

MARIYA FUJIMURA\*, TATJANA KOLAR-GREGORIĆ\*\*, MARIJAN ŠUPERINA\*\*\*

## Primjena forenzične entomologije u istraživanju kaznenih djela

### **Sažetak**

*Razvoj forenzične entomologije kao znanstvene grane usmjerene ka rješavanju kriminalističkih i pravnih pitanja, u proteklih trideset godina višestruko se ubrzao.*

*O korištenju saznanja forenzične entomologije u kriminalističkom istraživanju napisano je mnogo znanstvenih i stručnih radova. U mnogim državama pomoć stručnjaka iz forenzične entomologije i entomološka vještačenja redovito se rabe pri rješavanju brojnih i raznovrsnih kriminalističkih i pravnih pitanja. U Republici Hrvatskoj to nije slučaj. Osim vrlo sporadične primjene i to uglavnom pri utvrđivanju vremena proteklog od trenutka smrti, o mogućnostima primjene saznanja i metoda ove znanstvene forenzične discipline malo se zna, vrlo malo je objavljenih radova domaćih autora na tu temu, a entomološka vještačenja kod nas se uopće ne provode.*

*Ovaj rad napisan je s namjerom da se šira stručna javnost upozna s temeljnim teorijskim postavkama, metodama i mogućnostima ove, kod nas zapostavljene, forenzične discipline. Kroz opisane primjere forenzičnu entomologiju pokušalo se prikazati kao alat za rješavanje brojnih i raznovrsnih kriminalističkih i pravnih problema kako bi se ukazalo na dosege entomoloških vještačenja. Nakon kraćeg prikaza povijesnog razvoja forenzične entomologije, središnji dio usmjeren je na mogućnosti i dosege njezine primjene u kriminalističkom istraživanju. Slijedi poglavlje u kojem se konkretno opisuju načini prikupljanja, pakiranja i slanja na vještačenje entomološkog materijala, što može poslužiti i kao praktični priručnik za potrebe kriminalističkog istraživanja.*

**Ključne riječi:** *forenzička entomologija, entomološki tragovi, mjesto kriminalnog događaja, kriminalističko istraživanje, vrijeme nastupa smrti.*

---

\* Mariya Fujimura, diplomirana kriminalistica.

\*\* mr. sc. Tatjana Kolar-Gregorić, viša predavačica na Katedri kriminalističke tehnike Visoke policijske škole MUP-a RH, Zagreb.

\*\*\* mr. sc. Marijan Šuperina, viši predavač na Katedri kriminalistike Visoke policijske škole MUP-a RH, Zagreb.

## UVOD

Za uspješno otkrivanje, razjašnjavanje, utvrđivanje i prijavljivanje, kako starih tako i novih oblika kriminaliteta, danas je nužna primjena znanja i metoda raznovrsnih znanstvenih grana. Tako kriminalistika u ispunjavanju svoje funkcije koristi i znanja iz *forenzičnih znanosti* (npr. forenzična psihologija, psihijatrija, sudska medicina i dr.). Njihovo temeljno obilježje je interdisciplinarnost, jer se služe saznanjima iz širokog spektra znanosti i povezuju ih u posebnu cjelinu. Jedna od važnih, ali kod nas zanemarenih forenzičnih disciplina je forenzična entomologija. Entomologija, najkraće definirana kao znanost o kukcima, danas se primjenjuje u različitim područjima ljudske djelatnosti, primjerice u poljoprivredi, agronomiji, šumarstvu, medicini, veterini, farmakologiji, prehrambenoj industriji, ekologiji. Entomološka znanja i metode također se primjenjuju radi razjašnjavanja raznovrsnih problema koji se pojavljuju tijekom kriminalističkog istraživanja, ali i prilikom utvrđivanja važnih činjenica u sudskim postupcima, što je područje forenzične entomologije.

Forenzična entomologija se u svijetu već odavno i redovito koristi u istraživanju i razjašnjavanju kaznenih djela. U istraživanju smrtnih slučajeva ljudi forenzična entomologija primjenjuje se radi utvrđivanja vremena proteklog od nastupa smrti, utvrđivanja je li mrtvo tijelo premještanost s jednog mjesta na drugo, je li se s mrtvim tijelom naknadno manipuliralo, radi lociranja rana na mrtvom tijelu, otkrivanja prisutnosti lijekova, droga i otrova u organima žrtve, tumačenja izgleda tragova krvi i slično. No, istraživanje smrtnih slučajeva ljudi nije jedino područje u kojem se primjenjuje forenzična entomologija. Ona se primjenjuje i u svrhu razjašnjavanja okolnosti pri pronalasku strvina, istraživanju slučajeva zanemarivanja i zlostavljanja ljudi ili životinja, istraživanju zločina protiv prirodnog okoliša i u ostalim slučajevima kod kojih se temeljem entomoloških znanja i metoda mogu utvrditi činjenice važne za ishod kriminalističkog istraživanja i izricanje presude.

Iz ovog kratkog prikaza postaju očigledne brojne i značajne upotrebne vrijednosti forenzične entomologije u kriminalistici. Međutim, u našoj kriminalističkoj praksi to je jedna od zapostavljenih forenzičnih disciplina koja se koristi rijetko, i to uglavnom prilikom utvrđivanja vremena nastupa smrti ljudi, dok se entomološka vještačenja u Hrvatskoj uopće ne provode.

Ovaj rad napisan je s namjerom boljeg upoznavanja struke s problematikom forenzične entomologije, njezinim temeljnim teorijskim postavkama, metodama i mogućnostima primjene u kriminalističkom istraživanju. Nadamo se da ćemo uspjeti pokazati kako forenzična entomologija može biti koristan alat pri rješavanju brojnih kriminalističkih pitanja.

## 1. ENTOMOLOGIJA – ZNANOST KOJA SE BAVI PROUČAVANJEM KUKACA

Naziv entomologija potječe od grčkih riječi *entomon*<sup>1</sup> (kukac) i *logos* (znanost, nauka). U najopćenitijem smislu entomologija je jedno od znanstvenih područja unutar zoologije, a bavi se proučavanjem kukaca.

---

<sup>1</sup> *Entomon* je srednji rod pridjeva *entomos* (razrezan ili podijeljen na dijelove). Izraz *entomon* prvi je

## 1.1. Kukci (insekti)

Kukci su najrasprostranjenija životinjska vrsta na Zemlji. Žive u svim staništima u kojima je život moguć. Najviše ih ima na livadama i poljima, u šumama te u tekućim i stajaćim vodama. Ima ih i u planinskim područjima sve do snježne granice, u savanama, prerijama, tundrama, pustinjama, ispod zemlje i u morima gdje žive obično kao nametnici na morskim sisavcima.

Do sada je otkriveno preko milijun vrsta kukaca, a prema nekim procjenama stvarni broj vrsta kreće se od pet pa čak i do deset milijuna.<sup>2</sup> Prema brojnosti, kukci čine gotovo tri petine životinjskog svijeta (Oštrec, Čuljak, 2005).

Postoji više razloga zašto su kukci tako uspješna životinjska vrsta. Prvo, evolucijska prilagodba veličine i građe tijela omogućava im da nastanjuju mikrostaništa koja su neiskoristiva drugim životinjama. Drugo, u povoljnim su se uvjetima u stanju vrlo brzo razmnožavati i tako reagirati na obilje dostupne hrane.<sup>3</sup> Treće, većina kukaca ima krila, što im omogućava lakši bijeg od opasnosti, veću i bržu pokretljivost na većem području, lakše pronalaženje hrane i partnera te time i širenje njihovih staništa.

### 1.1.1. O životnom ciklusu kukaca

Kukci svoj životni ciklus započinju kao jajašca. Iz jajašaca se u svih kukaca prvo izlegnu ličinke. Ovisno o vrsti kukca, ličinka u svojem razvoju do odrasle jedinke prolazi kroz različite razvojne stadije. Taj razvoj može biti jednostavan, tj. običan rast ličinke uz male ili nikakve tjelesne promjene (kao što je to slučaj kod primitivnijih beskrihlaca), ali može biti i vrlo kompliciran i obuhvatiti potpunu tjelesnu preobrazbu, odnosno metamorfozu (kao što je to slučaj kod mrežokrihlaca, kornjaša, leptira, opnokrihlaca i dvokrihlaca).

Razlikuju se tri osnovna tipa preobrazbe ličinke u odraslog kukca:

**1. Ametabolni razvoj.** Razlika između ličinke i odraslog kukca ovdje je vrlo mala. Ličinka se u odraslog kukca razvija tako da jednostavno u određenim intervalima odbacuje vanjsku košuljicu. Sa svakim presvlačenjem ličinka se povećava, sve dok ne dosegne punu veličinu. Takav je razvoj karakterističan za neke vrste beskrihlnih kukaca.

**2. Nepotpuna preobrazba (hemimetabolija).** Ovaj tip razvoja karakterističan je za kukce čije ličinke žive na isti način i u istim tipovima staništa kao i stariji kukci (npr. žohari, termite, bogomoljke, stjenice i dr.), (Oštrec, Čuljak, 2005). Kod ovih kukaca promjena iz ličinke u odraslog kukca teče postupno. Ličinke su izgledom jako slične odraslima, ali su manje i nemaju razvijene reproduktivne organe.

**3. Potpuna preobrazba (holometabolija).** Ovaj tip razvoja karakterističan je za savršenije i razvojno mlađe kukce (Oštrec, Čuljak, 2005). Ličinke se jako razlikuju od

---

upotrijebio grčki filozof Aristotel u četvrtom stoljeću prije Krista (Oštrec, Čuljak, 2005) zbog očite podijeljenosti tijela kukaca na tri osnovna dijela: glavu, prsa i zadak. (*The American Heritage Science Dictionary*.)

<sup>2</sup> Svake se godine otkrije između jedne i dvije tisuće novih vrsta.

<sup>3</sup> Na primjer, jedan par kornjaša sjemenara može, teorijski, proizvesti potomstvo koje bi u idealnim uvjetima moglo za samo 432 dana prekriti cijelu zemaljsku kuglu. U praksi se to ne događa zbog ograničenih izvora hrane i borbe između kukaca iste vrste i kukaca različitih vrsta i ostalih prirodnih neprijatelja.

odraslih kukaca. Nakon određenog broja presvlačenja ličinka prelazi u stadij kukuljice u kojoj se preobrazba završava i iz koje potom izlaze odrasli kukci.

Svojevrsan prijelaz između nepotpune i potpune preobrazbe je **neometabolija**. Iako ovaj tip preobrazbe pripada kategoriji nepotpune preobrazbe, ipak pokazuje i određeni stupanj prijelaza prema potpunoj preobrazbi (Oštrec, Čuljak 2005). Iz kukuljice se razvija oblik zvan **nimfa**, koji u općim crtama slični odraslim kukcima. Odrasli kukci i nimfe obično žive na istom staništu i hrane se istom vrstom hrane. Kako stare, nimfe se presvlače i svakim presvlačenjem sve više slične odraslim jedinkama (Houck, Siegel, 2006).

## 1.2. Predmet i podjele entomologije

Predmet znanstvenog entomološkog istraživanja može biti bilo koji sadržaj života kukaca te entomologija obuhvaća niz vrlo raznorodnih područja, poput molekularne genetike,<sup>4</sup> ponašanja kukaca, biomehanike,<sup>5</sup> biokemije,<sup>6</sup> sistematike,<sup>7</sup> razvojne biologije,<sup>8</sup> ekologije,<sup>9</sup> paleontologije,<sup>10</sup> taksonomije, morfologije,<sup>11</sup> fiziologije<sup>12</sup> i brojnih drugih.

Postoje različite podjele entomologije, primjerice na *opću entomologiju* koja daje teorijska saznanja o kukcima, *primijenjenu entomologiju* koja s praktičnog motrišta proučava za čovjeka izravno ili neizravno korisne, odnosno štetne vrste kukaca i na *sistematsku entomologiju*, koja temeljem srodstvenih odnosa svrstava kukce u srodstvene sustave (Oštrec, Čuljak, 2005).

S obzirom na ulogu koju kukci imaju u životu ljudi i na način na koji utječu na nj, entomologija se dijeli po pripadajućim granama djelatnosti. Tako entomologija može biti primijenjena na neke ljudske djelatnosti pa postoji *poljoprivredna, šumarska, medicinska, veterinarska i tehnička entomologija*.

U odnosu na područje koje proučava, postoji *urbana entomologija, pedoentomologija, paleoentomologija, forenzična entomologija* itd.

## 2. FORENZIČNA ENTOMOLOGIJA

Kao što je već rečeno, kukci svoja staništa nalaze posvuda. Neke vrste orijentirane su prema mrtvim tkivima raznih organizama, kako životinjskih tako i ljudskih, na kojima nalaze izvor hrane za sebe ili svoje potomstvo, te ih koriste za polaganje jajašaca i razvoj ličinki. Proučavanje takvih vrsta kukaca može pomoći u razjašnjavanju određenih pitanja koja se postavljaju tijekom istraživanja kaznenih djela. Upravo tim područjem bavi se *forenzična entomologija*.

---

<sup>4</sup> Dio biologije koji se bavi proučavanjem građe gena i njihovih funkcija na molekularnoj razini.

<sup>5</sup> Proučavanje mehaničkih procesa na živim bićima i u njima.

<sup>6</sup> Proučavanje kemijskih spojeva i procesa koji se odvijaju u živim organizmima.

<sup>7</sup> Raspoređivanje živih organizama po grupama temeljem sličnosti.

<sup>8</sup> Proučavanje biokemijskih procesa kojima organizmi rastu i razvijaju se.

<sup>9</sup> Proučavanje odnosa organizma prema okolini i načina života.

<sup>10</sup> Proučavanje izumrlih životinja i biljaka.

<sup>11</sup> Proučavanje vanjske građe.

<sup>12</sup> Proučavanje funkcije organizama.

Najstariji dosad pronađeni pisani dokazi o primjeni znanja o kukcima u rješavanju kaznenih djela potječu iz XIII. stoljeća. Međutim, da bi forenzična entomologija postala široko prepoznata i prihvaćena kao vrlo vrijedno sredstvo u istraživanju kaznenih djela, trebalo je proći još nekoliko stoljeća. Takav spori razvoj i još sporije prepoznavanje pravih mogućnosti forenzične entomologije u rješavanju kaznenih djela, ponajprije je posljedica činjenice da je ona prečesto ovisila o pojedincima koji su prema načinu razmišljanja i shvaćanju svijeta oko sebe bili daleko ispred svojeg vremena. Zbog toga je u vrijeme, kada su druge grane forenzične znanosti doživljavale pravi procvat, forenzična entomologija kao znanost bila još u povojima.

