UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

FORENZNÁ AKAROLÓGIA

Bakalárska práca

Laura Kožuchová

2020

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

FORENZNÁ AKAROLÓGIA

Bakalárska práca

Laura Kožuchová

Študijný program:	Systematická biológia
Študijný program:	4.2.1 Biológia
Školiace pracovisko:	Katedra zoológie
Vedúci práce:	doc. Mgr. Peter Fenďa, PhD.

Bratislava, 2020

Univerzita Komenského v Bratislave
Prírodovedecká fakulta

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Laura Kožuchová
Študijný program: systematická biológia (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: biológia
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Forenzná akarológia
Forensic acarology

Literatúra: Byrd, J.H., Castner, J.L. 2009. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations, Second Edition 2nd Edition. Taylor & Francis, 681 pp.
Braig, H.R., Perotti, M.A. 2009. Carcases and mites. Experimental & Applied Acarology 49: 45-84.
Perotti, M.A., Goff, M.L., Baker, A.S., Turner, B.D., Braig, H.R. 2009. Forensic acarology: an introduction. Experimental & Applied Acarology 49: 3-13.
Salona-Bordas, M.I., Perotti, M.A. 2014. First contribution of mites (Acari) to the forensic analysis of hanged corpses: A case study from Spain. Forensic Science International 244: 6-11.

Kľúčové slová: Acari, forenzná

Anotácia: Forenzná akarológia je dynamicky sa rozvíjajúci odbor akarológie. Význam forenznej akarológie siaha ďalej ako len určenie času smrti obete. Roztoče sú charakteristické svojimi mikrohabitatovými preferenciami a múžu poskytnúť dôkazy o presune alebo premiestnení obete z miesta činu. Vďaka vysokej diverzite, všadeprítomnosti a početnosti môžu zohrávať významnú úlohu pri získavaní dôkazov. Bakalárska práca má zhromaždiť doterajšie poznatky z tejto mladej zoologickej disciplíny a pripraviť teoretický základ pre nasledujúci praktický výskum.

Vedúci: doc. Mgr. Peter Fenďa, PhD.
Katedra: PriF.KZ - Katedra zoológie
PriF vedúci katedry: doc. RNDr. Ján Kodada, CSc.

Dátum zadania: 18.02.2017

Dátum schválenia: 08.10.2019

doc. RNDr. Ján Kodada, CSc.
vedúci katedry

Kožuchová
student

vedúci práce

Čestné prehlásenie

Čestne prehlasujem, že záverečnú (bakalársku) prácu s názvom "Forenzná akarológia" som vypracovala samostatne s použitím literatúry uvedenej v zozname použitej literatúry a pod dohľadom vedúceho záverečnej (bakalárskej) práce.

V Bratislave, dňa 26. 05. 2020

.....

Laura Kožuchová

Poďakovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi doc. Mgr. Petrovi Fenďovi, PhD. za uvedenie do riešenej problematiky, cenné rady, odbornú pomoc, poskytnutú literatúru a za usmerňovanie pri písaní mojej záverečnej práce.

Abstrakt

Laura Kožuchová: Forenzná akarológia
Bakalárska práca, Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta
Vedúci bakalárskej práce: doc. Mgr. Peter Fenďa, PhD.

Práca poskytuje prehľad informácií o dynamicky sa rozvíjajúcom odbore akarológia. Súčasťou tejto práce sú všeobecné informácie o forenznej akarológii ako o vede, metodológii odberu vzoriek, popisy konkrétnych prípadov, roztočoch žijúcich prirodzene na našej pokožke a v okolí. Význam forenznej akarológie siaha ďalej ako len určenie času smrti obete. Roztoče sa vo forenznom výskume zvyčajne prehliadajú, hoci sa vyskytujú takmer v každej etape rozkladu a sú priamo spojené s inými druhmi forenzného záujmu. Vďaka ich vysokej diverzite, všadeprítomnosti a početnosti môžu zohrávať významnú úlohu pri získavaní dôkazov vo forenznej praxi. Roztoče so svojimi charakteristickými mikrohabitatovými preferenciami môžu taktiež poskytnúť presné informácie o manipulácii alebo o presune obete z miesta činu. Uvedené konkrétne prípady v tejto práci, poskytujú nové informácie týkajúce sa štruktúry spoločenstva článkonožcov spojené s mŕtvolou v pokročilom štádiu rozkladu, pričom kolonizácia mŕtveho tela hmyzom je daná určitou postupnosťou. Zhrnuté sú viaceré články, ktoré sa zaoberajú danou metódou určovania času smrti pomocou roztočov, a preukazujú sľubnú budúcnosť využívania ich vo forenzných výskumoch. Práca obsahuje len teoretickú časť, ktorej cieľom je zhromaždenie doterajších známych poznatkov z tejto relatívne mladej zoologickej disciplíny a pripravenie teoretického základu pre nasledujúci praktický výskum.

Kľúčové slová: roztoče, forenzná, akarológia, hmyz, mŕtvola

Abstract

Laura Kožuchová: Forensic acarology

Bachelor thesis, Comenius University, Faculty of Science

Head of bachelor thesis: doc. Mgr. Peter Fenďa, PhD.

The work provides an overview of information about the dynamically developing field of acarology. Part of this work is general information about forensic acarology as a science, sampling methodology, descriptions of specific cases, mites living naturally on our skin and in the environment. The importance of forensic acarology goes beyond determining the time of the victim's death. Mites are usually overlooked in forensic research, although they occur at almost every stage of decomposition and are directly related to other types of forensic interest. Due to their high diversity, ubiquity and abundance, they can play an important role in gathering evidence in forensic practice. Mites with their characteristic microhabitat preferences can also provide accurate information about the manipulation or movement of the victim from the crime scene. The specific cases mentioned in this work provide new information regarding the structure of the arthropod community associated with the corpse in the advanced stage of decomposition, while the colonization of the dead body by insects is given by a certain sequence. Several articles are summarized that deal with a given method of determining the time of death using mites and demonstrate the promising future of their use in forensic research. The work contains only a theoretical part, the aim of which is to gather previously known knowledge from this relatively young zoological discipline and to prepare a theoretical basis for the following practical research.

Key words: mites, forensic, acarology, insects, corpse

Predhovor

Bakalárska práca sumarizuje doposiaľ získané informácie o novej rozvíjajúcej sa zoologickej disciplíne, forenznej akarológii, ktorá dokáže nie len určiť presný čas smrti, ale taktiež vie upozorniť na manipuláciu s mŕtvolou. Roztoče sa nachádzajú takmer všade okolo nás, napríklad v pokožke, odevoch, prachu, ale taktiež ich môžeme pozorovať aj na mŕtvych telách. Kolonizácia mŕtveho tela hmyzom je postupná a opísaná niekoľkými vlnami, pričom poslednými kolonizátormi sú už spomínané roztoče. Cieľom tejto práce bolo spracovať prehľad doteraz známych informácií o využívaní roztočov ako ukazovateľov post-mortem intervalu (PMI).

Vďaka predloženej práci som obohatila svoje vedomosti o teoretické údaje a o metodiku určovania času smrti pomocou roztočov a hmyzu.

Obsah

Úvod **10**

1 Roztoče a človek **12**

2 Forenzná akarológia **12**

3 Hmyz v prírodnom prostredí **14**

3.1 Fázy rozkladu v suchozemských podmienkach 15

3.2 Odber vzoriek v štúdiách sukcesie fauny 16

4 Vonkajšie a vnútorné prostredie **16**

5 Roztoče na pokožke ľudí **18**

5.1 Roztoče a odevy 22

5.2 Environmentálny kontakt s roztočmi 24

6 Akarofauna ľudských obydlí **25**

6.1 Odber vzoriek prachu 25

6.2 Fauna roztočov v bytoch 26

6.3 Fauna roztočov na iných vnútorných miestach 28

7 Forenzný význam edafickej fauny po odstránení mŕtvoly **29**

7.1 Popis prípadu 30

7.2 Odber vzoriek 30

7.3 Výsledky výskumu 31

7.4 Záver výskumu 31

7.5 Iná prípadová štúdia zo Španielska 32

Záver **34**

Zoznam použitej literatúry **35**

Úvod

Forenzná entomológia sa stala uznávanou zoologickou disciplínou v rámci forenzných vied. Jej využitie vychádza z rýchlej kolonizácie ľudských alebo živočíšnych pozostatkov hmyzom. Jej história siaha až do dávnej Číny, kde je zdokumentovaný prvý prípad využitia hmyzu vo forenznej praxi. V osemdesiatych rokoch dvadsiateho storočia, počas masových exhumácií, sa vo Francúzsku a Nemecku začali objavovať prvé pozorovania hmyzu a iných článkonožcov ako forenzných ukazovateľov. Neskôr sa tento trend rozšíril aj do Kanady a USA, avšak sa ukázalo, že nedostatok systematických pozorovaní forenzne dôležitého hmyzu bol prekážkou ich použitia ako ukazovateľov času smrti (Benecke, 2001). Postupom času pokroky v taxonómii a ekológii hmyzu pomohli prekonať túto medzeru a napriek tomu sa aj naďalej vyvíja v snahe napredovať, prinášať nové, aktuálne, podrobné a presné poznatky o kolonizácii tela hmyzom. Identifikácia druhov je neodmysliteľnou a bazálnou časťou každého forenzného entomologického výskumu, pretože základnými objektmi sú druhy, na základe ktorých vieme určiť postupné vlny kolonizácie tela.

Pierre Megnin bol prvým, ktorý popísal osem vĺn kolonizácie mŕtveho tela hmyzom, pričom šiesta vlna bola tvorená výlučne roztočmi. Roztoče sa vyskytujú v rôznych terestriálnych biotopoch, v sladkých aj slaných vodách, v našich domovoch, šatách a taktiež aj v našej pokožke. Zvyčajne ich vôbec nevnímame, nakoľko sú malé, ľahko prehliadané a nespôsobujú nám problémy (Perotti et al. 2009). V skutočnosti však môžu byť využiteľné napríklad v súdnom konaní. Bzučivkovité (Calliphoridae, Diptera) a mäsiarkovité (Sarcophagidae, Diptera) sú často prvým hmyzom, ktorý kolonizuje mŕtve telo spolu s foretickými roztočmi. Muchy nájdu akýkoľvek dostupný otvor alebo ranu, ktorú využijú na uloženie svojich vajíčok alebo lariev v obrovských množstvách. Po zamorení tela, ak nebude prerušené, bude nasledovať celý životný cyklus múch na mŕtvole (Anderson a Cervenka, 2002). Muchy dokončia svoj životný cyklus a roztoče sa môžu naďalej živiť nedospelými štádiami múch. Roztoče sa budú reprodukovať oveľa rýchlejšie ako ich nosiče. Existujú však prostredia, kde hmyz chýba, nakoľko má zlý prístup k mŕtvemu telu. Tu sú dôležité roztoče, ktoré už sú v danom prostredí prítomné a tak isto aj tie, ktoré migrujú z okolitého prostredia alebo využívajú ako životnú stratégiu foréziu, t.j. na presun využívajú iné väčšie živočíchy. Menej sledované sú článkonožce a ostatné organizmy, ktoré rozložia zvyšky tela až na kostru. Súčasné poznatky o biológii bzučivkovitých (Calliphoridae, Diptera)

a mäsiarkovitých múch (Sarcophagidae, Diptera) sú dostatočne presné na odhadnutie času smrti v mnohých prípadoch.

