

UNIVERZITET U BEOGRADU
BIOLOŠKI FAKULTET

Marija D. Milosavljević

**Fenološka i ekološka istraživanja
Ips typographus (L.) i *Pityogenes chalcographus* (L.)
(Coleoptera: Curculionidae) na području planine
Tare, njihovi prirodni neprijatelji i mogućnosti
biološke kontrole**

doktorska disertacija

Beograd, 2023.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF BIOLOGY

Marija D. Milosavljević

**Phenological and ecological research
Ips typographus (L.) and *Pityogenes chalcographus* (L.)
(Coleoptera: Curculionidae) in the Tara Mountain
area, their natural enemies, and possibilities of
biological control**

doctoral dissertation

Belgrade, 2023.

Mentor:

Dr Mara Tabaković-Tošić, naučni savetnik

Institut za šumarstvo, Beograd

Mentor:

Dr Željko Tomanović, redovni profesor i dopisni

član SANU

Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

Članovi komisije:

Dr Anđeljko Petrović, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet

Dr Mirza Dautbašić, redovni profesor

Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

Dr Bojan Gavrilović, viši naučni saradnik

Institut za šumarstvo, Beograd

Datum odbrane: _____

Zahvalnica

"Niko nikada nije uspeo bez pomoći drugih"

Jay Abraham

U svega nekoliko reči ne mogu iskazati svoju zahvalnost svim dragim ljudima koji su mi pomogli prilikom izrade disertacije. Jedna je nepobitna istina, koju sam shvatila tokom istraživanja i pisanja, da uspeh nije delo pojedinca i da jeste potrebna pomoć drugih. Na ovom putu bila sam okružena pravim prijateljima, koji su mi pomogli da ostvarim i ovaj deo svog života.

Pre svega, moju duboku zahvalnost dugujem mentorki, dr Mari Tabaković-Tošić, naučnoj savetnici, koja je bila uz mene od ideje do realizacije disertacije, koračajući i kada je bilo mirno a i kada je bilo burno, uz prijateljske ali i roditeljske savete. Divno iskustvo, još jednom, Hvala!

Na moju veliku sreću, imala sam još jednog mentora, bez koga ideja o ovoj disertaciji, bi ostala samo to - ideja. Želim takođe da se zahvalim prof. dr Željku Tomanoviću, mentoru, na savetima, poverenju i fantastičnom pedagoškom odnosu, koji bih poželela svim mladim budućim doktorima nauka. Hvala!

Ovom prilikom želim posebno da se zahvalim, prof. dr Georgi Georgiev-u (BAN - Institut za šumarstvo, Sofija, Bugarska), kao i naučnom savetniku dr Milanu Perneku (Hrvatski šumarski institut, Jastrebarsko, Hrvatska), na pomoći i naučnom doprinosu.

Za svu tehničku podršku u terenskom delu istraživanja, dugujem kolegama iz JP NP Tara, kojih ima i više nego što ću nabrojati. Ova divna porodica od firme vraća želju za prirodom i naukom. Veliku zahvalnost dugujem: Milici Tomić, dipl. inž. šum., Draganu Đuriću, dipl. inž. šum., Nebojši Todoroviću, dipl. inž. šum., Marku Tomiću, dipl. inž. šum., Sanji Obradović, dipl. inž. šum. i mnogim drugim kolegama.

Rukovodstvu Instituta za šumarstvo, pre svega direktoru dr Ljubinku Rakonjcu, naučnom savetniku kao i dr Miloradu Veselinoviću, naučnom savetniku i dr Aleksadru Lučiću, višem naučnom saradniku, hvala za razumevanje i finansijsku podršku tokom istraživanja, kao i samog školovanja.

Dragim kolegama iz Instituta za šumarstvo, zahvaljujem na pomoći, od fizičke do prijateljske i svake vrste koja mi je bila potrebna i više nego što sam mislila da mi treba.

Veliko Hvala, dr Snežani Stajić, višoj naučnoj saradnici (za svaku pozitivnu reč i podršku), dr Filipu Jovanoviću, naučnom saradniku (za sve prijateljske savete i ukazanoj pomoći), budućoj dr Nataliji Momirović, istraživač saradnici (za prijateljsku pomoć i podršku), Rajki Domuzin (za sve prebrojane uzorke i ostale laboratorijske nedaće), dr Saši Eremiji, višem naučnom saradniku (za svu terensku pomoć i sva odglavljena kola iz terenskog blata), dr Suzani Mitrović, višoj naučnoj saradnici (za sve reči podrške), dr Zlatanu Raduloviću, višem naučnom saradniku (za svu savetodavnu, naučnu i prijateljsku pomoć), budućem dr Vladi Čokeši, istraživač saradniku (za svu podršku), dr Zoranu Miletiću, naučnom

savetniku, mast.biol. Sanji Jovanović, istraživač saradnici, Radojici Pižurici dipl. inž. šum., i mnogim drugim kolegama, za reči podrške, Hvala.

Dragim prijateljima: vanr. prof. dr Jovani Devetaković, dr Željku Milovcu, višem naučnom saradniku i doc. dr Ivanu Milenkoviću, veliko hvala na prijateljskim savetima i podršci.

Veliku zahvalnost za naučni doprinos dugujem zaljubljeniku u entomologiju, Miroslavu Stevanoviću, dipl. inž. šum., JP Srbijašume.

Mojoj porodici, roditeljima Draganu i Snežani, bratu Milošu, mom Mihajlu i Tari, kao i mojim najbližim prijateljima, veliko hvala za svu podršku, koja mi je trebala.

Na kraju ovu disertaciju posvećujem mojoj Tari (da ima priču sa Tare) i mami Snežani (koja se sigurno više od svih raduje).

Dear Michal, it is for our house of shrews, thank you for your support.

Autor

Fenološka i ekološka istraživanja *Ips typographus* (L.) i *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) na području planine Tare, njihovi prirodni neprijatelji i mogućnosti biološke kontrole

Sažetak

Potkornjaci (Coleoptera: Scolytinae) su široko rasprostranjena potfamilija surlaša koji veći deo svog života provode u drvenastim biljkama domaćinima. Rasprostranjeni su u svim delovima sveta, gde su povezani sa glavnim kopnenim biljnim vrstama. Svaka vrsta potkornjaka je specifično prilagođena svom domaćinu. Potkornjaci imaju ključnu ulogu u šumskim ekosistemima, predstavljajući evolutivno i istorijski dominantnu komponentu. Bez njih, hiljade mikroba, nematoda, grinja i drugih insekata ne bi opstalo, jer se direktno oslanjaju na prisustvo potkornjaka. Međusobno se dopunjuju u sinergističkim odnosima što često dovodi do propadanja biljaka i celokupnih šumskih kompleksa.

Epidemijsko sušenje autohtonih smrčevih šuma, posebno je izraženo u regionima jugoistočne i centralne Evrope, uključujući i područja Republike Srbije, koja su pod određenim režimom zaštite prirode, poput Nacionalnih parkova Kopaonik i Tara, Rezervata biosfere Golija ili Parka prirode Stara planina.

Među gotovo 6000 opisanih vrsta potfamilije Scolytinae, posebno ekonomski značajne su vrste rodova *Ips* i *Pityogenes*, koje najviše naseljavaju četinarske šume severne hemisfere. Kada su u pitanju smrčeve sastojine centralne Srbije, a posebno u području NP Tara, došlo je do enormnog povećanja brojnosti njihove dve najvažnije vrste potkornjaka, osmozubog *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) i šestozubog *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761). Detaljna istraživanja, kako fenologije, tako i ekologije, pomenutih vrsta doprinose boljem razumevanju i dopunjavanju dosadašnjih saznanja. Fenološke i ekološke karakteristike ovih potkornjaka prilagođene su specifičnim mikroklimatskim uslovima na planini Tari. Na osnovu rezultata opsežnih trogodišnjih istraživanja zaključeno je da su obe vrste u ovom području, univoltne.

Feromonske klopke, za lov potkornjaka, su jedna od savremenijih metoda u šumarstvu, čija je uloga da pomoću agregacionih feromona, privuku i zadrže što veći broj jedinki. Na tržištu se stalno pojavljuju novi modeli, a testiranje njihove efikasnosti je od izuzetnog značaja. Rezultati istraživanja efikasnosti mokrog i suvog tipa naletno-barijernih klopki su pokazali da postoji statistički značajna razlika između broja ulovljenih jedinki. Mokre klopke su se pokazale daleko efikasnijim, s povećanim ulovom jedinki od čak 1,8 puta. Na žalost, evidentirano je i prisustvo 4.370 jedinki neciljanih insekata, pri čemu je najveći broj jedinki pripadao redu Coleoptera. Manipulacija sa mokrim klopkama je otežana, ali pružaju više informacija o prirodnim neprijateljima potkornjaka.

Biološka borba, kao deo integralne zaštite šuma, ima za cilj održavanje populacija štetočina na ekonomski prihvatljivom nivou, koristeći prirodne neprijatelje poput patogena, parazitoida i predatora.

U slučaju potkornjaka smrče, istraživanje prisustva prirodnih neprijatelja, kao što su entomopatogeni mikroorganizmi, predatori i parazitoidi, izuzetno je važno za razumevanje biološkog potencijala i mogućnosti klasične biološke borbe. Na planini Tari utvrđeno je prisustvo entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912), koja je izolovana iz jedinki osmozubog potkornjaka smrče. Genetička istraživanja su pokazala da su izolati ove gljive slični onima iz suvih aridnih i semiaridnih staništa, Italije i Španije. Takođe je otkriveno da je optimalna temperatura za razvoj izolata *B. bassiana* sa Tare 20°C. Iako su laboratorijska testiranja pokazala pozitivne rezultate u vezi s biološkim suzbijanjem, terenska istraživanja još uvek nisu potvrdila istu efikasnost. Utvrđena je statistički značajna razlika u dužini preživljavanja po tretmanu između različitih koncentracija komercijalnog preparata Naturalis® (suspenzija spora *B. bassiana*), kod obe vrste.

Utvrđeni parazitoidni kompleks uključuje devet vrsta iz porodice Pteromalidae i jednu iz porodice Braconidae. Otkriveno je pet novih vrsta za faunu Srbije, *Coeloides bostrichorum* Giraud, 1872 (Braconidae), *Heydenia pretiosa* Forster, 1856 (Pteromalidae), *Tomicobia seitneri* (Ruschka, 1924) (Pteromalidae), *Rhopalicus quadratus* (Ratzeburg, 1844) (Pteromalidae), *Roptrocercus brevicornis* Thomson, 1878 (Pteromalidae), a najdominantnija bila je *T. seitneri*. Kada je reč o predatorima, istraživanjima je ustanovljeno prisustvo osam vrsta iz reda Coleoptera i jedne iz podklase Acari. Najdominantnija bila je *Nemosoma elongatum* (Linnaeus, 1761).

Takođe, pet vrsta foretičkih grinja je pronađeno u vezi sa potkornjacima smrče, a najzastupljenija među njima je bila vrsta *Dendrolaelaps quadrisetus* (Berlese 1920).

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije imala su za cilj i identifikaciju morfoloških razlika između polova kod vrste *I. typographus*. Analizom preliminarnih rezultata, za sada, došlo se do zaključka da razlike postoje, a najjasnije su u obliku spoja između metasternuma i prvog sternita abdomena.

Ključne reči: Scolytinae, Ipini, potkornjaci smrče, nacionalni park Tara, feromonske klopke, Braconidae, Cordycipitaceae, Pteromalidae, Acari, *B. bassiana* i biološko suzbijanje

Naučna oblast: Biologija

Uža naučna oblast: Entomologija

Phenological and ecological research on *Ips typographus* (L.) and *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in the area of Mount Tara, their natural enemies, and possibilities of biological control

Summary

Bark beetles (Coleoptera: Scolytinae) are a widespread subfamily of weevils that spend a significant portion of their life cycle in woody host plants. They occur in all parts of the world and are associated with the most important terrestrial plant species. Each bark beetle species is specifically adapted to its host. Bark beetles play a crucial role in forest ecosystems and represent an evolutionarily and historically dominant component. Their importance is vital because without them thousands of microbes, nematodes, mites and other insects would not survive as they are directly dependent on the beetles' presence. They complement each other in a synergistic relationship that often leads to the decline of plants and entire forest complexes.

The epidemic drying of native spruce forests is particularly pronounced in the regions of south-eastern and central Europe, including the areas of the Republic of Serbia that are under certain nature conservation regimes, such as the Kopaonik and Tara National Parks, the Golija Biosphere Reserve or the Stara Planina Nature Park.

Among nearly 6000 described species of the subfamily Scolytinae, the species of the tribes *Ips* and *Pityogenes*, which mainly inhabit coniferous forests in the northern hemisphere, are the most economically important. In the spruce stands of central Serbia, especially in the NP Tara region, the population of the two most important beetle species, the eight-toothed *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) and the six-toothed *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761), has increased significantly. Detailed studies on the phenology and ecology of these species contribute to a better understanding and addition to existing knowledge. The phenological and ecological characteristics of these beetles are adapted to the specific microclimatic conditions on Mount Tara. Based on the results of an extensive three-year research, both species were found to be univoltine in this area.

Pheromone traps for beetle monitoring are one of the more modern methods in forestry that aim to attract and trap large numbers of individuals using aggregation pheromones. New models are constantly coming onto the market and testing their effectiveness is of great importance. The results of testing wet and dry barrier traps showed a statistically significant difference in the number of individuals caught. Wet traps were found to be much more efficient, with up to a 1.8-fold increase in individuals caught. Unfortunately, 4,370 non-target insect individuals were also captured, most of which belonged to the order Coleoptera. Handling wet traps is more demanding, but provides more information on natural beetle enemies.

Biological control as part of integrated forest management aims to maintain pest populations at economically acceptable levels through the use of natural enemies such as pathogens, parasitoids and predators. In the case of spruce beetles, research on the presence of natural enemies such as entomopathogenic microorganisms, predators and parasitoids is crucial for understanding the biological potential and options for classical biological control. On Mount Tara, the presence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912), which was isolated from individuals of the eight-toothed spruce beetle, was confirmed. Genetic studies showed that isolates of this fungus resemble those from dry arid and semi-arid habitats in Italy and Spain. It was also found that the optimal temperature for the development of *B. bassiana* isolates from Tara is 20°C. Although laboratory tests have shown positive results in terms of biological control, field research has not yet confirmed the same efficacy. There was a statistically significant difference in survival time per treatment between different concentrations of the commercial product Naturalis® (*B. bassiana* spore suspension) for both species.

The identified parasitoid complex includes nine species from the family Pteromalidae and one from the family Braconidae. Five new species were discovered for the fauna of Serbia: *Coeloides bostrichorum* Giraud, 1872 (Braconidae), *Heydenia pretiosa* Forster, 1856 (Pteromalidae), *Tomicobia seitneri* (Ruschka, 1924) (Pteromalidae), *Rhopalicus quadratus* (Ratzeburg, 1844) (Pteromalidae), *Roptrocercus brevicornis* Thomson, 1878 (Pteromalidae), with *T. seitneri* being the dominant species. As for the predators, eight species were identified from the order Coleoptera and one from the subclass Acari, with *Nemosoma elongatum* (Linnaeus, 1761) being the most abundant.

In addition, five species of phoretic mites were found in association with spruce beetles, with *Dendrolaelaps quadrisetus* (Berlese 1920) being the most common.

The research in this dissertation also aimed to identify morphological differences between the sexes in the species *I. typographus*. Based on the analysis of preliminary results, it has been concluded that there are indeed differences, and the most obvious ones lie in the shape of the junction between the metasternum and the first sternite of the abdomen.

Keywords: Scolytinae, Ipini, spruce beetles, Tara National Park, pheromone traps, Braconidae, Cordycipitaceae, Pteromalidae, Acari, *B. bassiana* and biological control

Scientific field: Biology.

Scientific subfield: Entomology

Sadržaj

1. UVOD I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.1. Osnovni pregled istraživanja	1
1.2. Lokalitet istraživanja	3
1.2.1. Opšte odlike.....	3
1.2.2. Klima istraživnog područja.....	7
1.3. Opšte odlike potfamilije Scolytinae Latreille, 1804	10
1.3.1. Morfološke karakteristike potkornjaka	11
1.3.2. Bionomija potkornjaka	13
1.3.3. Opis vrste <i>Ips typographus</i> L.....	15
1.3.4. Opis vrste <i>Pityogenes chalcographus</i> L.	17
1.4. Fenološka istraživanja	20
1.5. Feromonske klopke	21
1.6. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče	21
1.7. Diferencijacija polova kod vrste <i>I. typographus</i>	22
2. ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA	23
2.1. Istorijat fenoloških istraživanja	23
2.2. Istorijat istraživanja feromonskih klopki	24
2.3. Istorijat istraživanja prirodnih neprijatelja potkornjaka smrče	25
2.3.1. Istraživanja patogena smrčevih potkornjaka	25
2.3.2. Istraživanja predatora smrčinih potkornjaka	27
2.3.3. Istraživanja parazitoida smrčinih potkornjaka.....	31
2.3.4. Istraživanja grinja potkornjaka smrče.....	33
2.4. Diferenciranje polova vrste <i>I. typographus</i>	39
3. MATERIJALI I METODE RADA	40
3.1. Primjenjene metode u okviru fenoloških istraživanja.....	40
3.2. Primjenjene metode i materijali u okviru istraživanja efikasnosti feromonskih klopki	41
3.3. Prmenjene metode terenskih, laboratorijskih i genetičkih istraživanja <i>Beauveria bassiana</i>	44
3.3.1. Terenska istraživanja	44
3.3.2. Laboratorijska istraživanja	44
3.3.3. Statistička obrada rezultata istraživanja <i>Beauveria bassiana</i>	48
3.4. Primjenjene metode terenskih, laboratorijskih istraživanja kod predatora, parazitoida i grinja	49

3.4.1. Metoda lovnih stabala.....	49
3.4.2. Metoda feromonskih klopki.....	49
3.4.3. Preparovanje i fotografisanje.....	49
3.4.4. Determinacija	50
3.5. Diferencijacija polova <i>I. typographus</i>	50
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	51
4.1. Rezultati fenoloških istraživanja	51
4.2. Rezultati istraživanja feromonskih klopki	56
4.2.1. Poređenje efikasnosti mokrih i suvih naletno-barijernih klopki.....	56
4.2.2. Rezultati korelacije između ulova smrčinih potkornjaka (u mokrim i suvim klopama) i srednje temperature vazduha i broja toplih dana.....	61
4.2.3. Rezultati analize prisustva neciljanih insekata u mokrim i suvim klopama	65
4.3. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče	69
4.4. Rezultati istraživanja dijagnostike morfoloških karakteristika polova <i>I. typographus</i>	81
5. DISKUSIJA	83
5.1. Fenologija potkornjaka smrče	83
5.2. Efikasnost mokrih i suvih naletno-barijernih klopki	84
5.2.1. Korelacija između ulova u mokrim i suvim klopama i temperature vazduha	85
5.2.2. Neciljani insekti u mokrim i suvim klopama.....	85
5.2.3. Zapažanja i konstrukcijski predlozi za poboljšanje feromonskih klopki.....	86
5.3. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče	87
5.3.1. <i>Beauveria bassiana</i>	87
5.3.2. Predatori potkornjaka smrče.....	88
5.3.3. Parazitoidi potkornjaka smrče	90
5.3.4. Grinje simbionti potkornjaka smrče	91
5.4. Dijagnostika polova osomozubog potkornjaka smrče	92
6. ZAKLJUČAK.....	93
Reference.....	95
Prilozi	113

1. UVOD I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1.1. Osnovni pregled istraživanja

Epidemijsko sušenje, prvenstveno autohtonih smrčevih, čistih i mešovitih sastojina, kao fenomen sadašnjice, prisutno je u većini zemalja jugoistočne i centralne Evrope, a u Republici Srbiji poprima do sada nezabeležene razmere u šumskim područjima koja se nalaze pod posebnim režimom zaštite, u okviru nacionalnih parkova Kopaonik i Tara, te park prirode Stara planina i Rezervata biosfere Golija (Radulović et al., 2014; Tabaković-Tošić et al., 2014; Tabaković-Tošić & Milosavljević, 2015, 2016; Tabaković-Tošić et al., 2016; Češljarić et al., 2022). Mnoga multidisciplinarna istraživanja ovog procesa su, po ko zna koji put, dokazala da na njega utiče niz abiotičkih i biotičkih faktora (pristupačna hrana, prirodni neprijatelji, interferencija) od kojih se, u određenom vremenu i prostoru, može izdvojiti jedan, ili nekoliko njih, sa glavnom ulogom.

Odavno je poznato da stres prouzrokovan nepovoljnim klimatskim uslovima, ima veliki uticaj na zdravstveno stanje šumskih sastojina. Sušom indukovane promene u drvetu, umanjenje transpiracije, asimilacije ugljenika, značajno negativno utiču na njihove prirodne, uglavnom hemijske, odbrane od napada raznih ksilofagih vrsta insekata, među kojima su na prvom mestu potkornjaci.

Potkornjaci imaju važnu ulogu u šumskim ekosistemima, predstavljajući evolutivno i istorijski dominantnu komponentu (Raffa et al., 2015). Bez njih, hiljade mikroba, nematoda, grinja i drugih insekata ne bi opstalo, jer se direktno oslanjaju na prisustvo potkornjaka. Pri normalnoj brojnosti potkornjaci nemaju ekonomski značaj.