Uzroci takvog stava prema forenzičnoj entomologiji brojni su. Prije svega, prisutnost kukaca i ličinaka na mrtvom tijelu općenito je vrlo odbojan prizor, pa činjenica da su istražitelji smrtnih slučajeva nastojali mrtvo tijelo čim prije očistiti nije nimalo začuđujuća. Osim ove čisto fizičke odbojnosti prema kukcima i ličinkama na mrtvim tijelima, forenzična se entomologija tako polako razvijala i zbog činjenice da su znanja o životnim ciklusima i navikama različitih vrsta kukaca dugo vremena bila vrlo ograničena. A upravo su ti predvidivi životni ciklusi i navike osnova na kojoj forenzična entomologija donosi svoje zaključke. Premda ti zaključci mogu biti vrlo precizni, oni ovise o velikom broju varijabli, a pogrešno tumačenje makar i jedne varijable može biti pogubno za točnost čitavog rezultata. No unatoč svim zaprekama, razvoj forenzične entomologije u proteklih se trideset godina višestruko ubrzao te ova grana entomologije postaje punopravna grana forenzične znanosti koja se redovito koristi u istraživanju kaznenih djela.

## 2.1. Definicija i bitna obilježja forenzične entomologije

Forenzična entomologija je uže specijalizirano područje entomologije. Definicije pojma forenzične entomologije su brojne. Navodimo samo neke od njih:

– "Forenzična je entomologija upotreba kukaca i njihovih srodnika iz porodice člankonožaca,<sup>13</sup> koji nastanjuju raspadajuća mrtva tijela, radi pružanja pomoći u službenim istragama..." (Byrd, J. H., 1998).

– "Forenzična je entomologija primjena i proučavanje kukaca i drugih člankonožaca u svrhe kaznenog prava. Forenzična se entomologija primarno povezuje s istraživanjem smrtnih slučajeva. No forenzična se entomologija može koristiti i za otkrivanje droga i otrova, utvrđivanje točnog mjesta događaja, određivanje dužine razdoblja zanemarivanja starijih osoba ili djece te za utvrđivanje vremena nanošenja rana..." ([http://en.wikipedia.org/wiki/Forensic\\_entomology](http://en.wikipedia.org/wiki/Forensic_entomology))

– "Entomologija je znanost o kukcima. Forenzični entomolog koristi znanje o životnim ciklusima muha i raznih drugih kukaca koji se hrane mrtvim organizmima kako bi odredio približno vrijeme smrti. Isto tako, forenzični se entomolog koristi znanjem o staništima kukaca kako bi odredio je li mrtvo tijelo premještanost s jednog mjesta na drugo." (Lyle, 2004).

---

<sup>13</sup> U člankonošce se ubrajaju paučnjaci, rakovi, stonoge i kukci. Člankonošci su po brojni najbrojnija skupina životinja, zauzimaju tri četvrtine životinjskog svijeta.

– "Forenzična entomologija je primjena znanosti o člankonošcima (red *Arthropoda*), uključujući kukce, paučnjake (pauci i njihovi srodnici), stonoge, i rakove na slučajeve kriminalne ili pravne prirode..." (Houck, Siegel, 2006).

– "Entomologija je znanost o kukcima. Forenzična (ili medicinsko-pravna) entomologija je nauka o kukcima koji se dovode u vezu s mrtvim tijelom." (Anderson, 2005).

– "Forenzična je entomologija upotreba znanja o kukcima u istraživanju kaznenih djela ili u građanskim sporovima. Ona je jedan od brojnih alata forenzične znanosti (...). Može se reći kako je forenzična entomologija primjena znanosti o kukcima i drugim člankonošcima na pravna pitanja..." (Reichs, 2008).

– "Entomologija je znanstvena disciplina koja proučava kukce općenito, a kad se koristi kao dio forenzike, istražuje kukce pronađene na mjestima zločina i na mrtvim tijelima." (Knezović, 2003).

– "Forenzična entomologija je naziv za bilo koji sadržaj znanosti o kukcima i njihovim pandanima iz porodice člankonožaca koji međudjeluje s pravnim pitanjima." (<http://www.research.missouri.edu/entomology>)

Unatoč uvriježenom mišljenju većine ljudi kako se forenzična entomologija koristi entomološkim znanjima i spoznajama samo u davanju odgovora na pitanja vezana za istraživanje smrtnih slučajeva, treba napomenuti da to ipak nije jedino područje u kojem može biti korisna. Ona može pružiti odgovore i u slučajevima poput utvrđivanja odgovornosti proizvođača živežnih namirnica koje su kontaminirane kukcima, suđenja radi utvrđivanja odgovornosti za zlostavljanje i zanemarivanje ljudi i životinja, otkrivanja smjera i puta kretanja motornih vozila, otkrivanja primarnog mjesta događaja te povezivanja počinitelja s mjestom događaja ili žrtvom kaznenog djela.

Kao što je očigledno već iz ovih nekoliko primjera, bitna obilježja forenzične entomologije su ukratko sljedeća:

1. forenzična entomologija je znanstvena disciplina
2. ona je grana forenzične znanosti<sup>14</sup>
3. bavi se proučavanjem kukaca
4. saznanja do kojih dolazi koriste se u policijskim i drugim istragama.

Mogli bismo stoga forenzičnu entomologiju u najopćenitijem smislu opisati kao primjenu znanja o životu i ponašanju određenih vrsta kukaca u dobivanju odgovora o određenim elementima počinjenog kaznjivog djela ili događaja od sigurnosnog značaja.

## 2.2. Podjela forenzične entomologije

Budući da se pojam forenzične entomologije odnosi na sve slučajeve primjene entomologije na pravna pitanja, logično je zaključiti da forenzična entomologija nije jedinstveno područje. Drugim riječima, zbog raznolikosti pojavnih oblika kaznenih djela čijem uspješnom rješavanju entomologija može doprinijeti, činjenica da se područje forenzične entomologije dijeli na niz uže specijaliziranih područja, nimalo ne začuđuje. Lord i Stevenson podijelili su 1986. godine forenzičnu entomologiju na tri uža specijalizirana područja (Hall, 2008). To su:

1. urbana entomologija

---

<sup>14</sup>"Forenzična je znanost široki pojam koji obuhvaća sve znanstvene discipline koje se koriste u istragama s ciljem privođenja počinitelja kaznenih djela pravdi..." (Nickell, Fischer, 1999).

2. entomologija uskladištenih proizvoda
3. medicinsko-pravna entomologija.

### **2.2.1. Urbana entomologija**

Urbana se entomologija bavi kukcima i srodnim životinjama koje štetno djeluju na kuće, zgrade, ostale građevine i druge umjetno stvorene komponente ljudskog okoliša. Njihovo se štetno djelovanje može očitovati u obliku najezda kukaca u stambenim objektima, vrtovima, poljoprivrednim površinama i slično, i kao takvo može biti osnova sudskog spora između vlasnika objekta pogođenog najezdom i pružatelja usluge dezinfekcije. Studije iz područja urbane forenzične entomologije također imaju svoju primjenu kod davanja odgovora na pitanje o primjenjivosti pojedinih vrsta pesticida s obzirom na mogućnost njihova štetnog djelovanja na ljudsko zdravlje.

### **2.2.2. Entomologija uskladištenih proizvoda**

Entomologija uskladištenih proizvoda bavi se kukcima koji zagađuju različite vrste uskladištene hrane. Zadaća ove grane entomologije je da ponudi odgovor na pitanje je li sporni proizvod bio zaražen kukcima u skladištu, tj. prije puštanja u prodaju ili poslije, te postoji li osnova za podizanje tužbe protiv proizvođača, distributera ili nekog trećeg. O važnosti ove grane forenzične entomologije govori i podatak da velik broj američkih poduzeća koja se bave proizvodnjom hrane ima cijele timove forenzičnih entomologa koji im pomažu u izbjegavanju takvih parnica. Ova se grana forenzične entomologije također bavi prevencijom i istrebljenjem najčešćih kukaca koji napadaju zalihe hrane u kućanstvima.

### **2.2.3. Medicinsko-pravna entomologija**

Medicinsko-pravna entomologija bavi se kukcima koji se tipično hrane mrtvim tijelima ljudi i uginulih životinja ili na njima polažu jajašca, te svoja znanja i spoznaje koristi u otkrivanju počinitelja, razjašnjavanju ili utvrđivanju drugih elemenata kaznenih djela. Ova grana forenzične entomologije može dati odgovore na sljedeća pitanja:

1. koliko je vremena proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela čovjeka ili strvine životinje (*postmortem interval*)
2. gdje je točno nastupila smrt
3. koji je uzrok iznenadne smrti
4. zašto se dogodila prometna nesreća bez ikakvog očitog uzroka
5. je li došlo do zloupotrebe kukaca
6. je li uzrok smrti trovanje otrovom, lijekom ili opojnom drogom – temeljem toksikološke analize uzoraka tkiva prikupljenih iz probavnog sustava kukaca koji su se hranili na mrtvom tijelu
7. o identitetu žrtve (na temelju DNK dobivene iz tkiva prikupljenih iz probavnog sustava kukaca koji su se hranili na mrtvom tijelu).

Medicinsko-pravna entomologija nerazdvojivo je povezana s medicinskom entomologijom,<sup>15</sup> taksonomijom i forenzičnom patologijom.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> Grana entomologije koja se bavi proučavanjem kukaca koji utječu na ljudsko zdravlje.

<sup>16</sup> Grana patologije koja se bavi utvrđivanjem uzroka smrti na temelju patoloških promjena na mrtvom tijelu.

### 2.3. Povijesni razvoj forenzične entomologije

Forenzična entomologija nije nova znanstvena disciplina. O upotrebi entomoloških znanja i spoznaja u istraživanju kaznenih djela svjedoče pisani izvori pronađeni u Kini, čiji se datum nastanka procjenjuje na prvu polovicu XIII. stoljeća. Kako je Kina tradicionalno bila zatvorena prema ostalom svijetu, njihove spoznaje i dostignuća nisu se širile pa je u Europi do spoznaje da se kukci i znanje o njima mogu koristiti u istraživanju kaznenih djela, došlo tek nekoliko stoljeća poslije, u XVII. stoljeću.

I dok početkom XIX. stoljeća forenzična znanost, odnosno njezine pojedine grane, poput toksikologije, forenzične patologije i balistike, doživljavaju pravi procvat, na forenzičnu su se entomologiju istražitelji rijetko obazirali ili koristili njezin potencijal. Kukce su najčešće, pa čak i do unatrag svega nekoliko desetljeća, držali tek pukim znakovima i popratnom pojavom truljenja mrtvih organizama, ne uočavajući njihovu korist ili potencijalnu dokaznu vrijednost (Goff, 2001). Forenzična je entomologija tako u pravilu često ostajala vezana samo uz neke rijetke slučajeve ubojstava. Završetkom rada na slučaju završavala je i primjena forenzične entomologije i kukaca kao dokaznog materijala u praksi.

Slijedi prikaz značajnijih osoba koje su svojim radom doprinijele razvoju forenzične entomologije.

#### *Song Ci*

Song Ci<sup>17</sup> (1186.-1249.) bio je pravnik i forenzični medicinski istražitelj u Kini u vrijeme dinastije Song. Mnoge je mandate proveo predsjedavajući kineskim visokim sudovima u provinciji Hunan. Bio je poznat po tome što je osobno dolazio na mjesta događaja i sam istraživao posebno teške slučajeve ubojstava ili nanošenja teških tjelesnih ozljeda.

Njegov najveći doprinos forenzičnoj znanosti je knjiga pod naslovom *His Yüan Chi Lu*<sup>18</sup> (doslovce: Ispiranje nepravdi; na engleski jezik ju je 1981. godine preveo B. E. McKnight) koju je napisao u prvoj polovici XIII. stoljeća.<sup>19</sup> Ta je knjiga zapravo priručnik kojem je osnovna svrha bila voditi istražitelje kroz postupke obrade mjesta događaja kako bi se povećala njihova učinkovitost i uspješnost.<sup>20</sup>

Važnost tog djela očituje se i u činjenici da je to najstariji do sada pronađen pisani izvor u kojem se opisuje upotreba forenzične entomologije u istraživanju kaznenih djela. Naime, Song Ci opisuje slučaj iz jednog kineskog sela u kojem je pronađeno mrtvo tijelo muškarca. Nakon pregleda mrtvog tijela utvrđeno je da je muškarac bio ubijen oruđem nalik na srp. Kako istraga, unatoč postojanju određenih indicija o identitetu počinitelja<sup>21</sup>

---

<sup>17</sup> U nekim se izvorima spominje pod imenom Sung T'zu, što je vjerojatno posljedica različitog načina transkribiranja kineskog slikovnog pisma na latinicu.

<sup>18</sup> U nekim se izvorima ova knjiga spominje i pod naslovima *Hsi Duan Yu* ili *Xi Yuan Ji Li*, što je vjerojatno posljedica različitog načina transkribiranja kineskog slikovnog pisma na latinicu.

<sup>19</sup> Kao godina nastanka knjige navode se 1235. (Goff, 2001), 1247. (Ramslund, 2007) ili 1248.

<sup>20</sup> Službenici koji su u to doba provodili istrage vrlo često nisu mali nikakvo formalno školovanje za posao koji su obavljali. Stoga se velika važnost pridavala raznim priručnicima koji su im pomagali u obavljanju svakodnevnih dužnosti.

<sup>21</sup> Pregledom mrtvog tijela ustanovljeno je da osobni predmeti žrtve nisu dirani, što navodi na zaključak da namjera počinitelja nije bila opljačkati žrtvu. Također, žena ubijenog izjavila je da je neki muškarac



nije davala nikakve rezultate, seoski je sudac naposljetku zatražio od svih muškaraca iz sela da mu donesu svoje srpove. Nakon nekog vremena, oko jednog su se srpa počele rojiti muhe privučene komadićima zaostalog tkiva i krvi koji su se tamo nalazili čak i nakon što ih je počinitelj pokušao čišćenjem uništiti.

S obzirom na vrijeme u kojem je živio, Song Ci pokazuje zavidnu razinu poznavanja entomologije i vrlo naprednu svijest o mogućnostima upotrebe kukaca kao važnih izvora informacija i dokaza prilikom istraživanja slučajeva smrti. Naime, on u svojoj knjizi opisuje i aktivnosti muha zujara u prirodnim otvorima mrtvog tijela, kao i njihove aktivnosti u otvorenim ranama, a spominje i vezu između jajašaca muha i ličinaka, te raspravlja o vremenu koje je potrebno da muhe koloniziraju mrtvo tijelo.

### ***Francesco Redi***

U Europi se, do spoznaje da su jajašca i ličinke muha koje se hrane na mrtvim tijelima povezane te da ličinke nastaju iz jajašaca koje muhe polažu na mrtva tijela, došlo tek nekoliko stoljeća kasnije, najviše zahvaljujući talijanskom liječniku Francescu Rediju (1626.-1697.). Bio je liječnik plemićkog podrijetla iz Arezza, u Toskani. Najpoznatiji je po svojem pokusu iz 1668. godine kojim je dokazao vezu između jajašaca i ličinaka muha koje se hrane na trulom mesu, čime je pobio teoriju o spontanom rađanju, poznatu i pod nazivom Aristotelova abiogeneza.<sup>22</sup> Naime, u to je vrijeme prevladavalo vjerovanje da ličinke kukaca nastaju spontano izravno iz mesa koje trune.