Cieľom tejto práce je vypracovať prehľad súčasných poznatkov o využívaní roztočov vo forenzných prípadoch a pripraviť teoretický základ pre budúci praktický výskum.

1 Roztoče a človek

Väčšina zdravých ľudí získa jeden alebo viac druhov roztočov už od svojej matky a nesie si ich so sebou po zvyšok svojho života. Mazové žľazy a vlasové folikuly ľudí a väčšiny cicavcov sú obývané symbiotickými folikulárnymi roztočmi čeľade Demodecidae (Acari: Prostigmata) (Krantz, 1978; Walter a Proctor, 1999). Folikulárne roztoče sa vyvíjajú v synchronizácii s ich ľudskými hostiteľmi: uskutočňujú celý svoj životný cyklus vo vnútri ľudskej kože a sú obmedzené na mazové žľazy a vlasové folikuly.

Mimo žliaz sú na pokožke človeka prítomné aj voľne pohyblivé roztoče, ale verejnosť ich nezaznamená voľným okom. Armáda tzv. domácich prachových roztočov sa plazí po našej pokožke, pohybuje sa nahor a nadol, dovnútra a von, ale taktiež prechádza aj cez oblečenie, ktoré nosíme (Colloff, 1988). Odev ako taký predstavuje dôležitý dôkaz takmer pri každom forenznom vyšetrovaní. Odevy strácajú vlákna a naopak naberajú vlákna, vlasy a rôzne čiastočky prachu z okolia, ktorého hlavnými živými zložkami sú kvasinky, peľ a roztoče. Množstvo roztočov vyskytujúcich sa v nohaviciach, posteľnej bielizni alebo v návliečkach na vankúše je také dôležité, že museli byť vyvinuté špeciálne metódy na odstránenie roztočov z tkaniny, ktorú nosia osoby, ktoré sú na roztoče priamo alergické. (Bischoff et al. 1998).

Roztoče sú všadeprítomné v našom domácom prostredí. Prakticky každá omrvinka ponechaná na akomkoľvek povrchu alebo skrytá v nenápadnom rohu kuchyne, bude podporovať roztoče v obrovskom počte a rozmanitosti. Fauna kuchyne sa však bude líšiť od fauny v obývacej izbe a v spálni, kde v prachu dominujú šupinky našej odpadnutej pokožky (Hughes, 1976). Diverzita na úrovni mikrohabitatov a ich abundancia robia z roztočov najdostupnejšie organizmy, ktoré sa dajú analyzovať na zistenie alebo prenos dôkazov vo väčšine forenzných vyšetrovaní, vrátane nezákonného obchodovania s chránenými živočíšnymi a rastlinnými druhmi, kultúrnych artefaktov a kontaminovaných potravín. Roztoče spolu s článkonožcami majú veľký potenciál poskytovať forenzne dôležité informácie (Frost et al. 2007).

2 Forenzná akarológia

Existujú prostredia, v ktorých hmyz chýba alebo je len veľmi zriedkavý, alebo existujú dokonca okolnosti smrti, ktoré bránia prístupu múch a ich následnému vývoju na mŕtvole. Tak sa do popredia dostávajú roztoče, ktoré sú takmer vždy prítomné

a môžu kolonizovať mŕtve telo aj bez prítomnosti hmyzu. Roztoče sú ale často prehliadané. Pravdepodobne je to z dôvodu ich mikrometrickej veľkosti (pri obhliadke sú prehliadané netrénovaným okom) a / alebo nedostatku vedomostí o ich biológii.

Pierre Mégnin bol prvým akarológom, ktorý pomocou roztočov odhadol čas smrti pri forenznom vyšetrovaní. Opísal tiež osem rôznych vĺn článkonožcov kolonizujúcich mŕtvoly a uvedomil si, že prvými kolonizátormi nie je len hmyz, ale roztoče. Šiesta vlna článkonožcov sa skladá výlučne z roztočov (Mégnin, 1895). Po Mégninovi študovalo roztoče vo forenznej praxi už iba niekoľko autorov. Po viac ako 100 rokoch sa na odhad času úmrtia opäť používajú roztoče (Goff, 1991). Iba nedávno boli navrhnuté nové myšlienky na začlenenie roztočov do protokolov forenzného vyšetrovania a pokračujú projekty venované problémom vo forenznej akarológii. Výskum sa uskutočňuje v takých podmienkach prostredia, kde je hmyz zriedkavý, chýba alebo má obmedzený prístup k mŕtvolám (Perotti et al. 2006). Výzvou je zistiť, ako môže fauna roztočov prispieť k presnejšiemu odhadu času smrti, okolností smrti, či môže poskytnúť dôkazy o neskoršom premiestnení obete. Je povzbudivé vidieť, ako rýchlo sa viac ako 100-ročná myšlienka forenznej akarológie prebudila novým životom, vitalitou a medzinárodným uznaním (Rasmy, 2007).

Hoci sú roztoče na ľudskom tele prítomné aj počas života, hneď ako dôjde k smrti (či už náhodnej alebo úmyselnej), nové druhy roztočov kolonizujú telo rovnako rýchlo, ako hmyz. Prichádzajú vlastnými silami alebo sú prenášané prúdmi vzduchu, alebo využívajú ako životnú stratégiu foréziu (najčastejšie prostredníctvom hmyzu, ktorý navštívi mŕtvolu, ale nemusí ju priamo kolonizovať). Hmyz môže na mŕtvom tele iba oddychovať alebo ho len skúmať a vráti sa kolonizovať telo až v neskoršom štádiu rozkladu. Počiatočný kontakt roztočov s mŕtvolou môže zanechať stopu. Roztoče nemajú krídla, preto nelietajú, ale sú schopné nechať sa preniesť na iných lietajúcich zvieratách (foretické nosiče). Zástupcovia hmyzích čeľadí Calliphoridae, Muscidae, Phoridae, Silphidae, Staphylinidae, Dermestidae, niektoré motýle (Lepidoptera), Myriapoda a dokonca niektoré roztoče sú práve tie, ktoré najčastejšie prenášajú foretické roztoče na mŕtve telá. Mechanizmy, ktoré roztoče forenzného významu využívajú na to, aby sa dostali na mŕtvoly, opisuje Perotti (2009). Rozmanitosť fauny roztočov na mŕtvolách a okolo nich je úžasná. Ako príklad sa uvádza zabalzamované telo 28-ročnej ženy so strelnou ranou v hlave, ktoré bolo exhumované po tom, čo strávilo 28 rokov vo vnútri zapečatenej rakvy v neuzatvorenej podzemnej hrobke.

Na tele bolo zistené veľké množstvo živých chvostoskokov (Collembola), skladokazov (Astigmata, Glycyphagidae) a iných roztočov (Acari) (Merritt et al. 2007). Najčastejšie sa s forenznými prípadmi spájajú astigmátne roztoče (Sarcoptiformes, Astigmatina). Iba nedávno boli nájdené astigmátne roztoče hojnom počte na mŕtvole bez prítomnosti hmyzu. Zaujímavé je, že mŕtvoly nájdené vo vode nie sú kolonizované sladkovodnými roztočmi (Russell et al. 2004).

3 Hmyz v prírodnom prostredí

Hmyz je zvyčajne prvým organizmom, ktorý po smrti objaví telo. Je schopný kolonizovať telo v priebehu niekoľkých minút od posledného výdychu obete. Postmortem interval (PMI) možno určiť na základe veku larvy múch, ktoré vznikli z prvých vajíčok uložených na telo. Entomologický základ pre odhad intervalu posmrtného života sa môže tiež nazývať ako obdobie aktivity hmyzu (PIA) alebo ako doba kolonizácie (TOC). Keď sú vonku optimálne poveternostné podmienky a neexistujú žiadne okolnosti brániace ovipozícii, minimálna hodnota PMI (alebo (PIA/TOC)) sa získa z predpokladu, že muchy nakládli vajíčka, vo veľmi krátkom čase po smrti. Čas smrti je odvodený porovnávaním stupňa vývoja lariev získaných z mŕtvoly, s larvami tých istých druhov, ktoré sa vyvinuli v konštantných podmienkach v laboratóriu. Spätné údaje o počasí v blízkosti tela, ktoré je objavené už v procese rozkladu je možné získať z najbližších meteorologických staníc.

Sukcesia fauny na mŕtvole je do istej miery predvídateľná. Fauna zozbieraná v čase objavenia mŕtvoly porovnávaná s faunou získanou v kontrolovaných štúdiách v podobných prostrediach môže poskytnúť forenznému entomológovi prostriedky na odhad PMI práve vtedy, keď nie sú k dispozícii žiadne ďalšie dôkazy. Zmeny na živočíšnom modeli v kontrolovanom koncepte ekologickej sukcesie sú základom pre oblasť ekológie a definuje sa ako štúdium vzájomných vzťahov. V tomto vzťahu musia byť zahrnuté nie len abiotické faktory (napr. hmota, energia), ale aj biotické faktory (napr. gény, bunky, tkanivá, orgány, organizmy, populácie, spoločenstvá), fyzikálne faktory (napr. teplota, vlhkosť a svetlo) a biologické faktory (napr. členovia istého druhu, zdroje potravy, prirodzení nepriatelia a konkurenti) (Byrd a Castner, 2009). Počas rozkladu tela ľudské zvyšky podliehajú fyzikálnym a chemickým zmenám, ktoré sú často opisované v rôznych fázach, hoci samotný proces je kontinuálny. Vo všeobecnosti sú akceptované 4 základné vzťahy článkonožcov

s mŕtvolou. Nekropogénna fauna sa živí a rozmnožuje na mŕtvole; dravce a parazity neofágnej fauny; všežravce, ktoré sa živia mŕtvolou a ostatnými kolonizátormi; a ďalšie druhy, ktoré využívajú mŕtvolu ako oportunisti. Atraktívnosť mŕtvoly pre faunu sa mení s progresiou úpadku a taktiež zloženie fauny, ktoré využíva mŕtve telo sa mení s časom. Napríklad hmyz so skorým príchodom, ako sú muchy z čeľadí Calliphoridae a Sarcophagidae, kolonizuje telo počas čerstvého rozkladu, kedy je prítomné mäkké tkanivo ideálne na kladenie vajíčok a pre larvy využívajúce mäkké tkanivo ako zdroj potravy. (Byrd a Castner, 2009). Neskoršie fázy rozkladu tela, kedy už nie je prítomné mäkké tkanivo, nie sú už vhodné pre muchy.

3.1 Fázy rozkladu v suchozemských podmienkach

Na ilustráciu postmortálnych zmien, ktorým podliehajú aj ľudské mŕtvoly, sa využívajú jatočné telá ošípaných. Príchod hmyzu na mŕtvoly sa uskutočňuje v niekoľkých štádiách:

1. Čerstvé štádium

   Čerstvé štádium rozkladu trvá od okamihu smrti až po prvé príznaky nadúvania. Aj keď nie sú viditeľné vonkajšie známky rozkladu, vnútorné baktérie už začali tráviť orgány a produkujú zápach, ktorý priťahuje hmyz. V tejto fáze sú prvými kolonizátormi už spomínané muchy z čeľade Calliphoridae a Sarcophagidae. Tieto muchy sa pri výskume odoberajú pomocou štandardnej entomologickej sieťky.

