

SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

FORENZI KA ENTOMOLOGIJA
FORENSIC ENTOMOLOGY
SEMINARSKI RAD

Lucija Jankovi -Rapan

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: prof.dr.sc. Biserka Primc-Habdija

Zagreb, 2009.

SADRŽAJ

1.UVOD.....	3
1.1.Koje informacije može dati forenzi ki entomolog o mjestu zlo ina.....	3
2.FORENZI KA ENTOMOLOGIJA KROZ POVJEST.....	5
2.1.Srednjovjekovna Kina i Europa do 19. stolje a.....	5
2.2.Rani slu ajevi iz Francuske.....	6
2.3.Sljede e masovne ekshumacije.....	8
2.4.Na prijelazu u 20. stolje e.....	9
2.5.Vrijeme Svjetskih ratova.....	11
2.6.Nakon Svjetskih ratova.....	13
2.7.Posljednje napomene.....	13
3.KUKCI NA LEŠEVIMA.....	14
3.1.Povezanost kukaca i leševa.....	14
3.2.Nakon dva tjedna.....	20
3.3.Droge i otrovi (toksini).....	21
4.MJESTO ZLO INA.....	23
4.1.Opažanja na mjestu zlo ina i podaci o vremenu.....	23
4.2.Sakupljanje kukaca na mjestu zlo ina i tijekom autopsije.....	24
4.3.Sakupljanje kukaca nakon odnošenja tijela.....	25
5.LITERATURA.....	26
6.SAŽETAK.....	27
7.ABSTRACT.....	28

1. UVOD

Entomologija je znanost koja se bavi proučavanjem kukaca, a forenzička entomologija kukcima pronađenim na mjestima zločina i leševima. Budući da su kukci najbrojnija skupina živih bića i može ih se naći na gotovo svim mjestima, vrlo su značajni za proučavanja u sudskoj medicini. Brojne kukce privlače leševi bilo radi prehrane, za polaganje jajašca ili kao zaklon.

1.1. Koje informacije može dati forenzički entomolog o mjestu zločina?

Glavna zadaća svakog forenzičkog entomologa je utvrditi vrijeme smrti pomoću uzoraka pronađenih na lešu ili u blizini leša, tj. determinirati u kojoj fazi razvoja se nalazi određena vrsta kukca te na temelju već poznatih činjenica o vremenu razvoja odrediti približno vrijeme smrti. Vrijeme između smrti i pronalaska tijela naziva se post-mortalni interval (PMI). Na razvoj većine artropoda glavni utjecaj imaju temperatura i vlažnost zraka. Što je temperatura viša, a vlažnost već, poznato je da se kukci razvijaju brže. Osim okolišnih uvjeta, studije su pokazale da i toplina nastala procesom truljenja te sama ukupna masa ličinki utječu na cjelokupni razvojni ritam kukca. Uzimajući sve to u obzir, potrebno je pri uzimanju uzoraka ličinki kukaca s raspadajućeg tijela, zapisati i podatke o temperaturi i vlažnosti zraka kako bi se što to nije odredio post-mortalni interval (PMI) (<http://www.forensic-entomology.com/>).

Ličinke sakupljene sa mjesta zločina se dijele u dvije grupe: jedna se grupa uzima za determiniranje razvojnog stadija, a druga grupa je ostavljena da se razvije u odrasle jedinke radi utvrđivanja o kojoj se to no vrsti radi. Kako ličinkama za razvoj do odraslog stadija u laboratorijskim uvjetima treba 6 do 8 dana, izvješća o vremenu smrti se donose tek kasnije, što uvelike smanjuje mogućnost rješavanja zločina. Unatoč saznanjima kako temperatura i vlažnost utječu na razvoj kukaca, postojali su neki propusti. Stoga je bilo potrebno napraviti studije za utvrđivanje optimalne temperature i vlažnosti za razvoj ličinki. Najznačajniji pokusi u laboratorijskim uvjetima su bili s vrstom *Chrysomya megacephala*. Određena je optimalna temperatura od 33 °C i relativna vlažnost od 67,5%. Pri tim uvjetima ličinke su trebale 5 dana do stadija odrasle jedinke (Osman i Ismail, 2007.).

Dodatnim podacima još se može utvrditi je li tijelo micano, tj. je li mjesto pronalaska leša stvarno i mjesto zločina. Neke muhe preferiraju specifična staništa kao npr. polaganje jajašca na otvorenom ili zatvorenom staništu, u hladu ili izlagani na suncu. Stoga, truplo koje

je pronađeno u zatvorenom prostoru s jajima i ličinkama muha koje preferiraju sunane otvorene lokacije ukazuju na to da je tijelo premješteno i da se ubojica vratio na mjesto zločina.

Entomološki dokazi također mogu pomoći i utvrditi okolnosti zlostavljanja i silovanja. Kod žrtava koje su onesposobljene (vezane, drogirane ili su na neki drugi način bile bespomoćne), često nalazimo odjevu i plahte sa tragovima urina i fekalija. Takav materijal je privlačan i muhe, bez kojih ovakvi dokazi ne bi bili otkriveni, nakon što se mrlje sasuše. Njihova prisutnost može dati mnoge tragove o okolnostima prije i poslije zločina.

Kukci na raspadnutim ljudskim ostacima mogu biti dragocijen alat za toksikološke nalaze. Zahvaljujući i proždrljivom apetitu, kukci vrlo brzo od leša naprave kostur. U kratkom vremenu nestaju vrijedni toksikološki dokazi kao krv, urin ili raspadnuto mekano tkivo. Toksikološke analize mogu se uspješno provesti na ličinkama kukaca jer njihovo tkivo asimilira drogu i otrove koji su bili akumulirani u tkivu žrtve prije smrti (<http://www.forensic-entomology.com/>).

2. FORENZI KA ENTOMOLOGIJA KROZ POVIJEST

Ve stolje ima se zna da ljudsko tijelo, u prvim satima nakon smrti, prolazi kroz to no odrene promjene. Rigor mortis (mrtva ka uko enost) je proces u kojemu se miši i polagano ko e, a, potom, postupno opuštaju. Algor mortis (mrtva ka hladno a) je proces postupnog hla enja tijela na temperaturu okoline. Livor mortis (mrtva ke pjege) je proces slijeganja krvi i podlijevanja na donju stranu tijela, nakon što krvni tlak padne na nulu. Ove tri faze primarne su vremenske odrednice kojima se služe patolozi u odre ivanju vremena nastupa smrti. Me utim, nakon 24 do 48 sati, te odrednice postaju neupotrebljive. A, ak i prije toga, one su poznate po nepouzdanosti. Primjerice, netko tko je bio ubijen na otvorenom, za hladnog dana, ohladit e se mnogo brže nego netko tko je bio ubijen u zagrijanoj prostoriji.

U posljednjih stotinjak godina, policija se po ela obra ati sve ve em krugu raznih stru njaka kako bi joj pomogli u utvr ivanju vremena nastupa smrti. Mnoge od profesija tih stru njaka na prvi pogled nemaju veze s forenzi kim vješta enjem - sveu ilišni profesori, kustosi muzeja, znanstvenici s raznih polja istraživanja, mnogi iz takozvanih "mekih znanosti" (<http://www.voanews.com>).

2.1. Srednjovjekovna Kina i Europa do 19. stolje a

Prvi dokumentirani slu aj forenzi ke entomologije prikazao je kineski odvjetnik i mrtvozornik Sung Tz'u u 13. stolje u u medicinsko-pravnoj knjizi Hsi Yuan Lu (jedan od mogu ih prijevoda bio bi "Ispiranje krivaca"). On opisuje slu aj probadanja pored rižinih polja. Drugi dan nakon ubojstva istražitelj je svim radnicima rekao da odlože na zemlju svoje alate (srpove). Nevidljivi tragovi krvi privukli su muhe na jedan od srpova. Suo en s tim, vlasnik srpa je priznao krivnju.

Biolog Carl von Linné je 1767. godine zapisao kako e tri muhe uništiti konja jednako brzo kao i lav (u smislu njihova razmnožavanja i stvaranja brojnih li inki). Dok su 1976. g. Leclercq i Lambert potvrdili primije enu sklonost odre enih muha za krv: otkrili su muhu *Calliphora vomitoria* na lešu šest sati nakon smrti kako polaže jaja u krv (ali ne i u rane) preminuloga.

Osim medicinskih i pravnih stru njaka, kipari, slikari i pjesnici su prou avali raspadanje ljudskog tijela bilježe i u inke li inki koje se na njemu hrane. Rani zapisi koji ilustriraju li inke na leševima potje u iz Srednjeg vijeka, uklju uju i drvorez iz "Dances of the Death" (15. stolje e) i intrigantnu rezbariju u slonova i "Skeleton in the Tumba" (16. st.). Ova

umjetni ka djela živo pred o uju uzorak smanjenja tjelesne mase prouzro en djelovanjem kukaca, osobito skeletizaciju lubanje i redukciju unutarnjih organa, s velikim dijelovima kože netaknutim.