Nažalost, Redijevo otkriće nije dovelo do upotrebe forenzične entomologije u istraživanju kaznenih djela. Prvi slučaj upotrebe kukaca za potrebe istrage u Europi opisan je tek 1855. godine u Francuskoj (Goff, 2001).

### ***Bergeret d'Arbois***

Godine 1850. tijekom renoviranja jedne kuće u okolici Pariza iza kamina je pronađeno mumificirano mrtvo tijelo djeteta. Istražitelji su u pomoć pozvali liječnika Bergereta d'Arboisa iz Švicarske koji je na temelju obdukcije, ali i entomoloških tragova, došao do zaključka da je smrt djeteta nastupila dvije godine prije pronalaska mrtvog tijela djeteta. Policija je prihvatila entomološke dokaze doktora d'Arboisa te je istragu usmjerila prema ljudima koji su živjeli u kući 1848. godine, a ne prema bračnom paru koji je u kući živio 1850. godine. Na kraju istrage pokazalo se da je Bergeret d'Arbois bio u pravu – ljudi koji su živjeli u kući 1848. godine uhićeni su te potom i osuđeni za ubojstvo djeteta. Bergeret

---

od njezinog muža tražio da mu posudi novac što je muž odbio, zbog čega se spomenuti muškarac jako naljutio.

<sup>22</sup> Redi je uzeo osam staklenih posuda koje je razdjelio u dvije skupine od po četiri posude. U svaku je posudu stavio komad sirovog mesa. Posude iz prve skupine zatvorio je gazom, a posude iz druge skupine ostavio je otvorene. Nakon nekoliko dana opazio je da su se na komadima mesa u posudama koje je ostavio otvorene pojavile ličinke, dok u zatvorenim posudama ličinaka nije bilo. Pokus je nastavio hvatanjem ličinaka koje su se razvile na komadima mesa iz otvorenih posuda i promatranjem njihove metamorfoze u odrasle muhe. Svoje je zaključke potvrdio dodatnim pokusom u kojem je uzeo dvije staklene posude s komadima mesa. U jednu je stavio mrtve muhe, a u drugu žive. U posudi s mrtvim muhamu ličinke se nisu pojavile dok su se u posudi sa živim muhamu pojavile.

d'Arbois taj je slučaj opisao u jednom od svojih brojnih članaka o forenzičnoj entomologiji u kojem je također opisao životne cikluse kukaca.<sup>23</sup>

Bergeret d'Arbois postao je tako prvi čovjek koji je u Europi primijenio entomologiju u istraživanju kaznenog djela, premda je pogrešno zaključio da je kukcima koji prolaze potpunu preobrazbu potrebna cijela godina da se iz jajašaca razviju u odrasle jedinke. Također je pogrešno zaključio da muhe jajašca polažu ljeti, da se ličinke (koje je nazvao nimfama) zakukuljuju tek idućeg proljeća, te da iz kukuljice izlaze ljeti (Benecke, 2001). Unatoč tome ostaje činjenica da je Bergeret d'Arbois prepoznao važnost redoslijeda kojim različite vrste kukaca koloniziraju mrtvo tijelo i iskoristio ga pri donošenju zaključaka o protjecanju vremena. Uočio je i važnost životnih ciklusa različitih vrsta kukaca te je prema njima s više sigurnosti mogao odrediti vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela djeteta. Metode kojima se koristio u osnovi su iste kao i metode koje forenzični entomolozi koriste i danas.

Međutim, čak ni nakon uspjeha u rješavanju opisanog slučaja, razvoj forenzične entomologije ne nastavlja se kontinuirano i stabilno, a do novih se spoznaja dolazi teško i sporo. Istraživanju novih područja i mogućnosti primjene entomologije u rješavanju drugih kaznenih djela nije se prišlo sustavno i znanstveno, već je primjena entomologije i dalje ostala vezana samo za konkretne slučajeve ubojstava u kojima su istražitelji trebali pomoć entomologa. Ipak, krajem XIX. stoljeća stav prema entomologiji napokon se promijenio, i to zahvaljujući ponajprije radu liječnika Hermanna Reinharda i veterinara Jeana Pierrea Mégnina.

### ***Hermann Reinhard***

Hermann Reinhard (1816.-1892.) njemački je liječnik koji je 1881. godine proveo prvo sustavno znanstveno istraživanje iz područja forenzične entomologije. Ekshumirao je brojna mrtva tijela i dokazao da se razvoj raznih vrsta kukaca može dovesti u vezu s njima. Kasnije je došao do zaključka kako razvoj svih vrsta kukaca koji žive na zakopanom mrtvom tijelu nije nužno povezan sa samim tijelom, budući da je na tijelima pronalazio i kornjaše stare 15-ak godina koji se nisu razvili zbog izravnog doticaja s mrtvim tijelima. Reinhardov se rad često koristio kao podloga u daljnjim entomološkim istraživanjima.

---

<sup>23</sup> Postupak kojim je doktor d'Arbois utvrdio vrijeme smrti opisao je na sljedeći način: "Jajašca koja smo pronašli na mrtvom tijelu djeteta u ožujku 1850. godine morala su biti položena sredinom 1849. godine. Prema tome, tijelo je moralo biti odbačeno prije tog vremena. Pored mnogo živih ličinaka [muha] pronašli smo i velik broj kukuljica, koje su jedino mogle nastati iz jajašaca položenih još prije, tj. 1848. godine (...). Je li moguće da je tijelo odbačeno čak i prije ovog razdoblja [tj., 1848. godine]? Muhe koje izlaze iz kukuljica koje smo pronašli na tijelu pripadaju vrsti *Musca carnaria* L. koje polažu jajašca na tijelo prije nego što se isuši. Također smo našli i kukuljice malih noćnih leptira [moljaca] koji napadaju mrtvo tijelo koje se već isušilo. Da je tijelo odbačeno, recimo, 1846. ili 1847. godine, ne bismo pronašli te ličinke [budući da bi se odrasle jedinke već izlegle]. Zaključno, na mrtvom tijelu su pronađene dvije generacije kukaca koje ukazuju da su od nastupa smrti prošle dvije godine: na svježem su mrtvom tijelu muhe mesaruše položile jajašca 1848. godine, a kada se tijelo isušilo, na njega su 1849. godine jajašca položili moljci." (Benecke, 2001).

## Jean Pierre Mégnin

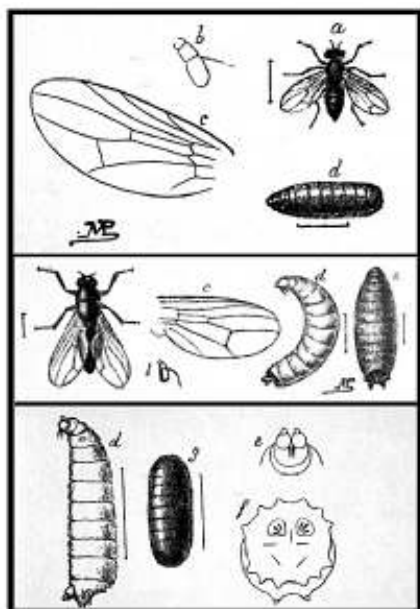
Danas se smatra da je Francuz Jean Pierre Mégnin (1828.-1905.) otac suvremene forenzične entomologije. Najpoznatiji je po radu sa psima i radu iz područja forenzične entomologije.

U razdoblju od 1883. godine do 1896. godine izdao je brojne radove iz područja medicinsko-pravne entomologije kojima je liječnike i pravnike upozorio na vrijednost entomoloških tragova. Njegove knjige *Faune des Tombeaux*<sup>24</sup> (1887.) i *La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale*<sup>25</sup> (1894.) ubrajaju se među najvažnija djela iz područja forenzične entomologije. Godine 1879. Jean Pierre Mégnin izabran je za predsjednika Francuskog entomološkog društva, a godine 1893. postao je član Francuske medicinske akademije.

Njegov je rad revolucionaran zbog činjenice da je pokazao i dokazao da se vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela (*postmortem interval*) može odrediti analizom različitih vrsta kukaca koji se zateknu na raspadajućem mrtvom tijelu u trenutku njegova pronalaska.

Također je radio na razvoju teorije o predvidivom redosljedu kojim kukci koloniziraju mrtvo tijelo. Tako je utvrdio da su mrtva tijela izložena vanjskim utjecajima podložna valovima kolonizacije kukaca koja se odvija u osam stupnjeva, dok su zakopana mrtva tijela podložna valovima kolonizacije u samo dva stupnja.

Njegov je rad na proučavanju ličinki i odraslih jedinki kukaca koji se mogu pronaći na mrtvim tijelima napokon izazvao zanimanje novih naraštaja entomologa i potaknuo daljnja istraživanja povezanosti kukaca i mrtvih tijela, čime je Jean Pierre Mégnin velikim dijelom zaslužan za stvaranje nove znanstvene discipline – forenzične entomologije.



Slika 1: Crteži muha, ličinki i kukuljica iz Mégninove knjige *La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale*; od vrha prema dnu:

- *Pyophila petasionis* Duf.
- *Sarchophage carnaria* Meg.
- *Lucilia Caesar* Rob. D.



Slika 2: Crteži odraslih kornjaša i njihovih ličinki iz Mégninove knjige *La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale*; s lijeva na desno: *Silpha obscura*; *Saprinus rotundatus*; *Hister cadaverinus*; *Tenebrio obscurus*

<sup>24</sup> Životinjski svijet u grobovima (prijevod autora).

<sup>25</sup> Životinjski svijet mrtvih tijela: primjena entomologije u sudskoj medicini (prijevod autora).

## **2.4. Primjena forenzične entomologije**

Forenzična entomologija primjenjuje se u raznovrsnim područjima kriminalističkog istraživanja. Iako se najčešće primjenjuje u istraživanju smrtnih slučajeva, valja napomenuti kako se ona može koristiti i u druge svrhe, ovisno o potrebama i smjeru u kojem se kreće istraživanje i razjašnjavanje određenog slučaja.

### **2.4.1. Istraživanje smrtnih slučajeva**

U istraživanju smrtnih slučajeva forenzična entomologija se može primijeniti kako bi se:

- utvrdilo vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela
- utvrdilo je li mrtvo tijelo premještanost s jednog mjesta na drugo
- utvrdilo je li se s mrtvim tijelom naknadno manipuliralo
- utvrdilo postojanje li na mrtvom tijelu rane
- otkrila prisutnost lijekova, droga ili otrova u organima.

#### **2.4.1.1. Utvrđivanje vremena proteklog od nastupa smrti**

U istraživanjima smrtnih slučajeva najveći doprinos forenzičnih entomologa razjašnjavanju i utvrđivanju činjenica očituje se u određivanju vremena proteklog od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela. Uobičajeno se za utvrđivanje tog vremena koriste različiti medicinski parametri,<sup>26</sup> ali kad od nastupa smrti protekne više od 72 sata upravo su entomološki tragovi najpouzdanije i najčešće jedino sredstvo uz pomoć kojeg se može utvrditi vrijeme proteklo od nastupa smrti (Anderson, Cervenka, 2002; Anderson, 2005; James, Nordby, 2005).

Procjena vremenskog intervala unutar kojeg je nastupila smrt od velike je važnosti za npr. ograničavanje broja osumnjičenika. Također, ako je identitet žrtve nepoznat, taj vremenski interval može pomoći u ograničavanju broja potencijalnih žrtava među nestalim osobama. Pritom se ne utvrđuje točan trenutak, već najkraće i najduže vrijeme<sup>27</sup> koje je proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela žrtve.

Postoje dvije metode kojima se utvrđuje vrijeme proteklo od nastupanja smrti. Jedna se temelji na životnim ciklusima različitih vrsta kukaca, a druga na predvidivom redosljedu sukcesivne kolonizacije na mrtvom tijelu. Koja će se od ovih metoda tijekom istraživanja smrtnih slučajeva primijeniti, ovisi o starosti mrtvog tijela i o vrstama kukaca pronađenim na njemu.

#### **a) Metoda temeljem životnog ciklusa kukaca**

Kako znanje o životnim ciklusima kukaca može pomoći pri utvrđivanju vremena proteklog od nastupa smrti, prikazat će se na primjeru životnog ciklusa muha zujara,

---

<sup>26</sup> To mogu biti *rigor mortis* (mrtvačka ukočenost), mrtvačke pjege, zelenkasta boja kože (kao posljedica djelovanja bakterija), sadržaj želuca, sadržaj kalija u dijelu oka itd.

<sup>27</sup> Minimalno vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska tijela žrtve procjenjuje se na temelju starosti nezrelih oblika kukaca pronađenih na tijelu i na temelju vremena koje im je potrebno da dosegnu zrelost, pod uvjetima kakvi su bili na mjestu događaja. Maksimalno vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska tijela žrtve procjenjuje se na temelju kukaca prisutnih na žrtvi i oko nje u vrijeme njihova prikupljanja (Houck, Siegel, 2006).

koje su najčešće u našim klimatskim uvjetima. Naime, u prvih nekoliko tjedana nakon nastupa smrti muhe zujare jedini su pouzdan pokazatelj temeljem kojeg se može utvrditi to vrijeme. U tom periodu i drugi kukci koloniziraju mrtva tijela, ali vrijeme kada će to učiniti ne može se predvidjeti dovoljno pouzdano i točno da bi se na temelju toga mogli donijeti valjani zaključci. Tragovi aktivnosti drugih vrsta kukaca mogu se koristiti za podupiranje zaključaka donesenih na temelju tragova aktivnosti muha zujara (Goff, 2001).