2. Nafúknutá fáza

   Táto fáza označuje začiatok hnilobných procesov. Metabolické procesy vedú k produkcii plynov anaeróbnymi baktériami, ktoré spôsobujú roztiahnutie brušnej dutiny. Pôda pod mŕtvolou ovplyvňuje normálnu pôdnu faunu.

3. Fáza rozkladu

   Fáza rozkladu začína unikaním plynov. V tejto fáze prevládajú v mŕtvole larvy dvojkrídlovcov, ktoré tvoria veľkú červovitú hmotu. Okrem nich začínajú prichádzať veľké množstvá dravých chrobákov (Coleoptera).

4. Suchá fáza

   Po rozklade / vysušení je mŕtvola redukovaná na kožu, chrupavku a kosti. V tejto fáze prevládajú rôzne chrobáky, ktoré sa živia práve suchými zvyškami (napr. Dermestidae).

5. Kostrová fáza

   V tejto konečnej fáze zostávajú pozostatky vlasov a kostí. Väčšina predchádzajúcich taxónov už zmizla a zostali len roztoče ako užitočné ukazovatele PMI.

3.2 Odber vzoriek v štúdiách sukcesie fauny

V typickej štúdii sukcesie fauny s forenznými aplikáciami sú čerstvé jatočné telá (najčastejšie ošípané) umiestňované v teréne do klietky, aby sa zabezpečila ochrana pred predátormi. Klietka musí byť pevne pripevnená k zemi, ale jej dno ostáva otvorené, aby sa umožnil priamy kontakt so zemou. Vzorky sa môžu odoberať entomogickou sieťkou (lietajúci hmyz) alebo priamym odobraním hmyzu z mŕtveho tela. Taktiež sa k mŕtvemu telu umiestňujú rôzne pasce určené na terestrické článkonožce (napr. zemné pasce) a nočný hmyz (Byrd a Castner, 2009).

4 Vonkajšie a vnútorné prostredie

Podľa Mann et al. (1990) je prístup k mŕtvemu telu druhou najdôležitejšou premennou (po teplote) ovplyvňujúcou rozklad tela. To má najväčší význam pri akomkoľvek druhu úkrytu tela, ako sú kontajnery, automobily, batožinový priestor automobilov alebo kuchynské spotrebiče (Anderson, 2001). Limitujúcim faktorom je aj priemer otvoru do úkrytu, stačí napríklad 1 cm otvor spôsobený chýbajúcou rukoväťou predných dverí kuchynského spotrebiča. Prístrešok tvorený iba strechou by nemal mať výraznejší vplyv na faunu mŕtvoly. V letných mesiacoch v Argentíne neboli zistené žiadne rozdiely medzi chráneným a exponovaným otvoreným nebom; iba v zime prišli na chránené jatočné telá ošípaných druhy *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775) (Calliphoridae) a vzácne aj *Phaenicia cluvia* (Walker, 1849) (Calliphoridae) ako doplnok k bežnému druhu *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Calliphoridae) (Centeno et al. 2002). Rozklad vo vonkajšom prostredí prebieha rýchlejšie ako vo vnútornom prostredí.

Prof. Lee Goff vykonal najjasnejšie porovnanie rozkladu medzi vnútornými a vonkajšími situáciami (Goff et al. 1991). Čakali by sme, že počet hmyzu je vo vonkajších situáciách vyšší ako vo vnútorných priestoroch, ale zatiaľ sa toto systematicky neskúmalo. V tropických podmienkach, napr. na Havaji, vrchol diverzity druhov hmyzu bol dosiahnutý rýchlejšie na telách vo vnútornom prostredí (6-7 dní), ako na telách vo vonkajšom prostredí (8-10 dní). V neskorších fázach je málo vnútorných druhov v kontraste so širokou rozmanitosťou vonkajších druhov. Fauna na mŕtvole vo vnútornom prostredí bola bohatšia na druhy zo skupiny dvojkrídlovce (Diptera), zatiaľ čo fauna na mŕtvole z vonkajšieho prostredia bola bohatšia na druhy zo skupiny chrobáky (Coleoptera) (Frost et al. 2007)

V Goffovej štúdii z Havajských ostrovov sa hmyz vo všeobecnosti nespája s rozkladom zvyškov objavených v interiéri na šiestom poschodí, avšak v niekoľkých prípadoch z miernych oblastí bolo hlásené obsadenie ľudských zvyškov hmyzom aj z oveľa vyšších poschodí budov (napr. jedenásť-poschodový bytový dom v Gdaňsku a 18. poschodie bytového komplexu v Kanade) (Piatkowski, 1991). Vo väčšine situácií v exteriéri v prvých týždňoch rozkladu dominujú bzučivkovité muchy (Calliphoridae). Veľké množstvo nakladených vajíčok prekrýva akúkoľvek prítomnosť mäsiarkovitých múch (Sarcophagidae). Nuorteva et al. (1967) opísal výskyt mäsiarok pri vnútorných prípadoch úmrtia v Helsinkách. Diverzita múch (Diptera), ktoré sa dajú zbierať v bytoch v miernom pásme, je ohromujúca. Napríklad Schumann (1990) od apríla do októbra zozbieral v byte na okraji Berlína 2148 exemplárov dvojkrídlovcov (150 druhov zo 46 čeľadí). *Fannia canicularis* (Linnaeus, 1761) (Fanniidae) bola najčastejším druhom so 726 jedincami, nasledovali *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (drozofila obyčajná, Drosophilidae), *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (komár piskľavý, Cullicidae), *Lucilia (Phaenicia) sericata* (Meigen, 1826) (bzučivka zelená, Calliphoridae), *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) (mäsiarka obyčajná, Sarcophagidae, *Calliphora vicina, Muscina stabulans* (Fallen, 1817) (Muscidae) čo predstavuje 55% ulovených dvojkrídlovcov (Diptera). Tabuľka 1 uvádza druhy hmyzu nachádzajúce sa na ľudských pozostatkoch nájdených v interiéri.

Pri porovnaní letnej a zimnej fauny hmyzu na ľudských telách zo 117 domácich prípadov v Hamburgu v Nemecku sa *Calliphora vicina* a *Simulium maculatum* (Meigen, 1804) (muška škvrnitá, Simuliidae) vyskytovali ako celoročné druhy; druhy *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758) (bzučivka čiernohlavá, Calliphoridae), *Muscina stabulans*

a chrobák (Coleoptera) rodu *Dermestes* ako jarné a jesenné druhy; druhy *Lucilia sericata, Phormia regina* (Meigen, 1826) (Calliphoridae) a rod *Sarcophaga* ako typické letné druhy (Schroeder et al. 2003).

Žiadny z druhov hmyzu uvedených v tabuľke 1 sa normálne nerozmnožuje v ľudských obydliach; preto by sa žiadny nemal klasifikovať ako žijúci výlučne v interiéri. Rôzne úrovne endofílie vystavené hmyzím druhom zostanú vždy iba sklon k jednému alebo druhému prostrediu. Očakáva sa, že táto zaujatosť sa zmení medzi geografickými regiónmi.

Niektoré muchy (ako *Muscina stabulans* a *Fannia canicularis*) sa prirodzene vyskytujú v širokom spektre rozpadajúcich sa organických látok a sú bežné v intravilánoch miest a obcí. Tieto muchy sú napríklad oveľa viac priťahované pachom ľudských výkalov, čo viedlo k ich využívaniu ako indikátorov zanedbaného prostredia (Benecke a Lessig, 2001). Mucha *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Calliphoridae) je rovnako priťahovaná výkalmi a môže viesť k chybám v odhadoch PMI v podobných prípadoch zanedbania. Podobne Anderson (2001) podotkol, že prítomnosť komunálneho odpadu z domácnosti v okolí by mohla byť určujúcim faktorom prítomnosti niekoľkých druhov múch v jeho štúdii.

5 Roztoče na pokožke ľudí

U cicavčích hostiteľov sa vyskytuje niekoľko druhov folikulárnych roztočov. Z nich sú u ľudí najbežnejšie druhy *Demodex folliculorum* Simon, 1842 (kožník, Demodecidae) a *Demodex brevis* Akbulatova, 1963 (kožník, Demodecidae) (Desch a Nutting, 1972). Poznáme aj kombinácie viac ako dvoch druhov folikulárnych roztočov; triplety a kvartety boli izolované napríklad z potkana hnedého *Rattus norvegicus* (Bukva, 1995). Zdá sa, že voda nie je prekážkou pre folikulárne roztoče –bolo dokázané, že žijú aj v koži morských cicavcov, napríklad tuleňov a uškatcov (Desch et al. 2003).

Roztoče rodu *Demodex* sú malé roztoče. Priemerná dĺžka dospelých jedincov je 200 mikrometrov; samice sú širšie a dlhšie ako samce. Vajíčka a nedospelé štádiá, ako sú larvy, sú nenápadné formy, ktoré sa dajú ľahko zamieňať s časticami alebo mikrovláknami. Dva ľudské druhy rodu *Demodex* sa môžu vyskytovať u samostatných alebo rovnakých jedincov. *Demodex folliculorum* je väčší z týchto dvoch spomínaných druhov (v priemere 279.7 mikrometrov samec a 294.0 mikrometrov samica) (Desch a Nutting, 1972). Jeho tvar je predĺžený v porovnaní s kratšími formami *Demodex brevis*

(samce v priemere 165.6 mikrometrov a samice 208.3 mikrometrov). Moderné mikroskopické techniky pomáhajú lokalizovať a rýchlo identifikovať tieto roztoče aj z drobných vzoriek kože alebo z kožených výrobkov. Napríklad nedávna štúdia bola uskutočnená environmentálnou skenovacou elektrónovou mikroskopiou (ESEM), ktorá ukazuje podrobne ultraštruktúru bodavých ústnych orgánov (Jing et al. 2005). Ukázalo sa tiež, že použitie fluorescenčných farbív zlepšuje detekciu roztočov sprevádzajúcich odstránené mihalnice, keď sa namiesto svetelnej mikroskopie používa fluoreskujúca látka (Kheirkhah et al. 2007).

D. folliculorum obýva ústia folikulárnych kanálikov, pričom niekedy vystrkujú až polovicu tela mimo otvoru a naopak *D. brevis* preferuje život hlboko vo vnútri žliaz. Oba druhy sa nachádzajú súčasne v rovnakom pilosebaceóznom komplexe, ale *D. folliculorum* má tendenciu obývať folikuly jednoduchých chĺpkov a *D. brevi*s sa častejšie spája s jemnými chĺpkami. *D. folliculorum sa* živí bunkovými obsahmi a sekrétmi. *D. brevis* sa nachádza v glandulárnych acínach s ústami smerujúcimi k *fundus acinus*, kde sa zdá, že požierajú jednotlivé bunky žliaz, avšak poškodenie žliaz ako celku nebolo zistené (Desch a Nutting, 1972). Folikulárne roztoče sa ľahko zisťujú na tvári, vonkajšom uchu, mihalniciach, na hornej časti hrudníka, na bradavkách a zriedkavejšie na koži na temene hlavy, predkožke, penise, Venušinom pahorku, zadku a ektopickej mazovej žľaze v bukálnej sliznici. Rod *Demodex* bol pôvodne objavený v ľudskom ušnom kanáli a v ušnom maze. Ušný maz by mohol obsahovať viacero forenzne dôležitých informácií ako sa doteraz predpokladalo (Breckenridge, 1953).