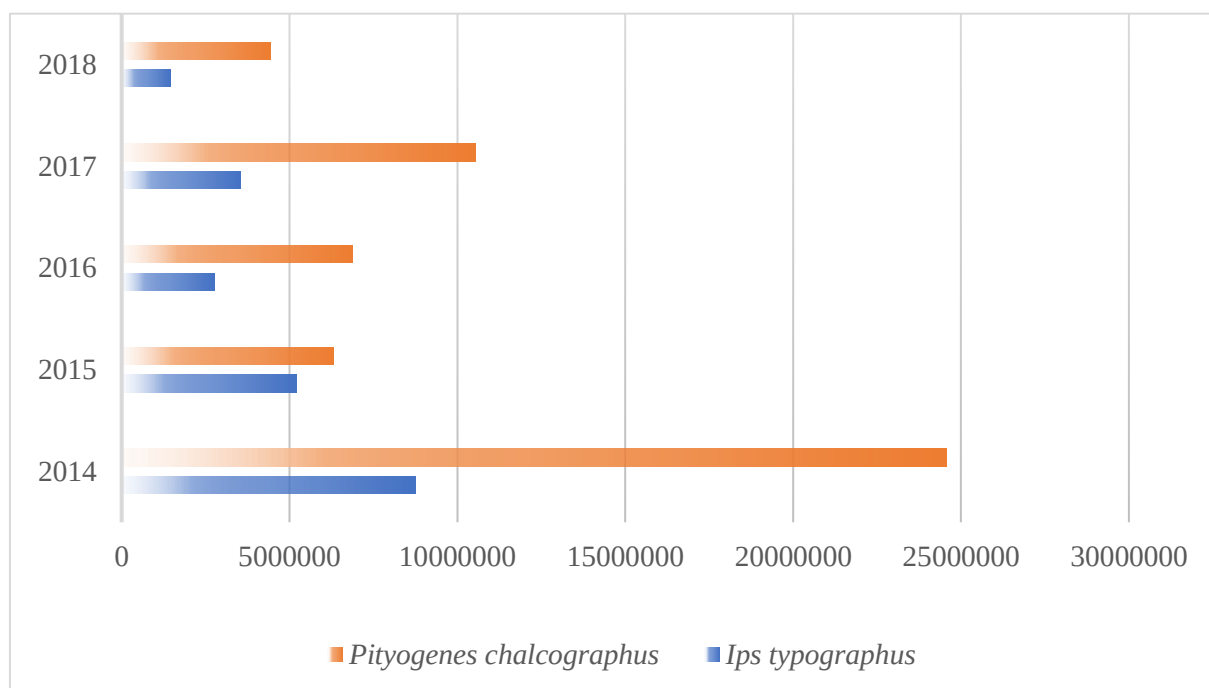
Kako se radi o vrstama sklonim prenamnoženju, oni predstavljaju jedne od najvećih destruktora šuma. Među skoro 6000 opisanih vrsta potfamilije Scolytinae, svega nekoliko je uspelo da dostigne status ekonomski značajnih. Te vrste pripadaju sledećim rodovima: *Ips* De Geer, 1775, *Dendroctonus* Erichson, 1836 i *Pityogenes* Bedel, 1888, za koje se smatra da su najzastupljenije u četinarskim šumama severne hemisfere (Schwerdtfeger, 1929; Raffa et al., 2015; Ranger, 2016). Njihov negativan uticaj opisan je kao više destruktivan od uragana i požara (Dale et al., 2001). Do sada je procenjeno, da šteta koju nanose potkornjaci godišnje u šumskim kompleksima Evrope iznosi 2,88 miliona m³ drveta (Grégoire et al., 2015). Kroz pedesetogodišnje proučavanje prirodnih poremećaja u evropskim šumama (od 1958. do 2001. godine), procenjeno je da potkornjaci izazivaju 8% svih šteta (Seidl et al., 2011), i da je do sada uništeno 124 miliona m³ drvne mase aktivnošću potkornjaka (Grégoire et al., 2015). Primera radi, u Češkoj Republici, količina posečene drvne mase je porasla sa 2,31 miliona m³ u 2015. na 22,78 miliona m³ u 2019. godini, usled kalamiteta potkornjaka (Hlásny et al., 2021).

Približno 90% svih prirodnih katastrofa koje su se dogodile od 1980. godine može se direktno ili indirektno pripisati vremenskim i klimatskim uslovima (Wahlstrom & Debarati, 2015). Na teritoriji Republike Srbije, od 2011. godine, primećeni su izuzetno nepovoljni klimatski uslovi. Ta godina je okarakterisana kao izrazito sušna, praćena ekstremno niskim i visokim temperaturama vazduha, a takvi uslovi nastavili su se i u naredne dve godine. Tokom 2013. godine, nepovoljni uslovi su se nastavili, posebno u vegetacionom periodu, što je dovelo do nezapamćenog sušenja šuma i pojedinačnih stabala. Prema podacima Javnog preduzeća Srbijašume, ukupna zapremina mrtvog drveta, usled posledica kontinuiranog sušnog perioda, iznosila je 81.631,61 m³ (Češljarić et al., 2022).

Kada su u pitanju smrčeve sastojine u području centralne Srbije, a posebno u okviru NP Tara i NP Kopaonik, od 2013. godine, došlo je do enormnog povećanja brojnosti dve ekonomski najvažnije vrste potkornjaka, osmozubog *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) i šestozubog *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761) (Curculionidae, Scolytinae) (Živojinović, 1954, 1960; Tomić, 1957; Tomić & Bezarević, 2014; Tabaković-Tošić & Milosavljević, 2015), usled enormne količine fizički oslabele stabala kao pogodnog materijala za razmnožavanje.

Podaci Javnog preduzeća Nacionalnog parka Tara ukazuju na gubitak od oko 6,4% (112.879,3 m³) šumske površine u poslednjih 10 godina, usled ekstremnih klimatskih uslova i naknadnih šteta prouzrokovanih kalamitetima potkornjaka i epifitocijama (Karaklić, 2021).

U području nacionalnog parka Tara, od 2013. godine, uočen je nagli porast brojnosti potkornjaka smrče (Grafikon 1).



Grafikon 1. Prikaz brojnosti potkornjaka smrče na području nacionalnog parka Tara (ulov imaga pomoću feromonskih klopki)

Ips typographus i *Pityogenes chalcographus* su najznačajnije ekonomski štetne vrste insekata u prirodnim smrčevim sastojinama u Evropi. Potvrda ovoj tvrdnji su i rezultati istraživanja 19 zemalja Evrope, gde je osmozubi smrčin potkornjak, po štetnosti, rangiran na prvom, a šestozubi, na trećem mestu (Lieutier et al., 2007).

1.2. Lokalizacija istraživanja

1.2.1. Opšte odlike

Nacionalni park Tara se nalazi u zapadnom delu Srbije [43°55'(N) i 19°30'(E)], kao deo Dinarskih Alpa (Medarević, 2005), sa velikim geološkim diverzitetom koji datira još od paleozoika (Gajić et al., 1992). Status nacionalnog parka dobio je 1981. godine, kako bi se zaštitile i očuvale jedinstvene prirodne odlike. Površina nacionalnog parka Tara iznosi 19.175 ha. Park obuhvata velike šumske površine, izvornu floru i faunu, među kojima je dosta retkih i endemičnih vrsta, prirodne fenomene, i kulturno-istorijske vrednosti. Trećina ukupne flore Srbije, nalazi se na planini Tari (Radović et al., 2005).

Nacionalni park Tara se prostire na planinskom području koje se odlikuje strmim padinama, dubokim klancima i impresivnim vrhovima, velikih visina. Najviši vrh Tare je Kozji rid, koji dostiže visinu od 1.591 metara (Medarević, 2005). Dominantni deo planine Tare, čine šumom obrasle površine. Prirodne šumske sastojine čine gotovo 80%, od ukupne šumske pokrivenosti, od toga najdominatnija je jela (*Abies alba* Mill.), koja učestvuje sa 43,3%, bukva [*Fagus sylvatica* (K. Malý)] - 30,2% i smrča [*Picea abies* (L.) H. Karst.] - 15,3%. Ove tri vrste zajedno formiraju zajednicu *Piceto-Abieti-Fagetum* Čolić 1965, čineći 85%, što joj daje status najrasprostranjenije šumske fitocenoze Nacionalnog parka Tara (Gajić et al., 1992; Cvjetičanin & Novaković, 2010; Jovanović et al., 2019). U okviru šumskih kompleksa izdvojene su sledeće gazdinske jedinice¹: Crni vrh, Kaluđerske bare, Meliorativno zaštitne šume Rača, Tara i Zvezda, koji su u državnom vlasništvu, kao i privatne šume i šumske površine u crkvenom vlasništvu (Medarević, 2005; Pantić et al., 2023).

Klima masiva Tare se može opisati kao kontinentalna planinska sa karakteristikama subalpske (Gajić et al., 1992), a karakterišu je sveža do prohladna leta, hladne zime, sa blagim godišnjim fluktuacijama temperature vazduha. Prosečna godišnja količina padavina iznosi 977,3 mm, sa maksimumom u julu (104,0 mm) i minimumom u januaru (56,5 mm). Prosečna godišnja temperatura vazduha na širem području Tare iznosi 7,9°C, s najnižom vrednošću u januaru (-3,5°C) i najvišom u avgustu (17,3°C). Amplituda godišnjeg kolebanja temperature iznosi 20,8°C. Klimatski uslovi odstupaju u različitim delovima masiva.

¹ Prema Planu razvoja šumske oblasti, gazdinske jedinice se ustanovljuju kao osnovne jedinice planiranja, koje obuhvataju teritorijalnu celinu šuma i šumskog zemljišta, osim šuma sopstvenika - fizičkog lica, i imaju površinu pod šumom do 5000 hektara (Medarević, 2006).

Srednji i najviši deo planine Tare karakterišu krečnjaci i dolomiti trijaske formacije. Krečnjaci se javljaju na visini od oko 700 metara i zastupljeni su u većini masiva Tare, sa izuzetkom jugozapadne strane koja se strmije spušta prema reci Drini. Na većini ovog područja, krečnjaci su prekriveni dobro razvijenim smeđim zemljištem, dok se u manjoj meri javljaju rendzine, organogene rendzine i protorendzine. Na nekim zaravnjenim delovima, ispod čistih smrčevih šuma, može se naći poslednji evolutivni stadijum zemljišta na krečnjaku - pseudoglej, kao i prvi inicijalni stadijum - krečni sirozem.

Na planini Tari se na relativno malom prostoru, koji obuhvata nekoliko hiljada hektara, može pratiti cela evolutivna serija zemljišta na krečnjaku: kamenjar, koluvijalno (deluvijalno) zemljište, krečnjačka crnica, rendzina, smeđe ilimerizovano zemljište na krečnjaku (Knežević & Košanin, 2010).

Oblast istraživanja ove doktorske disertacije obuhvata teritoriju u okviru gazdinske jedinice Tara, koja uključuje dvadeset stalnih oglednih površina (Tabela 1, Slika 1).

Tabela 1: Koordinate postavljenih lovnih stabala i feromonskih klopki sa opisom staništa

No.	Koordinate stabala	Koordinate klopki	Gazdinska jedinica i odsek	Šumska asocijacija	Površina (ha)	Nadmorska visina (m)
1	43°53'17.36"(N) 19°30'50.62"(E)	43°53'17.40"(N) 19°30'50.07"(E)	169/a	<i>Piceo-Fago- Abietetum</i> Čolić 1965. subass. <i>drymetosum</i>	20,51	1143
2	43°53'25.34"(N) 19°30'42.23"(E)	43°53'26.72"(N) 19°30'41.81"(E)	168/a		15,48	1143
3	43°53'24.31"(N) 19°30'34.61"(E)	43°53'24.87"(N) 19°30'33.93"(E)				1155
4	43°53'30.52"(N) 19°30'14.12"(E)	43°53'29.94"(N) 19°30'14.67"(E)	166/a		14,20	1143
5	43°53'34.30"(N) 19°30'8.95"(E)	43°53'35.05"(N) 19°30'9.23"(E)	166/a			1160
6	43°53'41.97"(N) 19°29'59.46"(E)	43°53'40.07"(N) 19°30'1.05"(E)	164/a	<i>Piceo-Fago- Abietetum</i> Čolić 1965 subass. <i>typicum</i>	22,42	1277
7	43°54'9.09"(N) 19°30'3.58"(E)	43°54'9.90"(N) 19°30'3.26"(E)	162/a	<i>Piceo-Fago- Abietetum</i> Čolić 1965 subass. <i>drymetosum</i>	22,87	1092
8	43°53'52.82"(N) 19°29'47.98"(E)	43°53'49.56"(N) 19°29'47.10"(E)	154/a	<i>Piceo-Fago- Abietetum</i> Čolić 1965	20,87	1196
9	43°53'50.04"(N) 19°29'37.29"(E)	43°53'49.61"(N) 19°29'36.91"(E)	151/a		21,74	1196

10	43°53'52.75"(N) 19°29'23.14"(E)	43°53'52.38"(N) 19°29'23.35"(E)	150/a	subass. <i>typicum</i>	20,89	1196
11	43°54'11.38"(N) 19°29'17.48"(E)	43°54'10.95"(N) 19°29'16.05"(E)	148/a		15,60	1147
12	43°54'33.48"(N) 19°29'3.02"(E)	43°54'32.97"(N) 19°29'1.67"(E)	147/a		24,25	1147
13	43°55'34.07"(N) 19°25'17.20"(E)	43°55'34.09"(N) 19°25'16.46"(E)	50/a		18,15	1158
14	43°55'34.76"(N) 19°24'46.15"(E)	43°55'35.67"(N) 19°24'46.80"(E)	54/a		22,92	1191
15	43°55'22.30"(N) 19°27'14.83"(E)	43°55'21.81"(N) 19°27'14.36"(E)	119/a		12,20	1027
16	43°56'6.27"(N) 19°27'42.25"(E)	43°56'5.97"(N) 19°27'42.54"(E)	120/a		8,21	996
17	43°56'4.86"(N) 19°27'52.18"(E)	43°56'5.53"(N) 19°27'52.86"(E)				986
18	43°56'18.17"(N) 19°28'15.38"(E)	43°56'18.58"(N) 19°28'15.89"(E)				953
19	43°56'15.51"(N) 19°28'18.39"(E)	43°56'15.35"(N) 19°28'19.46"(E)				954
20	43°56'14.25"(N) 19°28'16.70"(E)	43°56'13.29"(N) 19°28'16.27"(E)				954



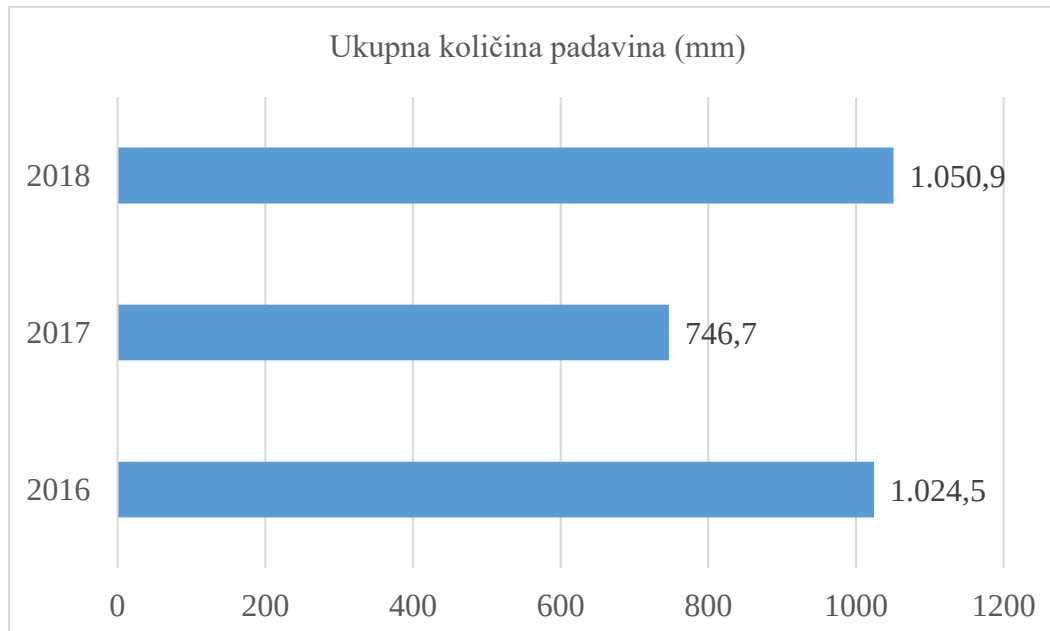
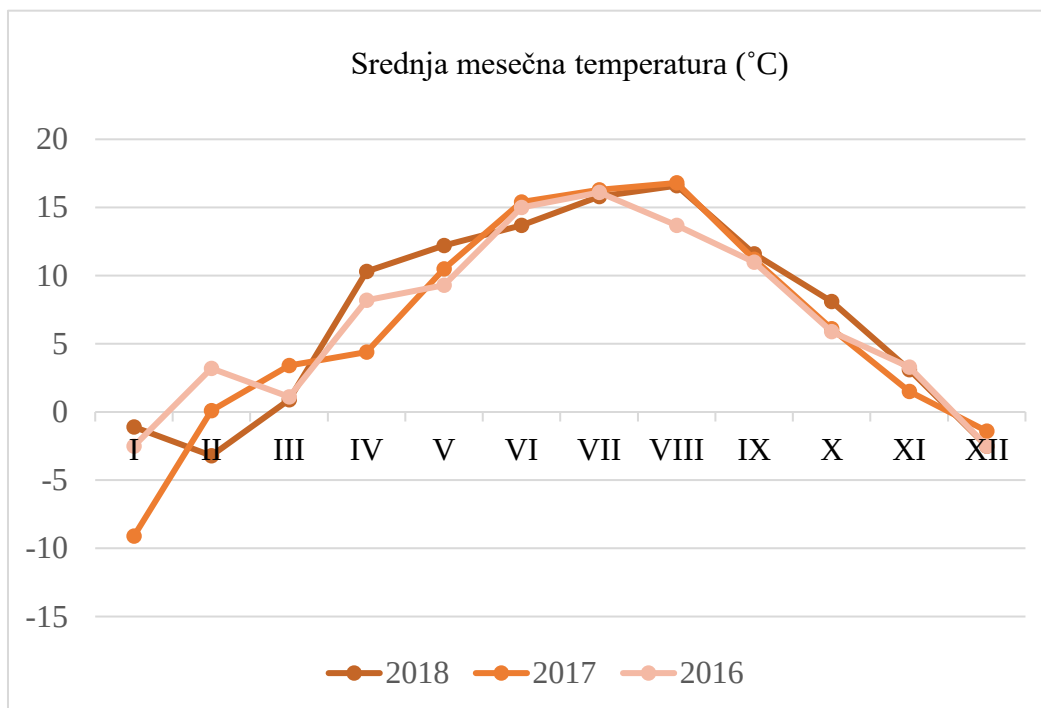
Slika 1. Kartografski prikaz 20 stalnih oglednih površina sa naletno-barijernim klopkama i lovnim stablima

1.2.2. Klima istraživanog područja

Podaci o temperaturama vazduha i padavinama za istraživački period od 2016. do 2018. godine dati su u Tabeli 2, Grafikon 2. Klimatološka i pluviometrijska stanica smeštena na Mitrovcu beležila je podatke do 1990. godine, dok je nova meteorološka stanica počela sa radom 2015. godine. Podaci o temperaturi za period od 2015. do 2020. godine prikazani su u Tabeli 3. Analiza podataka pokazala je da je najhladniji mesec januar, sa prosečnom temperaturom od $-4,0^{\circ}\text{C}$, dok je najtopliji avgust, sa prosečnom temperaturom od $16,4^{\circ}\text{C}$. Utvrđeno je da su prosečne temperature porasle tokom godina, s trenutnim godišnjim prosekom od $7,0^{\circ}\text{C}$, što predstavlja povećanje od $1,9^{\circ}\text{C}$ u odnosu na početna merenja. U vegetacionom periodu prosečna temperatura iznosi $14,4^{\circ}\text{C}$, što je za $2,0^{\circ}\text{C}$ više u odnosu na početne vrednosti. Ovi rezultati ukazuju na to da trenutni temperaturni uslovi podržavaju vegetaciju, ali tendencija zagrevanja ima negativan uticaj na razvoj flore u šumskim ekosistemima (Karaklić, 2021).

Tabela 2: Srednja mesečna temperatura i padavine u trogodišnjem istraživačkom periodu

Godina/mesec	Srednja mesečna temepratura ($^{\circ}\text{C}$)												Padavine Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2018	-1,1	-3,2	0,9	10,3	12,2	13,7	15,8	16,6	11,6	8,1	3,1	-2,5	1.050,9
2017	-9,1	0,1	3,4	4,4	10,5	15,4	16,3	16,8	11,2	6,1	1,5	-1,4	746,7
2016	-2,5	3,2	1,1	8,2	9,3	15	16,1	13,7	11	5,9	3,3	-2,5	1.024,5



Grafikon 2. Srednja mesečna temperatura i padavine izmerene u periodu istraživanja

Tabela 3: Podaci merenja nove meteorološke stavnice na Mitrovcu za period 2015-2020. godine

Temperatura

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Srednja maksimalna °C	-3,6	0,2	2,6	7,9	10,3	15,7	17,0	17,1	12,6	8,1	3,9	-1,1
Srednja minimalna °C	-4,4	-0,6	1,6	6,8	9,2	14,5	15,7	15,8	11,5	7,1	3,0	-1,7
Apsolutni maksimum °C	9,4	18,4	19,4	24,3	24,5	30,0	30,5	34,4	31,3	22,3	20,1	12,3
Apsolutni Minimum °C	-25,6	-23,3	-23,1	-9,9	-3,6	1,1	3,4	1,4	-4,6	-4,9	-13,8	-14,4

Relativna vlaga

Relativna vlaga %	89,0	85,0	83,0	75,0	82,0	82,0	80,0	79,0	81,0	84,0	86,0	89,0
----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Padavine

Prosečna mesečna suma mm	35,5	35,4	87,0	85,3	115	122	74,5	76,8	51,2	72,6	60,6	44,4
--------------------------------	------	------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------

Vetar

Prosečna brzinam/s	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9
-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1.3. Opšte odlike potfamilije Scolytinae Latreille, 1804

Preko 6000 vrsta je do danas opisano u okviru potfamilije Scolytinae (potkornjaci), od čega više od 600 se javlja u nearktičkoj a preko 900 u palearktičkoj oblasti (Knížek & Beaver, 2004). Iako su se naučnici složili u tome da su potkornjaci blisko povezani sa surlašima (Curculionidae), velika debata se vodila oko taksonomskog statusa (Knížek & Beaver, 2004). Stephen Lane Wood, jedan od najproduktivnijih naučnika koji je doprineo klasifikaciji potkornjaka, smatrao je da zaslužuju status familije i da nisu blisko povezani sa surlašima (Knížek & Beaver, 2004). Wood (1986), je na osnovu morfoloških karakteristika podelio Scolytidae u dve potfamilije i 25 rodova. Na osnovu rezultata istraživanja potkornjaci su svrstani u potfamiliju Scolytinae koja obuhvata 29 rodova (Alonso-Zarazaga & Lyal, 2009; Raffa et al., 2015).