Poema "Une Charogne" francuskog pjesnika Charles Baudelaire-a (1821-1867) treba se tako er spomenuti u ovom kontekstu jer sadrži jasna opažanja razlaganja ljudskih tijela, uklju uju i vjerni prikaz zvukova brojnih li inki u truplima.

2.2. Rani slu ajevi iz Francuske

Tijekom masovnih ekshumacija u Francuskoj i Njema koj u 18. i 19. stolje u, sudski medicinari su zamijetili kako su pokopana tijela nastanjena raznovrsnim lankonošcima. Tako je slavni francuski lije nik Orfila zaklju io kako li inke kukaca imaju važnu ulogu u raspadanju tijela. Prvi moderni prikaz slu aja forenzi ke entomologije koji je uklju io procjenu postmortalnog intervala dao je francuski lije nik Bergeret 1855. godine. U svom lanku Bergeret daje kratki prikaz životnog ciklusa kukaca op enito. No, pogrešno pretpostavlja kako je za metamorfozu potrebna jedna puna godina. Pretpostavlja kako ženke op enito jaja polažu ljeti te da e se li inke transformirati u kukuljice (on ih zove ahure) slijede eg prolje a. Neki detalji Bergeretovih pretpostavki: "Jaja li inki koje smo pronašli na tijelu u ožujku 1850. morala su tu biti položena prije sredine 1849. dakle, tijelo je moralo biti zakopano prije tog perioda. Uz mnoge žive li inke, tu su bile i brojne kukuljice koje su se razvile iz jaja položenih mnogo ranije, npr. 1848. Je li tijelo moglo biti položeno ak i ranije? Muha koja se razvija iz kukuljica koje smo našli u tjelesnim šupljinama je vrste *Musca carnaria* L. koja polaže jaja prije nego se tijelo isuši. Pronašli smo i kukuljice no nih leptira, koji, tako er, napadaju tijelo kad je sasušeno. Da je tijelo bilo položeno u zemlju 1846. ili 1847. na tijelu ne bismo našli te li inke (jer bi se do tada izlegle). Zaklju no, dvije generacije kukaca su na ene na tijelu, i one predstavljaju dvije godine postmortalnog perioda: na svježem lešu su muhe položile jaja 1848., a na isušenom lešu no ni leptiri 1849.".

Retrospektivno, treba shvatiti kako se u svom izvješ u Bergeret nije usmjerio na forenzi ku entomologiju ve ju je koristio kao forenzi ko sredstvo istraživanja. O ito je njegovo zanimanje bilo usmjereno samo za proces mumifikacije. Bergeret citira Orfila i u pogledu mumifikacije i forenzi ke entomologije. On tako er naglašava manjak znanja o razvoju kukaca u preminulom.

Godine 1879. Brouardel, predsjednik Francuskog društva forenzi ke medicine, navodi još jedan rad iz ovog podru ja.



Slika 1. Paul Camille Hippolyte Brouardel
(izvor nepoznat)

Paul Camille Hippolyte Brouardel, rođen u Saint-Quentinu 13. veljače 1837., postao je član Francuske medicinske akademije 1880. Radio je na tuberkulozi, cijepljenju i sudskoj medicini. Njegovi brojni medicinsko-pravni zapisi uključuju praktične savjete za kolege koji rade u mrtvačnicama.

U svom izvješću, nakon citiranja Bergereta, Brouardel opisuje slučaj novorođenog djeteta kojeg je obducirao 5. siječnja 1878. Mumificirano tijelo je bilo nastanjeno brojnim lankonošcima, uključujući i ličinke leptira, zbog čega je zatražio pomoć Monsieura Periera, profesora iz Prirodoslovnog muzeja u Parizu i vojnog veterinarara Pierre Mégnina. Perier je izvijestio kako je tijelo najvjerojatnije bilo osušeno prije nego je napušteno. Određivanje vrste prepušteno je Mégninu dok je Perier utvrdio identitet ličinki leptira kao ličinke iz roda *Aglossa*. Na temelju otkrivanja tijela i na enih ličinki Perier je zaključio kako je dijete moglo biti rođeno i umrlo ljetom ranije, tj. oko 6-7 mjeseci prije obdukcije tijela. Mégnin je izvijestio da je cijelo tijelo bilo prekriveno smećim slojem koji se sastojao isključivo od ostataka kukuljica i fecesa, ali ne i živih kukaca.

Unutar lubanje pronašao je mnoštvo različitih kukaca. U početku je nekoliko ličinki vjerojatno uneseno u tijelo preko drugih lankonošaca. Mégnin je izračunao kako je na cijelom tijelu bilo prisutno 2.4 milijuna jedinki, mrtvih i živih. Također je izračunao da se nakon 15 dana razvila prva generacija od 10 ženki i 5 mužjaka. Nakon 30 dana tu je bilo 100 ženki i 50 mužjaka; nakon 45 dana 1 000 ženki i 500 mužjaka; nakon 90 dana bilo je prisutno 1 milijun ženki i 500 000 mužjaka. Kako je ovo bio broj jedinki za koje je procijenio da se nalaze na lešu, njegova je pretpostavka i izvješće bilo da je leš napušten prije pet mjeseci (tri mjeseca razvoja i dva mjeseca za sušenje), ali vjerojatnije ipak sedam do osam mjeseci. Ovaj

slu aj pokazuje kako su rani istraživa i ovog područja, osim kukaca, proučavali i gljive i biljke te druge vrste organizama.

2.3. Sljedeće masovne ekshumacije

6. travnja 1881, njemački liječnik Reinhard objavio je prvo sistematsko istraživanje u forenzici u entomologiji. Radeći s ekshumiranim tijelima u Saxoniji, prikupio je većinom „Phorid“ muhe koje je taksonomski odredio entomolog Brauer iz Beča. Također je opisao kukce u grobovima starijim od 15 godina. Međutim, Reinhard je zaključio kako njihova prisutnost ima više veze s njihovim hranjenjem na korijenima biljaka koje prodiru u grobove nego s njihovom direktnom vezom s tijelima. Reinhardov je rad je bio poznat dugo vremena te se 1928. pojavio opsežan citat njegova članka u radu stručnjaka za „Phorid“ muhe, Schmitza, a i drugdje.

Sljedeći entomološki izvještaj u vezi ekshumacija dao je Hofmann 1886. godine. Hofmann je također našao „Phorid“ muhe i identificirao ih kao *Conicera tibialis* Schmitz, danas poznate kao "coffin fly".

U isto vrijeme, 60-godišnji liječnik Jean Pierre Mégnin počeo je razvijati svoju teoriju o predvidljivim, ekološkim valovima života kukaca na leševima. Mégnin, rođen u Herimoncourtu (Doubs) 18. siječnja 1828., pohađao je školu Ecole d'Alfort od 1849. do 1853. U 1855. je postao vojni veterinar. Njegove knjige uključuju: "Maladies de la Peau des Animaux" (Kožne bolesti životinja, 1867-1882) i "Maladies parasitaires" (Parazitarne bolesti, 1880). Mégnin je zabilježio neke od svojih rezultata u knjizi "Faune des Tombeaux" (Fauna grobnica, 1887). U svojim člancima nije spominjao povezanost sa sveučilištem niti s Prirodoslovnim muzejom, a kako je postao član Francuske medicinske akademije 1893, može se zaključiti da je sebe primarno smatrao liječnikom.

Mégnin je opisao 15 godina svojih medicinsko-pravnih istraživanja leševa, većinom kratkim člancima izdanim u razdoblju između 1883. i 1896. Pronašao je grešku u disertaciji svoga mladić francuskog kolege George P. Yovanovitcha, s Medicinskog fakulteta u Parizu koji se bavio istom temom (1888). Mégnin je bio uvjeren kako Yovanovitchevi podaci nisu dovoljno precizni.

Konačno, 1894. godine, Mégnin je izdao svoju najvažniju knjigu *La Faune des Cadavres* (fauna kadavera). Knjiga govori o ličincima i odraslim oblicima brojnih obitelji kukaca i njihove crteže fokusirane na cjelovitu anatomiju kukaca za identifikaciju. Mégnin također opisuje 19 prikaza slučajeva, uključujući i njegove vlastite slučajeve između 1879. i 1888.

Neke od slu ajeva obra ivoao je u suradnji s Brouardelom. On citira svoje originalne izjave dane na sudu, isto kao i pitanja koja su mu kao ekspertnom svjedoku postavljana.

Osim što je unaprijedio forenzi ku entomologiju kao znanost, Mégninov rad je pridonio popularnosti ovog podru ja. Njegov doprinos našem znanju o fauni artropoda u grobovima te op enito fauni i flori mumificiranih i drugih raspadaju ih leševa nagra en je kasnije imenovanjem vrste *Endoconidium megnini*.