Neexistuje presne definovaná metóda na prevalenciu rodu *Demodex* v ľudskej populácii, pretože by si to vyžadovalo skríning celej oblasti pokrytej kožou každého jednotlivca zo vzorky populácie. Odhady z neprepojených zdrojov však naznačujú homogénnu prevalenciu u ľudí zo všetkých oblastí sveta; nezávislý od etnicity, ale priamo korelovaný s vekom hostiteľa (Wilson, 1844). U novorodencov sa roztoče ťažko lokalizujú a zvyčajne sa nenájdu. Počet roztočov sa počas detstva zvyšuje, čím sa rozrastie populácia roztočov súbežne s vývojom pilosebceóznej žľazy ich hostiteľa, ktorý je schopný dosiahnuť 100% prevalenciu u zdravých dospelých ľudí na celom svete (Rufli a Mumcuoglu, 1981). Existuje tendencia zvýšeného množstva roztočov na temene hlavy u ľudí v pokročilom veku, tmavých vlasov alebo s plešatou hlavou.

Aj keď dve nedávne správy o ľudských folikulárnych roztočoch získaných z mŕtvol sa pokúsili charakterizovať tieto roztoče ako parazity a potenciálne vektory

patogénnych organizmov (Ozdemir et al. 2005), tak prenos roztočov z jedného jednotlivca na druhého nebol v rozsiahlej literatúre o ľudských zástupcoch rodu *Demodex* nikdy zaznamenaný. *Demodex* nemôže meniť hostiteľov. Roztoče majú pohyblivé nohy v štádiu nymfy a v dospelosti. Vykazujú obmedzený pohyb pri plávaní a iba veľmi zriedka sa nachádzajú v blízkosti svojho úkrytu. Osobitná pozornosť sa venovala skutočnosti, že ak sú roztoče nútené opustiť svoj glandulárny úkryt, čoskoro zomrú na vysušenie na povrchu kože a nepokúšajú sa o opätovné vstúpenie do akýchkoľvek folikulov (Nutting a Rauch, 1963). Horizontálny prenos medzi celoživotnými partnermi nebol zdokumentovaný, ale neoficiálne dôkazy od akarológa Fishera (1973) špecializujúceho sa na biológiu rodu *Demodex* po mnoho desaťročí naznačujú, že horizontálny prenos sa pravdepodobne počas života človeka nevyskytuje. Práce na iných druhoch cicavcov bolo zistené, že prenos medzi samicami a samcami je extrémne zriedkavý, dokonca aj počas kopulácie. Presun z matky na potomka je pravidelný, roztoče rodu *Demodex* sa prenášajú z matiek fyzickým kontaktom počas pôrodu, dojčenia či počas celého detstva. Medzidruhová infekcia nie je známa ani medzi blízko príbuznými hostiteľskými druhmi (Drager a Paine, 1980).

D. folliculorum si šťastne žije v našej pokožke a je vystavovaný širokému rozsahu teplôt, ktoré sa prirodzene menia v rozmedzí 8 až 30°C. V laboratórnych kultúrach bola zistená optimálna teplota 26 až 27°C. Prežitie sa drasticky znižuje, keď teplota klesne na 0°C a zvýši sa nad 37°C. Letálna teplota sa pohybuje okolo 54 až 54,5°C (Zhao et al. 2005). Postupné zvyšovanie teploty stimuluje pohyb roztočov a pri 45°C sa stávajú veľmi aktívnymi, zatiaľ čo pri 53,5°C strácajú motilitu a po 5 minútach zahrievania na 54,5°C hynú. Tieto štúdie naznačujú dva teplotné rozsahy, pri ktorých je narušené prežitie roztočov, jeden medzi 0 až 8°C a druhý medzi 30 až 54°C. Roztoče by sa teda mali nachádzať živé na mŕtvole medzi teplotami 0 až 53°C. Zvýšenie teploty kože na 45°C by malo veľmi zvýšiť pravdepodobnosť vizualizácie živých roztočov, ktoré sa aktívne pohybujú po odumretej koži mŕtvoly. Zvýšenie teploty v určitých oblastiach kože odráža materský prenos roztočov. K prenosu z matiek dôjde pravdepodobne lokalizovanou zvýšenou teplotou medzi matkou a potomkami počas narodenia, hladenia a dojčenia (Sheard a Hardenbergh, 1927).

Použitie fluorescenčnej mikroskopie a použitie fluorescenčných farbív, ako je DAPI (4,6- diamidino-2-fenylindol), na odobratých oddelených alebo odtrhnutých chĺpkoch z tváre alebo v akéhokoľvek chlpu z pilosebaceóznych žliaz, výrazne pomôže

získať dôkazné informácie z dôvodu rýchlej vizualizácie roztočov stále naviazaných na koreňoch vlasu, nezávisle od prítomnosti alebo neprítomnosti folikulárnych buniek hostiteľa (Kheirkhah et al. 2007).

Počas prvých 48 až 72 hodín po smrti sa najčastejšie používajú lekárske parametre na odhadovanie postmortálneho intervalu. Po uplynutí tohto obdobia ale môžu byť vzorky folikulárnych roztočov stále živé – od niekoľko hodín až do 15 dní, v závislosti od okolností (Wilson, 1844). Pri mikroskopickom prieskume kože počas pitiev boli folikulárne roztoče vizualizované už pred viac ako storočím. V štúdii v Bazileji a v Zürichu vo Švajčiarsku, Henle (1845), ktorý objavil *Demodex* v rovnakom čase ako Berger vo Francúzsku, jedenásť z dvanástich ľudských mŕtvol obsahovali *Demodex* v koži. V Nemecku všetkých osem študovaných mŕtvol detí a dospelých preukázalo prítomnosť rodu *Demodex* na pokožke tváre; iba dve novonarodené deti boli negatívne (Simon, 1842). Rozsiahlejšia štúdia Gmeinera (1908) odhalila roztoče u 97 zo 100 mŕtvol v koži na tvári. Tri negatívne vzorky pochádzajú z 2- a 8-dňového dieťaťa a od 9-ročného dievčaťa, pričom posledné z nich bolo autorom považované za falošne negatívne. Z tých istých tiel boli tiež získané riasy, ktoré boli testované na prítomnosť rodu *Demodex*. Riasy boli pozitívne na roztoče iba v 49 prípadoch, bol tu však zrejmý vzťah s fyzickým vekom mŕtvoly. Incidencia sa pohybovala od 10% u detí do približne 60% u dospelých. Podobná štúdia z Nemecka odhalila folikulárne roztoče na mihalniciach u 79% tiel (Hunsche, 1900). Gmeiner (1908) zopakoval svoju pôvodnú štúdiu s ďalšími 100 mŕtvolami a získal 100% výskyt roztočov vo vzorkách kože a 50% výskyt v prípade mihalníc. Podobne francúzska štúdia o vzorkách kože potvrdila 100% výskyt u 100 mŕtvol vo veku 1 až 82 rokov (Fuss, 1933). V Dánsku boli skúmané mihalnice z ďalších 100 mŕtvol, ktoré boli v novšej štúdii pozitívne na roztoče u 89% (Norn, 1970).

Prežívanie roztočov rodu *Demodex* by mohlo súvisieť s podmienkami prostredia v čase smrti a po nej. Časový odhad smrti (postmortem) môže byť teda založený aj na výskyte roztočov. Dôležité je to najmä v prípadoch, keď dvojkrídlovce alebo hmyz nemôžu kolonizovať alebo ešte nestihli kolonizovať telo. Je potrebné stanoviť základné a referenčné údaje o prežití folikulárnych roztočov na mŕtvych telách, aby sa uľahčili odhady času smrti. Táto oblasť výskumu čaká na vývoj a mohla by dokonale dopĺňať a spájať dosiaľ nesúvisiace údaje poskytované lekárskymi a fyziologickými parametrami.

5.1 Roztoče a odevy

V domácom prachu sa taktiež nachádzajú roztoče a bol pre nich zavedený názov „domáce roztoče“ (DM) (Solarz, 2009). Zatiaľ čo rod *Demodex* neprežije mimo našej pokožky a nie je pripravený ľahko opustiť naše folikuly, prachové roztoče sa plazia po našej pokožke a prechádzajú cez naše oblečenie pri hľadaní potravy, partnerov opačného pohlavia a miest na kladenie vajíčok, či pri hľadaní nových mikrohabitatov. Najčastejšie sú však prítomné roztoče z domáceho prachu (HDM), t.j. druhy z čeľade Pyroglyphidae, najmä druhy *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1898), *Dermatophagoides farinae* Hughes, 1961 a *Euroglyphus maynei* (Cooreman, 1950) (Blythe et al. 1974). Podľa pôvodných opisov je *D. farinae* označovaný ako americký prachový roztoč a *D. pteronyssinus* ako európsky, ale oba druhy sú bežné v miernom podnebnom pásme. V tropických a subtropických oblastiach je pravdepodobne dominantným druhom *Blomia tropicalis* van Bronswijk, de Cock et Oshima, 1974 (Glycyphagidae) (Chew et al. 1999). HDM zvyčajne tvorí 60–90% vnútornej akarofauny v miernych klimatických oblastiach na celom svete. (Van Bronswijk, 1981). Aj keď tieto roztoče ešte neboli preskúmané forenznými odbormi, môžu mať potenciálne využitie ako súčasť fauny spojenej s prípadným vnútorným rozkladom.

V rámci obrovskej skupiny Astigmata, ktorý zahŕňa voľne žijúce druhy, dravce, komenzály aj parazity, iba jedna čeľaď je špecializovaná na kŕmenie sa na ľudskej koži: Pyroglyphidae. Niekedy sa nazývajú aj roztoče domáceho prachu, ale tento termín zahŕňa aj ďalšie rody patriace do rôznych radov - Sarcoptiformes, Mesostigmata, Prostigmata aj Oribatida (van Bronswijk, 1979). Všetky tieto domáce roztoče majú svoju špecifickú biológiu. To znamená, že prachové roztoče sa môžu nachádzať v akomkoľvek prostredí, kde sa nachádzajú odpadnuté kúsky našej pokožky, teda predovšetkým je to samotná naša koža, oblečenie, posteľ, pohovka, koberce, či záclony. Asi 80% prachu v byte, ktorý vidíme vznášať sa v slnečnom svetle, môžu byť v skutočnosti kúsky ľudskej pokožky. Všeobecne v bytoch klieštikovce (Mesostigmata) a prostigmátne roztoče (Prostigmata) plnia úlohu predátorov prachových roztočov a iných astigmátnych roztočov, ktoré sú zasa viac zastúpené v kuchyni, kde majú prístup k našim potravinám. Astigmátne roztoče v kuchyni sú známe aj ako skladokazovité roztoče, hlavne z čeľadí Glycyphagidae a Acaridae (Hughes, 1976).

Z ľudského hľadiska je najvýznamnejším rodom prachových roztočov rod *Dermatophagoides*. Z evolučného hľadiska boli pôvodnými mikrohabitatmi rodu *Dermatophagoides* hniezda a brlohy cicavcov (teda biotopy, kde sa nachádzajú doteraz). Keď sa ľudia presúvali z otvoreného priestoru do jaskýň a neskôr do domov, nasledovala ich aj domáca fauna roztočov (Walter a Proctor, 1999).