Filogenetska klasifikacija potfamilije Scolytinae nije bio jednostavan zadatak i vremenom je nailazio na razne promene. Zahvaljujući savremenijim metodama i molekularnim analizama, ustanovljeno je da ipak pripadaju familiji Cuculionidae (Alonso-Zarazaga & Lyal, 2009; McKenna et al., 2009; Jordal, 2014). Iako su molekularni dokazi dosta pouzdani, fosilni ostaci nisu u korelaciji sa ovom tvrdnjom. Naime, oni pokazuju da su Scolytinae, najstarija grupa familije Curculionidae (Cognato & Grimaldi, 2009). Trenutno pronađeni fosilni ostaci datiraju od pre 125 miliona godina (Hulcr et al., 2015).

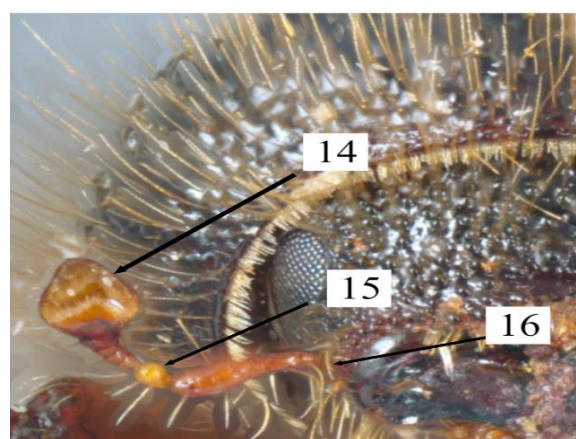
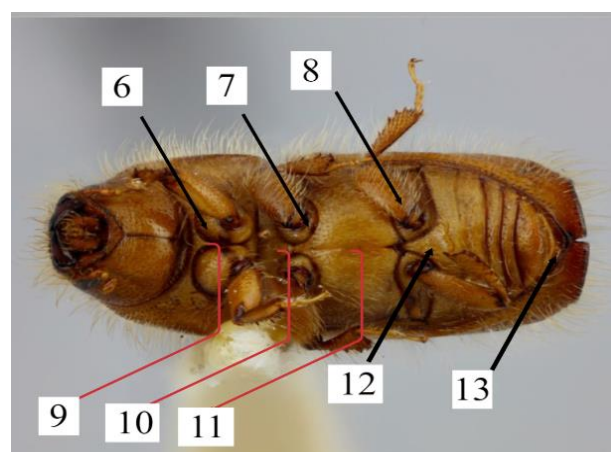
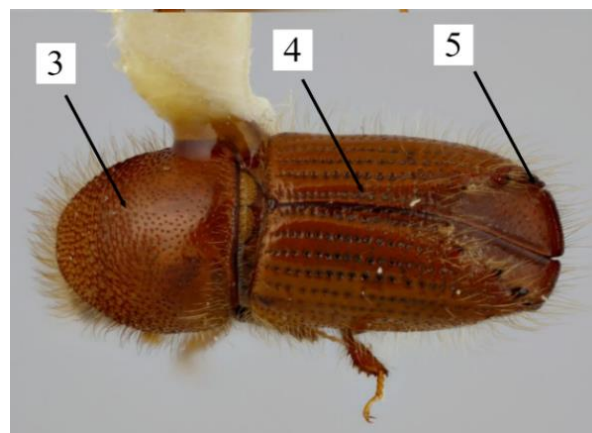
Dosadašnja istraživanja, u palearktičkom regionu, pokazuju da se u okviru potfamilije Scolytinae nalazi 18 tribusa: Cortylini, Cryphalini, Crypturgini, Dryocetini, Hylastini, Hylesinini, Hypoborini, Ipinini, Phloesinini, Phloeotribini, Polygraphini, Scolytini, Scolytolopodini, Tephrotychini, Thamnurgini, Tomicini, Xylorborini, Xyloterini (de Jong et al., 2014). Potkornjaci smrče, pripadaju tribusu Ipinini (Tabela 4).

Tabela 4: Sistematski položaj osmozubog i šestozubog potkornjaka smrče

Carstvo	Animalia		
Razdeo	Arthropoda		
Klasa	Hexapoda		
Red	Coleoptera		
Familija	Curculionidae		
Potfamilija	Scolytinae		
Tribus	Ipinini Bedel, 1888		
Rod	<i>Ips</i> De Geer, 1775	<i>Pityogenes</i> Bedel, 1888	
Vrsta	<i>Ips typographus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pityogenes chalcographus</i> (Linnaeus, 1761)	

1.3.1. Morfološke karakteristike potkornjaka

Odrasle jedinke imaju cilindrično telo, žute, smeđe ili crne boje. Pronotum prekriva glavu. Mandibule su kratke i veoma snažne, dok su antene kratke, glavičasto prelomljene i najčešće se nalaze ispred složenih očiju. Čelo (frons) je izbočeno, ravno ili udubljeno, a njegova struktura (gola, dlakava ili ljuskasta) često upućuje na pol (Balachowsky, 1949; Karaman, 1971; Pfeffer, 1995). Elitre uvek prekrivaju ceo trbuh, pored toga što su izuzetno čvrste, na kraju mogu biti ravne, blago zaobljene ili koso obrušene što zavisi od vrste do vrste. Naročito kod mužjaka, elitre sa svojih bočnih strana nose izraštaje-zube (Slika 2). Zadnja krila su opnasta. Noge su kratke i dosta snažne. Zadnja strana goleni može posedovati jake zubce, što im omogućava stabilni oslonac pri izgradnji hodničkih sistema. Stopala su uvek petočlana i dosta tanka. Trbuh je sastavljen od 8 segmenata od kojih je sa donje strane vidljivo samo 5 (Karaman, 1971; Pfeffer, 1995).

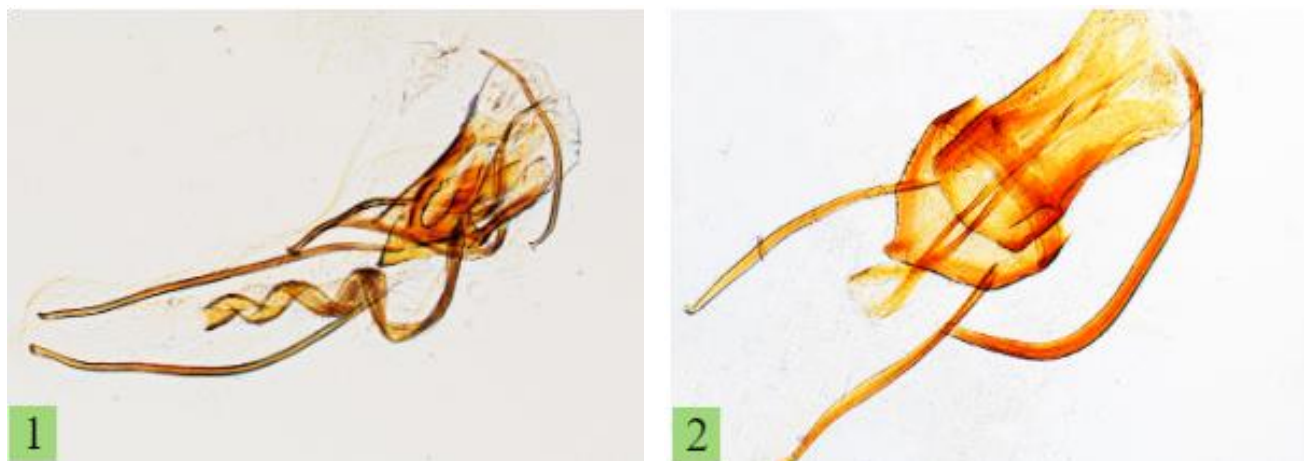


Slika 2. Morfološke karakteristike potkornjaka (vrsta *I. typographus*): 1-frons, 2-epistoma, 3-pronotum, 4-eltire, 5-obronak pokrioca, 6-prokoksa, 7-mesokoksa, 8-metakoksa, 9-prosternum, 10- mesosternum, 11-metasternum, 12-prvi abdominaklni sternit, 13-abdominalni sterniti, 14-flagellum (vršni članak-glavica), 15-pedicellus, 16-scapus (Izvor fotografije: Lindsey Seastone, Museum Collections: Coleoptera, USDA APHIS PPQ, Bugwood.org)

Jaja potkornjaka, su bela i loptastog oblika. Smeštena su u komorice duž materinskog hodnika. Larve su valjkastog oblika, beličaste boje, sa tamnijom glavom, apodne. Lutke (*pupa libera*) su u početku bele boje i nalaze se u lutkinim kolevkama u kori (plitko u spoljašnjem delu ksilema ili u materinskom hodniku). Imago ima cilindrično telo, jednake širine napred i otpozadi (Slika 3). Polni dimorfizam je uglavnom izražen kod većine vrsta. Ženke su krupnije i zubci na pokriocima su manje izraženi (Karaman, 1971). Pri diferencijaciji polova, kao i pri diferencijaciji vrsta, muški kopulatorni organ (*aedeagus*), može poslužiti, kao jedan od sigurnih karaktera (Balachowsky, 1949; Israelson, 1972) (Slika 4).



Slika 3. Razvojne faze potkornjaka: jaje (1), larva (2), lutka (3) i imago(4)
(Izvor fotografija: Bugwood.org)



Slika 4. Edeagus vrste *P. chalcographus* (1) i *I. typographus* (2)

1.3.2. Bionomija potkornjaka

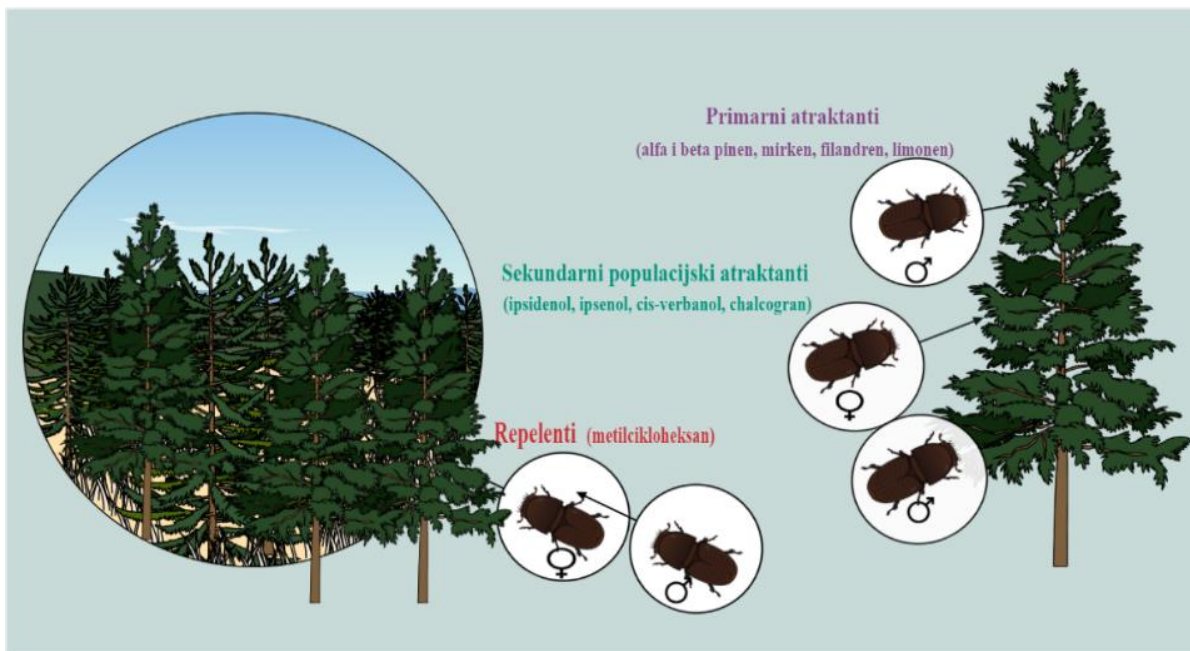
Potkornjaci na osnovu svog karakterističnog načina života odudaraju od ostalih insekatskih vrsta. Oni grade pod korom ili u drvetu sistem hodnika u kojima se odigrava celukupno razviće od stadijuma jajeta do odrasle jedinke. Svaka vrsta gradi sebi specifičan i jedinstven tip hodnika koji je do te mere karakterističan da se sa sigurnošću može utvrditi o kojoj je vrsti reč. U samoj izgradnji hodnika učestvuju oba pola. Sam hodnični sistem sastoji se od sledećih delova: ubušni otvor, ulazni hodnik, bračna komorica (kod poligamnih vrsta), materinski hodnik ili više njih, jajne komorice, larvene hodnike, lutkine klevke, izlazne hodnike i izletne otvore (Balachowsky, 1949; Karaman, 1971; Cognato, 2015; Ranger, 2016).

Ulazni otvor je okrugao, veličina samog otvora određena je veličinom vrste. Obično je kratak i pruža se od ulaznog otvora do beljike ispod kore. Bračna komorica plitičasto proširenje najčešće je smeštena između beljike i kore, dok je opet zavisno od vrste, nekada smeštena u samoj kori ili samo u beljici. Prisutna je samo kod poligamnih vrsta i za njeno formiranje zadužen je mužjak. Nakon formiranja bračne komorice, dolaze ženke. Posle kopulacije ženke izgrizaju materinske hodnike, koji se prostiru od bračne komorice u raznim pravcima. Ženke su zadužene za njihovo formiranje dok održavanje i izbacivanje strugotine drveta, obavljaju mužjaci. Izgled celog hodničkog sistema zavisi upravo od materinskih hodnika. Njihov oblik je u korelaciji sa vrstom koja ih formira; može biti plitičast, cevast, lažno zvezdast, jednokrak vertikalni, jednokrak horizontalni, dvokrak vertikalni, višekraki sa vertikalnom tendencijom, zvezdast (Slika 5) (Karaman, 1971; Pfeffer, 1995).



Slika 5. Galerije potkornjaka smrče: *P. chalcographus* (1) i *I. typographus* (2)
(Izvor fotografije: CABI, 2022a, 2022b)

Kod svih potkornjaka, važi isti princip prilikom odabira pogodnog stabla za razmnožavanje. Masovni napadi, obuhvataju sinergističko delovanje privlačućih kairomona, proizvedenih od strane domaćina i agregacionih feromona proizvedenih od strane štetnih insekata (Klowden, 2013). Pioniri su prvi insekti koji naseljavaju biljku domaćina zahvaljujući kairomonima koje proizvodi biljka (Slika 6). Nakon primarne kolonizacije stabla, pioniri oslobađaju agregacione feromone, koje privlače oba pola. Adaptivna sposobnost potkornjaka jeste da se ne razmnožavaju u prenaseljenim stablima zahvaljujući antiagregacionim feromonima koje emituju ili jedan ili oba pola (takozvani repelentni feromoni). Ove semiohemikalije imaju efekat na ravnomernu distribuciju duž stabla a kada dođe do preopterećenja, izlučuju se repelentni feromoni i tada sledi prelazak na novog domaćina (Bakke, 1982; Klowden, 2013).

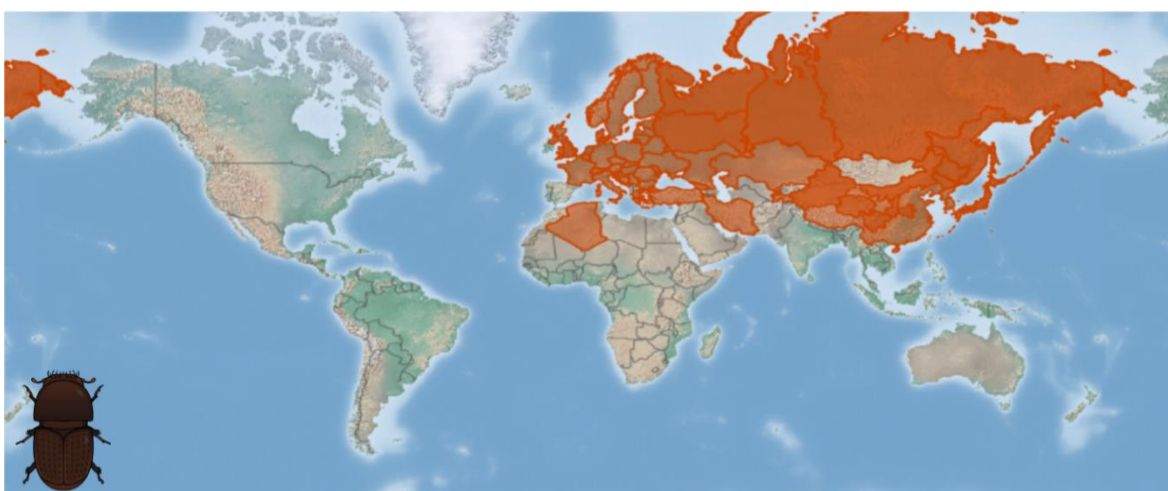


Slika 6. Shematski prikaz uticaja semiohemikalija na populaciju potkornjaka

1.3.3. Opis vrste *Ips typographus* L.

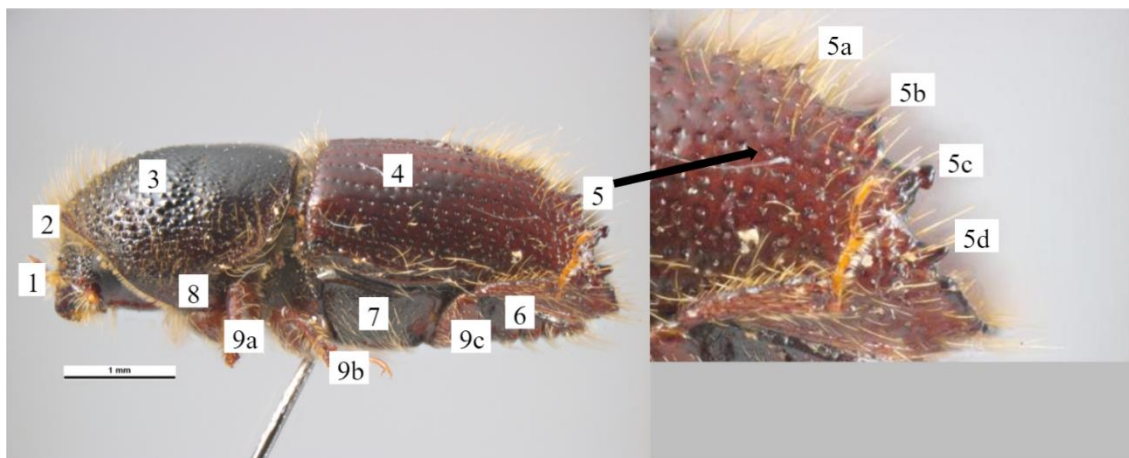
Sinonimi: *Bostrichus octodentatus* Paykull, 1800, *Bostrichus typographus* (Ratzeburg, 1837) *Cumatotomicus typographus* (Ferrari, 1867) *Dermestes typographus* (Linné, 1758), *Ips japonicus* Niisima, 1909, *Tomicus typographus* (Eichhoff, 1878) (de Jong et al., 2014).

Areal rasprostranjenja: Široko rasprostranjena vrsta, koja se može naći u Evropi i Maloj Aziji, nekim delovima Afrike (Slika 7) (Pfeffer, 1952, 1995; Cognato, 2015; CABI, 2022a; Schebeck et al., 2022b).



Slika 7. Areal rasprostranjenja osmozubog potkornjaka smrče *Ips typographus* L. (CABI, 2022a)

Morfologija: Veličina imaga varira između 4,0 i 5,5 mm (Slika 8), cilindrične i robustne, crne ili braonkasto-crne boje. Na nagibu elitre nalazi se po 4 zuba na svakoj margini. Treći zub je najveći sa zaobljenim vrhom. Jaje je žućkasto-belo, manje od 1mm. Larva je bela i apodna. Lutka je takođe bela (Pfeffer, 1952, 1995; Karaman, 1971; Biermann, 1977; Bentz et al., 2019; Schebeck et al., 2022b). Polni dimorfizam nije izražen.