Inspirirani radom Mégnina, kanadski istraživa i Wyatt Johnston i Geoffrey Villeneuve, u Montrealu, zapo eli su 1895. godine brojna sistematska entomološka istraživanja na ljudskim leševima. Dva znanstvenika su napisala o Mégninu: „Niti u jednom dijelu rezultati istraživanja nisu pokazali kako su M. Mégninovi zaklju ci pogrešni.“ Glavna opasnost koje se treba bojati od Mégninovih imitatora da e se upuštati u naga anja bez solidnog temelja te da e primijeniti njegova pravila na zemlje i klime gdje su ona neprimjenjiva." Oni su namjeravali pro istiti Mégninov rad i prilagoditi ga svojoj lokalnoj fauni.

Sli no istraživanje je postavio Murray Galt Motter, "Volunteer in the United States Bureau fo Animal Industry", i njegovi suradnici nekoliko godina ranije. Kratko nakon toga, tijekom ljeta 1896 i 1897, Motterova je grupa sistemati no i kriti ki pregledala više od 150 ekshumiranih tijela u Washingtonu, D.C. U svom izvješ u, Motter kratko opisuje entomološka otkri a kao i kratke komentare o vrsti zemljišta, dubini groba itd. Govor koji je "pro itao prije javne obdukcije British Medical Association" 1897 nosio je naziv "Podzemna zoologija i sudska medicina".

Sljede e je izvješ e stiglo 1895. iz Švedske gdje je Schöyen prikazao rad koji se odnosio na istraživanje "faune grobova". Me utim, on uglavnom govori o vrstama koje su u svojim radovima ve opisali Reinhard i Mégnin.

Jedina istraživanja u forenzi koj entomologiji koja iz tog razdoblja nisu dostupna jesu ona koja je provodio Hough iz New Bedforda od 1894. do 1897. godine, jer on svoje podatke nikad nije objavio.

2.4. Na prijelazu u 20. stolje e

Prethodna forenzi ka istraživanja kukaca koja su proveli njema ki lije nici Klingelhöffer i Maschka, te forenzi ki patolog Stefan von Horoskiewicz s Krakau University (tada Austrija, sada Poljska), fokusirala su se na uzorke ugriza žohara i mrava. Klingelhöffer, lije nik zadužen za podru je Frankfurta, opisuje slu aj u siromašnoj obitelji ije je bolesno devetomjese no dijete umrlo 26. svibnja 1889, te je obducirano tri dana kasnije, 29. svibnja.

U me uvremenu je lokalni "lije nik za siromašne" obavijestio policiju jer je primijetio fleke na licu djeteta, što je dovelo do hapšenja oca. Tijekom obdukcije "fleke" su primije ene na nosu i usnama te su se nastavljale niz djetetova usta. Jezik nije bio obojen, ali je krvario na vrhu. Policija je htjela dokazati da je otac natjerao dijete da popije sumpornu kiselinu, što je bio est oblik trovanja u to vrijeme. Me utim, Klingelhöffer nije pronašao znakova trovanja te je zaklju io kako su uzorke nalik abrazijama najvjerojatnije uzrokovali žohari. Otac je nakon tri tjedna pušten iz zatvora.

Horoszkiewicz je imao sli an slu aj, gdje je dijete obducirano u travnju 1899. Obdukcija nije pokazala nikakve unutarnje znake nasilne smrti, me utim, bezbrojna abrazije su se mogle vidjeti na nosu, obrazima, usnama i bradi s uo ljivijim tragovima na površini vrata i stražnjoj strani lijeve ruke i unutrašnjosti bedara. Tijekom razgovora s majkom, ona je izjavila kako je, nakon što se vratila s priprema za pogreb, tijelo bilo prekriveno žoharima kao crno prekrivalo, me utim, u to vrijeme ona nije zamijetila nikakve ozljede. Da bi potvrdio jesu li žohari sami mogli uzrokovati abrazije, Horoszkiewicz je stavio komade svježeg tkiva ljudskih leševa u aše ispunjene žoharima. Iako nikakvi znakovi hranjenja žohara nisu bili vidljivi odmah nakon hranjenja, oni su postali vidljivi kada se koža isušila, što je objasnilo zašto majka nije vidjela ozljede, a lije nici pri obdukciji jesu.

Sli ne slu ajeve objavio je lije nik Maschka iz Austrije koji je bio uklju en u high profile slu ajeve u modernom smislu rije i. U jednom sluaju pronašao je abrazije na djetetu ije je tijelo otkriveno u bunaru. Vjerovalo se kako je po initelj seksualno zlostavljao dijete te ga zatim zadavio ili ugušio prije bacanja u bunar. Maschka je, me utim, zaklju io kako su ozljede morale biti uzrokovane artropodima. U drugom se sluaju mislilo kako je otac ubio dijete staro tri dana sile i ga da pije sumpornu kiselinu. Otac je svjedo io kako je dijete koje je umrlo prirodnom smr u ostavio pokraj prozora u 22:00 sata 14. travnja 1880. U 4:00 sljede eg dana djetetova je glava, po njegovoj izjavi, koja je bila ispod pokriva a, ve bila prekrivena mravima. Maschka je prilikom obdukcije utvrdio nalaz koji je bio sukladan o evom iskazu.

Drugi eksperimentalni doprinos dao je Eduard Ritter von Niezabitowski, tako er lije nik i mrtvozornik s Medicinsko-pravnog instituta Sveu ilišta u Krakowu. On je svoje eksperimente provodio od svibnja 1899. do rujna 1900., koriste i abortirane fetuse, kao i leševe ma aka, lisica, štakora, krtica i drugih životinja koje je stavljao na prozorske daske instituta ili u obližnje povrtnjake. Njegova opažanja bavila su se prvenstveno muhama: Calliphorid, *Lucilia caesar*, *Sarcophaga carnaria*, i "Pyophila nigriceps" (najvjerojatnije, *Piophila casei*); ali tako er je uklju io Silpha, Necrophorus, ili Dermestes. Njegov važan

doprinos jest eksperimentalni dokaz kako ljudski leševi dijele istu faunu s životinjskim leševima, kako kralježnjacima, tako i beskralježnjacima.

Na prijelazu stoljeća je i u Francuskoj i Njemačkoj raslo zanimanje za zoološka proučavanja, uključujući i svijet beskralježnjaka. Kao dokaz služi veliki uspjeh dviju popularnih serija knjiga u to vrijeme, Alfred Brehmova „Thierleben“ (Život životinja), te također i uspjeh Jean Henri Fabreove knjige „Souvenirs entomologiques“ (Suveniri života kukaca). Ove knjige, još uvijek poznate, pobudile su zanimanje za entomologiju u velikom broju ljudi. Međutim u trajnim koristima ove popularnosti jesu brojna ekološka istraživanja koja su i danas vrlo korisna u forenzičkim istraživanjima služe. ajeva.

Claude Morley 1907. godine objavljuje u Engleskoj članak u kojem se bavi pitanjem koje se vrste trebaju klasificirati kao kukci leševa. On kaže kako je tijekom deset godina sakupljanja otkrio kako je zima gotovo najbolje vrijeme za kukce i kako postoje (takozvani) kukci leševa koji nisu mesojedi već djeluju kao krajnji razgrađivači. „Još uvijek mi je tajna ime se *Necrophorus vespillo* hrani.“, napisao je. Članak kao ovaj bili su rani temelj za sistematske ekološke studije koje su utjecale na forenzičku entomologiju od 1920. godine.

2.5. Vrijeme Svjetskih ratova

Po etkom 1920-ih, liste vrsta i monografije forenzički važnih kukaca napokon su objavljene, s osvrtom na ekologiju, metabolizam ili anatomiju.

Tijekom ovog perioda raslo je zanimanje za kontrolu štetočina i terapiju ličinkama te su mnogi doprinosi nastali na ovim područjima, stvarajući i veliki znanstveni izvor za interpretaciju forenzičkih kukaca kao dokaza. U kontekstu kontrole štetočina, na primjer, pronađeno je kako odrasle muhe mogu biti prisutne u blizini tijela umrle osobe ili životinja čak i prije nego uistinu umru. Također je postalo popularno proučavati entomološki status drevnih mumija.

Zanimanje za ličinke na truplima bilo je vrlo veliko i 1922.g. kada je Karl Meixner, profesor na Institutu pravnih znanosti u Beču i Innsbrucku prikazao slušajeve u kojima su se tijela brzo raspala kad su pohranjena u podrumu instituta. Ovo brzo raspadanje bilo je najdramatičnije s leševima mladih osoba. Osim citiranja Orfila i Ménégnina, Meixner nije prikupio daljnje nove podatke.