Roztoče z čeľade Pyroglyphidae sú veľmi dobre známe nielen preto, že sa nachádzajú na našej pokožke, ale aj preto, že ako alergény spôsobujú rôzne chronické respiračné ochorenia alebo poruchy dýchacích ciest. Biológia roztočov čeľade Pyroglyphidae je pravdepodobne jednou z najlepšie preskúmaných v akarológii a v lekárskej literatúre existuje veľké množstvo informácií o ich ekologických nárokoch a biológii v súvislosti s výskumom alergií. Tieto údaje uľahčujú odhadnúť ich správanie sa vo forenznom prostredí.

Kožné roztoče sú veľmi pohyblivé a odolnejšie ako folikulárne roztoče. Dĺžka idiozómy (časť tela, ktorá nesie nohy, ale už nie ústne orgány) u dospelcov rodu *Dermatophagoides* sa pohybuje od 300 mikrometrov pre samcov do 370 mikrometrov pre samice, zatiaľ čo pre rod *Europlyphus* dĺžka tela dosahuje 200 mikrometrov (samec) až 280 mikrometre (samica). Samice *D. pteronyssinus* prejavujú agregačné správanie, zoskupujú sa na miestach rozmnožovania, na ktorých ukladajú vajíčka v zhlukoch, zatiaľ čo samce *D. farinae* udržiavajú odstup od gravidných samíc a sledujú ich iba vtedy, keď začnú byť receptívne. Disperzia a distribúcia kožných roztočov v substráte za optimálnych podmienok (napr. odev alebo koža) sa javí ako reakcia na uvoľnenie rôznych feromónov, ktoré priťahujú niektoré samice, ale odpudzujú samce. Podľa van Bronswijka (1979) je najstabilnejšia mikroklíma pre tieto roztoče v posteli. Nezávislé štúdie ukazujú, že najviac obývanými oblasťami sú okraje matracov, potom nasleduje spodná časť postele, ale ak je vlhkosť dostatočná, množstvo roztočov sa môže nachádzať prekvapivo v pokrývkach alebo na povrchu vankúša (Dusbábek, 1979). Vo vnútri matraca sa môže počet prachových roztočov pohybovať medzi 100 tisíc až 10 miliónmi jedincov. Mŕtve roztoče a ich trus môžu tvoriť až 10 % hmotnosti dvojročného vankúša. Ľudský pot, tekutiny a sekréty sú tiež lákadlom pre posteľnú akarofaunu. Na okrajoch matracov, v zhlukoch populácií je dominantnejší *D. pteronyssinus* ako *D. farinae*; inak obidva druhy vykazujú podobnú abundanciu (Dusbábek, 1979). Prachové roztoče dýchajú cez kutikulu, ktorá im umožňuje odolávať zmenám vlhkosti spojeným pri širokom rozsahu teplôt; vlhkosť je napriek tomu najdôležitejším faktorom

ich prežitia. Štádium protonymfy je odolnejšie voči vysúšaniu. Pri viac ako 60% relatívnej vlhkosti (RH) pri izbovej teplote môžu roztoče dokončiť svoj životný cyklus za 1 mesiac. Štúdia od Arlian et al. (1999) o *D. farinae* naznačuje, že čas potrebný na vývoj nepriamo súvisí s vlhkosťou a pri 75% relatívnej vlhkosti bol životný cyklus ukončený za 41,1 ± 0,50 dňa. Mnoho roztočov spojených s ľuďmi vyžaduje vlhkosť na príjem vody iba asi 1 až 3 hodiny denne, počas ktorých môžu roztoče absorbovať dostatok vody, aby prežili zvyšok dňa (Schei et al. 2002). Roztoče domáceho prachu sa v novo postavených domoch nenachádzajú skôr, ako sú obývané ľuďmi; roztoče sa prisťahujú až s nami. Taktiež naše oblečenie nesie roztoče. Roztoče obývajúce našu pokožku a oblečenie sú schopné meniť hostiteľa, pokiaľ je vlhkosť prostredia prijateľná. Roztoče sa pravdepodobne presúvajú na iného človeka či jeho odev fyzickým kontaktom medzi hostiteľmi alebo zdieľaním odevov vrátane látok na povrchu nábytku (napríklad čalúnenie). Dvaja jednotlivci môžu na základe svojich hygienických návykov prezentovať rôzne spoločenstvá roztočov. Diverzitu osobnej akarofauny možno študovať klasickými morfologickými metódami alebo molekulárnymi analýzami (Bischoff a Kniest, 1998). Moderné nástroje molekulárnej genetiky môžu poskytnúť informácie aj na úrovni populácie v rámci jedného druhu. Bohužiaľ, zatiaľ sa toho veľa nezistilo. Prepojenie podozrivého na miesto činu môže byť potvrdené len analýzou fauny prítomných roztočov.

5.2 Environmentálny kontakt s roztočmi

Roztoče domáceho prachu (HDM) boli hlásené z celého radu ďalších biotopov spojených s človekom a jeho prostredím, vnútorným aj vonkajším. Možnými zdrojmi týchto roztočov v domácom prachu sú hniezda synantropných vtákov a skladovanie rôznych produktov. Okrem našej pokožky existuje aj iné prostredie pre roztoče: naše topánky. Kamkoľvek ideme, zbierame prach a zeminu. Materiál, ktoré naše topánky zbierajú, predstavuje v modernom forenznom výskume súbor dôležitých dôkazov. Pôdne roztoče sa prilepia na topánky spolu s pôdou, v ktorej žijú. Pancierniky (Oribatida) alebo iné roztoče s tvrdým povrchom tela sa dajú identifikovať aj z fragmentov ich tiel. Ich silná kutikula sa zachováva v dobrej kondícii počas dlhej doby vrátane archeologických časových rozpätí (Chepstow-Lusty et al. 2007). V pôde sú zastúpené všetky skupiny roztočov. Druhové bohatstvo alebo diverzita pôdnych roztočov je špecifická pre mikrohabitat; tiež vykazujú mikrobiogeografické distribúcie.

Konkrétny druh roztoča môže byť prítomný iba na otvorenom poli, na ihrisku, okolo koreňov stromu, na záhrade, v hrobe a nikde inde. Pôdne roztoče sú tiež silne spojené s akoukoľvek činnosťou ľudí. Archeológovia používajú toto spojenie vo veľkej miere na rekonštrukciu ľudských aktivít a biotopov. Okrem stôp, ktoré poskytujú pôdne roztoče, sa vo forenznej praxi dajú využiť aj parazitické krvcicajúce roztoče. Na mieste vraždy 24-ročnej ženy v Kalifornii boli ľudia, ktorí miesto činu vyšetrovali, pohryzení roztočmi druhu *Eutrombicula belkini* Gould, 1950 (Trombiculidae). Predchádzajúce biologické štúdie tohto druhu ukázali, že jeho distribúcia je veľmi obmedzená (Webb et al., 1983). Je zaujímavé, že iba jeden z podozrivých mal na tele rovnaké príznaky uhryznutia, ako ľudia skúmajúci miesto činu. Pri uhryznutí týmito roztočmi sa totiž na pokožke vyvinie charakteristický opuch, ktorý poskytuje aj informácie o čase pôvodného uhryznutia. To umožnilo umiestnenie podozrivého na miesto činu v čase trestného činu. Podozrivý sa neskôr priznal (Webb et al. 1983).

6 Akarofauna ľudských obydlí

Nie je možné nakresliť presnú deliacu čiaru medzi alothonickými (hosťujúcimi) a autochtónnymi (obývajúcimi) druhmi roztočov. Celkovo bolo v ľudských obydliach nájdených najmenej 150 druhov roztočov, vrátane rastlinných a živočíšnych parazitov, dravých roztočov, pôdnych panciernikov a roztočov z uskladnených potravín.

Materiál bol zozbieraný v období rokov 1981–2006, pričom bolo celkovo odobraných 1 063 vzoriek prachu z 161 bytov z 31 lokalít v juhozápadnom Poľsku vrátane vzoriek z postelí, kobercov, linolea, čalúneného a dreveného nábytku, obrazov a žalúzií, prevzaté zo spálne, obývacej izby, kuchyne a predsiene. Okrem bytov bolo odobratých 281 vzoriek z 11 nemocníc (podlahy a matrace pacientov), 70 z 9 knižníc (podlahy, stoličky, rolety, stoly, police a knihy), 31 z výskumných laboratórií (podlahy, stoličky, nábytok), 30 z obchodov (podlahy, stoličky), 43 z kancelárií (podlahy, dokumenty, nábytok) a 14 z iných pracovísk (podlahy, dokumenty, stoličky, nábytok) (Solarz, 2001).

6.1 Odber vzoriek prachu

Všetky vzorky (plocha vzorky 1 m^2) sa zozbierali pomocou prenosných vysávačov na špeciálne skonštruovanom filtri na zachytávanie prachu pripevnenom na koniec

hadice. Pre každú vzorku sa použil nový filter a vzorky sa uchovávali oddelene. Po vysávaní sa vzorky prachu odvážili v kadičke s objemom 150 ml a analyzovali sa na roztoče (modifikovaná metodika podľa Arlian et al., 1983). Vzorky boli namočené v 75% etanole počas 4 hodín, suspendované v nasýtenom roztoku NaCI a niekoľkých kvapkách mydla, miešané magnetickým miešadlom a udržiavané vo flotácii počas 24 hodín. Potom boli supernatanty naliate na filtračný papier. Sedimenty sa opäť suspendovali v roztoku NaCl - postup sa opakoval najmenej trikrát. Filtre so zadržaným materiálom sa umiestnili do Petriho misiek, na ktoré sa nalial nasýtený roztok NaCI. Povrch kvapaliny a filtračného papiera bol starostlivo pozorovaný na roztoče pod binokulárnym stereomikroskopom, 1-2 hodiny po naliatí NaCl. Roztoče boli montované na mikroskopické preparáty s využitím Hoyerovho média. Poškodené roztoče sa považovali za mŕtve už v čase odberu vzoriek, zatiaľ čo neporušené roztoče sa považovali za živé. Hustota roztočov každého taxónu bola vypočítaná ako počet jedincov na jeden gram prachu (Platts-Mills et al. 1992). alebo ako počet jedincov na jednu vzorku.

Výsledky z odberu prachu: roztoče sa našli v 733 z 1 532 vyšetrených vzoriek (47,8%). Odobralo sa celkom 13 194 roztočov, z ktorých 95,5 % bolo nájdených v obydliach, zatiaľ čo v nemocniciach sa nachádzalo iba 2,3 %, v knižniciach 0,95 %, v pekárňach 0,7 %, v kanceláriách a spoločenských uhoľných baniach 0,4 %. Vo výskumných laboratóriách a v obchodoch 0,02 %.