Slika 8. Morfološke odlike vrste *Ips typographus*: (1-glava, 2-frons, 3-pronotum, 4-elitre, 5-obronak (5a-d-zub na obronku elitre), 6-abdominalni sterniti, 7-metasternum, 8-prosternum, 9-noge (9a-prednje, 9b-srednje, 9c-zadnje). Izvor fotografije: Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org

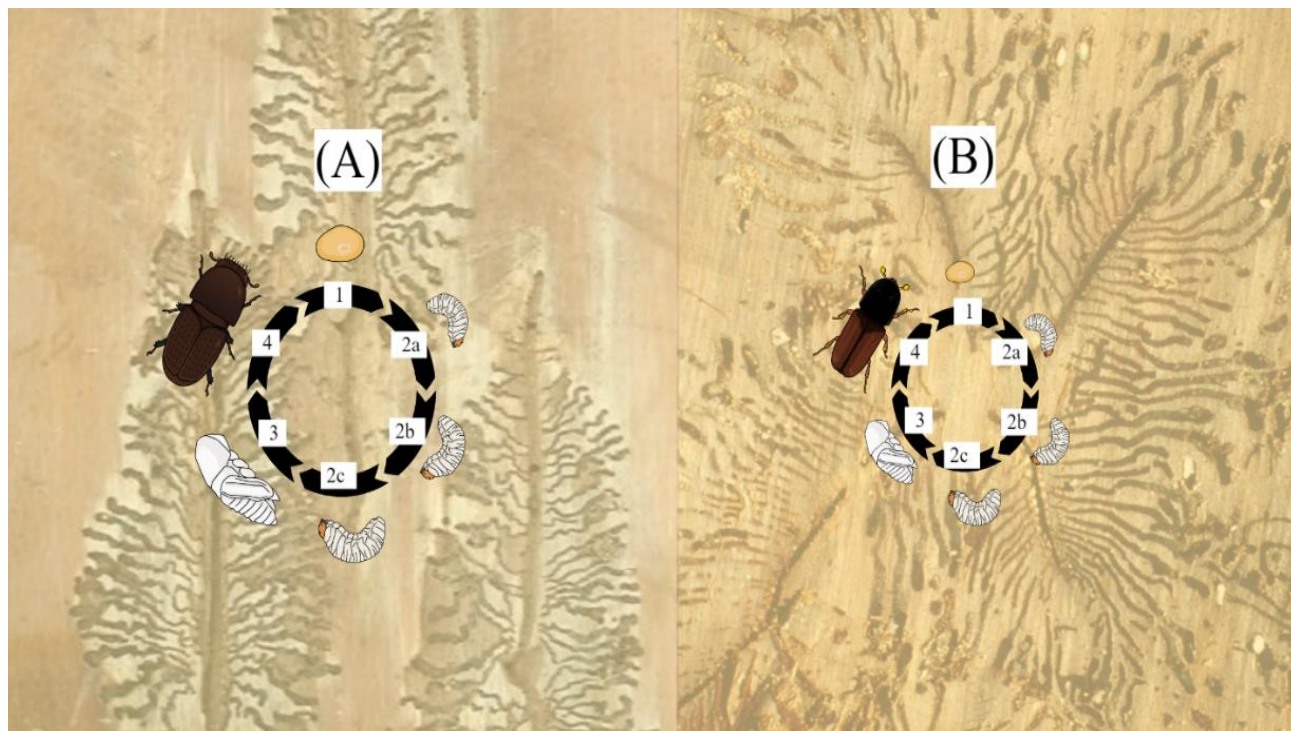
Bionomija: Poligamna je vrsta, gde obično jedan mužjak ima 4 ženke. Nakon kopulacije, ženke grade svoje materinske hodnike u vertikalnom pravcu, prateći smer vlakana biljke domaćina. Jedna ženka može odložiti do 80, pa čak i 100 jaja po galeriji (u proseku od 25 do 60) (Pfeffer, 1952, 1995; Annala, 1969; Karaman, 1971; Schebeck et al., 2022b). Jaja se polažu na svakih 2 mm. Po završetku polaganja prve serije jaja, ženke napuštaju stablo ili na istom, polažu još jednu seriju. Ovakav čin naknadnog polaganja jaja, predstavlja sestrinku generaciju (Davidková & Doležal, 2017). Utvrđeno je da na nižim nadmorskim visinama (do 800 m), 38% ženki će izvršiti ponovno polaganje jaja, dok na višim (1100 m) svega do 14% ženki. Broj položenih jaja kod sestrinske generacije je niži i varira između 20 i 40 (Davidková & Doležal, 2017). Sestrinska generacija se odlikuje nedostatkom bračne komorice. Larve izgrizaju galerije horizontalno, a nakon hranjenja i tri presvlačenja (Annala, 1969), prelaze u stadijum lutke u lutkinim kolevkama. Mlad imago vrši dopunsku ishranu, takođe ispod kore. Celokupni ciklus razvika, zavisi od klimatskih uslova, te može varirati i u proseku traje do dva i po meseca (Slika 9). Prezimljavaju u stadijumu larve trećeg stupnja, lutke ili imaga.

Prezimljavanje potkornjaka zavisi od nekoliko faktora. Kod vrste *Ips typographus*, ustanovljeno je da odrasle jedinke prezimljuju u zemljištu ili u deblima u kojima se razvijaju (Biermann, 1977). Nekoliko studija je pokazalo da se dijpauza odvija u stablima i to na nižim nadmorskim visinama i pri manjoj gustini naseljenosti same biljke domaćina. U nordijskim zemljama, *I. typographus*, obično prezimljava ispod snežnog pokrivača u zemlji ili ispod kore ležećih stabala (Botterweg, 1982).

Utvrđeno je da preko 90% potkornjaka prezimi u zemlji, ne više od nekoliko metara od stabla u kome su se razvili (Botterweg 1982). Nije jasno koji faktor je odgovoran za napuštanje ili zadržavanje imaga u stablima. Mogući faktori su temperatura ili stanje kore (Botterweg 1982). Na nekoliko lokaliteta na severozapadu Nemačke, pokazalo se da manje od 10% imaga prezimi u zemljištu (Biermann 1977).

Iz literaturnih izvora saznajemo da do masovnog prezimljavanja dolazi kada je skidanje kore obavljeno nepravilno, ili kada se ispune određeni uslovi, poput zrelosti imaga i temperature vazduha, što se uglavnom događa na nižim nadmorskim visinama (Biermann 1977). Mortalitet usled prezimljavanja, se može pripisati i biotičkim i abiotičkim faktorima. Stopa mortaliteta od oko 50% ili čak 100% (Annala 1969), kod *I. typographus*, koji prezimljava u oborenim stablima, pripisuje se temperaturama vazduha do -10°C (Faccoli, 2002).

Rojenje imaga nastupa u proleće i zavisi od temeprature vazduha, a optimalna iznosi između 16 i 20°C (Annala, 1969; Wermelinger, 2004).



Slika 9. Razvojni ciklus potkornjaka smrče (A) *Ips typographus* (B) *Pityogenes chalcographus* [1- jaje, 2a, b, c-larva, 3-lutka, 4-imago]

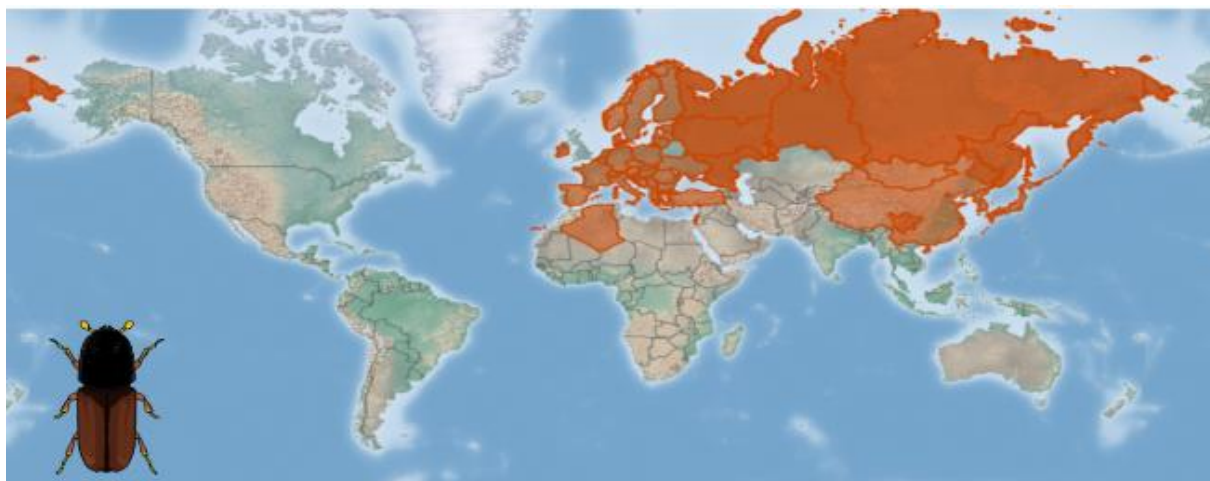
1.3.4. Opis vrste *Pityogenes chalcographus* L.

Sinonimi: *Bostrichus bicolor* Chevrolat, 1838, *Bostrichus xylographus* Sahlberg, 1836, *Dermestes chalcographus* Linnaeus, 1761, *Ips spinosus* DeGeer, 1775, *Scolytus sexdentatus* Olivier, 1795 (de Jong et al., 2014).

Areal rasprostranjenja: *P. chalcographus* se generalno javlja na svim vrstama četinara u svom glavnom području rasprostranjenja; centralna i istočna Evropa, i od severne Azije do Dalekog istoka.

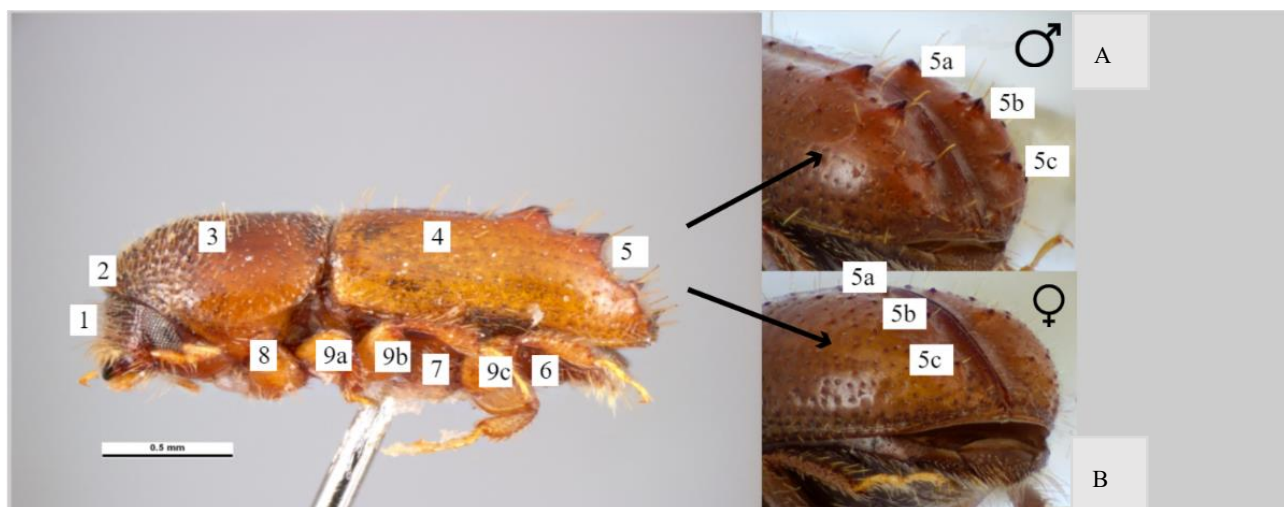
Biljka domaćin: U pogledu biljke domaćina, polifagna je vrsta. Razvija se ispod kore nekoliko vrsta drveća iz rodova *Abies*, *Cupressus*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga* (Pfeffer, 1995; Hedgren, 2004;

Zahradník, 2007; Fiala et al., 2022). Najviše se može naći na smrči, preferira delove sa tanjom korom, smatra se da je sledbenik vrste *I. typographus* (Slika 10).



Slika 10. Areal rasprostranjenja šestozubog potkornjaka smrče *Pityogenes chalcographus* L. (CABI, 2022b)

Morfologija: Veličina imaga se kreće u rasponu između 1,6 i 3,0 mm, ima crnu glavu i toraks, dok su elitre crveno-braonkaste i sjajne.



Slika 11. Morfološke odlike vrste *Pytiogenes chalcograohus* (1-glava, 2-frons, 3-pronotum, 4-elitre, 5-obronak [5(a-c)-zubi na obronku elitre kod mužjaka (A) i kod ženke (B)], 6-abdobinalni sterniti, 7-metasternum, 8-prosternum, 9-noge (9a-prednje, 9b-srednje, 9c-za zadnje); Izvor fortografije: Pest and Diseases Image Library, Bugwood.org

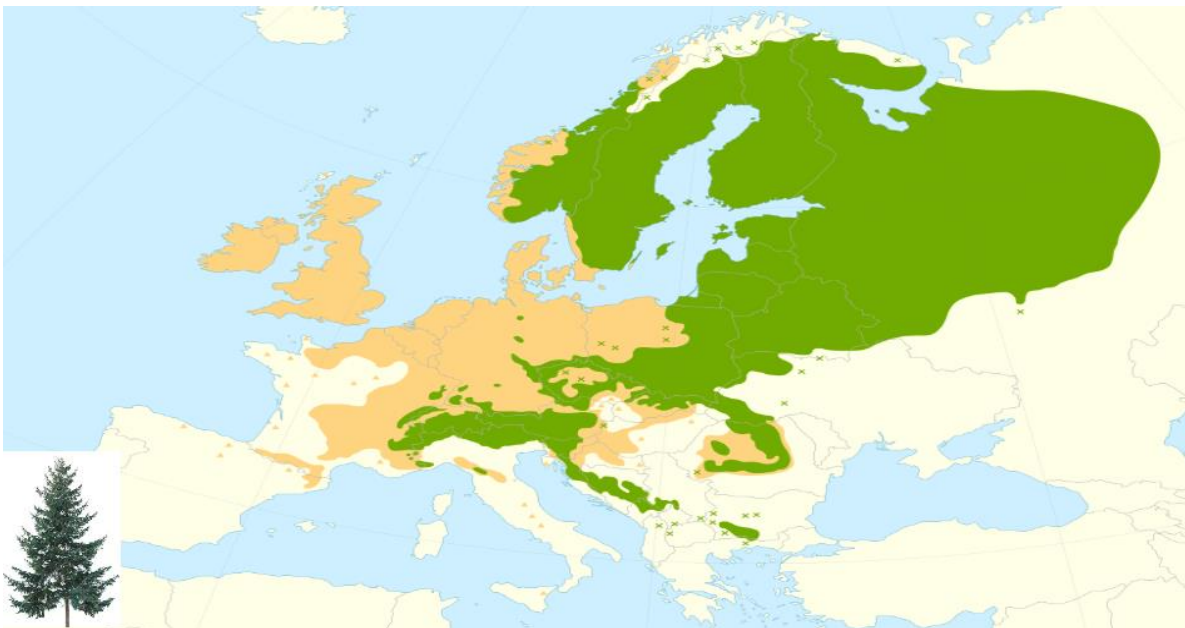
Elitralni nagib uzdužno utisnut u sredini i poseduje tri snažna bočna zuba, sa svake strane obronka (Schwerdtfeger, 1929; Karaman, 1971; Pfeffer, 1995; Hedgren, 2004; Schebeck et al., 2022a).

Polni dimorfizam izražen, kod mužjaka, zubi na obronku elitre su snažniji i naglašeniji (Slika 11). Jaja okrugla, sjajna, beličasta. Larve, bele boje, apodne, dugačke 2,7-3,0 mm u poslednjem larvenom stupnju, kojih ima 3 (Schwerdtfeger, 1929).

Bionomija: *P. chalcographus* je poligamna vrsta. Mužjaci formiraju bračnu komoru ispod kore, gde svaki mužjak kopulira u proseku sa tri do šest ženki, pa čak i devet (Schwerdtfeger, 1929). Nakon kopulacije, ženke započinju izgradnju materinskih hodnika u zvezdanom rasporedu, postavljajući oko 40 jajnih komorica sa obe strane galerije (Zumr & Soldan, 1981). Nakon izleganja, larve se kreću horizontalno stvarajući galerije larve koje vode do matičnih galerija, a zatim završavaju u lutkinjoj kolevci gde se odvija razvoj do imaga (Slika 9). Nakon metamorfoze, prelaze u nezrele odrasle jedinke, hrane se do polne zrelosti. Bračna komora ne dodiruje drvo ako je kora debela, ali u tankim delovima floema, bračna komora može prodreti u drvo.

P. chalcographus ima jednu do dve generacije godišnje, ali pod vrlo povoljnim uslovima može se razviti i treća generacija (Zahradník, 2007). Period rojenja prve generacije, odnosno prezimljujuće, započinje u poslednjih danima aprila, zavisno od temperature vazduha. Prema Vite-u (1965), odrasle jedinke se pojavljuju tek kada temperatura dostigne 16°C. Druga generacija rojenja se javlja tokom jula i avgusta (Schwerdtfeger, 1929). Razvija u proseku do jednu sestrinsku generaciju, čije se galerije odlikuju odsustvom bračnih komorica i mogu se naći u produžetku materinskih hodnika (Schwerdtfeger, 1929). *P. chalcographus* može prezimiti kao larva, lutka ili nezrela odrasla jedinka unutar galerije. Odrasle jedinke takođe mogu prezimiti u zemljištu (Zahradník, 2007).

Biljka domaćin: Uspešno se razvijaju ispod kore nekoliko vrsta iz rodova *Picea* i *Pinus*. Zapravo, smatra se da je njeno rasprostranjenje vezano za distribuciju glavne biljke hraniteljke smrče (*Picea abies* (L.) H. Karst. 1881) (Slika 12).



Slika 12. Distribucija smrče u Evropi (zeleno - prirodno rasprostranjenje, narandžasta- introdukcija) (Caudullo et al., 2017)

Areal rasprostiranja obuhvata severoistočnu Evropu, kao i planinski pojas srednje i južne Evrope, odnosno područje Balkana, Karpata i Alpa (Jovanović, 1982, 2000; Gajić, M., 1989). Smrča dominira Borealnim šumama u severnoj Evropi, kao i subalpskim područjima Alpa i Karpata (San-Miguel-Ayanz et al., 2016). Zbog svojih visokih performansi u različitim staništima, često se može naći i izvan svog prirodnog domašaja, na nižim nadmorskim visinama u umerenijim šumama. Međutim, masovno je sađena do granica svog prirodnog staništa, gde je podložna visokim temperaturama i suši zbog plitkog sistema korena. U Srbiji, među četinarskim vrstama, smrča je najzastupljenija i čini 5,2% ukupne zapremine šuma (Banković et al., 2009).

Među četinarskim vrstama u Evropi, posebno se ističe kao jedno od najvažnijih drveća kako ekonomski, tako i ekološki, s dugom tradicijom gajenja. Ova impresivna vrsta može dostići visinu od 50-60 m i ima pravilno oblikovano stablo koje se često koristi u građevinskoj, celuloznoj industriji za papir i izradi nameštaja (San-Miguel-Ayanz et al., 2016). Životni vek smrče je do 300 godina, iako se mogu naći primerci koji su stari i preko hiljadu godina (Jovanović, 1982).

Ugrožena i oslabljena stabla često postaju mete truležnih gljiva poput *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (1888) insekata, posebno *Ips typographus*.

Smrča na planini Tara se nalazi u svom prirodnom arealu, ali relativno nedaleko od južne granice prostiranja. To ukazuje da uslovi za njeno uspevanje i održavanje na delu areala u blizini periferije nisu najoptimalniji. Opšti toplotni uslovi na tom području su prihvatljivi za smrču, ali ona pokazuje izvesnu osetljivost na temperaturne ekstreme u određenim delovima vegetacionog perioda. U području gazdinske jedinice Tara, najzastupljenija vrsta drveća je jela sa udelom od 60,9% u ukupnoj zapremini, sledi bukva sa 20,3% i smrča sa 13,9%. Ostale vrste drveća zauzimaju 4,9% u ukupnoj zapremini (Karaklić, 2021).

1.4. Fenološka istraživanja

Istraživanja do sada nedvosmisleno pokazuju da klimatske promene imaju uticaj na celokupni ekosistem, uključujući i entomofenologiju.

U Srbiji, rezultati bioloških i ekoloških istraživanja ove dve vrste, uglavnom su preuzimani iz inostranih literaturnih izvora, bez provere njihove validnosti za konkretne uslove sredine, a koji se mogu bitno razlikovati, pa samim tim i uticati, na termine pojavljivanja pojedinih razvojnih stadijuma, ukupnu dužinu ciklusa razvika, broj generacija u jednoj godini.

Jedan od ciljeva istraživanja ove doktorske disertacije bio je i utvrđivanje bioloških, fenoloških i ekoloških karakteristika dve najznačajnije vrste smrčinih potkornjaka, osmozubog *Ips typographus* i šestozubog *Pityogenes chalcographus* (Curculionidae, Scolytinae), u konkretnim klimatskim uslovima planine Tare.

1.5. Feromonske klopke

Aktivna abundancija ove dve vrste, zbog skrivenog pod korom domaćina, načina života, određuje se primenom različitih metoda ulova imaga (lovna stabla, feromonske klopke). Upravo zbog toga, u svetu, ali ne i u Srbiji, vršena su ispitivanja njihove pogodnosti i preciznosti (Hrašovec, 1995; Schlyter et al., 2001; Pernek, 2002; Nakládal et al., 2013; Schroeder, 2013; Kasumović et al., 2016; Šramel et al., 2021). U području Nacionalnog parka Tara, od 2013. godine, zbog kontrole brojnosti i smanjenja štetnog uticaja potkornjaka, postavljeno je 1200 naletno-barijernih klopki, modela Theysohn®, kompanije WITASEK PflanzenSchutz GmbH (Austrija) (Tomić & Bezarević, 2014). Trenutno na tržištu postoji još jedna, njena modifikovana verzija, takozvana mokra klopka, a koja poseduje posudu sa vodom.

Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je odabir efikasnijeg tipa feromonske klopke, a na osnovu rezultata detaljnog istraživanja njihove podobnosti i efikasnosti kroz statističku analizu i poređenje broja ulovljenih imaga potkornjaka u isto vreme i jednakim vremenskim intervalima, kao i izrada predloga za njihove, eventualne, konstrukcijske promene.

1.6. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče

Biološka borba, kao deo integralne zaštite šuma, u suštini predstavlja upotrebu prirodnih neprijatelja (patogena, parazitoidea i predatora) s ciljem održavanja brojnosti u populacijama štetočina, na ekonomski prihvatljivom nivou. Biološka borba je jednostavno poseban slučaj u kome su populacije regulisane procesima zavisnim od interakcije predator-plen, parazitoid-domaćin ili patogen-domaćin (Mahr et al., 2008).