Nekoliko godina kasnije, Hermann Merkel, profesor na Institutu sudske medicine u Münchenu, proširio je Meixnerova opažanja prikazima slušajeva na kojima je demonstrirao kako okolnosti smrti mogu utjecati na tijek razvoja kukaca na tijelu. U slušaju iz ljeta 1919.

sin je ubio roditelje te pohranio tijela jedno pored drugog tri tjedna. Prilikom obdukcije tijela su na ena u razli itim stupnjevima raspadanja. Tijelo pretile majke (koja je ubijena pucanjem u srce) bilo je u stadiju punog raspada, napuhano, obje o ne jabu ice uništile su li inke, a na ene su i bezbrojne li inke unutar vodenastog tkiva mozga. Njeni unutarnji organi su bili netaknuti i unutar slojeva masnog tkiva nije prona ena niti jedana li inka. Upravo suprotno, mršavo tijelo oca bilo je ve ispunjeno brojnim li inkama u svim tjelesnim šupljinama, svi unutarnji organi su bili uništeni i ve su se bile razvile kukuljice. Razloga za ve u prisutnost li inki u o evom tijelu jest što on nije bio samo ustrijeljen ve i izboden više puta. Ovo je privuklo muhe koje nisu polagale jaja samo na podru je lica ve i u rane. U drugom slu aju, Merkel je pronašao mumificirano tijelo osobe koja je umrla u ku i, bez ijedne prisutne li inke.

U Italiji, G. Bianchini, ravnatelj Instituta za Sudsku medicinu Sveu ilišta u Bariju 1929. godine napisao je „doprinosa prakti nom i eksperimentalnom istraživanju faune leševa“. Bianchinijev prikaz slu aja opisuje tijelo etverogodišnjeg djeteta s isušenim ozljedama kože ušiju, ruku, trbušnog podru ja i gornjeg dijela bedara. lankonošci prikupljeni na tijelu uklju ivali su kukce, vrlo male škorpione i mrave. Identifikaciju mravi proveo je profesor Carlo Minozzi i nakon daljnjeg eksperimentiranja, Bianchini je zaklju io kako su ošte enja morala biti uzrokovana mravima iste vrste koja je prona ena na tijelu u periodu od 24 h.

Raniji prikaza slu aja autora Raimoni i Rossi (1888.) govori o utjecaju raka vrste *Gammarus pulex* na leševe. Autori su otkrili kako *Gammarus* može proizvesti velik broj malih ošte enja nalik ubodima igle. Njihov je zaklju ak bio da je tijelo bilo pohranjeno u spremniku slatke vode. U slu aju iz travnja 1937. pronašao je leš kojem su muhe uništile sve slojeve kože bedra sve do donje granice donjeg rublja, isto kao i ve i dio kože lica. Bila je kasna zima/rano prolje e s vrlo niskim temperaturama i nije bilo prisutnih li inki muha. Holzer nikada nije vidio takav uzorak ošte enja, ak i kad su muhe bile prisutni na leševima. Stoga je prikupio muhe sa tijela i vode gdje su prona eni te ih je stavio u tri akvarija koja su sadržavala abortirani fetus, štakora i zamorca. Na taj je na in dokazao da su muhe uzrokovale ošte enja na koži djeteta.

K. Walcher sa Instituta za sudsku medicinu u Münchenu tako er je izvijestio da je pronašao li inke koje su ulazile u spongiozu dugih kostiju kako bi dosegli koštanu srž (okolnosti: samoubojstvo, postmortalni interval: 100 dana, tijelo u prirodi). Kako je kostur bio netaknut, Wlacher je pretpostavio da su se životinje uvukle kroz *foramina nutritia* (hranidbene otvore kosti gdje ina e ulaze krvne žile i živci).

2.6. Nakon Svjetskih ratova

Tijekom 1940-ih, jedino se Bequaert bavio korištenjem kukaca za određivanje postmortalnog intervala. 1950-ih Hubert Caspers sa Zoološkog instituta i Muzeja u Hamburgu uvodi uporabu muha kao alat za forenzička istraživanja. Tijelo mrtve žene, golo osim para crvenih arapa, pronađeno je upakirano u vreću u 1948. u jarku vjetrenjače. Pitanje je bilo je li tijelo tu ostavljeno odmah nakon ubojstva ili je bilo pohranjeno drugdje pa tek naknadno tu ostavljeno. U kukuljici muhe (najvjerojatnije *Limnophilus flavicornis* L.) koja je pronađena u jednoj arapi, niti arape su otkriveno bile iskorištene za izgradnju kukuljice. Međutim, niti su bile pronađene samo na samom vrhu i na samom dnu kukuljice što je značilo da je muha već izgradila svoju zaštitu prije nego je ušla u vreću. Nakon toga je završila kukuljicu (vlakna na vrhu) i pri vrstila ga na arapu (vlakna na dnu). Kako proces pri vršivanju traje nekoliko dana, procijenjeno je kako je tijelo u vodi ležalo najmanje jedan tjedan. Daljnji kriminalistički dokazi doveli su do zaključka kako je tijelo bilo pohranjeno na nekom drugom mjestu prije nego je odbađeno u vodu jarka. S ovim opisom Casperovog slučaja završava ovaj povijesni prikaz razvoja forenzičke entomologije.

2.7. Posljednje napomene

Između 1960-ih i sredine 1980-ih, forenzičkom entomologijom se bavio uglavnom liječnik Marcel Leclecq (Belgija) i profesor biologije Pekka Nuorteva (najprije je radio u Helsinški Zoological Museum, a kasnije kao profesor na Department of Environmental Protection and Conservation, University of Helsinki, Finland), uglavnom na slučajevima (http://www.medicina.hr/clanci/forenzicka_entomologija.htm).

3. KUKCI NA LEŠEVIMA

Raspadaju se tijelo se na neki način može usporediti sa tek nastalim vulkanskim otokom. U početku je to tek vruća magma, koja hladnjem postaje bogato tlo, koje treba kolonizirati. Međutim, za razliku od otoka, leš je vrlo promjenjiv izvor hrane koji brzo nestaje. Stoga, organizmi koje privlače leševi, bilo radi prehrane, polaganja jajašca ili zaklona, imaju brži životni ciklus. Najčešće su takve životinje i člankonošci (*Arthropoda*), a od onih koji su najbrojniji na leševima, većinom su kukci (*Insecta*) i po biomasi (ukupna težina svih jedinki) i po raznolikosti (broj različitih vrsta). To nije oko 85% vrsta na leševima pripadaju kukcima. Izazov koji je postavljen pred svakog forenzičkog entomologa je identifikacija stadija uzorka, dobivenog od istražitelja koji su obrađivali mjesto zločina (Goff, 2000).

3.1. Povezanost kukaca i leševa

Insekti mogu biti na više načina povezani s leševima, ali većina forenzičkih entomologa se slaže sa slijedećim četiri kategorije:

a) **nekrofagne vrste** (koje se hrane primarno raspadnutim tkivom)

Ovdje ubrajamo muhe (Diptera) i kornjaše (Coleoptera). Neke muhe mogu biti toliko agresivne u pronalaženju raspadnutog ljudskog ili životinjskog tijela, da su najčešće na tijelu već par minuta nakon smrti. Tijekom prvih dva tjedna raspadanja, ove muhe su glavni indikatori za određivanje vremena kada je nastupila smrt. Ostale vrste dolaze nešto kasnije, kada se tijelo već počinje sušiti i vrijeme njihovog dolaska nije moguće točno odrediti kao u slučaju muha. Jedna od najpoznatijih vrsta u ovoj kategoriji je *Chrysomya megacephala* (Goff, 2000).

Carstvo: Animalia - životinje

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Razred: Insecta - kukci

Red: Diptera - dvokrilci

Podred: Brachycera - kratkoticalci

Odjeljak: Muscomorpha

Pododjeljak: Calyptratae

Nadporodica: Oestroidea

Porodica: Calliphoridae - zujare

Podporodica: Chrysomyinae

Rod: *Chrysomya*

Vrsta: *C. megacephala*

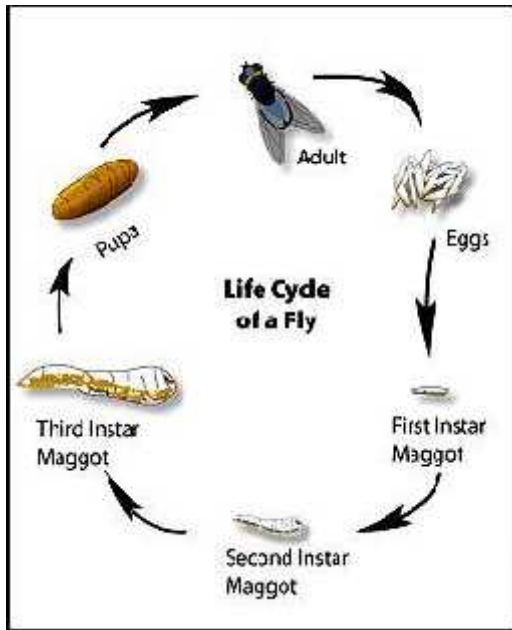


Slika 2. *Chrysomya megacephala* (imago)

(www.bugguide.net)

Muhe vrste *Chrysomya megacephala* su veličine 9.5 mm. Odrasla jedinka je blago metalik zelene boje sa crnim rubovima na drugom i trećem trbušnom segmentu. Glava joj je najprije žute do narančaste boje sa velikim crvenim oči, koje se gotovo dotiču. Njezin životni ciklus sastoji se od 4 osnovna razvojna stadija (jaja, ličinka, kukuljica, odrasla jedinka), međutim sama ličinka prolazi kroz 3 faze, pa govorimo o 6 stadija. Za razvoj od jajašca do odrasle jedinke potrebno je oko 9 dana. Ženke mogu položiti od 150 do 300 jaja odjednom. (Osman i Ismail, 2007.)