6.2 Fauna roztočov v bytoch

Z celkového počtu 1 063 testovaných vzoriek bolo 596 (56%) pozitívnych na roztoče. Izolovalo sa celkom 12 600 roztočov, z toho 9 962 z čeľade Pyroglyphidae (79%). Druhové zloženie domácej akarofauny vo vzorkách prachu z obydlí je uvedené v tabuľke 2 a ukazuje, že bolo identifikovaných 19 druhov astigmátnych roztočov vrátane piatich druhov prachových roztočov. Väčšina prachových roztočov nájdených v obydliach patrila do rodu *Dermatophagoides* (9 809 vzoriek; 78% všetkých roztočov, 98,5% všetkých Pyroglyphidae). Roztoče nájdené vo vnútornom prostredí pyroglyfidového prachu: *D. pteronyssinus, D. farinae, Dermatophagoides evansi* Fain, 1967*, Dermatophagoides microceras* Griffiths a Cunnington, 1971*, Dermatophagoides siboney* Bogdanov, 1864, *Dermatophagoides neotropicalis* Fain a van Bronswijk, 1973, *Hirstia domicola* (Oshima a van Bronswijk, 1974)*, Hirstia chelidonis* (Hull, 1931)*,*

Malayoglyphus intermedius Fain, Cunnington et Spieksma, 1969*, Malayoglyphus carmelitus* Spieksma, 1973*, Sturnophagoides brasiliensis* Fain, 1967, *Hughesiella africana* (Hughes, 1954)*, Hughesiella valerioi* Vargas et Smiley, 2009*, E. maynei* a *Gymnoglyphus longior* (Trouessart, 1987) (Solarz, 2009). Medzi nimi dominovali *D. farinae* (približne 44% z celkového počtu), nasledovali *D. pteronyssinus* (34%) a *E. maynei* (1%). Zvyšné dva druhy z čeľade Pyroglyphidae *H. chelidonis* a *G. longior* sa vyskytovali vo veľmi malom počte (približne 0,04 a 0,02% z celkového počtu). *D. farinae* bol tiež častým druhom a bol nájdený v 384 vzorkách (36% z celkového počtu, 64% vzoriek pozitívnych na roztoče), zatiaľ čo 291 vzoriek (27%) obsahovalo druh *D. pteronyssinus* (tabuľka 2). Najčastejšie sa tieto druhy nachádzajú v biotopoch úzko spojených s človekom, ako sú postele, pohovky, iný čalúnený nábytok, odevy a koberce).

Vyššie spomenuté druhy *D. pteronyssinus* a *D. farinae* boli vo vzorkách prachu najčastejšie sa vyskytujúcimi roztočmi. V literatúre bolo 32-100% vzoriek prachu z domov a obydlí pozitívnych pre oba druhy. Pomery hustoty *D. pteronyssinus* a *D. farinae* sa líšia v samostatných oblastiach sveta (Fain et al., 1990). Rozhodujúcimi faktormi ovplyvňujúcimi ich výskyt a početnosť sú hlavne relatívna vlhkosť a teplota vonkajšieho aj vnútorného vzduchu. Z týchto dvoch druhov *D. farinae* všeobecne prežíva lepšie v suchších biotopoch, zatiaľ čo nižšiu teplotu (15–20 ° C) a vyššiu vlhkosť (75–80% relatívna vlhkosť) uprednostňujú *D. pteronyssinus* v zmiešaných laboratórnych kultúrach (Arlian et al. 1998). Vlhkosť vzduchu v miestnosti sa líši podľa stupňa vetrania v závislosti od konštrukcie budovy, a preto energeticky úsporná izolácia obydlia má tendenciu zvyšovať vlhkosť v interiéri a môže viesť k vyššej hustote roztočov domového prachu (najmä *D. pteronyssinus*).

Z ostatných roztočov to boli hlavne zástupcovia *Chortoglyphus arcuatus* (Troupeau, 1879) (Chortoglyphidae), *Gohieria fusca* (Oudemans, 1902) (Glycyphagidae), *Lepidoglyphus destruktor* (Schrank, 1781) (Glycyphagidae), *Glycyphagus domesticus* (de Geer, 1778) (Glycyphagidae), *Tyrophagus putrescentiae* (Geer, 1778) (Acaridae), *Acarus siro* Linnaeus, 1758 (Acaridae) a zástupcovia z čeľade Cheyletidae, Tarsonemidae, Gamasida (Arlian, 2001).

6.3 Fauna roztočov na iných vnútorných miestach

(Takmer) všetky nemocnice sa ukázali ako pozitívne na roztoče. Celkový počet roztočov izolovaných z nemocničného prachu a počet vzoriek pozitívnych na roztoče boli výrazne nižšie ako v obydliach. Rovnako ako v obydliach, ktoré boli v celom sledovanom období a geografickej vzorke rovnaké, boli najrozšírenejšie roztoče z čeľade Pyroglyphidae. Celkovo bol dominantným druhom *D. farinae,* za ktorým nasledoval *D. pteronyssinus* (tabuľka 2). Nízke hustoty zodpovedajú údajom získaným v britských a amerických nemocniciach, kde hustoty roztočov boli zanedbateľné. V tejto štúdii bola hustota roztočov (prach g-1) celkovo vyššia v prachu z postelí ako v prachu z podláh. V oblasti Štokholmu (Švédsko) bolo niekoľko druhov roztočov nájdených iba vo vzorkách prachu z podlahy z nemocnice na dlhodobú liečbu, zatiaľ čo všetky vyšetrené nemocničné postele boli bez roztočov (Solarz, 2009). V 60 vzorkách prachu z nemocníc s kobercami a predsieňami nemocnice terciárnej starostlivosti v zime v miernom regióne v USA sa nezistil žiadny *D. farinae* alebo *D. pteronyininus* v zime v USA a priemerná hustota roztočov bola v lete nízka. Skutočné a predchádzajúce výsledky sú tiež v súlade s údajmi získanými Colloffom et al. (1991) v západnej Austrálii, kde boli koncentrácie roztočov v sanatóriu výrazne nižšie ako v domovoch pacientov (prach z roztočov 13 g a 1 g1). V českej štúdii bol HDM v domovoch ekzématických detí iba dvakrát vyšší ako v nemocniciach (Vobrázková a Kasiakova, 1986).

Takmer všetky vzorky z knižníc obsahovali roztoče a opäť najhojnejšie roztoče z čeľade Pyroglyphidae. Dominantnosť bola rôzna medzi vzorkovacími obdobiami, medzi knižnicami a medzi miestami v knižnici (napr. knižnice, čalúnené stoličky), ale celkovo bol dominantným druhom *D. pteronyssinus* (tabuľka 2). Po obydliach boli najvyššie hustoty roztočov zaznamenané v knižniciach. Medzi knihovníkmi preto existuje potenciálne riziko vystavenia sa alergénom na roztoče pri práci. Zo 43 vzoriek vyšetrených v úradoch bolo iba 5 (12%) pozitívnych na roztoče. Izolovalo sa celkom 55 roztočov: 54 vzoriek *D. farinae* a 1 *A. siro* (Acaridae). Všetky roztoče sa našli v kanceláriách, vo vzorkách z čalúnených stoličiek (3 vzorky) a z kobercov (2 vzorky). Vo všeobecnosti boli hustoty roztočov porovnateľné s hustotami v nemocniciach (tabuľka 3).

Najdôležitejším faktorom výskytu a rozmnožovania roztočov pyroglyfidového prachu je prítomnosť ľudí, pričom hlavnými zdrojmi potravy pre tieto roztoče

sú odumreté kožné šupiny. Postele sú všeobecne známe ako hlavné vnútorné umiestnenie HDM; napriek tomu sa našli v knižniciach s vyššou hustotou ako v nemocniciach. Opakované bežné čistiace postupy, ako aj udržiavanie nízkej relatívnej vlhkosti, by mohli čiastočne vysvetliť nízky počet roztočov vo verejných budovách. Vysoká hustota na policiach knižných kníh môže byť spôsobená značným množstvom kožných šupín alebo stôp od čitateľov alebo pracovníkov knižníc spojených s (staršími) knihami, ktoré slúžia ako vhodné jedlo pre HDM - to si však vyžaduje experimentálne testovanie (Solarz, 2009).

Vo vzorkách prachu z výskumných ústavov boli nájdené iba nepyroglyfické roztoče; 16% z týchto vzoriek bolo pozitívne na roztoče. Z 30 lekárenských vzoriek, boli iba 2 (7%) pozitívne na roztoče a našli sa iba tri jedince roztočov, všetky z čeľade Pyroglyphidae: *D. farinae, D. pteronyssinus* a *H. chelidonis*. Vo vzorkách prachu z pekárne boli identifikované štyri druhy astigmátnych roztočov, vrátane iba jedného druhu z čeľade Pyroglyphidae (12 jedincov *D. pteronyssinus*); *G. fusca* (Glycyphagidae) bol dominantný (približne 40% z celkového počtu) a po ňom nasledoval *A. siro* (34%).

Domáce roztoče ešte neboli preskúmané forenznými vyšetrovaniami. Vnútorné roztoče sú celosvetovo prítomné, ale druhové zloženie sa môže líšiť v závislosti od ročného obdobia, medzi miestami a dokonca aj medzi miestami v rámci jedného vnútorného prostredia (napr. Prach z postele oproti podlahe okolo neho alebo prach z políc kníh oproti a knihovnícky stôl). Jemné rozdiely v zložení HDM medzi miestami môžu priniesť cenné informácie, napríklad ako ukazovateľ času a okolností smrti.

7 Forenzný význam edafickej fauny po odstránení mŕtvoly

Prítomnosť mŕtvoly v prírode spôsobuje významné zmeny v/na pôde (Salona et al. 2010). Pôvodné pôdne roztoče vymiznú a nahradia ich nové organizmy, čo vedie k vytvoreniu nového ekosystému, v ktorom dominuje kadaverická fauna. Štúdium dynamiky kolonizácie, vývoja a sukcesie patogénov nekrofágnej fauny na mŕtvole je jadrom lekársko-kriminálnej entomológie. Okrem toho, pre mŕtvoly nájdené v pokročilom štádiu rozkladu, môžu článkonožce poskytnúť jedinú dostupnú metódu na odhad minimálneho intervalu postmortem (PMI). Je však potrebné poznamenať, že odhad PMI na mŕtvole v pokročilom štádiu rozkladu môže byť nespoľahlivý, pretože postupné vlny vyprchávajú v priebehu času a prichádzajú do hry mnohé faktory

životného prostredia, ktoré môžu znižovať presnosť odhadu. Mŕtve telá v pokročilom štádiu rozkladu môžu poskytnúť dôležité informácie týkajúce sa obdobia sukcesie (Salona et al. 2010).

Prvý forenzný prípad, kde boli zozbierané článkonožce z mŕtvoly v pokročilom štádiu rozkladu, pochádza z Baskicka (sever Španielska), kde sa pôdna biota predtým skúmala v prírodných podmienkach. Naskytla sa tak prvá šanca na získanie dôležitých informácií o článkonožcoch spojených s telom v pokročilom štádiu rozkladu v tejto oblasti a zdôrazňuje potrebu starostlivo preskúmať široký obvod susediaci s ľudskými pozostatkami, aby sa predišlo strate, ignorovaniu alebo podceneniu forenzných dôkazov.

7.1 Popis prípadu

V auguste 2003 boli objavené zvyšky mladého muža pri okraji zmiešaného listnatého lesa. Mŕtvola ležala na zemi, úplne oblečená, čiastočne redukovaná na kostru, pozostatky suchého mäkkého tkaniva boli pokryté roztočmi a hmyzom. Mŕtvy bol naposledy videný naživе 3 mesiace pred objavením mŕtvoly. Žiaľ, telo bolo už z miesta činu odstránené predtým, ako bolo od magistrátu udelené povolenie na zhromažďovanie entomologických dôkazov. Po odstránení mŕtvoly sa nakoniec z miesta zhromaždili dôkazy, čo sa týkalo aj forenzných organizmov (Salona et al. 2010).