Ispitivanje prisustva i karakteristika prirodnih neprijatelja potkornjaka smrče, poput entomopatogenih mikroorganizama, predatora i parazitoidea, od velike je važnosti za upoznavanje biološkog potencijala u sistemu klasične biološke borbe.

Postavljeni ciljevi ovog dela istraživanja bili su:

- Determinacija i popis vrsta predatora i parazitoidea različitih stadija razvića potkornjaka smrče i rasvetljavanje njihove biološke aktivnosti u regulisanju populacionih nivoa domaćina
- Determinacija vrsta patogena potkornjaka smrče i rasvetljavanje njihove biološke aktivnosti u regulisanju populacionih nivoa domaćina
- Determinacija vrsta grinja i rasvetljavanje njihovog odnosa sa istraživanim potkornjacima
- Definisanje uloge smrčinih potkornjaka kao vektora grinja
- Istraživanje prirodnog rasprostranjenja i prisustva entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., (1912)
- Istraživanja biološke efikasnosti komercijalnih bioloških preparata čija je aktivna materija *B. bassiana*
- Mogućnost primene prirodnih neprijatelja u biološkoj borbi protiv potkornjaka smrče

1.7. Diferencijacija polova kod vrste *I. typographus*

Kod većine multidisciplinarnih istraživanja ove dve vrste potkornjaka, neophodno je određivanje pola. Dok se za *P. chalcographus* u literaturnim izvorima, jasno navode morfološke razlike između mužjaka i ženki (Karaman, 1971; Pfeffer, 1995), takvih podataka za *I. typographus* gotovo da i nema, a sigurna diferencijacija je moguća jedino uz disekovanje i mikroskopski pregled genitalija (Annala, 1969). Do sada su utvrđene razlike u veličini tuberkule, gustini dlaka u predelu fronsa i veličina trećeg zuba na obronku (Schlyter & Cederholm, 1981). Pomenuti karakteri su vidljivi pod velikim uvećanjem. Novi morfološki karakteri koji će omogućiti jasnije razlikovanje polova, pri manjem uvećanju, smanjili bi vreme obrade, obično enormnog broja jedinki, te se postavljaju kao jedan od ciljeva ovog istraživanja.

2. ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA

2.1. Istorijat fenoloških istraživanja

Dosadašnja istraživanja ukazuju da potkornjaci smrče imaju različite karakteristike razvoja u zavisnosti od nadmorske visine. Annila (1969), Zahradník (2007) i Kasumović (2016), navode da potkornjaci smrče na nižim nadmorskim visinama, do 700 m, razvijaju više generacija, dok na višim, iznad 1000 m, razvijaju samo jednu.

U toplim krajevima, *I. typographus* može ostvariti i do tri generacije sve dok skraćivanje dužine dana u kasno leto ne izazove dijapauzu (Doležal & Sehnal, 2007).

Razvojni stadijumi koji se mogu identifikovati kod potkornjaka smrče su jaje, larva (III stupnja), lutka i odrasla jedinka (imago) (Sauvard, 2004). Stadijum jajeta traje oko nedelju dana (Zahradník, 2007; Vakula et al., 2014). Prema Anilli (1969), stadijum jajeta kod vrste *I. typographus* traje 12 dana pri temperaturi od 14°C i 3,5 dana pri 24°C. Za stadijum larve je potrebno između 9 (pri 14°C) i 31 dan (pri 24°C) (Annala, 1969). Prosečno trajanje stadijuma larve je između tri i četiri nedelje, dok je za stadijum lutke potrebno do dve nedelje (Annala, 1969).

U proseku, celokupan razvoj potkornjaka smrče traje do dva i po meseca. Za vrstu *I. typographus*, taj period je između 50 i 70 dana, dok je za *P. chalcographus* potrebno između 50 i 84 dana (na višim nadmorskim visinama) (Annala, 1969; Fora et al., 2007; Zahradník, 2007; Kasumović, 2016).

Stepen-dani (Degree Days) ili stepeni-dani potrebni za rast (Growing Degree Days) često se koriste za opisivanje toplotnih potreba živih organizama i procenu brzine njihovog razvoja pod određenim termičkim uslovima. Za određenu biljnu vrstu i fazu rasta, stepeni-dani predstavljaju količinu toplote potrebne za obavljanje svih procesa karakterističnih za tu fazu razvoja. Stepeni-dani (DD) se često koriste za procenu dinamike rasta biljaka i štetnih organizama, kao i za planiranje aktivnosti kao što su praćenje razvoja štetočina i bolesti i sprovođenje zaštitnih mera (Prentice et al., 1992; Lalić et al., 2021).

Kada je reč o potkornjacima smrče, utvrđeno je da je za vrstu *I. typographus* potrebno 334,2 akumuliranih stepeni-dana za razvoj od jajeta do lutke i 222,8 za razvoj do potpuno zrelog imaga (Wermelinger & Seifert, 1998).

Ukupan termalni zbir (termalna suma) potrebna za celokupan razvoj iznosi 557 akumuliranih stepeni-dana. Istraživanja su pokazala da pri temperaturi od 20°C, *I. typographus* izvrši razvoj od jajeta do imaga za 29 dana (Wermelinger & Seifert, 1998).

Dosadašnja istraživanja su uzimala u obzir različite termalne pragove. Wermelinger i Seifert (1998) su koristili termalni prag od 8,3°C za vrstu *I. typographus*, dok je Anilla (1969) koristio 5°C. Mnogi autori su se oslonili na istraživanja Wermelinger-a i Seifert -a (1998) i koristili termalni minimalni prag od 8,3°C (Baier et al., 2007; Faccoli, 2009). Na primer, pri termalnom pragu od 5 stepeni Celzijusa, potrebno je između 625 i 770 akumuliranih stepeni-dana za celokupan razvoj osmozubog potkornjaka smrče (Jönsson et al., 2007), dok je pri 8,3°C potrebno između 557 i 563 (Baier et al., 2007; Faccoli, 2009).

2.2. Istorijat istraživanja feromonskih klopki

Upotreba feromonskih klopki, potekla je pre svega, od potrebe da se zamene do tada korišćena lovna stabla, a kao novija praktičnija metoda u integralnoj zaštiti šuma. Ideje o korišćenju laboratorijski dobijenih feromona, nastala je kao rezultat dugoročnih istraživanja potkornjaka. Sakupljanje i masovni napadi na novog domaćina, obuhvataju uzajamno delovanje privlačućih kairomona, proizvedenih od strane domaćina i agregacionih feromona proizvedenih od strane štetnih insekata (Borden, 1989). Prve komponente agregacionih feromona izolovanih iz potkornjaka identifikovane su 1966. godine kao mešavina hemijskih jedinjenja ipsdienola ($C_{10}H_{16}O$), ipsenola ($C_{10}H_{18}O$) i verbenola ($C_{10}H_{16}O$) (Blomquist et al., 2010). Od tada su identifikovane njihove brojne dodatne komponente, kao i antiagregacioni feromoni, pri čemu su mnogi od njih monoterpenoidi. Kako je većina potkornjaka povezana samo sa jednom ili nekoliko srodnih vrsta biljaka domaćina, uočena je strukturna sličnost između glavnih komponenti feromona potkornjaka i monoterpena domaćina. Agregacione (populacione) feromone potkornjaci, uglavnom, proizvode u tkivu srednjeg creva. Međutim, kod mužjaka *P. chalcographus*, sinteza agregacionog feromona odvija se u predelu glave i toraksa, a ne u abdominalnoj regiji (Tillman et al., 1999). Za potkornjake smrče identifikovane su sledeće komponente agregacionih feromona: alfa-pinen ($C_{10}H_{16}$) verbanol ($C_{10}H_{18}O$), cis-verbenol ($C_{10}H_{16}O$), chalcogran ($C_9H_{16}O_2$), ipsenol ($C_{10}H_{18}O$), limonen ($C_{10}H_{16}$), trans-verbenol ($C_{10}H_{16}O$) (Francke et al., 1977; Mori et al., 1979; Byers et al., 1989; Birgersson et al., 1990; Rudinsky et al., 2009).

Agregacioni feromoni, koji privlače oba pola, zapravo predstavljaju kombinaciju tri komponente - ipsenola, 2-metil-3buten-diola i (S)cis-verbenola. U prirodi, (S)cis-verbenol privlači imaga potkornjaka dok su ipsenol i 2-metil-3buten-diol, zaslužni za spuštanje i ubušivanje u biljku domaćina.

Istovremeno sa laboratorijskom sintezom prvog feromona, počelo se sa kreiranjem najboljeg oblika i veličine klopke (Bakke, 1982), a koje su na osnovu razlika u principu lovljenja, podeljene u dve grupe: dolente i naletne (barijerne). Na doletnu, potkornjak mora da sleti i da potraži otvor, kako bi ušao i upao u nju, dok se kod barijerne dešava to da insekt naleće na barijeru, udara i pada u klopku. Barijerne klopke beleže veći i efektivniji ulov za razliku od doletnih. Ovakav uspeh dostignut je zahvaljujući samom dizajnu, gde nema potrebe da potkornjak traži ulaz. Feromonske klopke su namenjene za ulov pre svega ciljanih vrsta, za koje se upotrebljava odgovarajući feromon, međutim, isti mirisi privlače i druge insekte, od kojih su najvažniji njihovi prirodni neprijatelji.

Celokupna efektivnost klopki ocenjuje se i kroz analizu ulova neciljanih insekata, pre svega prirodnih neprijatelja potkornjaka i njihove relativne abundancije, procentualnog učešća u ukupnom broju sakupljenih imaga svih vrsta insekata (Bakke & Kvamme, 1978, 1981; Pernek & Hrašovec, 2003, 2005; Kasumović et al., 2016; Lovrić, 2021).

Temperatura vazduha je jedna od osnovnih faktora koja utiče na biologiju potkornjaka, te je ustanovljeno da je za njihov let optimalna između 22 i 26°C, a minimalna 16,5°C (Wermelinger, 2004).

2.3. Istorijat istraživanja prirodnih neprijatelja potkornjaka smrče

Prirodne neprijatelje potkornjaka smrče možemo okarakterisati kao organizme koji svojim direktnim ili indirektnim delovanjem utiču na smanjenje brojnosti ciljane vrste. Do sada je utvrđeno nekoliko različitih interakcija, kao i to da se prirodni neprijatelji mogu direktno hraniti potkornjacima, razvijati svoje potomstvo na i u njima i to da ih mogu koristiti zarad sopstvenog razvića, izazivajući razna oboljenja. Tri su osnovne grupe koje se mogu podeliti među prirodnim neprijateljima: predatori, parazitoidi i patogeni. Njihova uloga je od izuzetne važnosti u celokupnoj ekološkoj ravnoteži. Poznavanje njihove biologije i interakcije sa samim potkornjacima ima izuzetno važnu ulogu u celokupnom saznanju o potkornjacima.

Dosadašnja istraživanja nešto više obrađuju insekte predatore [*Nudobius lentus* (Gravenhorst, 1806), *Platysoma elongatum* (Thunberg, 1787), *Rhizophagus bipustulatus* Herbst, 1793, *R. depressus* (Fabricius, 1792), *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758)] i parazitoide [*Coeloides bostrichorum* Giraud 1872, *Rhopalicus tutela* (Walker, 1836), *Dendrosoter middendorffii* (Ratzeburg, 1848), *Tomicobia seitneri* (Ruschka, 1924), *Dinotusculus eupterus* (Walker, 1836), *Cosmophorus cembrae* Ruschka, 1925](Feicht, 2006; Kenis et al., 2007; Lipták et al., 2013; Fora et al., 2014), kao i entomopatogene viruse (Entomopoxvirus ItEPV), mikrosporidije (*Chytridiopsis typographi* J.Weiser, 1970, *Nosema typographi* J.Weiser, 1955, *Unikaryon montanum* J.Weiser, Wegenst. & Zizka, 1998, bakterije (*Bacillus thuringiensis* Berliner 1915, *B. sphaericus* Meyer & Neide, 1904, *Proteus vulgaris* Hauser, 1885), gljive (*Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill., (1912), *B. caledonica* Bissett & Widden, 1988, *B. brongniartii* (Sacc.) Petch, 1926, *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fr. 1832, *Akanthomyces lecanii* (Zimm.) Spatafora, Kepler & B. Shrestha 2017, protozoe (*Gregarina typographi* Fuchs, 1915) i nematode (*Neoditylenchus*, *Sychnotylenchus*, *Parasitaphelenchus*, *Ektaphelenchus*, *Parasitorhabditis*) (Weiser et al. 1998; Handel et al. 2003; Takov et al. 2011; Wegensteiner et al. 2015).

2.3.1. Istraživanja patogeni smrčevih potkornjaka

Razni entomopatogeni koji napadaju insekte, mogu izazvati pojedinačna uginuća, pa čak i krah čitave populacije. Smatra se da su istraživanja o patogenima potkornjaka započela pronalaskom *Gregarina typographi* Fuchs, 1915 na *I. typographus* kao domaćinu, pre više od sto godina (Fuchs, 1915). Jedna od najčešće prisutnih vrsta koja se lako može uočiti na uginulim jedinkama potkornjaka jeste entomopatogena gljiva *B. bassiana*.

Simbiotski odnosi gljiva i potkornjaka se mogu okarakterisati pre svega kao parazitski, međutim, sreću se i drugi oblici, poput mutualističkog². Više od 750 vrsta gljiva su evidentirane kao entomopatogeni insekata (Ramanujam et al., 2014). Razdele *Ascomycota* i *Zygomycota* čine brojne parazitske vrste koje utiču na brojnost raznih insekatskih grupa (Hajek & Leger, 1994; Zimmermann, 2007; Tabaković-Tošić, 2012; Hock, 2012; Pell et al., 2010).

Među najvažnijim entomopatogenim gljivama koje su našle primenu u biološkoj borbi, mogu su pomenuti: *Beauveria spp.*, *Isaria spp.*, *Metarhizium spp.*, i dr. (Inglis et al., 2001).

Po savremenoj sistematici anamorfnu rod *Beauveria* pripada razdelu *Ascomycota*, redu *Hypocreales*, familiji *Clavicipitaceae*. Polni stadijum (teleomorf) *Cordyceps bassiana* Z.Z.Li, C.R.Li, B.Huang & M.Z.Fan, 2001, opisan je prvi put u Kini (Li et al., 2001; Sung et al., 2007). U poslednjih dvadesetak godina, zahvaljujući naglom razvoju molekularno-genetskih metoda, sistematika roda *Beauveria*, je doživela velike promene, te je u njega uključeno 12 do sada, pod različitim sinonimima, opisanih vrsta³.

Prema Beug et al. (2014), osnovne morfometrijske karakteristike životnih formi *B. bassiana* su:

- Micelija bela, snežno-bela, praškasta ili somotasta, kasnije malo požuti, prorasta na površinu insekta ispod krila ili između segmenata, često pokriva celo telo insekta.
- Hife nepravilno razgranate, septirane, 1,7-2,8 µm, tankih zidova, bezbojne.
- Konidiofori pravi, prošireni u osnovi, sa cik-cak završecima (*denticulate rachis*).
- Konidije okrugle ili jajaste, 2-3 x 1,7-2,5 µm, bezbojne.

Prirodno se javlja na svim kontinentima izuzev Antarktika, gde je sastavni deo mikrobiološke flore i putem epizootija reguliše populacije insekata u prirodnim sredinama. Poznata je kao patogen preko 700 insekatskih vrsta iz 9 redova (Uribe & Khachatourians, 2004; Vega et al., 2008; Dara et al., 2019; Zhang et al., 2020), među kojima su i potkornjaci smrče (Handel et al., 2003; Wegensteiner, 2004; Takov et al., 2006; Mudrončková et al., 2013; Wegensteiner et al., 2015b, 2015a). Primenjuje se u klasičnoj biološkoj borbi protiv ekonomski štetnih grinja i insekata u poljoprivrednoj proizvodnji (Shah & Pell, 2003; Goble et al., 2015).

Ciklus infekcije patogenom gljivom *B. bassiana* počinje prijanjanjem aseksualnih spora na kutikulu, njihovim klijanjem - formiranjem inicijalnih hifa i/ili apresorijuma, i prodiranjem u hemolimfu domaćina. Penetracija kroz kutikulu insekata je prvi korak entomopatogene infekcije, koja uključuje mehaničku silu, enzime koji razgrađuju kutikulu (hitinaza, lipaza, itd.) i hife koje prodiru u ćeliju domaćina (Ávila-Hernández et al., 2020; Wang et al., 2021). Razgradnja hitina i proteina, odnosno kutikule, olakšava prodiranje hifa u hemolimfu domaćina. Konidije kličaju i formiraju hife, a zatim luče različite insekticidne toksine, sekundarne metabolite poput bovericina, basianina, oosporina, oksalne kiseline, kristala kalcijum oksalata i drugih analoga bovericina (Lewis et al., 2009; Wang et al., 2021).

² Neki predstavnici ambrozija potkornjaka (potfamilije Scolytinae i Platypodinae), poznati su po posebnim jamama, (džepovima), na telu (mikangija- *mycangium*) koje služe za transport spora gljiva u njihove galerije. Razgrađeni ksilem od strane gljiva, postaje izvor nutritivenata za potkornjake (Hulcr & Stelinski, 2017). Jedan od značajnijih primera vektorskog odnosa potkornjaka i gljiva je prenos holandske bolesti bresta (*Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. 1934), od strane potkornjaka iz roda *Scolytus* (Marković & Stojanović, 2011). Još jedan primer mutualističkog odnosa susrećemo kod osmozubog potkornjaka smrče (*I. typographus*) i *Endoconidiophora polonica* (Siemaszko) Z.W. de Beer, T.A. Duong & M.J. Wingf., 2014 (homotipski sinonimi: *Ophiostoma polonicum* Siemaszko, 1939; *Ceratocystis polonica* (Siemaszko) C. Moreau, 1952) veoma virulentne gljive koja pomaže u naseljavanju potkornjaka menjajući odbrambene komponente stabla, poput smole (Christiansen & Horntvedt, 2009; Six & Wingfield, 2011; De Beer et al., 2014).

³ *B. bassiana*, *B. amorpha*, *B. asiatica*, *B. australis*, *B. brongniartii*, *B. caledonica*, *B. kipukae*, *B. pseudobassiana*, *B. malawiensis*, *B. sungii*, *B. varroae* i *B. vermiconia* (Rehner et al., 2011).

Bovericin je jedan od najvažnijih toksina, a njegovi derivati pokazuju citotoksičnost, kao i insekticidnu aktivnost. Oosporin poseduje baktericidno i fungicidno svojstvo, te utiče na blokiranje imunog sistema domaćina (Feng et al., 2015).

Kada se nađu u hemolimfi, spore trpe morfogenetičku diferencijaciju na blastospore kako bi konzumirale hranljive materije, kolonizovale unutrašnja tkiva i izbegle imuni odgovor podržan lučenjem toksina (Ávila-Hernández et al., 2020).

Uspešan razvoj *B. bassiana* unutar domaćina zasniva se na prevazilaženju njegovog odbrambenog mehanizma i reakcije hemocita. Utvrđeno je da se tri dana nakon infekcije, broj granulocita drastično smanjuje (Hajek & Leger, 1994).

2.3.2. Istraživanja predatora smrčinih potkornjaka

Predatori su generalisti koji naseljavaju uglavnom donje, deblje, partije stabla u kojima se razvijaju i dolaze u isto vreme, ili pak ranije, u odnosu na plen (Wegensteiner et al., 2015b). Zglavkari (Arthropoda) su jedni od najdominantnijih predstavnika predatora potkornjaka. Prema dosadašnjim literaturnim podacima (Wigger, 1996; Tykarski, 2006; Hedgren, 2007; Kenis et al., 2007; Fora et al., 2012; Wermelinger et al., 2013; Wegensteiner et al., 2015b) faunu najvažnijih ili najefikasnijih, predatora čine 4 vrste paukova [Acarophenacidae (1), Digamasellidae (1), Pyemotidae (1), Tarsonemidae (1)] i 53 insekatske vrste [COLEOPTERA: Cleridae (2), Histeridae (4), Laemophloeidae (1), Nitidulidae (5), Monotomidae (4), Salpingidae (5), Staphylinidae (7), Tenebrionidae (1), Trogossitidae (1); DIPTERA: Asilidae (1), Dolichopodidae (10), Lonchaeidae (5), Pallopteridae (1), Stratiomyidae (1); HETEROPTERA: Anthocoridae (1); NEUROPTERA: Chrysopidae (1)] (Tabela 5).