**Muhe zujare** razvijaju se do odrasle jedinke predvidljivim slijedom iz jajašaca kroz tri stadija ličinke i jedan stadij kukuljice. Brzina tog razvoja najviše ovisi o vrsti muhe te o okolnoj temperaturi<sup>28</sup> (Anderson, 2005; James, Nordby, 2005). Jajašca muha zujara prosječne su dužine 2 mm. Prvih osam sati nakon polaganja jajašaca ne vide se gotovo nikakvi znakovi razvoja. Nakon osam sati kroz opnu jajašaca mogu se nazrijeti ličinke (Reichs, 2008). Kad ženka muhe položi jajašca, iz njih se u optimalnim uvjetima već nakon 24 sata izlegnu *ličinke prvog stadija*. Te su ličinke prosječne dužine 5 mm, vrlo su osjetljive i podložne isušivanju (Reichs, 2008). Budući da još nemaju dovoljno jake i razvijene usne organe, hrane se isključivo mekom hranom. Upravo iz tog razloga su rane i tjelesne šupljine na mrtvom tijelu idealna mjesta za razvoj ličink (Anderson, 2005; James, Nordby, 2005). Ovaj stadij traje od 11 do 38 sati (Kamal, 1958; Goff, 2001). Nakon kratkog perioda ličinke prvog stadija se presvlače (odbacuju vanjsku košuljicu koja ne može pratiti njihov rast) i postaju *ličinke drugog stadija*. U prosjeku su duge 10 mm (Reichs, 2008) i nisu osjetljive kao ličinke prvog stadija. Imaju dovoljno jake usne organe kojima mogu probiti kožu pa dostupnost tekuće hrane nije presudna za njihovo preživljavanje. Ovaj stadij traje od 8 do 54 sata (Kamal, 1958; Goff, 2001). Nakon određenog perioda hranjenja na novoj podlozi ličinke drugog stadija se presvlače i postaju *ličinke trećeg stadija*. U prosjeku su duge 17 mm (Reichs, 2008). Ličinke trećeg stadija nezasićene su i često se nakupljaju u velike mase unutar kojih se stvara vrlo visoka temperatura. Stadij intenzivnog hranjenja traje od 20 do 96 sati (Kamal, 1958; Goff, 2001). Nakon perioda intenzivnog hranjenja ličinke trećeg stadija ulaze u stadij nehranjenja u kojem se udaljavaju od izvora hrane u potrazi za mjestom prikladnim za *kukuljenje* (Anderson, 2005; James, Nordby, 2005). Ovo je sa stajališta forenzične entomologije vrlo važno zato što prilikom prikupljanja materijala za vještačenje treba pomno pretražiti i širu okolinu oko mrtvog tijela. Naime, ličinke trećeg stadija mogu se pronaći u kosi ili odjeći, na tlu nekoliko metara dalje od tijela, ispod sagova (ako je tijelo pronađeno u stambenom objektu), pa čak i nekoliko centimetara pod zemljom. Stadij nehranjenja traje od 40 do 504 sata (Kamal, 1958; Goff, 2001). Nakon što pronađu prikladno mjesto za kukuljenje, ličinke više ne odbacuju vanjsku košuljicu, kao što je to bio slučaj u prethodna dva stadija, nego se ona pod utjecajem brojnih tvari koje ličinka izlučuje stvrdnjava i tamni te formira u bačvicu ili pupariju u kojem leži ličinka. Time započinje *stadij kukuljice*. Kukuljice su u prosjeku duge 9 mm, a na tijelu žrtve i oko njega mogu se naći od 18 do 24 dana nakon što su bila položena jajašca (Reichs, 2008). U ovom se stadiju nezrela tkiva ličinke u potpunosti razgrađuju, a iz tako razgrađenih tkiva

---

<sup>28</sup> Budući da su kukci hladnokrvne životinje, njihov rast i razvoj ovise o temperaturi okoliša u kojem žive. Visoke temperature u pravilu ubrzavaju razvoj kukaca, a niske ga temperature u pravilu usporavaju. Ovisnost brzine razvoja o temperaturi u nesmetanim je uvjetima linearna, što omogućava prilično točno određivanje brzine razvoja kukaca na temelju podataka o temperaturi (Anderson, 2005; James, Nordby, 2005).

izgrađuju se organi odraslog kukca (Oštrec, Čuljak, 2005). Ovaj stadij traje od iduća 4 do 18 dana (Kamal, 1958; Goff, 2001). Nakon što je preobrazba završena, odrasli kukac izlazi iz kukuljice koja ostaje prazna, kao posljednji dokaz o završenom životnom ciklusu. Prazna kukuljica ukazuje na to da je od trenutka nastupa smrti proteklo ukupno oko 20 dana. (Reichs, 2008). Muha koja je tek izašla iz kukuljice nimalo ne sliča odrasloj muhi zujari. Krila su joj zgužvana, noge tanke i slabe, nema karakterističan metalni zelenkasti ili plavi odsjaj, u potpunosti je sive boje, a glava joj je nepravilnog oblika. U tom ranom stadiju mlada muha ne može letjeti i često se skriva dok se ne osuši i osposobi za let. Taj proces traje u prosjeku 24 sata (Erzinclioglu, 1996; Anderson, 2005). Forenzična važnost mladih muha, dakle onih koje još ne mogu letjeti, jest u tome što dokazuju da je jedan životni ciklus završen. Jednom kad se mlada muha osuši i počne letjeti nema načina da se s dovoljnom pouzdanošću utvrdi da se ona hranila i razvijala na tijelu žrtve, čak i ako je i bila prikupljena s njega tijekom kriminalističke obrade.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Proces utvrđivanja vremena proteklog od nastupa smrti temeljem životnih ciklusa muha odvija se u nekoliko koraka:

1. utvrđuje se koji je najstariji razvojni stadij zatečen na mrtvom tijelu ili oko njega
2. temeljem rezultata istraživanja provedenih u laboratoriju pod strogo kontroliranim uvjetima utvrđuje se vrijeme potrebno da kukac iste vrste dosegne taj razvojni stadij
3. temeljem okolnosti zatečenih na mjestu događaja izračunava se koliko je vremena proteklo.

Postoje različite metode pomoću kojih se vrijeme potrebno za razvoj kukaca u uvjetima zatečenim na mjestu događaja može izračunati iz vremena razvoja u strogo kontroliranim uvjetima. Najčešće se koristi metoda u kojoj se temperature i vremena pretvaraju:

**a) u ADH (Accumulated Degree Hours)** – vrijednost koja se dobiva množenjem prosječne dnevne temperature s brojem sati potrebnim da kontrolni uzorak, dakle ličinka uzgojena u laboratoriju, dosegne starost ispitivanog uzorka. Radi se o jednostavnoj formuli koja pokazuje ovisnost rasta kukaca o toplini.

**b) u ADD (Accumulated Degree Days)** – vrijednost koja se dobiva tako da se ADH podijeli s 24 (Goff, 2001). Primjer izračuna u praksi: zamislimo slučaj u kojem je mrtvo tijelo žrtve pronađeno 15. listopada u osam sati ujutro, a entomološki tragovi prikupljeni su i pohranjeni istoga dana u devet sati ujutro. Najstarije ličinke pripadaju vrsti muhe zujare *Phormia regina* i tek su ušle u drugi razvojni stadij.

Iz podataka dobivenih laboratorijskim istraživanjem poznato je da ličinke ove vrste muhe dosežu navedeni razvojni stadij u roku 34 sata pri temperaturi od 26,7°C, što je 907,8 ADH (34 h x 26,7°C = 907,8 ADH).

15. listopada	14. listopada
- ukupno 9 sati razvoja (od ponoći do vremena prikupljanja) - prosječna temperatura za taj period bila je 20°C - ukupni ADH za ovaj dan iznosi 180 (9 h x 20°C = 180 ADH)	- ukupno 24 sata razvoja - prosječna temperatura za taj period bila je 21°C - ukupni ADH za ovaj dan iznosi 504 (24 h x 21°C = 504 ADH)

Kada zbrojimo ADH za ova dva dana dobit ćemo 684 ADH. Kada od ADH potrebnog da muhe vrste *Phormia regina* dosegnu taj razvojni stadij oduzmemo ovaj zbroj, preostaje nam još 223,8 ADH. Prema tome, dio razvoja odvijao se i 13. listopada.

13. listopada
- prosječna temperatura ovog dana bila je 20°C - ADH za ovaj dan iznosi 23,8 - vrijeme razvoja dobiveno iz ova dva podatka iznosi 11,2 sata (223,8 ADH / 20°C = 11,2 h)

Brojeći vrijeme unatrag od ponoći 13. listopada dolazimo do zaključka da je žrtva ubijena 13. listopada između podneva i jedan sat popodne. Valja napomenuti da ovo nije točno vrijeme nastupa smrti, već najmanje vrijeme proteklo od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela.

Iako je životni ciklus muha zujara u potpunosti predvidljiv, njegovo trajanje i tijek uvelike ovise o različitim čimbenicima, na primjer o vrsti muhe, temperaturi okoliša u kojem se ličinke razvijaju, vlažnosti zraka, vrsti hrane kojom se ličinke hrane, godišnjem dobu, izloženosti sunčevu svjetlu, stanju mrtvog tijela (npr. je li tijelo izloženo, zamotano ili zakopano) itd.

Stoga je, prilikom utvrđivanja vremena proteklog od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela temeljem životnih ciklusa muhe zujare, potrebno prikupiti sljedeće podatke:

1. *Vrsta muhe.* Forenzični entomolog mora točno identificirati vrstu muhe zujare čije je ličinke zatekao na tijelu žrtve. To je bitno zato što se ličinke različitih vrsta razvijaju različitom brzinom. Ta se identifikacija obavlja temeljem morfoloških karakteristika. Iako su te karakteristike izraženije kod odraslih muha nego kod ličinkama, i ličinke se mogu međusobno razlikovati prema usnim organima, a u novije vrijeme i analizom DNK. Ovo je posebno vrijedna metoda identifikacije osobito kada se radi o starim ili oštećenim uzorcima, ili o ličinkama prvog stadija čije su međusobne razlike najteže uočljive (Wells, Sperling, 2001; Anderson, 2005).

2. *Najstariji razvojni stadij zatečen na mrtvom tijelu ili oko njega.* Od velike je važnosti znati do kojeg je stadija došao životni ciklus muhe zujare u trenutku kriminalističke obrade mjesta događaja i prikupljanja uzoraka. One ličinke koje su došle do najvišeg razvojnog stadija su najstarije, što znači da su najduže boravile na žrtvi. Kada istražitelj pronade tragove koji su završetak jednog razvojnog stadija, odmah treba početi tražiti i tragove idućeg razvojnog stadija. Tako, na primjer, ako on na tijelu pronade ličinke trećeg stadija koje se još hrane, odmah treba početi tražiti i ličinke trećeg stadija koje su ušle u stadij nehranjenja. Tek ako ne pronade takve ličinke iz višeg stadija, istražitelj može zaključiti da je razvojni stadij koji je prikupio ujedno i najstariji te kao takav relevantan za vještačenje.

3. *Temperatura okoliša.* Budući da razvoj kukaca izravno ovisi o temperaturi,<sup>30</sup> od neprocjenjive je važnosti prikupiti kvalitetne podatke o temperaturi na mjestu događaja. Temperatura otvorenog prostora obično se utvrđuje temeljem podataka državnih hidrometeoroloških postaja za različita područja. Nažalost, počinitelji rijetko ostavljaju tijela svojih žrtava u neposrednoj blizini hidrometeoroloških postaja pa podaci dobiveni od najbliže hidrometeorološke postaje nisu dovoljno precizni. Stoga bi na mjestu događaja trebalo postaviti elektroničke uređaje koji bilježe temperaturu kroz dva do tri tjedna. Podaci o temperaturi dobiveni od takvih uređaja zatim se raznim statističkim postupcima uspoređuju s podacima dobivenim od najbliže hidrometeorološke postaje (James, Nordby, 2005). Temperatura na mjestu događaja izračunava se na temelju rezultata dobivenih iz obaju izvora.

4. *Brzina razvoja pojedine vrste kukaca pri različitim temperaturama.* Kako bi odredio starost najstarijeg razvojnog stadija prikupljenih kukaca, forenzični entomolog mora poznavati brzinu razvoja različitih vrsta kukaca pri različitim temperaturama. Takvi se podaci najčešće prikupljaju iz objavljene literature, ali većina forenzičnih entomologa

---

<sup>30</sup> Visoke temperature ubrzavaju, a niske temperature usporavaju razvoj kukaca. Također, pri ekstremno visokim ili ekstremno niskim temperaturama razvoj kukaca u potpunosti prestaje. Te su temperature poznate pod nazivom **razvojni pragovi**. Razvojni su pragovi različiti kod različitih vrsta kukaca, kao i kod različitih razvojnih stadija kukaca iste vrste (Davies, Ratcliffe, 1994; Anderson, 2005).

bilježi te podatke o lokalnim vrstama kukaca ili provode pokuse kojima dolaze do podataka za svoje vlastite potrebe.

Kada su dostupni kvalitetni podaci relativno je lako dati odgovor na pitanje koliko je vremena bilo potrebno određenoj vrsti muhe da se u danim uvjetima razvije do stadija koji je pronađen na mrtvom tijelu. Upravo to vrijeme koje je muhi zujari potrebno da se razvije do stadija koji je pronađen na žrtvi je i najmanje vrijeme koje je proteklo od nastupa smrti do pronalaska tijela žrtve.<sup>31</sup>

### **b) Metoda temeljem predvidivog redoslijeda sukcesivne kolonizacije mrtvog tijela**

Sukcesivna kolonizacija mrtvih tijela povezana je s prirodnim promjenama koje nastupaju nakon smrti. Kemijski spojevi koji nastaju kao produkt raspadanja zapravo signaliziraju kukcima da im je dostupan novi izvor hrane. Kako proces raspadanja napreduje stvaraju se i otpuštaju novi kemijski spojevi – nova hranidbena podloga koja privlači druge vrste kukaca pa dolazi do nove kolonizacije. Prvi korak u određivanju vremena proteklog od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela ovom metodom, prikupljanje je i obrada svih vrsta kukaca zatečenih na njemu.

Redoslijed kojim će kukci kolonizirati mrtvo tijelo ovisi o čitavom nizu čimbenika kao što su geografsko područje, tip staništa, godišnje doba, meteorološki uvjeti, mikroklima, izloženost sunčevu svjetlu, lokacija<sup>32</sup> i stanje mrtvog tijela<sup>33</sup>, što svakako treba uzeti u obzir (Anderson, 2001; James, Nordby, 2005). Sve su to podaci koji se prikupljaju

---

<sup>31</sup> Kao primjer iz prakse navodimo slučaj ubojstva devetogodišnje Vernitae Wheat iz 1984. godine. Vernita je posljednji put viđena živa 29. svibnja 1984. kada ju je majčin dečko Alton Coleman odveo na lokalni sajam. Njezino je mrtvo tijelo, u vrlo poodmaklom stupnju raspadanja i gotovo potpuno prekriveno ličinkama i odraslim muhamama, pronađeno tri tjedna kasnije u kupaonici jedne ruševne kuće u gradiću Waukeganu, Illinois. Iako su istražitelji pronašli Colemanove otiske prstiju u ruševnoj kući u kojoj je mrtvo tijelo pronađeno, taj trag sam za sebe nije bio dovoljan da Coleman bude osuđen. Trebalo je utvrditi da je djevojčica ubijena između podneva onoga dana kada je otišla s Colemanom na sajam i ranog jutra sljedećeg dana. Iz tog razloga FBI je angažirao forenzičnog entomologa da pomogne u utvrđivanju vremena nastupa smrti. Kako se kasnije pokazalo, njegov zadatak nije bio nimalo lak. Naime, prazne kukuljice prikupljene na mjestu događaja pripadale su muhi vrste *Phormia regina*, što znači da su te muhe završile barem jedan životni ciklus. Međutim, na mjestu događaja prikupljene su i ličinke muhe iste vrste, što znači da su se na mrtvom tijelu hranile barem dvije generacije iste vrste muhe. Budući da životni ciklus te vrste muhe traje nešto dulje od dva tjedna, forenzični entomolog nije mogao dati dovoljno precizan odgovor. Stoga je posvetio pozornost živim kukuljicama prikupljenim na mjestu događaja iz kojih se muhe još nisu izlegle. Iz nekih od tih kukuljica izlegle su se muhe vrste *Lucilia cuprina*, ali ni one nisu mogle pomoći jer je njihov životni ciklus prekratak. Obrat u slučaju dogodio se mjesec i jedan dan nakon što je Vernita nestala. Iz nekih od prikupljenih kukuljica izlegle su se muhe vrste *Calliphora vomitoria*. Muhama te vrste potrebno je 33 dana da se razviju u odraslu jedinku na temperaturi od 15°C, što je bila prosječna temperatura za vrijeme od Vernitina nestanka do pronalaska njezinog mrtvog tijela. Kako bi došao do što točnijeg vremena smrti, forenzični je entomolog uz pomoć više od 700 vremenskih izvještaja za svaki sat, koje je dobio od meteorološke postaje u blizini mjesta događaja, počeo stvarati sliku vremenskih uvjeta na mjestu događaja. Na temelju dobivenih podataka forenzični je entomolog utvrdio da je smrt nastupila u ponoć 29. svibnja, dakle istog dana kada je osumnjičeni Alton Coleman odveo Vernitu na lokalni sajam. Porota je u ovom predmetu proglasila Colemana krivim za ubojstvo Vernite Wheat (Platt, 2004).