7.2 Odber vzoriek

Chrobáky, larvy múch a roztoče boli zozbierané z kostrových pozostatkov, zadržané vo forenznej patologickej službe a uchovávané v 70% etanole. Deväť vzoriek pôdy (500 $cm^{3,}$ vzorka odobratá do hĺbky 5 cm) sa odobralo a preosialo. Veľké článkonožce sa odstránili pinzetou z preosiatej pôdy (100 ml) a extrahovala sa pôdna mezofauna pomocou Berlese – Tullgren lievikov. Všetka fauna sa uchovala v 70% etanole pre neskoršiu identifikáciu. Približne polovica lariev múch odobraných z mŕtvoly a z pôdy bola inkubovaná pri laboratórnej teplote 23°C na prirodzenom dennom svetle v laboratóriu, aby sa potvrdila ich identifikácia. Zvyšné červy (n = 20) sa umiestnili na 1 minútu do horúcej vody a potom sa uložili do 80% etanolu (Salona et al. 2010).

7.3 Výsledky výskumu

Pitva odhalila existenciu poranenia lebky s priemerom 1 cm s výrazným hematómom v zodpovedajúcej oblasti mozgu. Dôkazy naznačujú, že smrť bola spôsobená násilným útokom. Miestom činu bol zmiešaný listnatý les, extrémne uzavretý, tmavý a mokrý.

Zo vzoriek pôdy odobratých na mieste činu bolo zozbieraných a identifikovaných celkom 29 druhov; pričom existuje priama zhoda medzi piatimi druhmi získanými z mŕtvoly po pitve, ktoré boli tiež prítomné vo vzorkách pôdy (tabuľka 4). Na mŕtvole boli larvy čeľade Piophilidae (Diptera). Larvy boli aktívne vo vzorkách pôdy spolu s kuklami a po vyliahnutí dospelé jedince vyliezali pôdy. Vzorky lariev zozbieraných v pôde potvrdili konzistentnosť dôkazov. Dospelci vychádzajúci z pôdy a uchované larvy boli identifikované ako druh *Stearibia nigriceps* (Meigen, 1826) (Piophilidae) čo je dominantná mucha nájdená na odstránenom tele. Pri simuláciách, ktoré sa predtým uskutočňovali s použitím ošípaných v severnom Španielsku, sa zistilo, že tento druh má nižšiu frekvenciu a hojnosť ako podobný druh *Piophila casei* (Linnaeus, 1758) (Piophilidae). Pozoruhodná bola aj prítomnosť druhu *Necrobia rufipes* (de Geer, 1775) (Coleoptera, Cleridae) na mŕtvole aj v pôde. Okrem toho sa zo vzoriek pôdy odobrali aj dospelí jedinci *Necrobia violacea* (Linnaeus, 1758) (Cleridae). Ďalšie larvy chrobákov sa našli v pôde, ale chov v laboratóriu sa ukázal ako neúspešný (Salona et al. 2010).

Nakoniec sa z mŕtvoly odobrali tri druhy roztočov a ich prítomnosť sa potvrdila aj v pôde. Najpočetnejším druhom roztočov na mŕtvole bol *Proctolaelaps epuraeae* (Hirschmann, 1963) (Ascidae). Nájdení boli tiež dospelí jedinci *Hypoaspis (Gaeolaelaps) aculeifer* (Canestrini, 1884) (Laelapidae) a jednu deutonymfu druhu *Uroobovella pulchella* (Berlese, 1904) (Urodinychidae). Neprítomnosť iných druhov na pozostatkoch sa dá vysvetliť veľkým oneskorením medzi nájdením mŕtvoly a udelením povolenia na zhromažďovanie dôkazov v márnici (Salona et al., 2010).

7.4 Záver výskumu

Napriek niektorým predchádzajúcim výskumom uskutočneným v tomto regióne stále nie je dostatok poznatkov o distribúcii lokálnych nekrofágnych druhov a ich biológii. To sťažuje formulovanie presných záverov na základe morfológie mŕtvoly a štruktúry spoločenstva. Pozorovania fauny článkonožcov spojené s ľudskými pozostatkami v pokročilom štádiu rozkladu sa však vo vedeckej literatúre často neuvádzajú. Je to

po prvýkrát, čo sa v Baskicku (severne od Španielska) zaznamenal podrobný zoznam druhov forenzného záujmu spojených s ľudskými pozostatkami v pokročilom štádiu rozkladu (Salona et al. 2010). Hoci od odstránenia mŕtvoly uplynulo 10 dní, rovnaké druhy extrahované zo samotnej mŕtvoly boli identifikované aj vo vzorkách pôdy odobratých z miesta, kde sa mŕtvola našla.

7.5 Iná prípadová štúdia zo Španielska

V prípade obesených tiel je rozklad iný ako v prípade mŕtvol ležiacich na zemi. Kolísavé teploty vzduchu, zmeny vetra a výparov, ako aj nepredvídaný výskyt lietajúcich návštevníkov ovplyvňujú zvyšky v dôsledku vertikálnej alebo visiacej polohy. Keď je telo zavesené na krku, tkanivá v hlave a hornom trupe vyschnú, no chodidlá zostanú vlhké. Porovnanie vzorcov rozkladu medzi zavesenými a ležiacimi telami naznačuje výrazné zníženie odstraňovania biomasy v mŕtvolách ležiacich na zemi, pretože sa tiež oneskoruje rýchlosť rozkladu. Nízka rozmanitosť hmyzu spojeného so zaveseným telom a ich rozptýlený výskyt minimalizujú šance na nájdenie správneho forenzného ukazovateľa času smrti (Salona-Bordas a Perotti, 2014).

Pôda pod mŕtvolou slúži ako špongia pre padajúce telové tekutiny a ako pasca pre nedostatočne vyvinuté larvy hmyzu, ktoré sa vyvíjajú na mŕtvole. V rámci článkonožcov sú roztoče najviac všadeprítomné v pôde vystavenej rozkladu, a to aj po odstránení mŕtvoly alebo jatočného tela.

27. novembra 2007 boli nájdené zvyšky mladého dospelého muža vonku, na okraji lesa už v spomínanej vidieckej oblasti Biskaj (Severné Španielsko). Narozdiel od prvého popísaného prípadu (Salona et al. 2010), táto mŕtvola čiastočne kľačala na spodnej časti svahu, no stále visela na krku s natiahnutým plastovým lanom pripevneným na vetve borovice. Aktívny rozklad tela bol viditeľný v dolných častiach tela (Salona-Bordas a Perotti, 2014).

Telo bolo odvezené na inštitút Anatómico Forense de Bilbao a pitva bola ukončená nasledujúci deň, medzi 9 a 12 hodinou ráno. Zomrelý bol naposledy videný nažive na začiatku septembra 2007 a lekárska prehliadka potvrdila, že išlo o samovraždu. Dôkladná prehliadka mŕtvoly v márnici forenzným entomológom umožnila zber článkonožcov z ľudských pozostatkov a ich boli uchované taktiež v 70% etanole, s výnimkou živých lariev motýľov, ktoré boli zozbierané, uvarené v horúcej

vode a uchované v 80 % etanole, podľa medzinárodných noriem pre zber a ochranu hmyzu, ktorý má forenznú dôležitosť (Salona-Bordas a Perotti, 2014). V teréne sa všetky vzorky zbierali pomocou klieští a lyžice a väčšina vzoriek sa uchovávala v 70% etanole. Dôkladná prehliadka na mieste činu, zodpovedajúca polohe tela a jeho čiastočnému kľačaniu, naznačila, že na zemi bolo rozptýlených niekoľko lariev motýľov. Druhy nájdené na mieste sú uvedené v tabuľke 5.

Záver

Táto práca sumarizovala informácie o mladej a stále sa rozvíjajúcej zoologickej disciplíne, forenznej akarológii, ktorá sa zaoberá štúdiom roztočov, a následne o ich využití v praxi. Cieľom bolo vypracovať prehľad súčasných poznatkov o tejto disciplíne a vytvoriť teoretický základ pre praktický výskum. V práci sú popísané miesta, kde všade sa roztoče môžu nachádzať a taktiež aj konkrétne prípady, kedy boli priamo z tiel zozbieraný hmyz. Súčasťou práce sú aj tabuľky, ktoré popisujú výskyt hmyzu v rôznych prostrediach, či už v prachu, v pôde alebo priamo na mŕtvole.

Mŕtve telo je postupne kolonizované hmyzom, pričom samotný rozklad je rozdelený na 5 fáz rozkladu. Čerstvé štádium, ktoré je prvým v poradí, preferujú muchy z čeľade Calliphoridae a Sarcophagidae. Ďalšou v poradí je nafúknutá fáza kedy dochádza k hnilobným procesom, nasleduje fáza rozkladu kedy začínajú prichádzať chrobáky (Coleoptera) a odchádzajú až v ďalšej fáze – suchej fáze. Poslednou fázou je kostrová, kedy už všetky spomínané taxóny telo opustili a ostali len roztoče ako užitočné ukazovatele PMI. Okrem toho roztoče vedia upozorniť aj na možnú manipuláciu s obeťou.

Bohužiaľ, aj na Slovensku je využívanie roztočov vo forenznej praxi nulové. Z doposiaľ zistených údajov je zrejmé, že táto metóda určovania času smrti má veľký potenciál. Roztoče sú všadeprítomné a ich vysoká diverzita a početnosť môžu pomôcť pri získavaní dôkazov vo forenznej praxi.

Zoznam použitej literatúry

Anderson, G. S. 2001. Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. In: Byrd, J. H., Castner, J. L. (eds) Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations. Boca Raton: CRC Press, 143–175.

Anderson, G. S., Cervenka, V. J. 2002. Insects associated with the body: Their use and analyses. In Advances in forensic taphonomy, Haglund, W. D., Sorg, M. H., Eds. Boca Raton, FL: CRC Press, 173–200.

Arlian, L. G., Woodford, P. J., Bernstein, I. L. 1983. Seasonal population structure of house dust mites, Dermatophagoides spp. (Acari: Pyroglyphidae). J Med Entomol 20: 99–102.

Arlian, L. G., Neal, J. S., Bacon, S. W. 1998. Survival, fecundity, and development of Dermatophagoides farinae (Acari: Pyroglyphidae) at fluctuating relative humidity. J Med Entomol 35: 962–966.

Arlian, L. G., Neal, J. S., Vyszenski-Moher, D. L. 1999. Fluctuating hydrating and dehydrating relative humidities effects on the life cycle of *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae). J. Med. Entomol. 36: 457–61.

Arlian , L. G. 2001. Dust mites: update on their allergens and control. Curr Allergy Asthma Rep 1: 581–586.

Benecke, M. 2001. A Brief History of Forensic Entomology. FORENSIC SCIENCE INTERNATIONAL. vol. 120: 2-24.

Benecke, M., Lessig, R. 2001. Child neglect and forensic entomology. Forensic Sci Int 120: 155–159.

Bischoff, E. R. C., Kniest, F. M. 1998. Differences in the migration behaviour of two most wide- spread species of house dust mites (HDM). J. Allergy Clin. Immunol. 101: S28.