Tabela 5: Najvažnije predatorske vrste potkonjaka smrče

Predator	Domaćin	
	<i>I. typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>
COLEOPTERA		
Cleridae		
<i>Thanasimus femoralis</i> (Zetterstedt, 1828)	+	+
<i>Thanasimus formicarius</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Histeridae		
<i>Platysoma elongatum</i> (Thunberg, 1787)		+
<i>Platysoma lineare</i> Erichson, 1834		+
<i>Plegaderus discisus</i> Erichson, 1839		+
<i>Plegaderus vulneratus</i> (Panzer, 1797)	+	
Laemophloeidae		
<i>Cryptolestes spartii</i> (Curtis, 1834)		+
Nitidulidae		

Predator	Domaćin	
	<i>I. typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>
<i>Epuraea marseuli</i> Reitter, 1873	+	
<i>Epuraea pygmaea</i> (Gyllenhal, 1808)	+	
<i>Epuraea rufomarginata</i> (Stephens, 1830)	+	
<i>Epuraea thoracica</i> Tournier, 1872	+	
<i>Glischrochilus hortensis</i> (Geoffroy, 1785)	+	
Monotomidae		
<i>Rhizophagus bipustulatus</i> (Fabricius, 1792)	+	+
<i>Rhizophagus cribratus</i> Gyllenhal, 1827	+	
<i>Rhizophagus depressus</i> (Fabricius, 1792)	+	
<i>Rhizophagus ferrugineus</i> (Paykull, 1800)	+	
Salpingidae		
<i>Rabdocerus foveolatus</i> (Ljungh, 1823)	+	
<i>Rabocerus gabrieli</i> (Gerhardt, 1901)	+	
<i>Salpingus planirostris</i> (Fabricius, 1787)	+	+
<i>Salpingus ruficollis</i> (Linnaeus, 1761)	+	+
<i>Sphaeriestes castaneus</i> (Panzer, 1796)	+	+
Staphylinidae		
<i>Aleochara sparsa</i> Heer, 1839	+	+
<i>Nudobius lentus</i> (Gravenhorst, 1806)	+	+
<i>Phloeopora testacea</i> (Mannerheim, 1830)	+	+
<i>Placusa depressa</i> Mäklin, 1845	+	+
<i>Placusa tachyporoides</i> (Waltl, 1838)	+	
<i>Quedius laevigatus</i> (Gyllenhal, 1810)	+	
<i>Quedionuchus plagiatus</i> (Mannerheim, 1843)	+	
Tenebrionidae		
<i>Corticeus linearis</i> (Fabricius, 1790)	+	+
Trogossitidae		
<i>Nemosoma elongatum</i> (Linnaeus, 1760)	+	+
DIPTERA		
Asilidae		

Predator	Domaćin	
	<i>I. typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>
<i>Laphria flava</i> (Linnaeus, 1761)	+	
Dolichopodidae		
<i>Medetera ambigua</i> (Zetterstedt, 1843)	+	
<i>Medetera adjaniae</i> Gosseries, 1989	+	
<i>Medetera dendrobaena</i> (Kowarz, 1878)	+	+
<i>Medetera dichrocera</i> (Kowarz, 1878)	+	+
<i>Medetera excellens</i> Frey, 1909	+	
<i>Medetera infumata</i> Loew, 1857	+	
<i>Medetera pinicola</i> (Kowarz, 1878)	+	
<i>Medetera setiventris</i> Thuneberg, 1955		+
<i>Medetera signaticornis</i> Loew, 1857	+	
<i>Medetera vagans</i> (Becker, 1917)	+	
Lonchaeidae		
<i>Lonchaea bruggeri</i> Morge, 1967	+	
<i>Lonchaea fugax</i> Becker, 1895	+	
<i>Lonchaea helvetica</i> MacGowan, 2002	+	
<i>Lonchaea scutellaris</i> (Rondani, 1875)	+	
<i>Lonchaea zetterstedti</i> Becker, 1902	+	
Pallopteridae		
<i>Palloptera ustulata</i> Fallén, 1820	+	
Stratiomyidae		
<i>Zabrachia minutissima</i> (Zetterstedt, 1838)	+	
HETEROPTERA		
Anthocoridae		
<i>Scoloposcelis pulchella</i> (Zetterstedt, 1838)	+	+
NEUROPTERA		
Chrysopidae		
<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836)	+	

Predator	Domaćin	
	<i>I. typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>
RAPHIDIOPTERA		
Raphidiidae		
<i>Dichrostigma flavipes</i> (Stein, 1863)	+	
<i>Phaeostigma notatum</i> (Fabricius, 1781)	+	
<i>Puncha ratzeburgi</i> (Brauer, 1876)	+	
ACARI		
Acarophenacidae		
<i>Aethiophenax ipidarius</i> (Redikorzev, 1947)	+	
Digamasellidae		
<i>Dendrolaelaps quadrisetus</i> (A.Berlese, 1920)	+	
Pyemotidae		
<i>Pyemotes dryas</i> (Vitzthum, 1923)	+	
Tarsonemidae		
<i>Iponemus gaebleri</i> (Schaarschmidt, 1959)	+	
AVES		
Picidae		
<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	+	
<i>Dryocopus martius</i> Linnaeus, 1758	+	+
<i>Picoides tridactylus</i> (Linnaeus, 1758)	+	

Insekti iz reda Coleoptera su jedni od najistraživanijih predatora potkornjaka, ujedno i najvažniji. Karakteristično za ove insekte je da su i larva i imago predatori. Među najistraživanijim vrstama su *Thanasimus formicarius*, *Rhizophagus depressus* i *Nemosoma elongatum* (Kenis et al., 2007). Insekti familije Cleridae, se smatraju jednim od najvažnijih i najistraživanijih vrsta koje su u stalnoj interakciji sa velikim brojem potkornjaka (Weslien & Regnander, 1992). Najpoznatiji predstavnik familije Cleridae *T. formicarius*, može da umanji nivo populacije *I. typographus* za 18% (Mills, 2009). Istraživanje je pokazalo da je predator više od 20 vrsta potkornjaka iz rodova *Ips*, *Pityogenes*, *Tomicus*, *Polygraphus*, *Hylesini*, *Hylaster*, *Scolytus* i *Dendroctonus* (Schroeder, 1996).

Dokazano je da ovaj izuzetni predator poseduje na svojim antenama receptore koji reaguju na veliki broj sintetičkih agregacionih feromona, koji takođe privlače potkornjake (Wegensteiner et al., 2015b), što za rezultat donosi veliki broj ulovljenih jedinki u feromonskim klopkama, čak u razmeri 1:4 (*T. formicarius*:

I. typographus) (Bakke & Kvamme, 1978). Istraživanja Kenis-a i saradnika (2007) su pokazala da *T. formicarius* ubije 57-627 larvi osmozubog smrčinog potkornjaka (*I. typographus*) na 1000 cm².

Rod *Rhizophagus* u Evropi ima 14 opisanih vrsta koje žive pod korom, od kojih se *R. depressus* i *R. dispar* direktno povezuju sa smrčinim potkornjacima *P. chalcographus* i *I. typographus*. Larva vrste *R. depressus* je saprofag i predator. Utvrđeno je da larva ove vrste pojede do 14 larvi potkornjaka, a njen imago jednu. Svi stadijumi predatora konzumenti su jaja plena (Kenis et al., 2007).

Široko rasprostranjen generalist potkornjaka koji nastanjuju četinarske i lišćarske vrste drveća, predator *N. elongatum*, najviše se povezuje sa potkornjakom smrče *P. chalcographus*. I ova vrsta pozitivno reaguje na sintetičke agregacione feromone za *P. chalcographus* (Wigger, 1996; Dippel et al., 1997; Kenis et al., 2007; Fora et al., 2014).

Predator *N. lentus*, je takođe, čest u feromonskim klopnama. Poznato je da se njegove larve i imaga mogu hraniti potkornjacima, ali njihova veza još uvek nije tačno definisana (Kenis et al., 2007).

Predatorske vrste *Diptera*, takođe se hrane larvama potkornjaka, ali i drugih insekata. Muve familije Dolichopodidae, poput *Medetera aldrichii* Wheeler, 1899, dolaze ranije na napadnuto stablo, ležu jaja u blizini ulaza u galerije iz ventilacionih otvora, što omuogućava da mlada larva uđe u galerije potkornjaka. Mogu dostići gustinu od 10 larvi na 100 cm² stabla i izazvati smrtnost potkornjaka 70-90% (Dippel et al., 1997; Kenis et al., 2007). *Toxoneura usta* (Meigen, 1826) (*Diptera*: Pallopteridae), se hrani svim razvojnim stupnjevima domaćina. Grabljive muve iz familije Asilidae, nisu samo vezane za potkornjake, ali su im i oni u lancu ishrane, kao i ostali insekti koji žive pod korom drveta (Kenis et al., 2007). Kada je reč o grinjama kao predatorima potkornjaka smrče, dokazano je da se *D. quadrisetus* hrani jajima *I. typographus* (Khaustov et al., 2018).

Među pticama (*Aves*) koje su prepoznate kao predatorske vrste potkornjaka možemo izdvojiti familiju Picidae. U Evropi vrste poput crne žune (*Dryocopus martius* L.), velikog detlića (*Dendrocopos major* L.) i troprstog detlića (*Picoides trydactylus* L.) se navode kao predatori potkornjaka (Kenis et al. 2007; Wegensteiner et al. 2015).

Kada su u pitanju prirodni neprijatelji potkornjaka smrče, u Srbiji, oskudna istraživanja su vršena samo za parazitoidni kompleks (Bouček, 1977; Marković & Stojanović, 2010).

2.3.3. Istraživanja parazitoida smrčinih potkornjaka

Evaluacija parazitoidnog kompleksa potkornjaka, do sada je nailazila na niz prepreka, usled kriptičnog, pod korom, načina života domaćina, kao i činjenice da je materijal za razmnožavanje ujedno i dom za više vrsta (Kenis et al., 2007). Prema razvojnom stadijumu domaćina i mestu parazitiranja, izvršena je osnovna podala na parazitoidne jaja, endoparazitoidne i ektoparazitoidne larvi i endoparazitoidne imaga. Parazitoidi jaja potkornjaka smrče nisu evidentirana (Kenis et al., 2007).

Kod drugih vrsta potkornjaka evidentirani su parazitoidi jaja poput, *Trichogramma semblidis* (Aurivillius, 1898) (*Chalcidoidea*: Trichogrammatidae), parazitoid jaja jasenovog potkornjaka (*Hylesinus fraxini* (Panzer, 1779) za koga je utvrđeno da u Poljskoj parazitira između 11 i 14% jaja (Michalski & Seniczak, 1974).

Entedon ergias Walker, 1839 (Chalcidoidea: Eulophidae), takođe je parazitoid jaja i to potkornjaka koji napadaju lišćare, među kojima je najistraženija vrsta *Scolytus scolytus* (Fabricius, 1775). Istraživanja u Srbiji pokazuju da je ova vrsta jedna od najvažnijih u regulaciji brojnosti hrastovog potkornjaka *S. intricatus* (Ratzeburg, 1837) (Marković, 1999). Ektoparazitoidi larve, na osnovu načina parazitiranja, mogu se podeliti na one koji uđu u galeriju kako bi parazitirali (kriptoparazitoidi), ili one koji parazitiraju larve preko kore. Holarktička vrsta *Roptrocercus xylophagorum* (Ratzeburg, 1844) (Chalcidoidea: Pteromalidae) je polifagna i parazitoid većeg broja vrsta potkornjaka četinara. Ženka polaže jaja na larve, a nekada i na lutke, u galeriji (Kenis et al. 2007). Parazitoidni kompleks potkornjaka smrče objedinjen je dosadašnjim istraživanjima (Haeselbarth, 1967; Faccoli, 2000; Handel et al., 2003; Hilszczański et al., 2007; Wermelinger et al., 2012; Lipták et al., 2013; Amini et al., 2016; Podlesnik et al., 2017; Wegensteiner et al., 2017) (Tabela 6).

Tabela 6: Parazitoidi potkornjaka smrče

Parazitoid	Tipa parazitizma	Domaćin	
		<i>I. typographus</i>	<i>P. chacographus</i>
Braconidae			
<i>Coeloides bostrichorum</i> Giraud, 1872	△	+	+
<i>Cosmophorus cembrae</i> Ruschka, 1925	⊕		+
<i>Cosmophorus klugi</i> Ratzeburg, 1848	⊕	+	
<i>Cosmophorus regius</i> Niezabitowski, 1910	⊕	+	
<i>Caenopachys hartigii</i> (Ratzeburg, 1848)	△	+	
<i>Dendrosoter middendorffii</i> (Ratzeburg, 1848)	△	+	
<i>Ecphylus silesiacus</i> (Ratzeburg, 1848)	△		+
<i>Ropalophorus clavicornis</i> (Wesmael, 1835)	⊕	+	
Pteromalidae			
<i>Dinotiscus eupterus</i> (Walker, 1836)	△‡	+	+
<i>Heydenia pretiosa</i> Forster, 1856	△	+	
<i>Mesopolobus typographi</i> (Ruschka, 1924)	⊕‡	+	
<i>Rhopalicus quadratus</i> (Ratzeburg, 1844)	△		+
<i>Rhopalicus tutela</i> (Walker, 1836)	△	+	+
<i>Roptrocercus brevicornis</i> Thomson, 1878	○		+
<i>Roptrocercus mirus</i> (Walker, 1834)	○	+	

<i>Roptrocercus xylophagorum</i> (Ratzeburg, 1844)	○	+	+
<i>Tomicobia seitneri</i> (Ruschka, 1924)	⊕	+	
Eurytomidae			
<i>Eurytoma arctica</i> Thomson, 1876	△	+	
<i>Eurytoma blastophagi</i> Hedqvist, 1963	△	+	
<i>Eurytoma morio</i> Boheman, 1836	△	+	+

Legenda:

△	Ektoparazitoid larve
○	Kriptoparazitoid larve
⊕	Endoparazitoid imaga
‡	Hiperparazitoid

Veći je broj insekata koji parazitiraju larve preko kore stabla, a to su vrste iz familija Braconidae, Pteromalidae, Ichneumonidae, Eurytomidae, Torymidae i Eupelmidae. Za osmozubog smrčinog potkornjaka (*I. typographus*), vezuju se parazitoidi *C. bostrichorum*, *R. tutela*, *D. middendorffii* i *T. seitneri*, dok se za šestozubog (*P. chalcographus*), najviše navode *E. hylesini*, *D. euplerus*, *C. cembrae* i *T. pityophthori* (Haeselbarth, 1967; Pettersen, 1976; Hilszczański et al., 2007; Kenis et al., 2007). Parazitoidi lociraju domaćina, hodajući po kori stabla, nakon lociranja parazitiraju larvu ili lutku, polažući po jedno jaje, koje se razvija brzo, a često prezimljavaju u fazi lutke u samoj galeriji potkornjaka (Kenis et al., 2007). Kako je lociranje plena povezano sa feromonima, prisustvo parazitoida poput *T. pityophthori* i *T. seitneri*, nije retka pojava u feromonskim klopama (Lobinger & Feicht, 1999; Faccoli, 2000; Feicht, 2006).

2.3.4. Istraživanja grinja potkornjaka smrče

Odnos grinja i potkornjaka još uvek nije u potpunosti razjašnjen. Za sada je utvrđeno da može biti benefitan, neutralan ili štetan (Raffa et al., 2015). Poznati su odnosi u kojima su grinje vektori gljiva koje potpomažu potkornjacima da savladaju odbrambeni mehanizam stabla, poput grinja *Tarsonemus* sp., koje su nosioci spora gljive *Ceratocystis minor* (Hedgc.) J. Hunt 1956, a koja utiče na strukturne osobine stabla, te pomaže potkornjaku *Dendroctonus frontalis* Zimmermann 1868 (Bridges and Moser, 1983). Takođe je evidentirano da se grinje mogu hraniti i nematodama štetnim za potkornjake (Raffa et al., 2015). Sa druge strane, vrste roda *Iponemus* Beer & Nucifora, 1965, kao i vrsta *Dendrolaelaps quadrisetus* (Berlese, 1920), su utvrđene kao predatori potkornjaka, a koje se hrane jajima i larvama, te pomažu u regulaciji brojnosti (Kinn, 1967; Seeman & Walter, 2023).

Dostupni literaturni podaci najviše opisuju grinje kao ništa više do slepe putnike na potkornjacima (Walter & Proctor, 2013), te ovaj fenomen nazivaju forezija⁴. Ovakav kontakt ne bi trebao da ima ikakve posledice na potkornjake, međutim, ustanovljeno je da su foretičke grinje više paraziti nego simbionti potkornjaka (Seeman & Walter, 2023). Istraživanja koja su sprovedena u 12 zemalja (Bugarska, Hrvatska, Češka, Finska, Gruzija, Nemačka, Poljska, Rumunija, Rusija, Slovačka, Švedska i Turska) rezultirala su popisom 95 vrsta grinja (Tabela 7), koje su pronađene na potkornjacima smrče (Moser & Bogenschütz, 1984; Moser et al., 1989a; Pernek et al., 2008; Takov et al., 2009; Gwiazdowicz et al., 2012; Vrabec et al., 2012; Čejka & Holuša, 2014; Khaustov et al., 2016, 2018; Pfammatter et al., 2016; Poliță et al., 2016; Wirth et al., 2016; Paraschiv & Isaia, 2020; Cilbircioğlu et al., 2021) (Tabela 7).

Tabela 7: Grinje asocirane sa potkornjacima smrče

Simbiont ili parazit Grinja	Simbiont ili domaćin	
	<i>I. typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>
ASTIGMATA		
Hemisarcoptidae		
<i>Superioropus huronmontanus</i> OConnor and Houck, 1989	+	
HETEROSTIGMATA		
Dolichocybidae		
<i>Dolichocybe sibirica</i> Khaustov, 2017	+	
Pygmephoridae		
<i>Microdispodides moseri</i> Khaustov, 2018	+	
Scutacaridae		
<i>Scutacarus muscoticola</i> Sevastianov, 1983	+	
<i>Scutacarus palustris</i> Rack, 1966	+	
<i>Scutacarus pseudoplurisetus</i> Khaustov, 2017	+	
<i>Scutacarus scolyti</i> Mahunka and Moser, 1982	+	
MESOSTIGMATA		
Ameroseiidae		
<i>Ameroseius sculptilis</i> Berlese, 1916	+	
Ascidae		

⁴ Simbioza različitih vrsta u kojoj veći simbiont nosi manjeg. Jedan vid komensalizma.

<i>Gamasellodes tatricus</i> Gwiazdowicz and Walter, 2005	+	
<i>Lasioseius ometes</i> (Oudemans, 1903)	+	
<i>Lasioseius penicilliger</i> Berlese, 1916	+	
<i>Proctolaelaps fiseri</i> (Samsinak, 1960)	+	+
<i>Proctolaelaps hystricoides</i> Lindquist and Hunter, 1965	+	
<i>Proctolaelaps jueradeus</i> (Schweizer, 1949)	+	
Celaenopsidae		
<i>Pleuronectocelaeno austriaca</i> von Vitzthum, 1926	+	
<i>Pleuronectocelaeno barbara</i> Athias-Henriot, 1959	+	+
<i>Pleuronectocelaeno japonica</i> Kinn, 1991	+	
Digamasellidae		
<i>Dendrolaelaps apophyseus</i> Hirschmann, 1960	+	
<i>Dendrolaelaps disetosimilis</i> Hirschmann, 1960	+	
<i>Dendrolaelaps disetus</i> Hirschmann, 1960	+	
<i>Dendrolaelaps pini</i> Hirschmann, 1960	+	
<i>Dendrolaelaps quadrisetus</i> (Berlese, 1920)	+	+
Macrochelidae		
<i>Macrocheles glaber</i> (Müller, 1860)	+	
Neopygmephoridae		
<i>Coleopygmephorus bogenschutzi</i> (Mahunka and Moser 1982)	+	
<i>Coleopygmephorus typographus</i> Khaustov, 2017	+	
<i>Bakerdania hylophila</i> (Cooreman, 1963)	+	
Parasitidae		
<i>Leptogamasus suecicus</i> Trägårdh, 1936	+	
<i>Poecilochirus carabi</i> G. Canestrini and R. Canestrini, 1882	+	
<i>Schizosthetus simulatrix</i> Athias-Henriot, 1982	+	
<i>Vulgarogamasus oudemansi</i> (Berlese, 1904)	+	
Trematuridae		
<i>Trichouropoda karawaiewi</i> (Berlese, 1904)	+	
<i>Trichouropoda lamellosa</i> (Hirschmann, 1972)	+	
<i>Trichouropoda orszaghi</i> Masan, 1999	+	
<i>Trichouropoda ovalis</i> (C. L. Koch, 1839)	+	

<i>Trichouropoda polonica</i> Wisniewski and Hirschmann, 1988	+	
<i>Trichouropoda polytricha</i> (von Vitzthum, 1923)	+	+
<i>Trichouropoda sociata</i> (von Vitzthum, 1923)	+	
<i>Trichouropoda structura</i> Hirschmann and Zirngiebl-Nicol, 1961	+	
Urodinychidae		
<i>Urobovella pulchella</i> (Berlese, 1904)	+	
<i>Uroobovella feideri</i> Hutu, 1976	+	
<i>Uroobovella ipidis</i> (von Vitzthum, 1923)	+	+
<i>Uroobovella obovata</i> G. Canestrini and Berlese, 1884	+	
<i>Uroobovella vinicolora</i> (von Vitzthum, 1926)	+	
PROSTIGMATA		
Tarsonemidae		
<i>Tarsonemus bistridentati</i> Magowski and Khaustov, 2006	+	+
<i>Tarsonemus ips</i> Lindquist, 1969	+	
<i>Tarsonemus minimax</i> von Vitzthum, 1926	+	
<i>Tarsonemus striatus</i> Khaustov, 2017	+	
<i>Tarsonemus subcorticalis</i> Lindquist, 1969	+	
<i>Tarsonemus typographi</i> Magowski and Moser, 2003	+	
SARCOPTIFORMES		
Acaridae		
<i>Boletoglyphus boletophagi</i> (Türk, 1952)	+	
<i>Forcellinia wasmanni</i> Khaustov, 2000	+	
<i>Histiogaster arborsignis</i> Woodring, 1963	+	
<i>Histiogaster ornatus</i> Volgin, 1966	+	
<i>Ipsoglyphus bochkovi</i> Klimov and Khaustov, 2018	+	
<i>Kuzinia laevis</i> (Dujardin, 1849)	+	
<i>Schwiebea nesbitti</i> F. Türk and E. Türk, 1957	+	
<i>Schwiebea nova</i> (Oudemans, 1906)	+	
<i>Schwiebea scheucherae</i> F. Türk and E. Türk, 1957	+	
<i>Thyreophagus corticalis</i> (Michael, 1885)	+	

<i>Thyreophagus entomophagus</i> (Laboulbène and Robin, 1862)	+	
<i>Tyrophagus putrescentiae</i> (Schrank, 1781)	+	
Autognetidae		
<i>Conchogneta traegardhi</i> (Forsslund, 1947)	+	
Carabodidae		
<i>Carabodes labyrinthicus</i> (Michael, 1879)	+	
Cepheidae		
<i>Cepheus latus</i> C. L. Koch, 1835	+	
Ceratoppiidae		
<i>Ceratoppia bipilis</i> (Hermann, 1804)	+	
Ceratozetidae		
<i>Diapterobates humeralis</i> (Hermann, 1804)	+	
Cercomegistidae		
<i>Cercoleipus kuznetsov</i> Khaustov, 1997	+	
Chamobatidae		
<i>Chamobates borealis</i> (Trägårdh, 1902)	+	
Cheyletidae		
<i>Mexechesles virginiensis</i> (Baker, 1949)	+	
Cymbaeremaeidae		
<i>Cymbaeremaeus cymba</i> (Nicolet, 1855)	+	
Histiostomatidae		
<i>Bonomoia pini</i> Scheucher, 1957	+	
<i>Histiostoma dryocoeti</i> Scheucher, 1957	+	
<i>Histiostoma ovalis</i> (Müller, 1860)	+	
<i>Histiostoma piceae</i> (Scheucher, 1957)	+	+
<i>Histiostoma pini</i> Scheucher, 1957	+	
<i>Probonomoia pini</i> (Scheucher, 1957)	+	
<i>Probonomoia sibirica</i> (Wirth, 2016)	+	
Liacaridae		
<i>Adoristes ovatus</i> (C. L. Koch, 1839)	+	
Micreremidae		
<i>Micreremus brevipes</i> (Michael, 1888)	+	

<i>Parawinterschmidtia kneissli</i> (Krausse, 1919)	+	
Oppiidae		
<i>Oppia splendens</i> (C. L. Koch, 1841)	+	
Oribatulidae		
<i>Oribatella calcarata</i> (C. L. Koch, 1835)	+	
<i>Phauloppia rauschenensis</i> (Sellnick, 1908)		
Syn. <i>Eporibatula gessneri</i> Willmann, 1932	+	
<i>Zygoribatula exilis</i> (Nicolet, 1855)	+	
Phthiracaridae		
<i>Phthiracarus nitens</i> (Nicolet, 1855)	+	
Pygmephoridae		
<i>Elattoma crossi</i> Khaustov, 2000	+	
Scheloribatidae		
<i>Paraleius lentonychus</i> (Berlese 1910)	+	+
Winterschmidtidae		
<i>Saproglyphus waldorfae</i> (Fain and Johnston, 1974)	+	
TROMBIDIFORMES		
Acarophenacidae		
<i>Aethiophenax ipidarius</i> (Redikortsev, 1947)	+	
Ereynetidae		
<i>Ereynetes scutulis</i> Hunter, 1964	+	
<i>Ereynetes propescutulis</i> Hunter and Rosario, 1989	+	
Tarsonemidae		
<i>Heterotarsonemus coleopterorum</i> (Schaarschmidt, 1959)	+	+
<i>Heterotarsonemus lindquisti</i> Smiley, 1969	+	
<i>Iponemus gaebleri</i> (Schaarschmidt, 1959)	+	
Pyemontidae		
<i>Pyemotes dryas</i> (von Vitzthum, 1923)	+	+

2.4. Diferenciranje polova vrste *I. typograpus*

Dosadašnja istraživanja ukazala su na pojedine morfološke karakteristike u dijagnostici polova. Uočene su razlike u gustini dlaka u predelu fronsa i prednje ivice pronotum (Schlyter & Cederholm, 1981). Kod ženki je pomenuti predeo obrasliji dlakama. Veličina tuberkule kod mužjaka je veća u odnosu na ženke, kao i veličina trećeg zuba na obronku (Schlyter & Cederholm, 1981). Pomenuta istraživanja vršena su pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM).