<sup>32</sup> Ruralna ili urbana sredina, unutar stambenog objekta ili vozila, pod zemljom ili na njezinoj površini itd.

<sup>33</sup> Zamotano ili ne, spaljeno, zamrznuto itd.



tijekom provođenja očevida, a temeljem kojih forenzični entomolog može utvrditi koliko je vremena proteklo od nastupa smrti do pronalaska tijela.

Osim prikupljanja kukaca prisutnih na mrtvom tijelu, forenzični entomolog traži i tragove aktivnosti i vrste kukaca čiji pripadnici *nisu* zatečeni na tijelu. Tragovi njihove aktivnosti u većini slučajeva ukazuju na činjenicu da je mrtvo tijelo prestalo biti prikladan izvor hrane toj vrsti kukaca te da su ga oni napustili, što drugim riječima znači da je vremenski interval unutar kojeg se ta vrsta obično može naći na tijelu već prošao. Forenzični entomolog može donijeti valjane zaključke o vremenu nastupa smrti tek kad u obzir uzme redoslijed kojim različite vrste kukaca koloniziraju mrtvo tijelo, moguće utjecaje na redoslijed kolonizacije i eventualne tragove već otišlih kukaca.<sup>34</sup>

#### 2.4.1.2. Premještanje mrtvog tijela

Postoje brojni motivi zbog kojih počinitelj npr. ubojstva premješta mrtvo tijelo s jednog mjesta na drugo. Na primjer, ako je ubojstvo počinjeno na mah (dakle, bez prethodne namjere da se žrtvu ubije), počinitelj u prvi tren često ne zna što učiniti s tijelom žrtve. Ako je k tome žrtva odrasla osoba i preteška da bi je počinitelj nosio, on nerijetko u prvi tren žrtvu ostavlja na mjestu na kojem je ubijena dok ne smisli što će dalje. Nakon nekog vremena počinitelj se obično vraća na mjesto ubojstva, vjerojatno nekim vozilom, a ponekad i s pomagačem, te premješta tijelo žrtve na neko drugo, često udaljeno mjesto koje drži sigurnijim.

Ako mrtvo tijelo ostane na mjestu ubojstva dovoljno dugo i ako su uvjeti povoljni, kukci će ga stići kolonizirati. Na početku su jedini znak koloniziranja tijela žrtve jajaška koja muhe polažu u otvorene rane, kutove očiju, usta, nosnice i u područje genitalija ako

---

<sup>34</sup> Važnost broja različitih vrsta kukaca koji koloniziraju mrtva tijela došla je do izražaja u slučaju pronalaska mrtvog tijela 13. listopada 1989. godine u polju ananasa u Waipiou na havajskom otoku Oahuu. Tijelo je bilo u toliko poodmaklom stupnju raspadanja da je u početku bilo teško utvrditi radi li se o muškarcu ili o ženi. Iznad desnog oka forenzični je entomolog pronašao skupinu praznih kukuljica muha zujara vrste *Chrysomya rufifacies*. Na temelju toga, i u skladu s brzinom razvoja te vrste muhe u danim uvjetima, forenzični je entomolog zaključio da je od nastupa smrti morao proći najmanje jedan životni ciklus te vrste muhe, to jest 17 dana. S tijela su također prikupljene ličinke muha mesaruša, dužine od 15 do 16 mm. Te su ličinke, dakle, došle do trećeg razvojnog stadija. Ova vrsta muhe kolonizira mrtva tijela u kasnijim stadijima raspadanja, osobito u vlažnijoj okolini, pa pronalazak tih ličinaka nije bio potpuno neočekivan. Osim ovih dviju vrsta, na tijelu su pronađene i ličinke muhe sirare koja u uvjetima kakvi su na Havajima obično kolonizira mrtva tijela 36 dana nakon nastupa smrti. Uzorci prikupljeni s tijela ušli su u stadij kukuljice jedan dan nakon prikupljanja, te je na temelju toga forenzični entomolog utvrdio da je od nastupa smrti do pronalaska tijela prošlo malo više od mjesec dana. U prilog toj tvrdnji govorila je i činjenica da su s tijela prikupljene ličinke muhe iz porodice Otitidae. Naime, ova vrsta muhe također kolonizira mrtva tijela u kasnijim stupnjevima raspadanja, ali se ličinke obično ne mogu naći na njima nakon što od nastupa smrti protekne 37 dana. Osim ličinaka muha na tijelu su pronađene i različite vrste kornjaša, kao na primjer *Dermestes maculatus*, *Necrobia ruficollis*, *Necrobia rufipes* i *Philonthus longicornis*, što je opet ukazivalo na činjenicu da je od nastupa smrti prošao duži period. Na temelju ukupno 23 različite vrste kukaca koje su prikupljene tijekom rada na tom slučaju, forenzični je entomolog utvrdio da je od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela 13. listopada 1989. prošlo između 34 i 36 dana. Žrtva je naposljetku identificirana kao muškarac čiji je nestanak bio prijavljen 5. rujna 1989. godine. Muškarac je zadnji put viđen 8. rujna iste godine. Od vremena kad je muškarac zadnji put viđen živ, do pronalaska njegova tijela, prošlo je točno 36 dana.

je dostupno. Počinitelj te tragove najčešće i ne zamjećuje. Čak ako počinitelj zna važnost takvih tragova i zna gdje ih treba tražiti i pokuša ih ukloniti, vrlo je vjerojatno da to neće uspjeti učiniti u potpunosti te će neka jajašca ipak ostati na tijelu, osobito ako su položena u nosnicama (Anderson, 2005).

Premještanjem mrtvog tijela s jednog mjesta na drugo, počinitelj s njim premješta i kukce koji su ga kolonizirali, što pomnim istraživanjem forenzični entomolog može lako otkriti. Premda su mnoge vrste kukaca koje se hrane mrtvim organizmima široko rasprostranjene i njihov pronalazak na mjestu na koje je počinitelj premjestio mrtvo tijelo istražiteljima često neće moći pokazati radi li se i o premještanju, zna se dogoditi da se naiđe na neke vrste kukaca specifične za samo vrlo uska područja. Upravo pronalazak tih vrsta koje nisu uobičajene na mjestu na kojem je tijelo pronađeno, jasno ukazuje na činjenicu da to mjesto nije ujedno i mjesto na kojem je ubojstvo počinjeno.<sup>35</sup> Pronalazak takvih vrsta kukaca na tijelu žrtve i oko njega omogućuje saznavanje podataka o mogućem mjestu na kojem je ubojstvo zapravo počinjeno.

#### 2.4.1.3. Naknadno manipuliranje mrtvim tijelom

Iskustvo pokazuje da se počinitelj ponekad vraća na mjesto ubojstva. Razlozi za takvo ponašanje su brojni. Može se vratiti na mjesto ubojstva, na primjer, kako bi se uvjerio je li doista nekoga ubio (posebno ako je u vrijeme počinjenja bio pod utjecajem droge i/ili alkohola), zatim zbog različitih psihičkih poremećaja (na primjer, maštanje o počinjenom ubojstvu) ili zbog uklanjanja tragova za koje pretpostavlja da je ostavio za sobom.<sup>36</sup>

Ako počinitelj tada na bilo koji način manipulira mrtvim tijelom, time ujedno i remeti normalan razvoj kukaca koji su ga do tog trena kolonizirali, a forenzični entomolog

---

<sup>35</sup> Važnost forenzične entomologije pri davanju odgovora na pitanje je li mrtvo tijelo bilo premještanje s jednog mjesta na drugo opisuje slučaj koji se dogodio na havajskom otoku Oahu. Ondje je u polju šećerne trske pronađeno mrtvo tijelo žene. Većina kukaca koji su bili prikupljeni vrlo je česta i rasprostranjena vrsta po cijelom otoku. Međutim, na mrtvom tijelu su bile pronađene i ličinke muhe vrste *Synthesiomyia nudiseta* koja živi prvenstveno u gradovima i na gradskom području, a vrlo se rijetko može pronaći na drugim mjestima. Te su ličinke ujedno bile u najstarijem razvojnom stadiju. Temeljem toga, forenzični entomolog koji je obradio taj slučaj, zaključio je kako je žena bila ubijena i neko vrijeme ostavljena u urbanom dijelu otoka te da je naknadno premještena u polje šećerne trske na kojem je i pronađena. Forenzični je entomolog nadalje zaključio da je tijelo ležalo u polju šećerne trske najmanje tri dana, ali da je smrt nastupila najmanje pet dana prije pronalaska tijela. Nakon što je utvrđen identitet žrtve policija je došla do saznanja da je ona ubijena u stanu u Honoluluu tijekom kupnje droge. Budući da ubojstvo nije bilo unaprijed planirano, počinitelji su u prvo vrijeme ostavili mrtvo tijelo gdje je i bilo, a to je bilo sasvim dovoljno da muhe vrste *Synthesiomyia nudiseta* polože jajašca. Osim podatka o vremenu nastupa smrti, u ovom je slučaju forenzična entomologija dala podatak i o najvjerojatnijem mjestu nastupa smrti (Goff, 2001).

<sup>36</sup> U jednom je slučaju pronađeno mrtvo tijelo muškarca plitko zakopano u zemlju. Pažljivo iskopavanje potrajalo je nekoliko dana. Iako je mrtvo tijelo dobrim dijelom bilo skeletizirano, na njemu je pronađeno začuđujuće malo tragova aktivnosti muha zujara. Naime, istražitelji su zbog tako poodmaklog stupnja raspadanja očekivali da će na strani tijela okrenutoj prema gore (dakle, onoj koja se tijekom iskopavanja prva otkrivala) pronaći i velik broj praznih kukuljica muha zujara. Ipak, kada su istražitelji potpuno iskopali tijelo, velik broj praznih kukuljica muha zujara pronašli su tek ispod mrtvog tijela. Taj je nalaz indicirao da je položaj tijela promijenjen nekoliko tjedana nakon što je ono bilo prvotno zakopano (Anderson, 1999; James, Nordby, 2005).

u tom slučaju na osnovi svojega znanja može odrediti vrijeme kada se to dogodilo. To je važno zbog činjenice da si većina počinitelja nastoji stvoriti alibi za vrijeme ubojstva, ali si rijetko koji počinitelj nastoji stvoriti alibi za vrijeme kada se vratio do mjesta na kojem je počinio ubojstvo i naknadno manipulirao tijelom žrtve. Stoga podatak je li, i kada je tijelo žrtve bilo naknadno manipulirano, može biti od iznimne važnosti za istražitelje.

#### *2.4.1.4. Otkrivanje rana na mrtvom tijelu*

U slučajevima poodmakloga stupnja raspadanja mrtvog tijela može se dogoditi da forenzični patolog previdi ranu u mekom tkivu, osobito ako ona nije dovoljno duboka da ošteti kost ili hrskavicu. U takvim slučajevima pomoć forenzičnih entomologa može biti od velike koristi.

Budući da se ličinke muha u ranom stadiju razvoja hrane isključivo mekim tkivima, ženke muha genetski su programirane da pronalaze vlažna i meka tkiva (kao što su oči, usta, nosnice i otvorene rane) nužna za preživljavanje njihovih ličinaka. O njihovoj učinkovitosti govori podatak da su sposobne otkriti ranu nastalu ubodom medicinske igle, čak i kada je mrtvo tijelo toliko raspadnuto da prilikom pregleda i obdukcije rana više nije vidljiva (Anderson, 2005).

Premda zadaća forenzičnog entomologa nije utvrđivanje postojanja rana, on će prvi uočiti i upozoriti forenzičnog patologa na nepravilne ili netipične uzorke kolonizacije koji mogu biti indicij da je na tom dijelu mogla postojati neka vrsta rane.<sup>37</sup> Zadaća forenzičnog patologa je da taj indicij potom iskoristi na najbolji mogući način.

#### *2.4.1.5 Otkrivanje lijekova, droga i otrova u mrtvom tijelu*

Kukci koji se hrane tkivima mrtvog tijela ili strvine, unose u svoje probavne sustave sve tvari koje se nalaze u tim tkivima. Te tvari mogu biti alkohol,<sup>38</sup> opojne droge i/ili otrovi. Stoga, ako je žrtva koristila lijekove, uživala opojne droge ili je pak bila otrovana, prisutnost takvih tvari u tkivima kojima se kukci hrane može utjecati na njihov razvoj.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> Forenzična entomologija može biti korisna i pri razjašnjavanju pitanja na koji je način žrtva bila ozlijeđena i ubijena. Naime, u jednom je slučaju u američkoj saveznoj državi Tennessee pronađeno mrtvo tijelo mlade žene u toliko poodmaklom stupnju raspadanja da mjesni mrtvozornik nije mogao utvrditi točan način ozljeđivanja i uzrok smrti. Kako nije bilo nikakvih tragova koji bi ukazivali na počinjenje kaznenog djela, slučaj je zatvoren bez utvrđenog načina ozljeđivanja i uzroka smrti. Nakon nekoliko godina istražitelji su fotografije mrtvog tijela slikane na mjestu događaja pokazali doktoru Billu Rodriguezu, forenzičnom antropologu koji je uočio da se mase ličinaka nalaze na prsima i dlanovima, ali ne i na licu, što je bilo neobično. Taj netipični obrazac kolonizacije je indicirao da su na prsima i dlanovima u vrijeme kolonizacije postojale rane. To je bilo dovoljno da sud odobri ekshumaciju i ponovni sudsko-medicinski pregled mrtvog tijela. Ponovnim pregledom na rebrima su otkriveni tragovi brojnih ubodnih rana, a na dlanovima brojne porezotine koje su nastale kao posljedica pokušaja žrtve da se obrani od napada. Tako je forenzična entomologija pomogla u rješavanju pitanja na koji je način mlada žena bila ozlijeđena i ubijena (Rodriguez, Bass, 1987; Anderson, 2005).