Bischoff, E. R. C., Fischer, A., Liebenberg, B., Kniest, F. M. 1998. Mite control with low temperature washing. II. Elimination of living mites on clothing. Clin. Exp. Allergy 28: 60–65.

Blythe, M. E., Williams, J. D., Smith, J. M. 1974. Distribution of pyroglyphid mites in Birmingham with particular reference to *Euroglyphus maynei*. Clin. Allergy 4: 25–33.

Breckenridge, R. L. 1953. Infestation of the skin with *Demodex folliculorum*. Am. J. Clin. Pathol. 23: 348–52.

Bukva, V. 1995. *Demodex* species (Acari: Demodecidae) parasitizing the brown rat, *Rattus norvegicus* (Rodentia): Redescription of *Demodex ratti* and description of *D. norvegicus* sp. n. and *D. rotticola* sp. n. Folia Parasitol. 42: 149–60.

Byrd, J. H., Castner, J. L. 2009. Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations, Second Edition 2nd Edition. Taylor & Francis, 253-255.

Centeno, N., Maldonado, M., Oliva, A. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). Forensic Sci Int 126: 63–70.

Chepstow-Lusty, A. J., Frogley, M. R., Bauer, B. S., Leng, M. J., Cundy, A. B., Boessenkool, K. P. & Gioda. A. 2007. Evaluating socio-economic change in the Andes using oribatid mite abundances as indicators of domestic animal densities. J. Archaeol. Sci. 34: 1178–86.

Chew, F. T., Zhang, L., Ho, T. M., Lee, B. W. 1999. House dust mite fauna of tropical Singapore. *Clin. Exp. Allergy* 29: 201–6.

Colloff, M. J. 1988. Mite ecology and microclimate in my bed. In Mite allergy. A world-wide problem, de Weck, A. L., Todt, A. , Eds. Brussels: UCB Institute of Allergy, 51–54.

Colloff, M. J., Stewart, G. A., Thompson, P.J. 1991. House dust acaro-fauna and Der p I equivalent in Australia: the relative importance of *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Euroglyphus maynei*. Clin Exp Allergy 21: 225–230.

Desch, C. E., Nutting, W. B. 1972. *Demodex folliculorum* (Simon) and *D. brevis* Akbulatova of man: Redescription and reevaluation. J. Parasitol. 58: 169–77.

Desch, C. E., Dailey, M. D., Tuomi, P. 2003. Description of a hair follicle mite (Acari: Demodecidae) parasitic in the earless seal family Phocidae (Mammalia: Carnivora) from the harbor seal *Phoca vitulina* Linnaeus, 1758. Int. J. Acarol. 29: 231–35.

Drager, N., Paine, G. D. 1980. Demodicosis in African buffalo (*Syncerus caffer caffer*) in Botswana. J. Wildl. Dis. 16: 521–24.

Dusbábek, F. 1979. Dynamics and structure of mixed populations of *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus*. 1. Paper presented at the V International Congress of Acarology, East Lansing, M. I.

Fain A., Guerin, B., Hart, B. J. 1990. Mites and allergic disease. Allerbio, Varennes en Argonne

Fisher, W. F. 1973. Natural transmission of *Demodex bovis* Stiles in cattle. J. Parasitol. 59: 223–24.

Frost, C. L., Braig, H. R., Perotti, M. A. 2007. Indoor arthropods of forensic importance. In Forensic entomology*:* New trends and technologies, Amendt, J., Campobasso, C. P., Grassberger, M., Goff, M. L., Eds. Amsterdam: Springer.

Fuss, F. 1933. La vie parasitaire du *Demodex folliculorum hominis* [The parasitic live of *Demodex fol- liculorum hominis*]. Ann. Dermatol. Syphiligr. 4: 1053–62.

Gmeiner, F. 1908. *Demodex folliculorum* des Menschen und der Tiere [*Demodex folliculorum* of humans and animals]. Arch. Dermatol. Syphil. 92: 25–96.

Goff, M. L. 1991. Use of acari in establishing a postmortem interval in a homicide case on the island of Oahu, Hawaii. In Modern acarology, Dusbábek, E., Bukva, V., Eds. Vol. 1. The Hague: SPB Academic Publishing, 439–42.

Goff, M.L., Charbonneau, S., Sullivan, W. 1991. Presence of fecal material in diapers as a potential source of error in estimates of postmortem interval using arthropod development rates. J Forensic Sci 36:v1603–1606.

Henle, F. 1845. Bericht über die Arbeiten im Gebiet der rationellen Pathologie [Report on work in the area of rational pathology]. *Z.* Ration. Med. 3: 28.

Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. London: Her Majesty's Stationary Office.

Hunsche, K. 1900. Das Vorkommen des *Demodex folliculorum* am Augenlide und seine Beziehung zu Liderkrankungen [The occurence of *Demodex folliculorum* on eyelids and its relationship to diseases of the eyelid]. Münch. Med. Wochensch. 45: 1563.

Jing, X. G., Shuling, G., Ying. L. 2005. Environmental scanning electron microscopy observation of the ultrastructure of Demodex. Microsc. Res. Tech. 68: 284–89.

Kheirkhah, A., Blanco, G., Casas, V., Tseng, S. C. G. 2007. Fluorescein dye improves microscopic evaluation and counting of Demodex in blepharitis with cylindrical dandruff. Cornea 26: 697–70.

Krantz, G. W. 1978. A manual of acarology. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University

Mann, R. W., Bass, W. M., Meadows, L. 1990. Time since death and decomposition of the human-body: variables and observations in case and experimental field studies. J Forensic Sci 35: 103–111.

Mégnin, P. 1895. La faune des cadavres [The fauna of carcasses]. Ann. Hyg. Publ. Méd. Lég. 33: 64–67.

Merritt, R. W., Snider, R., de Jong, J. L., Benbow, M. E., Kimbirauskas, R. K., Kolar, R. E. 2007. Collembola of the grave: A cold case history involving arthropods 28 years after death. J. Forensic Sci. 52: 1359–61.

Norn, M. S. 1970. *Demodex folliculorum*, incidence and possible pathogenic role in the human eyelid. Acta Ophthalmol. Suppl. 108: 1–85.

Nuorteva, P., Isokoski, M., Laiho, K. 1967. Studies on the possibilities of using blowflies (Diptera) as medicolegal indicators in Finland. I. Report of four indoor cases from the city of Helsinki. Ann Entomol Fenn 33: 217–225.

Nutting, W. B., Rauch, H. 1963. Distribution of *Demodex aurati* in the host (*Mesocricetus auratus*) skin complex. J. Parasitol. 49: 323–29.

Ozdemir, M. H., Aksoy, U., Sonmez, E., Akisu, C., Yorulmaz, C., Hilal, A. 2005. Prevalence of Demodex in health personnel working in the autopsy room. Am. J. Forensic Med. Pathol. 26: 18–23.

Perotti, M. A., Turner, B. D., Baker, A. S., Braig, H. R. 2006. Forensic acarology. Paper presented at the 4th Meeting of the European Association for Forensic Entomology, Bari, Italy.

Perotti, M. A. 2009. Phoretic mites and carcasses. In Forensic entomol- ogy—New trends and technologies, Amendt, J., Campobasso, C. P., Grassberger, M. & Goff, M. L., Eds. Amsterdam: Springer.

Perotti, A. M., Goff, L. M., Baker, A. S., Turner, B. D., Braig H. R. 2009. Forensic Acarology: An introduction. Experimental and Applied Acarology 49, 3-13.

Piatkowski S. 1991. Synanthropic flies in an 11-story apartment house in Gdansk. Wiadomosci Parazytol 37: 115–117.

Platts-Mills T. A. E., Thomas, W. R., Alberse, R. C. 1992. Dust mite allergens and asthma: report of a second international workshop. J Allergy Clin Immunol 89: 1046–1060.

Rasmy, A. H. 2007. Forensic acarology: A new area for forensic investigation. ACARINES J. Egypt. Soc. Acarol. 1: 3.

Rufli, T., Mumcuoglu, Y. 1981. The hair follicle mites *Demodex folliculorum* and *Demodex brevis*: Biology and medical importance. A review. Dermatologica 162: 1–11.

Russell, D. J., Schulz, M. M., O'Connor, B. M. 2004. Mass occurrence of astigmatid mites on human remains. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 76: 51–56.

Salona–Bordas, M. I., Perotti, M. A., 2014. First Contribution Of Mites (Acari) To The Analysis Of Hanged Corpses: A Case Study From Spain. Forensic Science International 244, 6-11.

Salona–Bordas, M. I., Moraza, M. L., Carles-Tolrá, M., Iraola, V., Bahillo, P., Yélamos, T., Outerelo, R., Alcraz, R., 2010: Searching the Soil: Forensic Importance of Edaphic Faua After the Removal of a Corpse. Journal Of Forensic Sciences 55 (6), 1652-1655.

Simon, G. 1842. Über eine in den kranken und normalen Haarsäcken des Menschen lebende Milben [About mites living in diseased and healthy hair follicles of humans]. Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med. 9: 218–37.

Sheard, C., Hardenbergh, J. G. 1927. The effects of ultraviolet and infra-red irradiation on *Demodex folliculorum*. J. Parasitol. 14: 36–42.

Schei, M. A., Hessen, J. O., Lund, E. 2002. House-dust mites and mattresses. *Allergy* 57: 538–42.

Schroeder, H., Klotzbach, H., Püschel, K. 2003. Insects' colonization of human corpses in warm and cold season. Legal Med 5: S372–S374.

Schumann, H. 1990. Über das Vorkommen von Dipteren in Wohnräumen [The occurence of Diptera in living quarters]. Angewandte Parasitol 31: 131–141.

Solarz, K. 2001. Pyroglyphidae (Acari: Astigmata) in Poland. Distribution, biology, population ecology and epidemiology. Acta Zool Cracov 44: 435–528.

Solarz, K. 2009. Indoors mites and forensic acarology. In: Experimental and Applied Acarology 49, Springer Science + Bussines Media, B. V., 135-142

Van Bronswijk, J. E. M. H. 1979. House-dust as an ecosystem. 1. Paper presented at the V International Congress of Acarology, East Lansing, MI.

Van Bronswijk, J. E. M. H. 1981. House dust biology (for allergists, acarologists and mycologists). NIB Publishers, Zoelmond.

Vobrázková, E., Kasiakova, A. 1986. Analysis of dust samples from the clinical environment of children with eczemas. Angew Parasitol 27: 53–55.

Walter, D. E., Proctor, H. C. 1999. Mites—Ecology, evolution and behaviour. Wallingford, UK: CABI Publishing.

Webb, J. P., Loomis, R. B., Madon, M. B., Bennett, S. G., Greene, G. E. 1983. The chigger species *Eutrombicula belkini* Gould (Acari: Trombiculidae) as a forensic tool in a homicide investiga- tion in Ventura County, California. Bull. Soc. Vector Ecol. 8: 141–46.

Wilson, E. 1844. Researches into the structure and development of a newly discovered para- sitic animalcule of the human skin—The *Entozoon folliculorum*. Philos. Trans. R. Soc. Lond. 134: 305–19.

Zhao, Y. E., Guo, N., Zheng, X., Yang, S. F., Zhang, M. X., Zhang, L. M., Wu, K. J. 2005. [Observations on morphology and the survival temperature range of *Demodex folliculorum*]. Acta Entomol. Sin. 48: 754–58.