Od fizičkih osobina, težina ženki se navodi kao jedan od mogućih karaktera prilikom determinacije. Naime, kod ženki sakupljenih iz galerije, koje još uvek nisu izvršile polaganje jaja, utvrđena je razlika u težini. Tom prilikom, ženke su bile teže za 42% u donosu na mužjake (Bednarz & Kacprzyk, 2012).

Do sada se potvrdilo da je jedna od najpouzdanijih metoda disekcija imaga (Annala, 1969; Biermann, 1977; Schebeck et al., 2022b).

3. MATERIJALI I METODE RADA

3.1. Primenjene metode u okviru fenoloških istraživanja

U cilju fenoloških istraživanja potkornjaka smrče, intenzivno je praćen njihov razvojni ciklus tokom trogodišnjeg istraživačkog perioda od 2016. do 2018. godine, na području GJ Tara, na 20 stalnih oglednih površina (lokacije navedene u Tabeli 1). Kako bi se detaljno pratio svaki stadijum razvoja potkornjaka, na tim lokacijama su postavljena oborena stabla smrče, koja se još nazivaju i lovna stabla (Slika 13).



*Slika 13. Oboreno stablo smrče radi praćenje fenologije potkornjaka (a); okorano stablo na kraju sezone istraživanja (b); polaganje jaja kod vrste *I. typographus* (c) i *P. chalcographus* (d)*

Kontinuirano je sprovedena kontrola svakih petnaest dana, tokom tri godine. Istraživačka godina, obuhvatala je period od aprila do kraja septembra.

Na kraju svake istraživačke sezone, izvršili smo važnu meru koranja stabala⁵ iz bezbedonosnih razloga, kako bismo sprečili eventualno izletanje imaga i povećanje brojnosti potkornjaka u narednoj sezoni.

U okviru istraživanja fenologije potkornjaka smrče na Tari, izračunati su akumulisani stepen-dani kako bi se uporedile dobijene vrednosti i faze njihovog razvoja na terenu. Ukupna suma akumulisanih stepeni-dana (GDD)⁶, dobija se prethodnim izračunavanjem prosečnih vrednosti dnevnih maksimalnih i minimalnih temperatura (T_a) u poređenju sa temepraturom biološkog minimuma (T_b), za istraživani dan (Prentice et al., 1992; Lalić et al., 2021). Za temepraturu biološkog minimuma kod potkornjaka smrče uzeta je vrednost od 8,3°C (Wermelinger & Seifert, 1998).

3.2. Primenjene metode i materijali u okviru istraživanja efikasnosti feromonskih klopki

Istraživanje efikasnosti feromonskih klopki sprovedeno je kroz poređenje suvih i mokrih naletno-barijernih, modela Theysohn® kompanije WITASEK PflanzenSchutz GmbH (Austrija), u periodu od 2016. do 2018. godine, na stalnim lokacijama u području JP NP Tara (lokacije date u poglavlju 1). Korišćeno je 40 klopki, po 20 oba tipa. Kod mokrih, u vodu je dodata specijalna so radi konzervacije imaga i sprečavanja njihove dezintegracije i oslobađanja neprijatnih mirisa uginulih jedinki, a koji imaju repelentnu ulogu (Slika 14 i 15).

Za privlačenje potkornjaka smrče korišćeni su feromoni IT Ecolure® (aktivna materija: S-cis verbenol) i PC Ecolure® (aktivna materija: chalcogran) kompanije Fytofarm (Češka Republika). Feromoni su menjani na svakih 6 nedelja, po uputstvu proizvođača. Sakupljanje potkornjaka iz feromonskih klopki obavljano je u petnestodnevnom intervalima, od aprila do polovine septembra (06.04-15.09. 2016. godine, 11.04-15.09. 2017. i 20.04-21.09. 2018.). Svake godine prvo su postavljanje feromonske klopke na nižim nadmorskim visinama, a sa ciljem da se ustanovi trenutak eklozije imaga. Kako bi se što preciznije odredila efikasnost feromonskih klopki, za obe vrste, brojanje je obavljano manualno. Kod vrste *P. chalcographus*, usled velikog broja prikupljenih jedinki, kada su ulovi prelazili 5.000, korišćena je i volumetrijska metoda uz primenu staklene menzure (Glassco, 5 ml; 1ml - 500 jedinki).

Temperatura vazduha praćena je pomoću meterološke stanice stacionirane na teritoriji JP NP Tara [Mitrovac; 1.071 metara nadmorske visine, 43°55'14" (N) i 19°25'33" (E)].

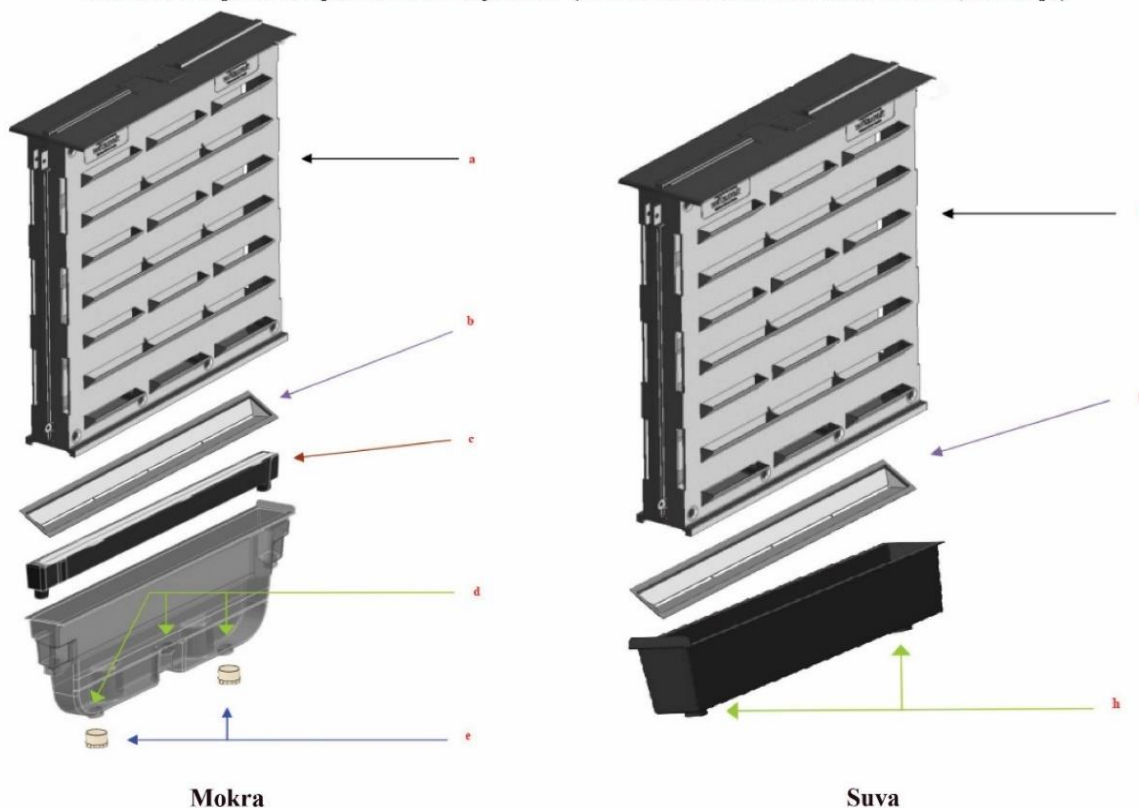
⁵ Mehaničko uklanjanje kore stabla do spoljašnjeg dela ksilema (beljike)

⁶ $GDD = T_a - T_b$



Slika 14. Feromonske klopke: a- suva; b- mokra; c- so za konzervaciju; d- posuda sa vodom (kolektor) mokre klopke

Naletno-barijerna klopka model Theysohn® (WITASEK PflanzenSchutz GmbH , Austrija)



Slika 15. Konstrukcijski delovi feromonskih klopki: telo klopke (a, f); levak (b, g); žleb (c); kolektor sa vodom (d); čepovi za odvod vode (e); kolektor (h) (Izvor fotografije: WITASEK PflanzenSchutz GmbH)

Numerički podaci dobijeni uporednom analizom dvaju tipova feromonskih klopki, u vidu ulova (brojnosti) imaga dveju vrsta potkornjaka smrče u trogodišnjem periodu, obrađeni su deskriptivnim i univarijantnim statističkim metodama. Deskriptivna statistika je obuhvatila određivanje sledećih parametara: srednje vrednosti ($\bar{X}$), standardne devijacije ($\pm SD$) i koeficijenta varijacije (CV, %). Značajnost statističkih razlika između srednjih vrednosti je testirana primenom analize varijanse (ANOVA) i post-hoc Fišerovog testa najmanjih značajnih razlika (LSD). Odnos između ulova potkornjaka i klimatskih parametara (srednje temperature vazduha i broj toplih dana) ispitan je regresionom analizom, korišćenjem Pirsonovog testa linearne korelacije. Pre izvođenja ANOVA i regresione analize, promenljive su testirane na normalnost podataka, a one čija je raspodela podataka odstupila od normalne, podvrgnute su transformaciji podataka prema Box i Cox-u (1964). Podaci su prethodno pripremljeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2016, dok je njihova statistička obrada izvedena u računarskom programu Statgraphics Centurion ver. XVI.I (2009; Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, VA).

3.3. Prmenjene metode terenskih, laboratorijskih i genetičkih istraživanja *Beauveria bassiana*

3.3.1. Terenska istraživanja

Trogodišnja (od 2016. do 2018. godine) istraživanja prisustva gljive u populacijama *I. typographus*, na izdvojenim lokacijama (20) planine Tare (opis dat u poglavlju 1), obavljena su uz primenu metode lovni stabala, a čije koordinate su navedene u Tabeli 1, Poglavlje 1. Sa lovni stabala, imaga sa belom micelijom su sakupljena u sterilne Petri posude (ø 90 mm) i transportovana u laboratoriju Instituta za šumarstvo, Beograd, radi daljih analiza.

3.3.2. Laboratorijska istraživanja

Sa terenski uzorkovanih zaraženih jedinki *I. typographus*⁷ obavljeno je izdvajanje gljive na PDA (*Potato Dextrose Agar*) hranljivoj podlozi, radi evaluacije njenih morfoloških karakteristika. Iz jednog dela uzoraka urađena je i molekularna analiza radi potvrde morfoloških nalaza (Milosavljević et al., 2021a) (Slika 21). Takođe su obavljena i istraživanja fizioloških karakteristika gljive, poput klijavosti i uticaja temperature na porast micelije u različitim uslovima sredine.

Iz razvijene kolonije, oslobađanje konidija izvršeno je nalivenjem okvašivača Tween 80[®] (5 ml), zatim mehanički uklanjanjem (pomoću sterilne petlje za inokulaciju) i ispiranjem kroz sloj sterilne gaze. Suspenzija gljive od 1×10^6 spora po ml, dobijena je upotrebom Neubauer-ove komore (Hornák, 2004).

Klijavost je procenjena prema razvoju spora pomoću Indeksa klijanja (GI- *Germination Index*). Kao supstrat korišćen je 2% vodeni agar koji ne sadrži hranljive materije. U tankom sloju, sterilni agar je razliven po mikroskopskom staklu (76x26 mm) i ostavljen u Petri posudi (ø 90 mm) sa filter papirom, na njenom dnu, navlaženim destilovanom vodom (0,5 ml). Nakon hlađenja i fiksacije agra, naneta je suspezija spora gljivica (10 kapi u nizu). Ovako pripremljeno staklo, čuvano je na temperaturi od 20°C. Test klijavosti određen je nakon 24 sata, ocenom 100 nasumično odabranih konidija, a koja je obavljena uz upotrebu indeksne skale navedene u radu Hornák-a (2004) (Tabela 21).

Ispitivanja uticaja temperature na rast izolata gljive iz istraživnog područja, vršena su na PDA hranljivoj podlozi, na sledećim temperaturama: 10°, 20° i 30°C. Porast izolata je meren sedmog, četrnaestog i dvadeset prvog dana, na međusobno upravnim prečnicima. Ogled je postavljen u 10 ponavljanja.

Biološka efikasnost izolata *B. bassiana* (I ogled), testirana je na odraslim jedinkama *I. typographus*, sakupljenim na području planine Tara, uz pomoć feromonskih klopki. Imaga su pojedinačno potopljena u suspenziju gljive (1×10^6 spora po ml) tokom 20 s (test potapanjem).

⁷ Tokom navedenog istraživanja nisu evidentirane zaražene jedinke *P. chalcographus*

Svi uzorci u kontrolnoj grupi su uronjeni u sterilni rastvor 0,05% Tween® 80. Imaga su zatim stavljena u Petri posude (ø 90 mm), obložene vlažnim filter papirom i držane pod konstantnom temperaturnim uslovima (23 ± 1 °C i 16L:8D). Filter papir je svakodnevno vlažen destilovanom vodom da bi se održala optimalna vlažnost. Insekti su praćeni svakodnevno tokom 10 dana, kako bi se zabeležila smrtnost i razvoj mikoze na uginulim jedinkama. Prihvaćene su samo jedinke kod kojih je primećena sporulacija gljive, verifikovana mikroskopskim pregledom. Test biološke efikasnosti vršen je u 5 ponavljanja, sa po 10 insekata u svakom.

Takođe, u polukontrolisanim laboratorijskim uslovima, obavljeno je i istraživanje biološke efikasnosti u suzbijanju *I. typographus*, tri koncentracije (1%, 2% i 3%) komercijalnog preparata Naturalis Biogard® (koncentrovana suspenzija najmanje $2,3 \times 10^7$ živih spora/ml soja *B. bassiana* ATCC 74040 u biljnom ulju) (II ogled).

Uzorci kore veličine približno 20 x 10 cm, uzeti su sa debala sveže posečenih zdravih smrča i smešteni pojedinačno u plastične kutije zajedno sa 30 imaga *I. typographus* iz prirodne populacije.

Tretirani insekticidom razblaženim u destilovanoj vodi, uzorci su čuvani u laboratoriji i kontrolisani u intervalima od sedam dana. Eksperimenti su uspostavljeni u kompletnom nasumičnom blok šablonu u tri ponavljanja, gde blokovi za svaku varijantu predstavljaju 3 uzorka. S ciljem utvrđivanja prisustva micelije istraživanog entomopatogena, uginule odrasle jedinke *I. typographus* su pregledane pomoću stereo mikroskopa, model STM 13 EEB.

Genetička istraživanja *Beauveria bassiana*

Ekstrakcija DNK

Ekstrakcija DNK je izvedena prema protokolu koji su razvili Lamour & Finley, 2006, ali uz nekoliko modifikacija. Prvo, micelija je sakupljena iz kolonija koje su rasle u Petri posudama oko četiri nedelje i prebačena u epruvete za homogenizaciju od 2 ml (116910500, MP Biomedicals; SAD) radi efikasnog razaranja. Uzorci u epruvetama za homogenizaciju su čuvani na -80°C do dalje upotrebe. Homogenizacija je izvedena pri 5 800 rpm 4 x 15 s korišćenjem Precellys Evolution instrumenta (Bertin Technologies; Francuska). Zatim, kratko centrifugirani da bi se sakupio sadržaj na dnu i dodato je 300 µl Lysis pufera [100 mM Tris (pH 8,0)], 50 mM EDTA, 500 mM NaCl, 1,33% SDS). Inkubacija je usledila na 65°C tokom 20 minuta, nakon čega je usledilo centrifugiranje od 2 minuta na 14 150 rpm. 300 µl supernatanta je prebačeno u novu epruvetu, dodato je 150 µl 5 M kalijum acetata i sadržaj je snažno mešan. Čuvanje je obavljeno na -20°C tokom 30 minuta i centrifugirani na 14 150 rpm tokom 30 minuta. 300 µl supernatanta je prebačeno u novu epruvetu, 600 µl pufera za vezivanje (T1031; Nev England Biolabs; USA) je dodato i mešano pipetiranjem. Smeša je centrifugirana na 14 150 rpm tokom 10 min. Supernatant (800 µl) je prebačen na kolone za prečišćavanje DNK (T1034; NEB) i centrifugiran na 13 000 rpm tokom 1 min. Izvršeno je dva puta ispiranje u skladu sa protokolom proizvođača (T1030;

NEB) i DNK je eluirana u dva odvojena koraka od svakih 30 µl pufera za eluiranje (T1016; NEB) da bi se povećala koncentracija, dok je čuvanje izvršeno na -80°C.

PCR i elektroforeza

PCR je izveden u zapreminama od 20 µl koje se sastoje od sledećih reagensa: 10,4 µl H₂O, 4 µl Q5 reakcionog pufera (5X), 1 µl svakog prajmera [ITS1 i ITS4 (White et al., 1990)], 0,4 µl mešavine deoksinukleotida (dNTP), 0,2 µl Q5 DNK polimeraze visoke vernosti (M0491; NEB) i 3 µl gDNK. Uslovi PCR ciklusa bili su sledeći: 30 s na 98°C početna denaturacija; 35 ciklusa koji se sastoje od 5 s na 98°C, 20 s na 63°C i 2 s ekstenzija na 72°C; 2 min na 72°C konačna ekstenzija. PCR je izveden korišćenjem LC480 II (Roche). PCR proizvodi su vizuelizovani korišćenjem gel elektroforeze (300V; 10 min.).

Analizirani fragmenti su razdvojeni na 1,5% agaroznom gelu pripremljenom sa TBE puferom (106177; Merck KGaA, Nemačka) i obojeni DNK bojom G (39803; SERVA; Nemačka). PCR proizvodi pravilne dužine su odabrani i predati na sekvenciranje. Ekstrakcija, PCR i elektroforeza, obavljene su u Brnum od strane dr Josef Janoušek⁸.

Sangerovo sekvenciranje

Prilagođeno sekvenciranje PCR proizvoda, izvršeno je sa 3730xl DNK analizatorom (ThermoFisher Scientific), u Eurofins Genomics (Nemačka). Sve reakcije sekvenciranja su izvedene korišćenjem oba prajmera koja su korišćena za PCR amplifikaciju.

Obrada podataka sekvence, BLAST⁹, filogenetska analiza

Sekvence su sastavljene u DNK Baser v. 4.36 (Heracle BioSoft, 2013) i usklađene u softveru MEGA X (Kumar et al., 2018), a molekularna identifikacija potencijalnih nukleotidnih homologa je sprovedena u NCBI¹⁰ BLAST (Johnson et al., 2008). Podaci o sekvenciranju su dostupni u NCBI GenBank (Johnson et al., 2008) pod šiframa MW774276 i MW774894. Filogenetska analiza je sprovedena u softveru MEGA X metodom “maximum likelihood” (ML). Za procenu odnosa unutar Srbije i drugih evropskih zemalja korišćeni su nuklearni ITS markerske sekvence preuzete iz onlajn baza podataka NCBI GenBank

⁸ Mendel Univerzite, Brno, Češka Republika

⁹ Basic Local Alignment Search Tool

¹⁰ National Center for Biotechnology Information

(Benson et al., 2017) i BOLD Systems v.4 (Ratnasingham & Hebert, 2007) (Tabela 8). Za filogenetsko stablo korišćena je out grupa vrsta *Nomuraea* (*Metarhizium*) *rileyi* (Farl.) Samson (1974), entomopatogena gljiva iz porodice Clavicipitaceae.