<sup>38</sup> Budući da je alkohol (etanol) normalan produkt raspadanja mrtvog tijela, malo je vjerojatno da on ima ikakav utjecaj na kukce koji se hrane mrtvim organizmima (Henssge, 1995; Anderson, 2005; James, Nordby, 2005).

<sup>39</sup> Na primjer, prisutnost droge u tkivima kojima se kukci hrane može usporiti ili ubrzati njihov razvoj, ovisno o vrsti droge i razvojnem stadiju kukca (Goff, Lord, 2001; Anderson, 2005; James, Nordby,

Istraživanja su pokazala da se otrovi (i druge strane tvari kao što su opojne droge) zadržavaju u tijelima muha zujara u ranijim razvojnim stadijima (u prvom, drugom i trećem stadiju) te neposredno prije preobrazbe u odraslu jedinku, dakle u stadiju kukuljice. Strane tvari se izlučuju iz tijela muhe u kratkom vremenu nakon što odrasla jedinka napusti kukuljicu (Nuorteva, Hasanen, 1972; Nuorteva, Nuorteva, 1982; James, Nordby, 2005).

U slučajevima kada je tijelo žrtve toliko raspadnuto da se normalnim toksikološkim analizama ne mogu dobiti valjani rezultati, odgovor na pitanja je li žrtva koristila lijekove, uživala opojne droge ili je možda bila otrovana, može se dobiti analizom tkiva prikupljenih iz probavnih organa kukaca koji su se hranili tkivom mrtvog tijela.<sup>40</sup>

#### **2.4.2. Ostala područja primjene forenzične entomologije**

Kako je već prije napomenuto, istraživanje i razjašnjavanje smrtnih slučajeva nije jedino područje u kojem se forenzična entomologija primjenjuje. Tako se primjerice može primjenjivati i u svrhu:

- analize izgleda tragova na mjestu događaja
- utvrđivanja puta kojim se kretalo vozilo
- povezivanja osumnjičenika s mjestom događaja
- istraživanja slučajeva zanemarivanja i zlostavljanja ljudi i životinja
- istraživanja kriminaliteta protiv prirodnog okoliša i dr.

##### *2.4.2.1. Analiza izgleda tragova krvi na mjestu događaja*

Aktivnost kukaca na mjestu događaja može u nekim slučajevima utjecati na rezultate analize izgleda tragova krvi (*blood-spatter analysis*). Tako, na primjer, žohari mogu kretanjem kroz lokve i prskotine krvi stvoriti nove tragove koje neiskusni istražitelj teško može prepoznati i identificirati kao posljedicu aktivnosti kukaca. Mrljice krvi na neobičnim i neuobičajenim mjestima mogu zavarati istražitelje koji još nisu vidjeli kako izgledaju tragovi krvi koji nastaju kretanjem žohara. Na sličan način istražitelje mogu zbuniti i

---

2005).

<sup>40</sup> Opis jednog od prvih slučajeva u kojima su ličinke muha upotrijebljene kao izvor tkiva za toksikološku analizu objavljen je 1980. godine. U članku je opisan slučaj pronalaska gotovo potpuno skeletiziranog mrtvog tijela mlade žene. Meka su se tkiva bila potpuno raspala, a s kostura su tek mjestimice visjeli komadići potpuno isušene kože. Pokraj tijela pronađene su osobne isprave, oprostajno pismo i prazna bočica tableta fenobarbitala. Svi su dokazi upućivali na to da je žena počinila samoubojstvo popivši smrtonosnu dozu tableta. Kako bi potvrdili pretpostavku o samoubojstvu, istražitelji su zatražili i toksikološku analizu. Međutim, kako na mrtvom tijelu više nije bilo tkiva prikladnih za toksikološku analizu, forenzični su toksikolozi upotrijebili ličinke prikupljene s tijela žrtve kako bi iz njihovih probavnih organa dobili potrebno tkivo. U tim su tkivima pronađene visoke koncentracije fenobarbitala, što je u kombinaciji sa sklonošću žene samoubojstvu potvrdilo postavljenu pretpostavku istražitelja (Goff, 2001).

Toksikološka analiza tkiva iz probavnih organa ličinaka kukaca koji su se hranili na mrtvom tijelu može pomoći i u utvrđivanju identiteta žrtve. U jednom konkretnom slučaju na temelju analize razine polutanata (žive) pronađenih i ekstrahiranih iz tkiva probavnih organa ličinaka prikupljenih s tijela, forenzični su entomolozi uspjeli odrediti područje na kojem je žrtva najvjerojatnije živjela. Skice lica žrtve koje je izradio forenzični antropolog podijeljene su na tom području i zahvaljujući tome žrtva je bila uspješno identificirana (Nuorteva, 1977; Anderson, 2005).

muhe kretanjem kroz lokve ili prskotine krvi, čime remete prvotan izgled tragova krvi. Međutim, kod muha postoji i jedan dodatni problem. Muhe se hrane krvlju te u njihovim fekalijama ostaje dio djelomično probavljene krvi pa se tragovi krvi mogu pronaći i na površinama prilično udaljenim od glavnih izvora krvi, što može dodatno zbuniti istražitelje (Byrd, J. H., 1998). Stoga je bitno da istražitelji znaju pravilno prepoznati izgled tragova krvi koji nastaju kao posljedica aktivnosti kukaca na mjestu događaja i pravilno ih tumačiti. Pomoć forenzičnog entomologa može se pokazati vrlo korisnom upravo u slučajevima pronalaska tragova krvi koji upućuju na neobične i teško objašnjive zaključke, jer on može razjasniti način njihova nastanka.<sup>41</sup>

#### 2.4.2.2. *Put kretanja vozila*

Analiza ostataka kukaca pronađenih na kontrolnoj ploči u motornim vozilima, vjetrobranskom staklu, hladnjaku, filteru za zrak itd., može se primijeniti i kada treba utvrditi najvjerojatniji put kojim se vozilo kretalo (Byrd, J. H., 1998). To može biti važno tijekom istraživanja svih onih slučajeva u kojima se kao materijalni dokazi obrađuju motorna vozila, kao što su slučajevi otmice, krijumčarenja i slično.

#### 2.4.2.3. *Povezivanje osumnjičenika s mjestom događaja*

Veliki dio forenzične znanosti temelji se na načelu kontaktnih tragova koje je krajem XIX. stoljeća postavio Edmond Locard. Ovo se načelo posebno odnosi na vrlo sitne, golim okom nevidljive tragove kao što su vlakna, čestice prašine, stakla i slično. To isto načelo vrijedi i za entomološke tragove. U praksi su zabilježeni slučajevi u kojima je počinitelj na sebi ponio entomološke tragove s mjesta događaja, a koji su naposljetku bili presudni u njegovu povezivanju sa samim događajem.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Unatoč činjenici da tragovi aktivnosti kukaca na mjestu događaja mogu uvelike pomoći u istraživanju kaznenih djela, u nekim slučajevima oni mogu proizvesti i upravo suprotan učinak te navesti istražitelje na donošenje pogrešnih zaključaka. Ta negativna strana aktivnosti kukaca na mjestu događaja osobito dolazi do izražaja u slučajevima u kojima je potrebno provesti analizu izgleda tragova krvi (*blood-spatter analysis*), kada muhe ili kornjaši svojim kretanjem po prvotnom tragu krvi stvore nove oblike tragova. Problem kod tragova kretanja kukaca po krvi je u tome što ih je izuzetno teško prepoznati. Naime, muha može s lakoćom sletjeti na bilo koju površinu te je zamrljati, pri čemu može sletjeti ili na svih šest nogu ili samo na četiri noge. Također, kretanjem muha ne nastaju karakteristični tragovi smjera, kao što je to slučaj s kukcima koji hodaju, a ne lete. Slično opisanom dogodilo se pri pronalasku mrtvog tijela žene u kadi. Pokraj kade bili su pronađeni prazni paketići žileta, prazne bočice tableta i oproštajno pismo napisano ženinim rukopisom, što je sve upućivalo na zaključak kako se radi o samoubojstvu. Ondje su se, međutim, na vratima kupaonskih ormarića i na zrcalima nalazili i sitni tragovi krvi, slični tragovima koji nastaju kao posljedica, npr. ranjavanja vatrenim oružjem (prskotine). Dodatnu zbunjenost prouzrokovala je i činjenica da na ženi nisu pronađeni tragovi upotrebe vatrenog oružja, a ni u kući nije pronađeno vatreno oružje. Tek je forenzični entomolog, pozvan da pokuša razjasniti pronađene tragove, utvrdio da su te tragove krvi na svojim nogama donijele muhe, te je zaključeno da se doista radi o samoubojstvu (<http://www.bigjucybrains.net/moody-entomology.pdf>).

<sup>42</sup> Entomološki tragovi mogu biti ključni i u povezivanju osumnjičenika s mjestom događaja. Tako je bilo i u slučaju ubojstva mlade žene 1985. u američkoj saveznoj državi Teksas. Naime, u ženinoj su odjeći pronađeni djelomični ostaci skakavca. U početku nitko od istražitelja nije obraćao previše pozornosti na taj entomološki trag, ali dijelovi tijela skakavca ipak su bili prikupljeni i pohranjeni s ostalim prikupljenim tragovima. Policija je identificirala nekoliko mogućih počinitelja i privela ih

#### 2.4.2.4. Utvrđivanje zanemarivanja ili zlostavljanja

Ličinke muha mogu u otvorene rane na živom organizmu dospjeti na dva dijametralno suprotna načina. Prvi način je namjerno stavljanje ličinaka u otvorene rane iz medicinskih razloga. Naime, većina se vrsta muha zujara hrani isključivo mrtvim tkivom i liječnici su već prije nekoliko stoljeća otkrili da se ličinke muha mogu koristiti za čišćenje rana. Upotreba ličinaka muha u zapadnjačkoj medicini započinje ubrzo nakon I. svjetskog rata, kada su muhe uspješno korištene u liječenju osteomijelitisa kod djece (Sherman, Pechter, 1988; James, Nordby, 2005). Ova je praksa neko vrijeme bila napuštena zbog nuspojava (kao što je na primjer tetanus) do kojih je dolazilo zbog upotrebe nesterilnih ličinaka. Međutim, danas postoje metode steriliziranja jajašaca muha (Sherman, Wyle, 1996) pa liječenje uz pomoć ličinaka postaje sve popularnije i često se koristi kao alternativa amputaciji, jer činjenica je da ličinke uklanjaju mrtvo tkivo – stanicu po stanicu, nimalo ne oštećujući živo tkivo (King, Flynn, 1991; Sherman, 1995; Sherman, Prechter 1998; Sherman, 2000; Anderson, 2005). One također uklanjaju i uništavaju bakterije i gnoj te izlučuju antibiotike, a njihova prisutnost u rani potiče njezino zacjeljivanje (Sherman, 1998; James, Nordby, 2005).

Drugi način, onaj koji proučava forenzična entomologija, odnosi se na zlostavljanje i zanemarivanje. Naime, ličinke se hrane mrtvom organskom tvari koja se može naći i na živim organizmima (ljudima i životinjama) u obliku nezacjeljenih rana, rana nastalih uslijed dugotrajnog ležanja u istom položaju, gangrenoznog tkiva i sl. Kukci ne razlikuju radi li se o mrtvom tkivu na živom ili na mrtvom organizmu pa muhe polažu jajašca i na žive osobe ili životinje koje se ne mogu braniti od toga.<sup>43</sup> Prisutnost ličinaka muha na živoj osobi može ukazivati na duljinu razdoblja zanemarivanja ili zlostavljanja upravo zato što je temperatura okoline u kojoj se ličinke razvijaju poznata i ne prolazi kroz značajnije oscilacije, jer se ličinke razvijaju na živom tijelu koje ima konstantnu tjelesnu temperaturu.

---

na ispitivanje. Prilikom pregleda policijski su službenici u manšeti hlača jednog od osumnjičenika pronašli stražnju desnu nogu skakavca. To je ujedno bio i jedini dio tijela skakavca koji nije bio pronađen na tijelu žrtve, a s ostatkom tijela skakavca savršeno se poklopio. Branitelj je pokušao osloboditi optuženika tvrdnjama da se noge skakavca "uvijek slamaju na taj način" i da nije čudno da se noga pronađena na osumnjičeniku i tijelo pronađeno na žrtvi savršeno poklapaju. Porota je, međutim, optuženika proglasila krivim.

Zanimljiv je i ovaj primjer, i jedan je od prvih zabilježenih slučajeva upotrebe forenzične entomologije u Kanadi. Počinitelj je 1963. godine provalio u kuću starijeg gospodina s namjerom počinjenja razbojništva. Vlasnik kuće se suprotstavio počinitelju zbog čega mu je počinitelj nanio teške tjelesne ozljede. Nekoliko dana kasnije vlasnik kuće je zbog toga preminuo. Kada je osumnjičenik priveden na ispitivanje, u džepu mu je pronađena novčanica od 25 kanadskih dolara. Novčanica sama po sebi nije bila dovoljna da se osumnjičenika poveže s mjestom događaja jer je mogla potjecati s bilo kojeg mjesta. Međutim, prilikom detaljnijeg pregleda novčanice, na njoj su otkrivena čudna "vlakna" koja su kasnije identificirana kao dlačice s bumbarova tijela. Daljnjim istraživanjem ovog kaznenog djela policija je otkrila da je žrtva novac čuvala u jednoj ladici u stolu. Ponovnim pregledom kuće ubijenog, u istoj je ladici pronađen i uginuli bumbar. Kako se dlačice s tijela bumbara obično ne nalaze na novčanicama, otkriće uginulog bumbara u ladici u kojoj je ubijeni čuvao novac, te dlačica s tijela bumbara na novčanici pronađenoj kod osumnjičenika, bilo je dovoljno za osudu i kasnije pogubljenje počinitelja (Howden, 1964; Anderson, 2005).

<sup>43</sup> Pojava kada se ličinke muha hrane mrtvim tkivima živih ljudi ili životinja naziva se mijaza.

