** Kontrola pascí a odber nekrofágneho hmyzu
- Obr. 9:** Pravidelná kontrola pasce s nekrofágnyh hmyzom za prítomnosti predátora
- Obr. 10 - 11:** Porovnanie množstva odobraného entomologického materiálu v zimných a v letných mesiacoch
- Obr. 12 - 13:** Ukážka odchyteného entomologického materiálu
- Graf 17.** Distribúcia odchytených vyšších taxonomických skupín medzi rozdielnymi biotopmi
- Graf 18.** Dominancia vyšších taxonomických skupín odchytených v konkrétnych pascách v biotopoch
- Tab. 2.** Počty odchytených jedincov vyšších taxonomických skupín úrovne v rôznych typoch biotopov (les, lúka, intravilán obce)
- Tab. 3.** Počty jedincov zaznamenaných čeľadí rádu Diptera v rôznych typoch biotopov (les, lúka, intravilán obce)
- Tab. 4.** Súhrnný zoznam odchytených taxonomických skupín v biotope les
- Tab. 5.** Súhrnný zoznam odchytených taxonomických skupín v biotope lúka
- Tab. 6.** Súhrnný zoznam odchytených taxonomických skupín v biotope intravilán obce

PRÍLOHY



Obr. 4. Biotop lúka, marec 2019



Obr. 5. Biotop les, marec 2019



Obr. 6. Biotop intravilán obce, marec 2019



Obr. 7. Zhotovenie mäsovej návnady z bravčového mäsa, návnada je zabalená v textílii a fólii, tesne priviazaná špagátom



Obr. 8. Kontrola pascí a odber nekrofágneho hmyzu. Hmyz zachytený na sitku bol prenesený do zberných nádob. Každá nádoba zodpovedala typu biotopu a miestu umiestnenia pasce.



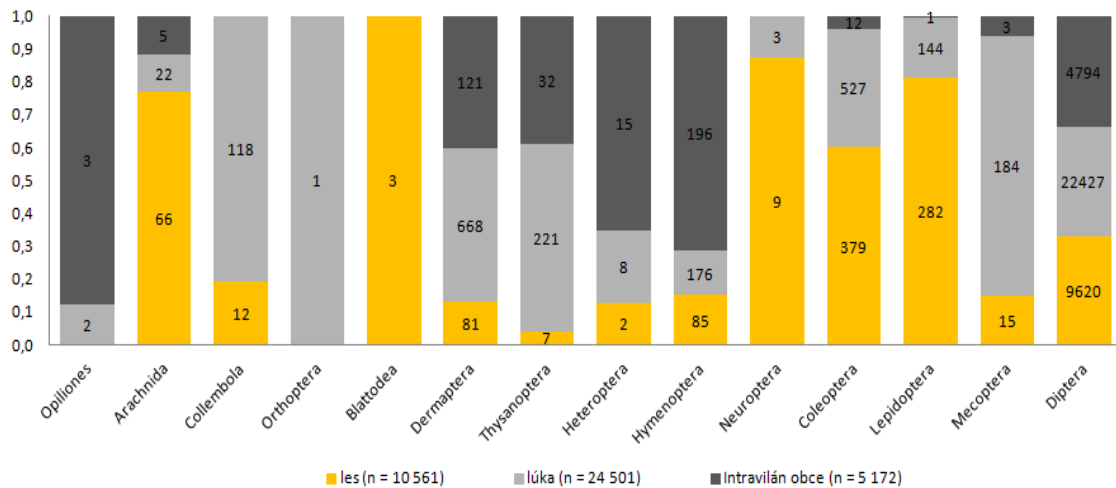
Obr. 9. Pravidelná kontrola pasce s nekrofágnyim hmyzom za prítomnosti predátora. Sú viditeľné známky pobytových znakov ako okusy závesného špagátu a vrchná časť pasce. október 2020