Za ovu vrstu je utvrđeno 6 osnovnih stadija:



1. jajašca

2. ličinka I. reda

3. ličinka II. reda

4. ličinka III. reda

5. kukuljica

6. odrasla jedinka (imago)

Slika 3. Životni ciklus muhe (nepoznat izvor)

Ženke polažu jaja, najprije u prirodne otvore na tijelu, kao što su usta, oči, na šupljina, te ako je tijelo oštećeno, unutar rana. Nakon 15-25 sati iz jaja se razvijaju ličinke prvog stadija. Ličinke se odmah po inju hraniti raspadnutim tkivom i ubrzo dosežu maksimalnu veličinu. Kako imaju vanjsku kutikulu građenu od hitina, koji je dosta fleksibilan, ali opet vrst te je na taj način ograničavaju i faktor u njihovom razvoju. Potrebno je odbaciti staru kutikulu, ali prije toga se ispod nje stvara nova i veća. Prvi stadij za većinu vrsta traje između 22-28 sati i nakon toga slijedi drugi stadij. U ovom stadiju kao i u prvom, glavna zadatak ličinke je hraniti se i doseći određenu veličinu, pa je i trajanje ovog stadija slično prvom, između 11-22 sata. Nakon drugog preslačenja, ličinka prelazi u treći stadij, koji je ujedno i najduži te se može podijeliti na dva dijela. U prvom dijelu ličinke se izrazito mnogo hrane zadržavaju i svoju veličinu, te nakupljaju i masno tkivo karakteristično za ovo razdoblje, koje traje 20-96 sati. Potkraj prvog razdoblja, kada ličinka dosegne maksimalnu masu, prestaje se hraniti i ulazi u drugo razdoblje trećeg stadija. Ovo je najduže razdoblje u razvojnom stadiju ličinke, a traje 80-112 sati. U tom razdoblju, ličinka miruje i probavlja nakupljenu masu te se priprema za

stadij kukuljice. Doseže svoju dužinu i naj eš e napušta tijelo, ne bi li našla neko suše mjesto da se zakukulji. Kukuljica u početku ima boju od bijele prema žutoj, koja podsjeća na boju liinke, međutim nakon nekoliko sati boja se mijenja od tamno crvene prema smeđoj. Kukuljica je otporna na hladnoću i toplinu, sušenje te mnoge nepovoljne vanjske uvjete, a po izgledu nije primamljiva ni predatorima. Za to vrijeme unutar kukuljice liinka prolazi kroz tako zvani sekundarni embrionalni razvoj. Iz nedefiniranih struktura, tzv. liinaka i diskovi, razvijaju se nove strukture (npr. noge, oči i krila).

Odrasle muhe, tek izlegnute iz kukuljice ni približno ne slične muhamama koje smo navikli vidjeti. Tek nakon nekoliko sati, poprimaju boju i spretnost u letu odrasle muhe.

Vrijeme potrebno za jedan razvojni ciklus muhe, od jajeta do odraslog, jest 6-14 dana, a potpunu zrelost odrasla muha dostiže 5-8 dana nakon izlaska iz kukuljice.

Treba imati na umu da je cijeli ciklus ovisan o vanskim uvjetima, a pogotovo o temperaturi. Tako za većinu vrsta, kako temperatura pada, tako se i razvoj usporava, a ako temperatura padne ispod 10°C, liinka se prestane razvijati i ulazi u stadij mirovanja dok temperatura ponovno ne dosegne svoj optimum (Goff, 2000).

b)predatori i paraziti

Ove vrste nisu privučene mirisom mrtvog tijela, već životinjama koje se na njemu nalaze. Među prvim **predatorima** dolaze vrste iz porodice Silphidae (strvinari, eng. „burying beetles“), porodice Staphylidae (eng. „rove beetles“) i porodice Histeridae (eng. „hister beetles“), a hrane se jajascima i liinkama drugih vrsta.

Međutim, postoje vrste koje su nekrofagi i hrane se raspadnutim tijelom, ali ako se uvjeti promijene lako postaju predatori, kao na primjer, vrsta *Chrysomya rufifacies*. Naime ta vrsta dolazi skoro u isto vrijeme kad i vrsta *C. megacephala* iz istog roda, oko 10 minuta nakon smrti. Ženke i jedne i druge vrste se zajedno hrane tjelesnim tekućinama iz tijela. Pokusi su pokazali da i ženka *C. rufifacies* odgoditi polaganje jajašca sve dok ne dođe *C. megacephala* i položi svoja jajašca. Ako se dogodi da manjka hrane, *C. rufifacies* postaje predator, a njezina najdraža hrana *C. megacephala*. Stoga ne čudi da se na tijelu nekad mogu naći i samo liinke *C. rufifacies* (Goff, 2000).

Carstvo: Animalia - životinje
Koljeno: Arthropoda - lankonošci
Razred: Insecta - kukci
Red: Diptera - dvokrilci
Podred: Brachycera - kratkoticalci
Odjeljak: Muscomorpha - muhe
Pododjeljak: Calyptratae
Nadporodica: Oestroidea
Porodica: Calliphoridae - zujare
Podporodica: Chrysomyinae
Rod: *Chrysomya*
Vrsta: *C. rufifacies*



Slika 4. *C. rufifacies* (imago)
(<http://lh4.ggpht.com>)

Chrysomya rufifacies je jedna od najvažnijih forenzičkih vrsta kukaca zbog jako predvidljivog vremena razvoja, minimalne razlike u duljini li inki i mali broj regionalnih varijeteta. Ima razvojni stadij kukuljice u trajanju od 134 do 162 sata. Odrasli se po inju formiraju tijekom 189-og sata do 237-og sata. Takve precizne informacije su jako korisne forenzičkom entomologu u rješavanju zločina. *C. rufifacies* može imati utjecaj na određivanje postmortalnog intervala, eliminiraju i primarne li inke na tijelu zbog općenito velike proždrljivosti tijekom drugog i trećeg stadija larve. Hrani se li inkama drugih Diptera kao alternativnim izvorom hrane, pogotovo u uvjetima kada je izvor hrane ograničen. Iako i pothranjene li inke mogu se uspješno zakukuljiti i razviti u zdrave odrasle jedinke. Nadalje, mijenjanje postmortalnog intervala može dogoditi zbog kanibalizma, koje se javlja kada li inke drugog stadija pojedu li inke prvog stadija.

Li inka je prepoznatljiva radi svog specifičnog izgleda. Dobila je ime „dlakavi crv“ jer svaki tjelesni koluti ima srednji red mesnatih „tuberkula“ koje im daju dlakav izgled iako ne posjeduju prave dlake. Puparium je tvrdokorna i smežurana vanjska koža zrele li inke.



Slika 5. *C. rufifacies* (li inka)

Životni ciklus se sastoji od šest faza (isto kao i kod *C. megacephala*): jajašca, li inka (I., II., III. reda), kukuljica (pupa), odrasla jedinka. Jaja su duga oko 1 mm i polažu u mekanu masu koja sadrži od 50 do 200 jaja. Jaja se izlegu u samo osam sati (ovisno o temperaturi zraka), a li inke se hrane strvinom dok ne dosegnu zrelost. Nakon toga sele se daleko od strvine za traženje prikladnog mjesta da se zakukulje. Tijekom tog vremena, li inkina koža se smanjuje i stvrdne da bi formirala puparium koji je tamnosmeđe boje. Ova faza može trajati do 12 dana, međutim, odrasli se mogu pojaviti u samo 7-8 dana, ovisno o temperaturi. Iako imaju jako kratak razvoj, odrasli mogu živjeti i do šest tjedana (www.wikipedia.org).