Problem kod slučajeva sa živim žrtvama je u tome što su one često pokretne. Zbog toga ličinke (pogotovo one koje su ušle u stadij nehranjenja pa se zbog toga udaljavaju od izvora hrane) često otpadaju s tijela te se u vrijeme obrade slučaja ne mogu pronaći na tijelu žrtve. Nedostatak ličinaka određene starosti može dovesti do pogrešne procjene duljine razdoblja zanemarivanja ili zlostavljanja.<sup>44</sup>

#### 2.4.2.5. Istraživanje kriminaliteta protiv prirodnog okoliša

Ugrožavanje i/ili uništavanje prirodnog okoliša uglavnom je usmjereno na zagađivanje i uništavanje prirodnog krajobraza i njegove raznolikosti ili na lov i ubijanje rijetkih i ugroženih životinjskih vrsta za potrebe crnog tržišta. Forenzična se entomologija može koristiti prilikom istraživanja ugrožavanja zaštićenih životinjskih vrsta radi utvrđivanja protoka vremena od nastupanja smrti, geografskog porijekla, rute krijumčarenja životinja, načina zlostavljanja, povezivanja osumnjičenika s mjestom događaja i dr.<sup>45</sup>

---

<sup>44</sup>U Njemačkoj je 10. lipnja 2000. godine u stanu jedne žene pronađeno mrtvo tijelo djeteta. Otac djeteta nalazio se na odsluženju zatvorske kazne, a majka je bila ovisnica o heroinu i prostitutka. Dvadesetogodišnja žena u čijem je stanu mrtvo tijelo djeteta pronađeno, bila je djetetova skrbnica. Socijalni su radnici na zahtjev susjeda više puta dolazili u stan žene, ali nisu našli tragove koji bi upućivali na zanemarivanje ili zlostavljanje djeteta. Obdukcija nije otkrila stare prijelome kostiju, bolesti ili prisutnost opojnih droga, ali je dijete bilo pothranjeno. S genitalija žrtve bile su prikupljene i muhe vrste *Muscina stabulans* i *Fannia canicularai*, koje mnogo jače reagiraju na urin i fekalije nego na samo mrtvo tijelo. Na temelju tih tragova, kao i treće vrste muhe (*Calliphora vomitora*) pronađene na samom tijelu, forenzični entomolozi uspjeli su ne samo utvrditi vrijeme nastupa smrti, nego i dokazati da bi dijete bilo preživjelo da su protiv skrbnice bile pravodobno poduzete zakonske mjere. Skrbnica je osuđena na kaznu zatvora u trajanju pet godina, a socijalni radnici osuđeni su za kazneno djelo zanemarivanja službene dužnosti.

Da u slučajevima zanemarivanja žrtve nisu isključivo djeca, pokazuje i slučaj iz listopada 2002. godine kada je u stanu u Cologni, u Njemačkoj, pronađeno mrtvo tijelo starije žene. Kupaonica u kojoj je pronađeno tijelo bila je jako prljava, a kada puna vode i namočene odjeće. Na tijelu su bile pronađene ličinke, ali važnije od toga, na podu i prozorskim daskama pronađene su uginule odrasle muhe *Muscina stabulans*. Također, oko mrtvog tijela uočeni su tragovi ličinaka muha zujara. Vrijeme proteklo od nastupa smrti procijenjeno je na otprilike 3 tjedna. Taj je nalaz bio dovoljno snažan dokaz zanemarivanja, budući da je skrbnik trebao obilaziti ženu svaki tjedan.

Forenzična se entomologija koristi i u slučajevima zanemarivanja ili zlostavljanja životinja. U jednom je slučaju u veterinarsku stanicu bio doveden pas s velikim edemom njuške i nekoliko prijeloma gornje čeljusti nepoznata uzroka. Veterinar je sanirao čeljust i poslao psa kući. Nakon četiri dana vlasnik psa primijetio je da koža i potkožno tkivo izgledaju kao da se ljušte te je psa ponovno odveo u veterinarsku stanicu. Pomnijim pregledom veterinar je ustanovio da je psu slomljeno i trulo nekoliko zuba koje je stoga morao izvaditi. Tada je uočio i ličinke na cijelom ozlijeđenom području, zbog čega je psa poslao na rendgen. Snimke su pokazale gotovo stotinu kuglica olovne sačme. Tako je tek uočavanje ličinaka upozorilo veterinara na mogućnost zlostavljanja, ranjavanja i teških ozljeda koje se nisu vidjele vanjskim pregledom.

<sup>45</sup>U srpnju 1995. godine na ruralnom odlagalištu otpada u okolini Winipega, u Kanadi, pronađene su strvine triju odraslih medvjedica aljaškog grizlija (*Ursus arctos horribilis*). Sve su medvjedice bile rasporene i odstranjenih žučnih mjehura, koji su iznimno vrijedni i traženi kao lijek u tradicionalnoj kineskoj medicini. Dvije od tih medvjedica imale su mladunčad. Nedugo nakon pronalaska medvjedica, dva su njihova mladunca ubijena vatrenim oružjem, a strvine su odbačene na isto odlagalište otpada. Mladuncima su također bili odstranjeni žučni mjehuri, premda žučni mjehuri tako mladih medvjeda nemaju nikakvu komercijalnu vrijednost. Svjedoci su čuli pucnjeve i nakon nekog vremena vidjeli i vozilo s dvojicom muškaraca kako dolazi iz smjera odlagališta otpada. Uz same izvještaje svjedo-

### 3. ENTOMOLOŠKI TRAGOVI

#### 3.1. Prikupljanje entomoloških tragova

U idealnim bi okolnostima entomološke tragove trebali prikupljati isključivo forenzični entomolozi zato što su oni školovani da takve tragove pravilno prepoznaju te da odmah ocijene koji su tragovi bitni za slučaj, a koji nisu. U stvarnosti, međutim, to često nije moguće. Zbog potrebe žurnog postupanja na mjestu događaja rijetko se može čekati dolazak forenzičnog entomologa, osobito ako on do mjesta događaja mora putovati po nekoliko sati. U takvim slučajevima entomološke tragove s mjesta kriminalnog događaja trebao bi prema sadašnjem ustroju MUP-a RH prikupljati kriminalistički tehničar. Stoga bi on trebao biti educiran, podučen i osposobljen za pravilno prepoznavanje, prikupljanje i pakiranje takvih tragova. Naime, kako se radi o živim organizmima, nepravilnim postupanjem može se bitno utjecati na obilježja traga. To može otežati, pa čak i onemogućiti daljnji rad forenzičnog entomologa, a slijedom toga dovesti do krivih zaključaka tijekom vještačenja, odnosno do krivog utvrđivanja relevantnih činjenica.

Prema Houcku i Siegelu preporuča se primjena sljedećih postupaka za prikupljanje entomoloških tragova (Houck, Siegel, 2006):

**a) prikupljanje podataka temeljem vizualnog pregleda mjesta događaja uz podrobne bilješke o sljedećem:**

- približan broj različitih vrsta kukaca zatečenih na mrtvom tijelu i oko njega
- dijelovi mrtvog tijela na kojima je uočen najveći broj kukaca
- uočeni nezreli kukci (ličinke u raznim razvojnim stadijima) na mrtvom tijelu
- točan položaj mrtvog tijela
- drugi bitni podaci (postojanje rana, pokrivenost ili izloženost mrtvog tijela i sl.).

**b) prikupljanje klimatoloških podataka za mjesto događaja:**

- temperatura zraka
- vlažnost zraka
- temperatura površine zemlje
- temperatura površine mrtvog tijela
- temperatura tla ispod mrtvog tijela
- temperatura mase ličinaka.

**c) mjerenje temperature podloge nakon uklanjanja mrtvog tijela**

**d) prikupljanje konkretnih uzoraka:**

- s mrtvog tijela (neposredno na mjestu događaja i prema potrebi u obdukcijskoj dvorani)

---

ka, policija je trebala i čvršće dokaze koji bi povezali osumnjičene muškarce s počinjenjem kaznenog djela. Sa strvina mladunaca prikupljena su jajašca muha zujara i poslana forenzičnom entomologu. Forenzični je entomolog utvrdio da su muhe položile jajašca na strvine mladunaca samo nekoliko sati prije nego su strvine pronađene. To se vrijeme podudaralo s vremenom kada su svjedoci čuli pucnjeve i vidjeli vozilo u kojem su bila dvojica osumnjičenika. Izjava entomologa i ostali dokazi bili su dovoljno uvjerljivi da sud oba optuženika proglasi krivima za kazneno djelo krivolova i osudi ih na šest mjeseci zatvora (Anderson, 1999; Anderson, 2005; James, Nordby 2005).



- iz okolnog područja (u promjeru od oko 6 metara oko mrtvog tijela) prije njegova uklanjanja
- s područja neposredno ispod mrtvog tijela nakon njegova uklanjanja.

### **3.1.1. Pribor za prikupljanje entomoloških tragova**

Danas se mogu nabaviti gotovi kompleti opreme potrebne za prikupljanje entomoloških tragova. Međutim, svaki si forenzični entomolog može napraviti vlastiti komplet opreme, u skladu s vlastitim procjenama.

U jednom takvom kompletu opreme uobičajeno se nalaze:

- mrežica za hvatanje kukaca (najčešće se izrađuje od poliestera, ima drvenu dršku i može biti promjera od 35 do 90 cm)
- ljepljiva traka (za izradu zamki za muhe i druge kukce)
- vrlo lagane pincete s mekanim vrhom (koje sprječavaju gnječenje ličinkama ili kukaca uslijed prejakog pritiska)
- bočice za pakiranje i pohranu prikupljenih tragova
- plastični spremnici (za pohranu i slanje na vještačenje živih primjeraka)
- vata ili vatene loptice (koje se vlaže i stavljaju na dno spremnika sa živim jajašcima ili ličinkama radi sprječavanja isušivanja)
- papir za označavanje bočica i spremnika
- meka grafitna olovka za pisanje podataka na papir kojim se označavaju bočice i spremnici (treba napomenuti da se za pisanje podataka nikada ne smiju koristiti kemijske olovke zato što se tinta otapa u alkoholu i napisani podaci mogu postati nečitljivi)
- vrtlarska lopatica za prikupljanje uzoraka tla
- termometar (digitalni ili običan)
- fotoaparatus s objektivom od 35 mm
- mjerna traka
- jednokratne lateks (kirurške) rukavice
- kemikalije potrebne za trajno pohranjivanje prikupljenih jajašaca, ličinkama ili odraslih kukaca (najčešće etanol ili izopropanol)
- papirnati ručnici ili gaza (za zatvaranje bočica ili spremnika u kojima se čuvaju živi uzorci)
- termos posuda s vrućom vodom (za termičku obradu ličinkama prije trajnog pohranjivanja)
- različita sita (za prosijavanje uzoraka tla u potrazi za kukcima)
- spremnici u kojima se prikupljeni tragovi šalju na vještačenje.

### **3.1.2. Postupci prikupljanja i pakiranja entomoloških tragova**

Prije početka prikupljanja bilo kakvih, pa i entomoloških tragova, mjesto događaja se pažljivo pregleda. Pri tome se ništa ne dira, ne pomiče ili mijenja. Tijekom statičkog dijela očevida mjesto događaja se fotografira/snima i opisuje kako je zatečeno. Sukladno taktici provođenja očevida, u njegovom dinamičkom dijelu počinje se s prikupljanjem tragova.

Pri postupanju s entomološkim tragovima, kao i pri postupanju s ostalim vrstama tragova, bitno je voditi brigu o neprekinutosti dokaznog lanca da bi se sačuvao integritet i identitet traga. Konkretni postupci prikupljanja i način pakiranja entomoloških tragova

razlikuju se ovisno o razvojnom stadiju do kojeg su došli kukci pronađeni na mrtvom tijelu i oko njega.



Slika 3: Razne vrste gotovih kompleta opreme za prikupljanje entomoloških tragova

### 3.1.2.1. Prikupljanje i pakiranje jajašaca muha

Muhe polažu jajašca žućkasto-bijele boje u nakupinama u neposrednoj blizini otvorenih rana ili prirodnih otvora na tijelu. Iako utvrđivanje vremena proteklog od nastupa smrti temeljem prikupljenih jajašaca može biti vrlo precizno (čak do te mjere da se utvrdi točan sat nastupa smrti), (Andreson, 2005), jajašca su kao trag vrijedna samo u kratkom razdoblju nakon nastupa smrti, zato što se iz njih vrlo brzo počinju izlijevati ličinke (stadij jajašca traje do 24 sata).

Ako su jajašca jedini trag aktivnosti kukaca na mrtvome tijelu, onda su ona itekako važan, ali i osjetljiv materijalni trag, te se preporuča vrlo oprezno postupanje. Za potrebe forenzičnog ispitivanja jajašca se po mogućnosti prikupljaju iz središta nakupine, zato što su jajašca u vanjskom rubnom sloju nakupine najčešće meta parazita ili su pak isušena i mrtva.

Preporuča se izuzeti uzorak dimenzija oko 1x1 cm. Jajašca se najčešće prikupljaju kistom namočenim u vodu zato što se lako lijepe za njegove mokre dlačice. Mogu se prikupljati i uz pomoć pinceta, ali u tom slučaju postoji opasnost od oštećivanja.

Prikupljena se jajašca raspoređuju na dva dijela. Jedan dio se odmah stavlja u bočicu s alkoholom<sup>46</sup> radi trajnog pohranjivanja, a drugom se dijelu omogućava razvoj do odraslih jedinki.<sup>47</sup> Taj dio koji se othranjuje, pakira se u plastičnu bočicu na čije se dno postavlja komadić vlažnog papirnato ručnika ili komadić vlažne vate, čime se sprječava njihovo isušivanje, te komadić goveđe jetre koji služi kao izvor hrane za ličinke koje će se izleći. Umjesto poklopcem, bočica se zatvara dvostrukim slojem papirnato ručnika koji se učvršćuje uz pomoć gumice.<sup>48</sup> Radi određivanja točnog vremena izlijevanja ličnika

<sup>46</sup> Najčešće je to 75%-tni etanol ili 50%-tni izopropanol.

<sup>47</sup> Razlog tome je potreba lakše identifikacije vrste ili nedvojbeno potvrda toga, a time je omogućeno i preciznije utvrđivanje vremena proteklog od nastupa smrti do pronalaska mrtvog tijela.

<sup>48</sup> Kroz bočicu zatvorenu papirnatim ručnikom struji mnogo više zraka nego kroz bočicu zatvorenu poklopcem na kojem su probušene male rupice. Osim toga, dok god je papir suh, sprječava se bijeg i

prati se i bilježi njihov razvoj, u pravilu svakih sat vremena. Točno vrijeme izlijevanja ličinaka omogućava forenzičnom entomologu da utvrdi vrijeme kada su jajašca bila položena na mrtvo tijelo.

### *3.1.2.2. Prikupljanje i pakiranje ličinaka muha*

Ličinke koje se pronađu na mrtvom tijelu mnogo su značajniji dokaz od jajašaca te se u slučaju njihova pronalaska jajašca i ne trebaju prikupljati.

Ličinke prvog, drugog i trećeg stadija mogu se samostalno kretati u potrazi za hranom te se tako mogu naći na svim dijelovima mrtvog tijela. Često se pronalaze u velikim nakupinama. Prije prikupljanja uzoraka izmjeri se temperatura svake uočene nakupine na način da se termometar nježno pritisne na njezinu površinu. Uslijed kretanja ličinaka termometar polako prodire u središte mase, bez opasnosti da će na mrtvom tijelu ostaviti trag ili ga možda oštetiti (James, Nordby, 2005). Nakon što se izmjeri temperatura svih uočenih nakupina ličinaka, iz svake od njih prikuplja se uzorak koji bi se trebao sastojati od 100 do 200 ličinaka. Najčešće se prikupljaju prstima zaštićenim rukavicama ili pincetama s mekim vrhom.<sup>49</sup> Uzorci prikupljeni iz različitih nakupina pakiraju se i čuvaju odvojeno.