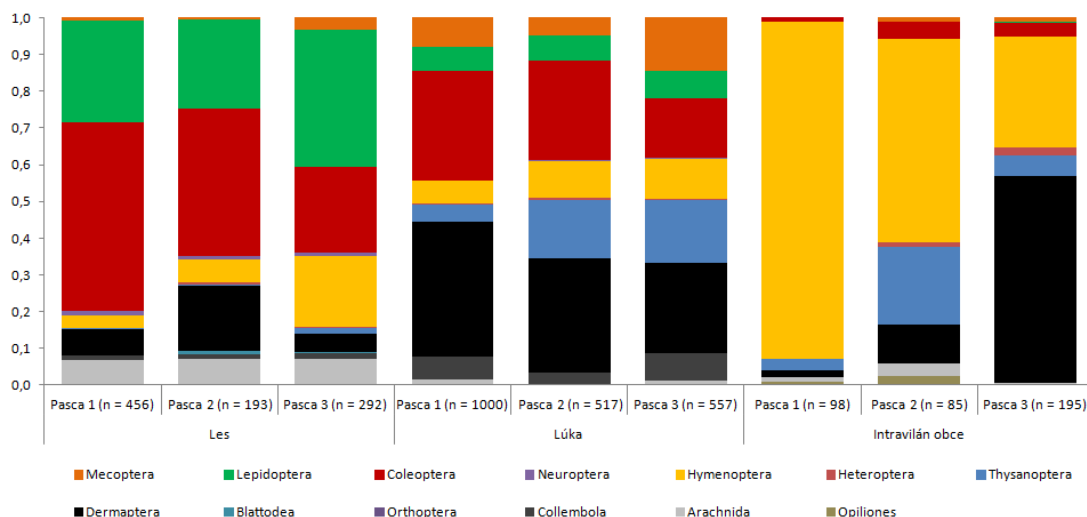
Obr. 10 – 11. Porovnanie množstva odobraného entomologického materiálu v zimných (vľavo) a v letných (vpravo) mesiacoch



Obr. 12 – 13. Ukážka odchyteného entomologického materiálu. Vľavo – zástupcovia rádu Diptera, prevažne čeľade Agromyzidae. Vpravo – zástupcovia ostatných taxonomických skupín, prevažne Coleoptera – Silphidae.



Graf 17. Distribúcia odchytených vyšších taxonomických skupín medzi rozdielnymi biotopmi



Graf 18. Dominancia vyšších taxonomických skupín odchytených v konkrétnych pascách v biotopoch

Tab. 2. Počty odchytených jedincov vyšších taxonomických skupín úrovne na rôznych typoch biotopov (les, lúka, intravilán obce). Vyjadrenie počtu odchytených jedincov na jednotlivých lokalitách a celkový počet odchytených jedincov za rok 2019 a 2020.

POČTY ODCHYTENÝCH JEDINCOV V BIOTOPOCH				Celkový počet odchytených jedincov
<u>Taxonomická skupina</u>	Les	Lúka	Intravilán obce	
<u>Opiliones</u>	0	2	3	5
<u>Arachnida</u>	66	22	5	93
<u>Collembola</u>	12	118	0	130
<u>Orthoptera</u>	0	1	0	1
<u>Blattodea</u>	3	0	0	3
<u>Dermaptera</u>	81	668	121	870
<u>Thysanoptera</u>	7	221	32	260
<u>Heteroptera</u>	2	8	5	15
<u>Hymenoptera</u>	85	176	196	457
<u>Neuroptera</u>	9	3	0	12
<u>Coleoptera</u>	379	527	12	918
<u>Lepidoptera</u>	282	144	1	427
<u>Mecoptera</u>	15	184	3	202
<u>Diptera</u>	9620	22427	4794	36841
Celkovo	10561	24501	5172	40234

Tab. 3. Počty jedincov zaznamenaných čeladi rádu Diptera na rôznych typoch biotopov (les, lúka, intravilán obce). Vyjadrenie počtu odchytených jedincov na jednotlivých lokalitách a celkový počet odchytených jedincov za rok 2019 a 2020.

POČTY ODCHYTENÝCH JEDINCOV V BIOTOPOCH				
<u>Čeľad'</u>	Les	Lúka	Intravilán obce	Celkový počet odchytených jedincov
<u>Cecidomyiidae</u>	31	229	121	381
<u>Chironomidae</u>	1	6	9	16
<u>Culicidae</u>	9	10	29	48
<u>Biobionidae</u>	1	0	0	1
<u>Sciaridae</u>	81	199	1	281
<u>Anthromyiidae</u>	0	108	6	114
<u>Agromyzidae</u>	10	232	899	1141
<u>Calliphoridae</u>	903	4629	539	6071
<u>Dolichopodidae</u>	23	98	15	136
<u>Drosophilidae</u>	439	403	51	893
<u>Faniidae</u>	1819	3742	1070	6631
<u>Empididae</u>	65	71	2	138
<u>Heleomyzidae</u>	72	398	46	516
<u>Hippoboscidae</u>	5	0	0	5
<u>Muscidae</u>	2466	3389	1079	6934
<u>Otitidae</u>	74	21	2	97
<u>Phoridae</u>	530	1091	242	1863
<u>Piophilidae</u>	2015	3662	346	6023
<u>Sarcophagidae</u>	466	2998	221	3685
<u>Scatophagidae</u>	73	69	1	143
<u>Sepsidae</u>	56	38	50	144
<u>Sphaeroceridae</u>	204	303	29	536
<u>Syrphyidae</u>	2	25	3	30
<u>Stratiomyidae</u>	246	622	33	901
<u>Tachinidae</u>	29	84	0	113
Celkovo	9620	22427	4794	36841