Parazite koje povezujemo sa nekrofagnim vrstama su naj eš e iz reda Hymenoptera (opnokrilci), kao na primjer mravi, p ele i ose. Velik broj jako malih osa (nisu ve e od 1 mm) parazitiraju na li inkama i kukuljicama muha, polažu i unutar njih svoja jaja iz kojih se izlegu liinke ose, koje se hrane muhama u razvoju. Iz jajašca ovih nametnika (parazita) razvije se do nekoliko stotina osa iz jedne jedine zaražene liinke ili kukuljice muhe. Za entomologa je od velike važnosti da se takve parazitske ose specijaliziraju za određenu vrstu muhe stoga pružaju dokaz o kojoj se vrsti muhe radilo i nakon što su one završile svoj ciklus i napustile tijelo (Goff, 2000).

c) vrste koje se hrane tijelom ali i ostalim lankonošcima

Za razliku od *C. rufifacies* ove vrste su omnivori (svejedi). Nisu prisiljene hraniti se ostalim životinjama, ve je to njihova konstantna prehrana. U ovu skupinu spadaju mravi vrste *Solenopsis geminata*, koji su jako agresivni.

Osim mrava, ovdje su opet i neke specifi ne vrste osa, *Ectimneus polynesialis*. Odrasle ose su osobito aktivne oko leša u ranim stadijima raspadanja hrane i se odrslim muhama (hvataju ih u zraku) i tekum izlu evinama tijela. Katkad su toliko efektivne u hvatanju muha i onemogu avanju njihovih aktivnosti, da mogu odgoditi raspadanje tijela za jedan dan (Goff, 2000).

Carstvo: Animalia - životinje

Koljeno: Arthropoda - lankonošci

Razred: Insecta - kukci

Red: Hymenoptera - opnokrilci

Podred: Apocrita - utegnutozani

Porodica: Formicidae - mravi

Podporodica: Myrmicinae

Odjeljak: Solenopsidini

Rod: *Solenopsis*

Vrsta: *S. geminata*



Slika 6. *Solenopsis geminata*

(<http://keys.lucidcentral.org>)

Solenopsis geminata je tropska vrsta mrava. „Vatreni“ mravi su skupina srodnih vrsta, koja ima svoje središte raznolikosti na jugu Južne Amerike. *Solenopsis geminata* je jedina vrsta „vatrenih“ mrava koja se pojavljuje u "crvenom obliku“ te je brojnija u otvorenim podru jima i "crna forma" koja preferira šumska podru ja. Nije poznato da li na njihovo obojenje utje e okoliš ili genetske determinante. *S. geminata* se najviše pojavljuje na sunanim, otvorenim podru jima, kao npr. na poljoprivrednim površinama i oko ljudskih naselja. Imaju velike kolonije s nekoliko desetaka do više stotina tisu a radnika. Gnijezdi se u

tlu, obično u obliku velikih nasipa. Radnici su lešinari koji ubrzano tragaju za hranom. Izvor ulja i bjelanevine su posebno primamljivi za njih, tako da ih je lako privući i tunom kao mamcem. Kada radnici otkriju veliki izvor hrane, često ga brzo pokriju sa zemljom s ciljem da ga sakriju dok ne pozovu ostale.

Radnici imaju snažan žalac, koji nije ni malo bezopasan, pa čak ni za uvijek. Ako ste zabunom stali na gnijezdo, radnici će se polako penjati uz noge, a zatim će svi odjednom pošet gristi.



Slika 7. Ugrizi *S. geminata* (izvor nepoznat)

Individualne kolonije imaju velike svadbene letove. Mužjaci i kraljice izlaze iz gnijezda, a roj radnika prekrije površinu gnijezda i okolne vegetacije, kao da tjeraju mužjake i kraljice iz gnijezda. Svadbeni letovi ne izgledaju jako sinkronizirano među kolonijama, a mogu se pojaviti u bilo koje doba godine (www.wikipedia.org).

d) vrste koje koriste tijelo kao stanište ili zaklon

Među lankonošcima, tijekom istrage mjesta zločina, često se nađu i oni kojima je leš samo zaklon ili normalno stanište. To uključuje pauke „lovce“ koji se sakupljaju oko leša love i razne kukce. Pauci često iskoriste dio leša kao uporište za svoje mreže. Takav prizor može izgledati malo nadrealno kada jutarnje sunce obasja kapi rose na paukovoj mreži pri vršenju na raspadnutoj ruci. Kako što tijelo razgrađuje, tekućine i nusproizvodi raspadanja cure u tlo ispod tijela. Taj proces počinje rano u procesu truljenja i nastavlja se sve dok se tijelo potpuno ne isuši. Te tekućine osiguravaju nutrijente za velik broj organizama u tlu, koji često opstaju još nekoliko godina nakon smrti. Među njima spadaju različite vrste grinja (Acari), skokuna (Collembola) i oblika (Nematoda) (Goff, 2000.).

3.2. Nakon dva tjedna...

Nakon prva dva tjedna razgradnje, muhe iz porodice *Calliphoridae* (*C. megacephala* i *C. rufifacies*) napuštaju tijelo kako bi se zakukuljile, a budu i da se rijetko vraćaju na isti leš da bi proizvele drugu generaciju, postaju beskorisne za određivanje post-mortalnog intervala. Tijelo se počinje sušiti što privlači vrste koje se hrane suhom kožom i strvinom, a ne vole mekno tkivo. Također, vrste koje napadaju muhe i njihove ličinke odlaze jer je egzoskelet ovih kornjaša prekruta hrana. Umjesto njih dolaze predatori koji se mogu hraniti kornjašima i njihovim ličinkama. Uglavnom, nakon odlaska prvih muha, *C. megacephala* i *C. rufifacies*, naglasak u određivanju post-mortalnog intervala prebacuje se s razvojnog ciklusa individualne određene vrste na usporedni razvoj svih kukaca i drugih artropoda prisutnih na i oko tijela u različitim fazama raspadanja. Ličinke i odrasli oblici mnogih kukaca imaju različite načine hranjenja, na taj način predatorne ličinke koje se hrane drugim ličinkama, mogu se razviti u odrasle koji se hrane suhom kožom leša. Ako razvojni put nije ni na koji način ometen, on se ovako nastavlja sve dok se tijelo ne reducira na skeletni materijal, a okolna fauna se ne vrati u normalu. Mogu proći mjeseci ili čak godine dok se taj cijeli proces u potpunosti ne završi (Goff 2000). Na jednom lešu može se naći mnogo različitih vrsta kornjaša. Slažu i njihove razvojne faze te stavljaju i njih u odnos sa drugim vrstama i samim tijelom, možemo jako precizno odrediti vrijeme smrti. Neke od tih vrsta opisala sam u daljnjem tekstu.

Carstvo: Animalia - životinje

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Razred: Insecta - kukci

Red: Coleoptera - kornjaši

Porodica: Cleridae - šarci

Rod: Necrobia

Vrsta: **N. rufipes**



Slika 8. *Necrobia rufipes* (imago)

Kornjaš vrste *Necrobia rufipes* je svjetlucavo metalik plavo-zelena boje. Noge su smeđe crvenkaste ili narančaste. Elitre su prekrivene čekinjama poput vlasi. Trbušna strana je tamno plava. Odrasli se lako rasprše i formiraju nove kolonije. Ličinke su krema sive boje išarane tamno ljubičasto-sivim mrljama na leđima. Kao izvor hrane voli sušeno meso, dimljeno meso i sušene ribe. Jako su im primamljivi proizvodi koji su pohranjeni neomotani duže vrijeme pa su na taj način privučeni i ljudskim ili životinjskim leševima. Odrasli se hrane na površini leša, a ličinke prodiru u strvinu uzrokujući i daljnje štete. Ženke polažu jaja u pukotine u mesu. Jaja su glatka, prozirana, oko 1 mm duga, sljepljena u grozdovima na površini izvora hrane. Ličinke kopaju rupu u tijelu, gdje se hrane te se razvijaju kroz tri ili četiri stadija, a zatim

okretanjem oko svoje osi stvaraju ahuru. Život ciklus od jajašca do odrasle traje oko 6 tjedana ili duže ovisno o temperaturi i izvoru hrane.

Vrsta *Hermetia illucens* nije privuena raspadnutim tijelom već prvih 20 dana, zato kada se na nju velik broj ličinki na tijelu, daju naslutiti da se radi o post-mortalnom intervalu od najmanje mjesec dana. Odrasli se ne trebaju hraniti, preživljavaju na velikoj količini masti iz tijela pohranjenoj za vrijeme ličinskog stadija. Ličinka je proždrljiv potrošač raspadajućih organskih tvari, uključujući i kuhinjske otpatke, gnojivo i, naravno, strvinu (npr. ljudski ili životinjski leš).