Kao što je to slučaj i s jajašcima, jedan dio prikupljenih ličinaka odmah se trajno pohranjuje u bočicu s alkoholom. Prije trajne pohrane u alkoholu ličinke se kratko uranjaju u vruću (ali ne i kipuću) vodu<sup>50</sup> čime se uništavaju njihovi enzimi i postiže veća kvaliteta pohranjenog uzorka. Drugom dijelu uzoraka omogućava se nastavak razvoja na isti način i iz istih razloga koji vrijede i za jajašca. Pri tome treba paziti da u spremniku ne bude previše ličinaka, jer prevelik broj ličinaka na ograničenom prostoru uzrokuje njihovo uginuće (Anderson, 2005).

Ličinke koje su ušle u stadij nehranjenja prikupljaju se i pakiraju na isti način, s razlikom što se u bočicu ili spremnik u kojem se čuvaju žive ličinke ne stavlja hrana.

U ovoj kategoriji dokaznog materijala najvrjednije su najveće ličinke zato što su one ujedno i najstarije, znači najduže su na mrtvom tijelu. Stoga prilikom prikupljanja entomoloških tragova najveće ličinke imaju prednost. Ali i tu valja biti oprezan jer manje vrste muha imaju i manje ličinke, pa zbog mogućnosti da se radi o različitim vrstama muha treba prikupiti i dovoljan broj malih ličinaka.

### *3.1.2.3. Prikupljanje i pakiranje kukuljica muha*

Kukuljice različite starosti koje pripadaju istoj vrsti muhe međusobno se razlikuju po boji. Naime, kako vrijeme prolazi kukuljica postaje tamnija, pa je stoga vrlo važno točno zabilježiti i boju kukuljice u vrijeme prikupljanja.

Kukuljice se mogu pronaći na istim mjestima kao i ličinke koje su ušle u stadij nehranjenja, dakle dalje od izvora hrane, primjerice u odjeći, na udaljenosti nekoliko metara od mrtvog tijela, pa čak i nekoliko centimetara pod zemljom.

---

najsitnijih ličinaka iz bočice.

<sup>49</sup> Ličinke prvog stadija, koje su dosta osjetljive, mogu se prikupljati i mokrim kistom, na isti način kao i jajašca.

<sup>50</sup> Treba paziti da ličinke u vrućoj vodi ne ostanu predugo, jer se u njoj vrlo brzo u potpunosti razgrađuju.

Kukuljice se također prikupljaju prstima zaštićenim rukavicom ili pincetom mekih vrhova. Pakiraju se u bočice ili spremnike s dnom obloženim papirom ili vatom kako bi se spriječilo njihovo oštećivanje. U spremnik se ne stavlja hrana, ali treba se omogućiti dotok dovoljne količine zraka te se bočice ili spremnici zatvaraju papirnatim ručnicima, kao što je to slučaj i s jajašcima i ličinkama.

Prazne se kukuljice mogu pronaći na istim mjestima kao žive i kao ličinke koje su ušle u stadij nehranjenja. Budući da prazne kukuljice više nisu žive, ne treba im osigurati dotok zraka prilikom pakiranja, ali zbog krhkosti takvih kukuljica spremnik treba dobro obložiti papirom ili vatom.

#### *3.1.2.4. Prikupljanje i pakiranje odraslih primjeraka muha*

Odrasle muhe imaju manji značaj pri donošenju zaključaka budući da se temeljem njihove prisutnosti na mrtvom tijelu ne može zaključiti jesu li se one razvile na njemu ili su tek stigle na njega. Ipak, ako su muhe u vrijeme prikupljanja entomoloških tragova još dovoljno mlade<sup>51</sup> da ne mogu letjeti, njihova je forenzična vrijednost velika, jer je neupitno da su se one razvile na mrtvom tijelu i dokaz su završetka jednog životnog ciklusa (James, Nordby, 2005). Takve se muhe najčešće prikupljaju mrežicama i održavaju na životu do potpunog završetka razvoja kako bi se mogla utvrditi točna vrsta kojoj pripadaju.

Potpuno razvijene muhe, dakle one koje mogu letjeti, prikupljaju se mrežicama ili uz pomoć ljepljivih traka, pakiraju se u bočice ili spremnike s alkoholom radi trajnog pohranjivanja, a po potrebi ih se može održavati na životu.

#### *3.1.2.5. Prikupljanje i pakiranje ostalih kukaca*

Ostali se kukci prikupljaju i pakiraju na sličan način kao i muhe. Razlika je jedino u tome što se živi kornjaši pojedinačno pakiraju u zasebne bočice ili spremnike, budući da su neki od njih kanibali pa se može dogoditi da najveći primjerak pojede sve ostale. Također se prikupljaju i svi vanjski skeleti koje su kornjaši odbacili prilikom presvlačenja.

#### *3.1.2.6. Prikupljanje i pakiranje uzoraka tla*

Prilikom očevida prikupljaju se uzorci tla u blizini mjesta na kojem je mrtvo tijelo ili strvina ležala zbog mogućnosti da u njemu ima malih kukaca. Uzorci tla pakiraju se u metalne spremnike koji se pune do polovine, što je važno radi osiguravanja dovoljne količine zraka za preživljavanje eventualno prisutnih kukaca.<sup>52</sup>

### **3.2. Slanje uzoraka na vještačenje**

Svaki uzorak koji se šalje na vještačenje pravilno se obilježava. Podaci za svaki prikupljeni uzorak uobičajeno se pišu u dva primjerka. Jedan se primjerak, ispisan običnom olovkom lijepi s vanjske strane bočice ili spremnika (ne na poklopac zbog mogućnosti njihove zamjene!), dok se drugi primjerak ispisanih podataka stavlja na omot pakiranog materijala.

---

<sup>51</sup> Radi se o muhama koje su tek izašle iz kukuljice, dakle o vremenskom intervalu od oko 24 sata.

<sup>52</sup> Najčešće se radi o vrlo malim vrstama kukaca koje je tijekom očevida na mjestu događaja zbog dinamike obrade prostora gotovo nemoguće zamijetiti.

Za svaki prikupljeni uzorak ispisuju se sljedeći podaci:

- 1) broj slučaja
- 2) lokacija mjesta događaja
- 3) datum i sat prikupljanja
- 4) dio mrtvog tijela s kojeg su uzorci prikupljeni
- 5) ime osobe koja je prikupila uzorke.

Prilikom slanja uzoraka na vještačenje papirnati se poklopac bočice ili spremnika zamjenjuje čvrstim poklopcem na kojem se probuše sitne rupice kako bi se osigurao dotok zraka u bočicu ili spremnik. Pri tome treba paziti da rupice ne budu prevelike kako ličinke ne bi izašle iz bočice ili spremnika.

Bočice ili spremnici zamataju se novinskim papirom i pakiraju u čvrste kutije na kojima se stavlja napomena da sadrži žive kukce. Na kutiju je također korisno staviti dodatna upozorenja tipa "Ne pregrijavati!" ili "Ne hladiti!".

Žive kukce treba u što kraćem roku dostaviti na vještačenje. Kako je često nemoguće da istražitelj osobno dostavi prikupljene kukce, najčešće se za to koristi teklić.

Prije dostavljanja tako zapakiranih uzoraka i radi dodatnog osiguranja iskoristivosti prikupljenih tragova, dobro je telefonski provjeriti je li entomolog kojem se uzorci šalju na vještačenje dostupan, odnosno, hoće li u vrijeme dostave biti na adresi na koju se uzorci šalju.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Forenzična entomologija je specijalizirana i interdisciplinarna grana forenzične znanosti. Svoju primjenu najčešće nalazi pri rješavanju smrtnih slučajeva i to pretežito radi utvrđivanja vremena proteklog od nastupa smrti, zatim pri rješavanju slučajeva zanemarivanja ili zlostavljanja ljudi i životinja, te pri utvrđivanju mjesta počinjenja kaznenog djela.

Upotreba forenzične entomologije pri utvrđivanju činjenica u vezi s kažnjivim djelom ili događajem od sigurnosnog značaja, tehnološki je vrlo zahtjevna i složena. Specifična znanja stručnjaka za forenzičnu entomologiju koriste se već od prvog dodira s mjestom događaja pa sve do posljednjeg stadija ispitivanja i tumačenja entomoloških tragova u strogo kontroliranim laboratorijskim uvjetima. Slijedom toga, sam proces utvrđivanja činjenica je neminovno dugotrajan. Vjerojatno su to razlozi zašto se forenzična entomologija u Republici Hrvatskoj gotovo i ne primjenjuje u praksi. Kod nas je entomološka znanost okrenuta više prema poljoprivredi i prehrambenoj industriji.

Ipak, kako je znanje najvrjednije oruđe kojim čovjek može raspolagati, šteta je da se znanja iz entomologije kod nas nedostavno koriste pri kriminalističkom istraživanju. Forenzična entomologija može dati ne samo vrijedne odgovore o određenim elementima bitnim za rješavanje složenih kriminalističkih slučajeva, nego je ponekad i jedino sredstvo kojim se mogu utvrditi i razjasniti važne činjenice vezane uz konkretno kazneno djelo, te time može odigrati presudnu ulogu u otkrivanju počinitelja kaznenog djela.

Zaključno, zalažemo se za uvođenje osnova forenzične entomologije u nastavne planove i programe za edukaciju kriminalista, kao i u programe specijalizacije i stručnog usavršavanja kriminalističkih istražitelja.

## LITERATURA

1. Anderson, G. S. (2005). *Forensic Entomology*. U: James, S. H., Nordby J. J. (ur.). *Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques*. Drugo izdanje. New York: Taylor & Francis Group.
2. Bullington, S. W. (1993). *Blow flies: their life cycle and where to look for the various stages*. <http://www.forensic-ent.com/> - 3. kolovoza 2008.
3. Bullington, S. W. (1993). *Bugs on the bodies: how they can determine the postmortem interval*. <http://www.forensic-ent.com/> - 3. kolovoza 2008.
4. Bullington, S. W. (1993). *How to collect insects at a corpse*. 3. kolovoza 2008. <http://www.forensic-ent.com/> - 3. kolovoza 2008.
5. Bullington, S. W. (1993). *How to send forensic insects through the mail*. <http://www.forensic-ent.com/> - 3. kolovoza 2008.
6. Byrd, J. H. (1998). *Death Scene Procedures: Scene observations and weather data; Collection of insects from the body at the scene; Collection of insects after body removal; Shipment of collected insects to a forensic entomologist*. <http://www.forensicentomology.com/procedure.htm> - 2008.
7. Byrd, J. H. (1998). *Entomologica Collection Equipment*. <http://www.forensicentomology.com/equipment.htm> - 2008.
8. Byrd, J. H. (1998). *Information about the development and appearance of some common forensically important insects*. <http://www.forensicentomology.com/appear.htm> - 2008.
9. Byrd, J. H. (1998). *What information can a forensic entomologist provide at the death scene?* <http://www.forensicentomology.com/info.htm> 2008.
10. Byrd, J. H. (1998). *What is Forensic Entomology?* <http://www.forensicentomology.com/definition.htm> - 2008.
11. Goff, M. Lee (2001). *A fly for the prosecution: how insect evidence helps solve crimes*. Četvrto izdanje. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press.
12. Hall, R. D. (2004). *More About the Science*. <http://research.missouri.edu/entomology/chapter1.html> - 2004.
13. Hall, R. D. (2004). *The History of Forensic Entomology*. <http://research.missouri.edu/entomology/chapter1.html#history> - 2004.
14. Horvatić, Ž. (2003). *Kazneno pravo: opći dio*. Zagreb: Pravni fakultet.
15. Houck, M. M., Siegel, J. A. (2006). *Biological sciences: Entomology. Fundamentals of forensic science*. San Diego: Elsevier Ltd.
16. Knezović, Z. (2003). *Forenzika – znanost u ekipi za očevid*. Novo drvo znanja.
17. Lord, W. D. (2004). *Case histories of the use of insects in investigations*. <http://research.missouri.edu/entomology/casestudies.html> - 2004.
18. Lyle, D. (2004). *Forensics for Dummies*. Indianapolis: Wiley Publishing Inc.
19. Marković, T. (1972). *Suvremena tehnika istraživanja krivičnih djela. Kriminalistika*. Zagreb: Narodne novine.
20. McGavin, G. C., Barnes, R., Dipper, F. (2001). *Invertebrates. Animal*. London: Dorling Kindersly Limited.
21. Nickell, J., Fischer, J. (1999). *Introduction to Forensic Science and Criminalistics. Crime science: methods of forensic detection*. Lexington (Kentucky): The University Press of Kentucky.
22. Oštrec, Lj., Gotlin Čuljak, T. (2005). *Opća entomologija*. Čakovec: Zrinski d.d.
23. Platt, R. (2004). *Mjesto zločina: vodič kroz forenzičnu znanost*. Zagreb: Naša djeca d.o.o.
24. Ramsland, K. (2007). *Forensic firsts. Beating the devil's game: a history of forensic science and criminal investigation*. New York: Penguin Group.
25. Reichs, K. (2008). *Entomology*. <http://www.kathyreichs.com/entomology.htm> - 2008.

## Summary

---

**Mariya Fujimura, Tatjana Kolar-Gregorić, Marijan Šuperina**

### **The Application of Forensic Entomology in Criminal Investigation**

As a specific branch of science aimed at solving crime- and law-related issues, forensic entomology has experienced rapid development during the last three decades. Numerous scientific papers and books have been written about the use of forensic entomology in crime investigations. The assistance of forensic entomology experts is nowadays widely used by the world crime investigators and other crime fighting institutions both in the investigation and in the prosecution of various kinds of crimes. However, in Croatia this is not the case. Except for occasional application of forensic entomology in the postmortem interval determining, very little of its true potentials is known or used in Croatia, very few papers of Croatian authors on these topics have been published, while entomological expertise is neither requested nor implemented at all.

Therefore, the purpose of this paper is to present to the wider scientific public the basic theoretical postulates, methods and potentials of this branch of forensic science which is still neglected and unused in Croatia. Through the selected examples, we have attempted to show forensic entomology as a tool for solving numerous and manifold crime- and law-related issues, illustrating most of all the useful scope of entomological expertise.

Definition and a timeline of forensic entomology are given in the introduction, the body of the paper is focused on the possibilities of application of forensic entomology in investigation of crimes. Finally, the practical issues of processing entomological evidence are described, which can be used as a handbook by investigators.

**Key words:** forensic entomology, entomological evidence, crime scene, criminal investigation, postmortem interval.