Carstvo: Animalia - životinje

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Razred: Insecta - kukci

Red: Diptera - dvokrilci

Subred: Brachycera - kratkoticalci

Infrared: Stratiomyomorpha

Porodica: Stratiomyidae

Subporodica: Hermetiinae

Rod: *Hermetia*

Vrsta: *H. illucens*

(www.wikipedia.org)



Slika 8. *Hermetia illucens* (ličinka)



Slika 9. *H. illucens* (imago)

3.3 Droge i otrovi

Ponekad truplo nije otkriveno na vrijeme već je proces razgradnje toliko napredovao da je nemoguće uzeti uzorke tkiva za analizu droga ili različitih toksina za koje se sumnja da su pridonjeli smrti. Stoga ličinke kukaca sakupljenih na mjestu zločina mogu biti podvrgnute analizi jednako kao i dio ljudske slezene ili nekog drugog tkiva (Goff 2000).

Carstvo: Animalia - životinje

Koljeno: Arthropoda - člankonošci

Razred: Insecta - kukci

Red: Coleoptera - kornjaši

Infrared: Bostrichiformia

Superporodica: Bostrichoidea

Porodica: **Dermestidae** - kožojedi



Slika 10. Dermestidae

Kornjaši porodice Dermestidae (kožojedi) imaju tamne pokrovnice krila, a tijelo je sa strane blago bijelkasto. Sve su ličinke duže od odraslih kornjaša, vitke, gusto pokrivena kratkim i dugim crveno-smeđim do crnim dlakama s dvije bodlje okrenute naprijed na vrhu blizu kraja zatka.

Odrasli kožojrdi preferiraju se hraniti sirovom kožom. Ženke mogu položiti i do 800 jajašca, a životni ciklus je završen za 60 do 70 dana. Liinke se najčešće zavuku u drvo ili neki drugi tvrdi materijal da se zakukulje te na taj način uništavaju unutarnju strukturu drveta radi čega ih ubrajamo u štetnike.

U forenzici veliku važnost u određivanju vremena smrti ima vrsta *Dermestes maculatus*. Slično kao i kod muha, dolazak *D. maculatus* na strvinu je također predvidljiv događaj. Odrasli kornjaši općenito dolaze 5 do 11 dana nakon smrti na leš. U pokušaju da se to nije procjeni njihov dolazak (jer je raspon od 6 dana preširok), ponovo su provedene studije koje su uključivale nekoliko vrsta porodice *Dermestidae*. Naravno, kao i kod ostalih kukaca, razvoj *Dermestidae* je ovisan o temperaturi, a optimalna temperatura za *D. maculatus* je 30°C. Ovi kornjaši su, također, od velike važnosti za entomotoksikologiju, gdje se fecesi i ličinski svlak mogu testirati na različite toksine, što uvelike pridonosi slučaju, kada je tijelo već u podmakloj fazi raspadanja (www.wikipedia.org).



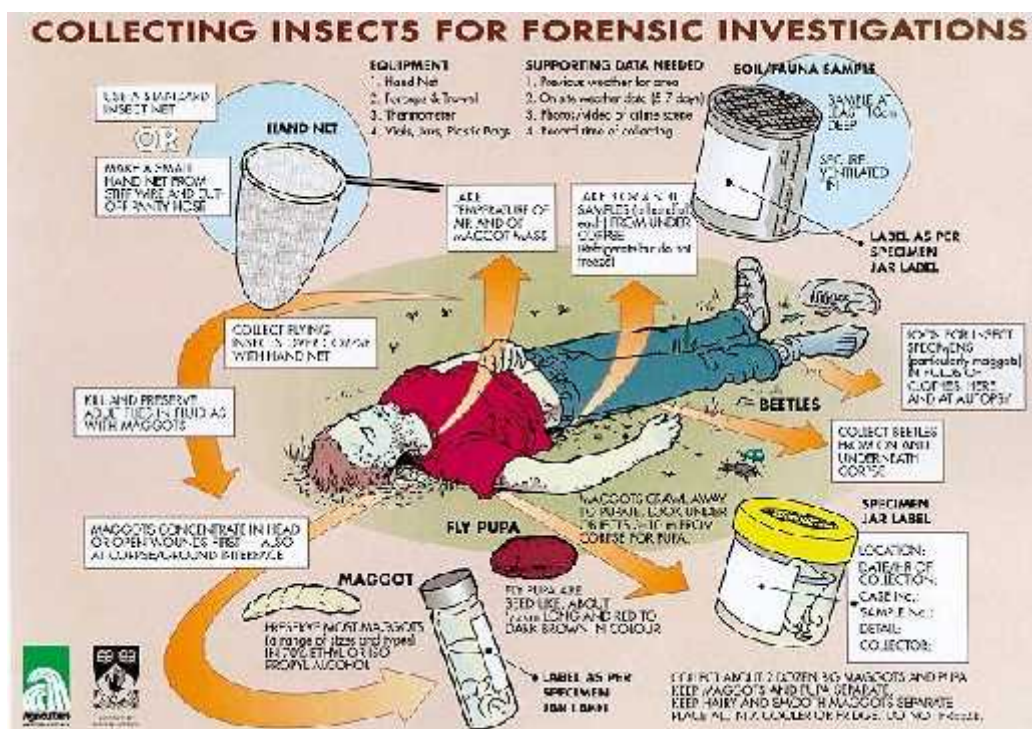
Slika 11. *D. maculatus* (liinka)



Slika 12. *D. maculatus* (imago)

4. MJESTO ZLO INA

Važno je napomenuti da sakuplja kukaca i drugih lankonožaca s mjesta zlo ina može poremetiti ostatke. Iz tog razloga, forenzi ki entomolog (ili neka druga osoba zadužena za sakupljanje kukaca) mora biti u kontaktu s glavnim istražiteljem da zajedno naprave plan za sakupljanje entomoloških dokaza. Jednom kad je plan razra en, potrebno je provesti najviši stupanj pažnje da se ostaci što manje narušavaju. Prije nego sakupljanje po ne, potrebno je zabilježiti podatke o mjestu nalaska trupla, kao opis okoliša, ambijentalni vremenski uvjeti, kao i lokaciju trupla. U opažanja bi trebalo tako er opisat mikrostanište oko tijela i na tijelu.



Slika 13. Hipotetsko mjesto zlo ina (izvor nepoznat)

4.1. Opažanja na mjestu zlo ina i podaci o vremenu

Entomološka istraga mjesta ubojstva može se razložiti na sljede e korake:

1) U bilježenju podataka s mjesta zlo ina treba imati na umu op e stanište i lokaciju tijela u odnosu na vegetaciju, da li su uvjeti sun ani ili prohladni, te blizina otvorenog prozora ili vrata ako je mjesto zlo ina unutar neke zgrade. Mjesta na tijelu koja su najviše preplavljena kukcima treba precizno dokumentirati, isto kao i stadiji u kojim se kukci nalaze (npr. jaja, li inka, kukuljica ili odrasli oblik). Bitno je dokumentirati dokaze o strvinarima kao npr. vuk, lisica te o predatorima na jajima i li inkama drugih lankonožaca kao npr. „vatrenim mravima“ (*Solenopsis geminata*). Sva ta zapažanja se bilježe u tzv. „Death Scene Form“.

2) Bilježenje meteoroloških podataka na mjestu zločina. Takvi podaci trebaju uključivati:

-temperaturu zraka mjerenu u visini prsa s termometrom u hladu (termometar se ne smije izlagati izravnoj sunčevoj svjetlosti)

-temperaturu biomase ličinki (dobivena stavljanjem termometra izravno u centar biomase ličinki)

-temperaturu površine zemlje

-temperaturu dodira između tijela i zemlje (postavljaju se termometar između te dvije površine)

-temperatura tla neposredno ispod tijela (uzeta odmah nakon uklanjanja tijela)

-vremenski podaci koji uključuju minimalne i maksimalne dnevne temperature i oborine za razdoblje od 1-2 tjedna prije nego je žrtva nestala do 3-5 dana nakon što je tijelo otkriveno (takve informacije se prikupljaju iz najbliže meteorološke stanice) (<http://www.forensic-entomology.com/>)

4.2. Sakupljanje kukaca na mjestu zločina i tijekom autopsije

Kolekcija odraslih kukaca, uključuju muhe i kornjaše, uključuje šire područje oko leša jer se najčešće povuku ako je njihovo stanište jače uznemireno. Najčešća metoda kojom se koriste entomolozi je prostirna mreža, ali i metoda ljepljivim trakama postavljenim u blizini trupla. Sakupljanje odraslih primjeraka pruža uvid o kojim se vrstama radi koje se na tijelu nalaze u stadiju ličinke, koje su temeljni dokaz za utvrđivanje post-mortalnog intervala. Stoga, sakupljanje larvi na tijelu je najvažniji proces. Muhe preferiraju položiti jajašca na bilo koji raspoloživ otvor na tijelu, bilo da se radi o prirodnim otvorima (oko, uši, nos, anus ili usta) ili ako postoje rane koje im koriste da ličinka što lakše dođe do mrtvog mesa kojim se hrani. Druga vrste ličinki imaju drugačije puteve migracije kada dođe vrijeme da se zakukulje. Odlaze s izvora hrane da na udaljenije mjesto za stadij mirovanja i razvoja iz ličinke u odraslu jedinku. Na forenzičkom entomologu je posao da ih sakupi ne samo na tijelu, već direktno i ispod tijela. Neke ličinke stvaraju „jazbine“ do 0.91 m ispod površine pa je potrebno i kopati ispod trupla. Ako je tijelo u podmakolj fazi raspadanja, potrebno je zabilježiti podatke o uvjetima u mrtvačnici kao i kukce prisutni na tijelu tijekom autopsije. Sveukupno, potrebno je napraviti dva tipa sakupljanja kukaca: jedna za neposredno promatranje (obuhvatiti uzorak u bočici konterviran) te drugi za uzgoj kukaca radi identifikacije ličinke ili kukuljice na lešima na tijelu. Obje metode su neizostavne za pozitivnu determinaciju roda i vrste kukca. Jedan od najvažnijih aspekata posla forenzičkog entomologa je pravilna i precizna dokumentacija.

Bitno je da je iskusan i obrazovan forenzički entomolog prisutan na mjestu zločina kako bi se osiguralo temeljito korištenje entomoloških dokaza. Ponekad, ako istraga nije provedena potpuno i precizno, entomolog mora sudjelovati na obdukciji i raditi uz forenzičkog patologa. Leš je najčešće dopremljen u mrtvačnicu u vreći i za truplo, posebno ako je u naprednom stanju raspadanja. Ponekad vanjska i unutarnja površina vreće može biti prekrivena brojnim kukcima koji bi trebali biti prikupljeni i označeni u skladu s tim. Insekti koji se nalaze u unutrašnjosti vreće najvjerojatnije su ispuzali iz tijela uslijed promjene temperature. Ako je tijelo duže u hladnjaku prije obdukcije, forenzički entomolog mora zabilježiti sljedeće: temperaturu komore, ukupno vrijeme hlađenja tijela, temperature promjene nastale prijenosom tijela u mrtvačnicu i temperaturu biomase ličinki kada se uklanja tijelo iz hladnjaka. Onda se također treba pažljivo promotriti i ispitati. Vlažna područja na odjeći su dobra mjesta za tražiti jaja, pogotovo muhe. Dijelovi tijela gdje je koncentracija aktivnosti kukaca velika trebaju biti fotografirani. Na svježem lešu, lice je područje koje je najvjerojatnije biti kolonizirano kukcima. Također, genitalno i rektalno područje treba provjeriti jer ona privlače ovipositorne muhe. U kosi treba ispitati postojanje jaja ušiju, kao i buha, krpelja, i grinja. Trepavice i obrve, također, bi trebale biti ispitane jer se u folikulama njihovih dlaka često nalaze grinje (http://en.wikipedia.org/wiki/Forensic_entomologist).

4.3. Sakupljanje kukaca nakon odnošenja tijela

Mnogi kukci koji nastanjuju leš i ostati na ili ukopani u zemlji nakon što je tijelo je uklonjeno. Gore navedenih pravila treba se pridržavati prilikom skupljanja kukaca iz tla, tj. treba uzeti i konzervirati i živi uzorak. Uzorke tla i legla treba uzeti odmah ispod lokacije tijela te iz neposredne okolice. Nije potrebno kopati preduboko. Svaki uzorak tla treba biti oko 4-6 cm kvadratnih te ga uzeti od ispod glave, torza i ekstremiteta. Sve uzorke tla treba staviti u posudice namjenjene za uzorkovanje tla. Ovi uzorci moraju biti označeni i prosljeđeni forenzičkom entomologu zajedno sa kukcima prikupljenim iz tijela (<http://www.forensic-entomology.com/>).

5. LITERATURA

1. www.bugguide.net
2. <http://canadianbiodiversity.mcgill.ca/data/sppphotos/insects/dermestidae.jpg>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Forensic_entomologist
4. Goff, M.L. 2000.: **A Fly for the Prosecution: How insect evidence helps solve crimes**, Harvard University Press, Cambridge, MA.
5. <http://hbs.bishopmuseum.org/dipterists/images/meig.gif>
6. Ismail, M. I.; Osman, K. 2007 : *Accelerating Chrysomya Megacephala Maggot Growth for Forensic Entomology Cases*, Jurnal Sains Kesihatan Malaysia
7. <http://www.entomologieforensique.ch/cadreMegnin.JPG>
8. <http://www.forensic-entomology.com/>
9. http://www.medicina.hr/clanci/forenzicka_entomologija.htm
10. <http://www.myrmecos.net/insects/Dermestid3.JPG>
11. <http://www.ozanimals.com/Insect/Red-legged-Ham-Beetle/Necrobia/rufipes.html>
12. <http://www.rios-galegos.com/ins24.jpg>
13. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Paul_Camille_Hippolyte_Brouardel,_1898.png/180px-Paul_Camille_Hippolyte_Brouardel,_1898.png
14. <http://www.voanews.com/croatian/archive/2002-02/a-2002-02-26-2-1.cfm?moddate=2002-02-26>
15. http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/images/h_800/necrobia_rufipes.jpg

6. SAŽETAK

Rije forenzika ima korjen u latinskom jeziku, a označava je forum na kojem se u antičko doba raspravljalo o svim iznesenim činjenicama vezanim uz neko kriminalno djelo. Nakon završetka rasprave izrekla bi se sudbina osumnjičenika. Početak razvoja forenzike kao znanosti povezuje s razvojem kineske medicine. Hsi Duan Yu je prvi dokument koji govori o forenzici, a u knjizi je opisana primjena znanja iz forenzike entomologije u rješavanju zločina. Kako su kroz povijest ljudi sve više shvaćali povezanost kukaca i leševa, razvijala se i forenzika entomologija.

Proučavanjem razvoja i rasta različitih vrsta kukaca, koji se izlegnu iz jajašca položenih ubrzo nakon smrti, forenziki entomolog na temelju znanja o građi i životnim ciklusima kukaca utvrđuje vrijeme smrti s točnošću unutar jednoga dana. Jedna od najznačajnijih vrsta za utvrđivanje post-mortalnog intervala je *Chrysomya megacephala*, iz porodice *Calliphoridae* (zujare), koja dolazi na leš nekoliko minuta nakon smrti i polaže jaja. Točno određivanje vremena smrti isključuje sumnjive osobe koje nemaju potvrđen alibi. Isto tako, istražiteljima to omogućuje da utvrde da li je netko bio sa žrtvom u periodu u kojemu je došlo do ubojstva.

Najbitnije je na mjestu zločina pažljivo i polako sakupiti entomološke dokaze kao što su ličinke, kukuljice i odrasli oblici kukaca. Svaki uzorak je vrijedan i potrebno ga je sačuvati, dokumentirati i prikupiti, kako se ne bi uništio neki vrijedan dokaz.

Mnogi slučajevi koje je nekad bilo teško riješiti bez svjedoka ili pronalaska leša nedugo nakon ubojstva, danas se uspješno rješavaju suradničkim radom znanstvenika iz različitih područja. Uvijek se nikada ne smije naviknuti na smrt i nasilje toliko da ga više ne pogađa ili ne iznenađuje. Zato je važno da se forenzike znanosti i dalje razvijaju i pomažu u rješavanju zločina.

7. ABSTRACT

The word forensics has roots in the Latin language, and was applied to the forum where all the facts related to a crime were discussed. After the conclusion of the discussion, the fate of the suspects is laid out. The beginning of development of forensic science was associated with the development of Chinese medicine. “Hsi Duan Yu” was the first document that speaks about forensic. The book has described the application of knowledge in forensic entomology in solving crimes. As people throughout history increasingly understood the relationship of insects and corpses, the development of forensic entomology was improved.

The study of development and growth of different insect species larvae, which lay out from eggs left on the corpse soon after death, a forensic entomologist with the knowledge of structure and life cycles of insects can determine the time of death with accuracy within one day. One of the most important species for determining the post-mortal interval is *Chrysomya megacephala*, the family *Calliphoridae*, which comes on the body several minutes after death, and lays eggs. Determining the exact time of death excludes suspicious people who do not have a confirmed alibi. Also, it allows investigators to determine whether someone was with the victim during the period in which there was a murder.

Most important thing on the crime scene is to carefully and slowly collect evidence such as larvae, pupae and adult forms of insects. Each sample is a valuable and it is necessary to preserve, document and collect it, in order not to destroy any valuable evidence.

Many murder cases were sometimes difficult to solve without a witness or finding the corpse shortly after the crime, but today it is successfully resolved by cooperation of scientists from different fields. People should never get used to death and violence so that it no longer surprises or affects them. Therefore, it is important that the forensic sciences assist in solving crimes and continue to develop.