Tabela 8: Lista javno dostupnih ITS sekvenci u BoldSystems v.4 i NCBI GenBank korišćenim za filogenetsku analizu.

Vrsta	Lokacija	BOLDSystems	GenBank	Dužina u bp
<i>Nomuraea rileyi</i>	Outgroup	GBHYP9293-13	HQ165713	599
<i>Beauveria bassiana</i>	Portugal	GBHYP5775-13	FJ972935	511
<i>Beauveria bassiana</i>	Portugal	GBHYP5755-13	FJ972955	511
<i>Beauveria bassiana</i>	Portugal	GBHYP5771-13	FJ972939	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Španija	GBHYP9260-13	KC753376	575
<i>Beauveria bassiana</i>	Španija	GBHYP9258-13	KC753378	576
<i>Beauveria bassiana</i>	Španija	GBHYP9256-13	KC753380	587
<i>Beauveria bassiana</i>	Španija	GBHYP9255-13	KC753381	580
<i>Beauveria bassiana</i>	Italija	GBHYP7266-13	HQ880761	548
<i>Beauveria bassiana</i>	Grčka	GBHYP5745-13	FJ972965	511
<i>Beauveria bassiana</i>	Grčka	–	AY531991	572
<i>Beauveria bassiana</i>	Češka Republika	GBHYP5497-13	GU566276	607
<i>Beauveria bassiana</i>	Mađarska	GBHYP5792-13	FJ972918	511
<i>Beauveria bassiana</i>	Austrija	–	AY531991	572
<i>Beauveria bassiana</i>	Poljska	GBHYP5753-13	FJ972957	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Poljska	GBHYP5767-13	FJ972943	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Belgija	–	AY531995	571
<i>Beauveria bassiana</i>	Nemačka	GBHYP1081-13	AJ876485	594
<i>Beauveria bassiana</i>	Ujedinjeno Kraljevstvo	GBHYP662-13	AJ564809	607
<i>Beauveria bassiana</i>	Ujedinjeno Kraljevstvo	GBHYP661-13	AJ564810	607

<i>Beauveria bassiana</i>	Ujedinjeno Kraljevstvo	GBHYP660-13	AJ564811	608
<i>Beauveria bassiana</i>	Francuska	GBHYP5790-13	FJ972920	511
<i>Beauveria bassiana</i>	Francuska	GBHYP5779-13	FJ972931	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Francuska	GBHYP5780-13	FJ972930	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Francuska	GBHYP5781-13	FJ972929	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Francuska	GBHYP5783-13	FJ972927	512
<i>Beauveria bassiana</i>	Srbija	-	MW774276	437
<i>Beauveria bassiana</i>	Srbija	-	MW774894	464

3.3.3. Statistička obrada rezultata istraživanja *Beauveria bassiana*

Intenzitet porasta kolonija B. bassiana u zavisnosti od temperaturnih uslova sredine

Ispitivani parametri su obrađeni deskriptivnom statistikom i prikazani pomoću srednje vrednosti, standardne devijacije, varijanse, minimalne i maksimalne vrednosti.

Biološka efikasnost B. bassiana u suzbijanju adulta I. typographus i P. chalcographus

Za prikaz vremena verovatnoće preživljavanja korišćena je Kaplan-Majer¹¹-ova metoda (uključujući medijanu preživljavanja i interval poverenja CI¹² 95%), dok je verovatnoća preživljavanja različitih kocentracija preparata Naturalis Biogard®, vršena Log-Rank (Hi-kvadra¹³t test χ^2) testom.

¹¹ eng. *Kaplan–Meier*

¹² eng. *Confidence Interval*

¹³ eng. *Chi-square*

Statistička značajnost je definisana kao $p = 0,05$. Za statističku obradu ovog testa korišćen je online statistički program DATAtab¹⁴.

Pored toga, izvršeno je i izračunavanje srednjih vrednosti broja živih neinficiranih i mrtvih inficiranih imaga i efikasnost po Abbott-u (E) (Abbott, 1925).

3.4. Primenjene metode terenskih, laboratorijskih istraživanja kod predatora, parazitoidea i grinja

3.4.1. Metoda lovnih stabala

Kada je u pitanju parazitoidni kompleks potkornjaka smrče, istraživanja su vršena uzimanjem pet uzoraka kore (20 x 20 cm) sa svakog prethodno postavljenog lovnog stabala (lokacija data u poglavlju 1). U trogodišnjem istraživačkom periodu (2016-2018. godina), svake godine, uzorkovanje je obavljano dva puta, u junu i septembru. Uzorci su transportovani u Institut za šumarstvo (Beograd), smeštani u fotoeklektore i držani na sobnoj temperaturi (18-22°C, L:D 18:6).

Po izletanju, imaga parazitoidea i predatora, prethodno usmrćena eterom, stavljana su pojedinačno u plastične Ependorf epruvete. Deo materijala je preparovan i nalazi se u kolekciji autora.

3.4.2. Metoda feromonskih klopki

Poznato je da feromonske klopke privlače ne samo targetirane vrste potkornjaka, već i njihove prirodne neprijatelje (Wigger, 1996). U okviru ispitivanja efikasnosti dva modela feromonskih klopki, izvršen je uvid i u kompleks predatora, parazitoidea i grinja, koji su takođe privučeni agregacionim feromonima. Istraživanje je vršeno takođe u okviru 3 godine i iz svakog sakupljanja potkornjaka u petnestodnevnom intervalima, vršeno je i izdvajanje ostalih grupa insekata.

Kada je reč o grinjama koje su asocirane sa potkornjacima smrče, istraživanje je obavljeno njihovim uzorkovanjem sa tri hiljade nasumično odabranih imaga potkornjaka (500 za svaku vrstu/po godini) u okviru istraživačkog perioda.

3.4.3. Preparovanje i fotografisanje

Fotografisanje je vršeno upotrebom mikroskopa Olympus SZX16 i Olympus BX63, kao i Jeol JSM-7401F skenirajućeg, elektronskog mikroskopa. Fotografije su obrađene u programu QuickPHOTO MICRO 3.2., Adobe photoshop 2021 i Adobe Illustrator 2021. Pre fotografisanja izvršeno je preparovanje standardnim entomološkim i akarološkim metodama (Saito et al., 1993). Preparovani

¹⁴ DATAtab: Online Statistics Calculator for statistical analysis (DATAtab e.U. Graz, Austria, <https://datatab.net>)

materijal se nalazi u kolekciji autora. Fotografisanje elektronskim mikroskopom pomogla je mr Martina Tesařová¹⁵ i dr Hana Sehadova¹⁶.

3.4.4. Determinacija

Determinacija je vršena pomoću poznatih ključeva (Crowson, 1956; Haeselbarth, 1967; Bouček, 1977; Moser & Bogenschütz, 1984; Quicke & Sharkey, 1989; Bouček & Rasplus, 1991; Achterberg, 1993; Austin, 1998; Löbl, 2003; Mihajlović, 2008; Hůrka, 2017). Takođe, provera prisutnosti vrsta na našim prostorima, kao i nomenklatura, izvršena je pomoću odgovarajućih baza podataka (Yu et al., 2016; Noyes, 2019; Registry-Migration.Gbif.Org, 2022). Determinaciji su pomogli dr Ivaylo Todorov¹⁷, dr Mircea-Dan Mitroiu¹⁸, kao i dr Milan Pernek¹⁹.

3.5. Diferencijacija polova *I. typographus*

Istraživanja diferencijalnih morfoloških karakteristika polova kod vrste *Ips typographus* obavljeno je korišćenjem skenirajućeg elektronskog mikroskopa Jeol JSM-7401F. Na prethodno detaljno pregledanim, disekovanim, jedinkama (50 mužjaka i 50 ženki), pomoću Olympus SZX16 stereo mikroskopa (uvećanja 11 puta), izdvojen je par za snimanje skenirajućim elektronskim mikroskopom.

¹⁵ Centar za biologiju Češke akademije nauka, Institut za parazitologiju, Češke Budejovice, Republika Češka

¹⁶ Centar za biologiju Češke akademije nauka, Institut za entomologiju, Češke Budejovice, Republika Češka

¹⁷ Institut za biodiverzitet i istraživanje ekosistema, Bugarska akademija nauka, Sofija

¹⁸ Biološki fakultet, Iași, Rumunija

¹⁹ Hrvatski šumarski institut Jatrebarsko, Hrvatska

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Rezultati fenoloških istraživanja

Rezultati istraživanja fenologije potkornjaka smrče prikazani su vidu kalndara razvića posebno za svaki razvojni stupanj zasebno za svaku godinu istraživanja (Tabela 9-12).

4.1.1. Fenologija osmozubog potkornjaka smrče

Tabela 9: Rezultati istraživanja fenologije vrste *I. typographus* u trogodišnjem istraživačkom periodu

	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar				
					Prezimljujuća (I) generacija				Letnja (II) generacija							
	Prezimljavanje														Prezimljavanje	
Ubušivanje																
2016																
2017																
2018																
Jaje																
2016																
2017																
2018																
Larva ²⁰																
2016																
2017																
2018																
Lutka																
2016																
2017																
2018																
Imago																
2016																
2017																
2018																

20

Legenda: Larva trećeg stupnja



4.1.2. Rezultati istraživanja sestrinske generacije osmozubog potkornjaka smrče

Tabela 10: Fenologija sestrinske generacije kod vrste *I. typographus* u trogodišnjem istraživačkom periodu.

	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avгust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Ubušivanje												
2016												
2017												
2018												
Jaje												
2016												
2017												
2018												
Larva												
2016												
2017												
2018												
Lutka												
2016												
2017												
2018												
Imago												
2016												
2017												
2018												

4.1.3. Rezultati istraživanja fenologije šestozubog smrčinog potkornjaka

Tabela 11: Prikaz fenologije vrste *P. chalcographus* u trogodišnjem istraživačkom periodu

	Januar	Febuar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar			
				Prezimljujuća (I) generacija							Letnja (II) generacija				
	Prezimljavanje												Prezimljavanje		
Ubušivanje															
2016															
2017															
2018															
Jaje															
2016															
2017															
2018															
Larva ²¹															
2016															
2017															
2018															
Lutka															
2016															
2017															
2018															
Imago															
2016															
2017															
2018															

21

Legenda : Larva trećeg stupnja



4.1.4. Rezultati istraživanja fenologije sestrinske generacije kod šestozubog potkirnjaka smrče

Tabela 12: Fenologija sestrinske generacije kod vrste *P. chalcographus*.

	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Ubušivanje												
2016												
2017												
Jaje												
2016												
2017												
Larva												
2016												
2017												
Lutka												
2016												
2017												
Imago												
2016												
2017												

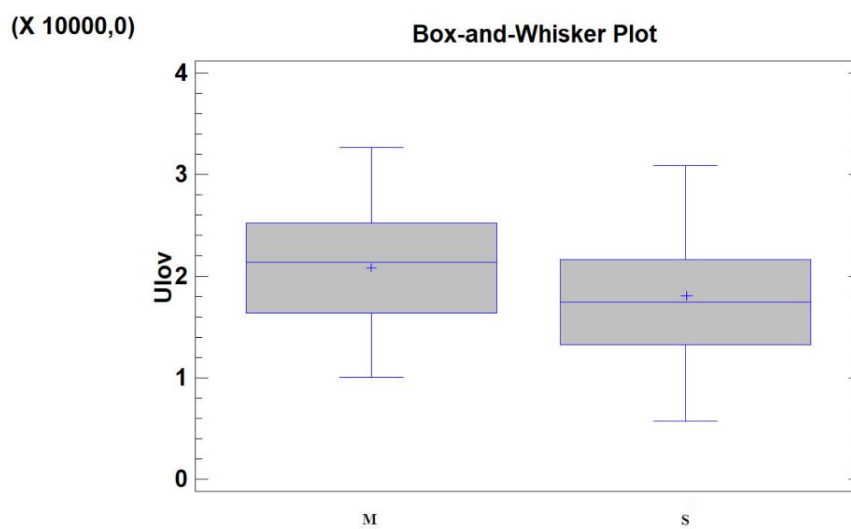
4.2. Rezultati istraživanja feromonskih klopki

4.2.1. Poređenje efikasnosti mokrih i suvih naletno-barijernih klopki

Efikasnost mokrih i suvih naletno-barijernih klopki ustanovljena je analizom ulovljenih imaga potkornjaka smrče za period od tri godine. Ukupno je obrađeno 66 sakupljanja (33 po vrsti potkornjaka) (Prilog 2). Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da su ulovi imaga, kod obe proučavane vrste insekata, pokazali visok stepen varijabilnosti između dvaju tipova korišćenih klopki (CV od 30% do 40%). Kod vrste *Ips typographus*, brojnost je varirala od 10.055,80 do 32.709,80 sa prosekom od 21.093,70 za mokre klopke, kao i od 5.702,66 do 30.883,60 sa prosekom od 17.721,20 za suve (Tabela 13; Slika 16).

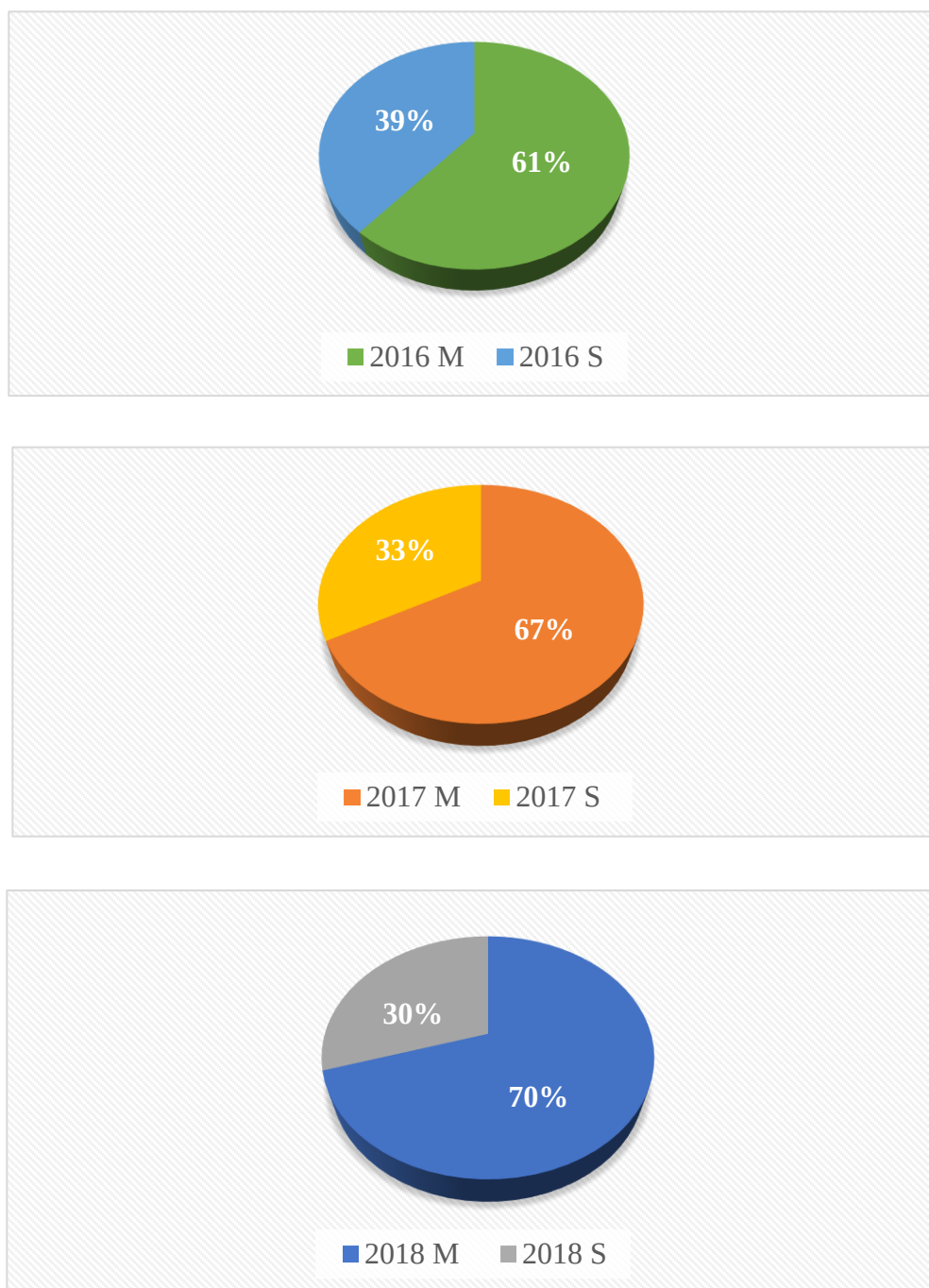
Tabela 13: Deskriptivna statistika dobijenih rezultata ulova imaga vrste *Ips typographus* korišćenjem mokrih i suvih naletno-barijernih klopki

Tip klopke	Minimum	Maksimum	Prosečne vrednosti	Koeficijent varijacije (%)	Standardna devijacija
Mokra	10055,80	32709,80	21093,70	30,48	6429,29
Suva	5702,66	30883,60	17721,20	35,84	6351,14
Ukupno	5702,66	32709,80	19407,40	33,83	6564,69



Slika 16. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara ulova imaga vrste *Ips typographus* u mokrim (M) i suvim (S) naletno-barijernim klopkama. (Legenda: krstić u sredini pravouganika – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravouganika – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon zabeleženih vrednosti)

Ukupno je ulovljeno 672.934 jedinki (u mokrim klopama 431.708, a u suvim 240.686). Najviše ulovljenih imaga *I. typographus*, jedne od dveju istraživanih vrsta potkornjaka smrče, konstatovano je 2016. godine u mokrim klopama (226.833), a zatim iste godine u suvim (144.840). U 2017. godini mokra klopka je imala duplo više ulova (135.072) u odnosu na suhu (66.224); najmanje je prikupljeno 2018. godine u suvim (29.622), dok je iste godine u mokrim klopama prikupljeno duplo više jedinki (69.803) (Grafikon 3).



Grafikon 3: Prikaz procentualnog učešća ulova za svaku godinu istraživanja poređenjem između mokrih (M) i suvih (S) naletno-barijernih klopki za vrstu Ips typographus

S obzirom da su dobijeni podaci o ulovu potkornjaka odstupili od normalne raspodele, oni su, pre daljih statističkih analiza, transformisani metodom koju predlažu Box i Cox (1964). Analizom varijanse (ANOVA) ustanovljena je statistički značajna razlika ($p = 0,0359$) u ulovu imaga vrste *I. typographus* između dvaju tipova korišćenih klopki (Tabela 14).

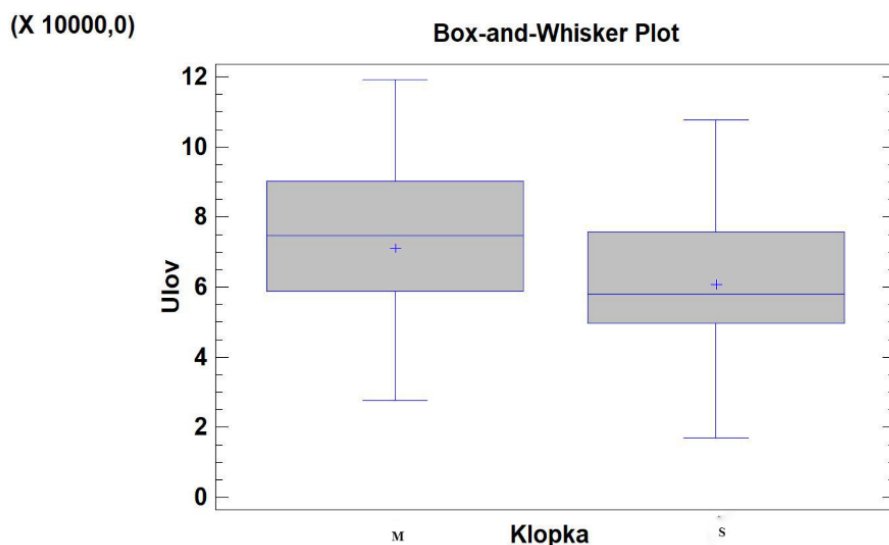
Tabela 14: Analiza varijanse (ANOVA) za ulov imaga vrste Ips typographus

<i>ANOVA</i> ($p < 0,05$, N=66)	<i>Suma kvadrata</i>	<i>Stepeni slobode</i>	<i>Sredine kvadrata</i>	<i>F-količnik</i>	<i>p-vrednost</i>
Između grupa	1,87658	1	1,87658	4,60	0,0359
Unutar grupa	2,61353	64	4,08364		
Ukupno	2,80119	65			

Kod vrste *Pityogenes chalcographus* ulovi su varirali od 27.573,30 do 119.274,00 sa prosekom od 72.508,30 za mokre klopke, kao i od 16.800,80 do 107.607,00 sa prosekom od 59.560,50 za suve (Tabela 15, Slika 17).

Tabela 15: Deskriptivna statistika dobijenih rezultata ulova imaga vrste Pityogenes chalcographus korišćenjem mokrih i suvih naletno-barijenih klopki

<i>Tip klopke</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>	<i>Prosečne vrednosti</i>	<i>Koeficijent varijacije (%)</i>	<i>Standardna devijacija</i>
Mokra	27573,30	119274,00	72508,30	33,66	24408,80
Suva	16800,80	107607,00	59560,50	39,63	23605,20
Ukupno	16800,80	119274,00	66034,40	37,41	24701,90



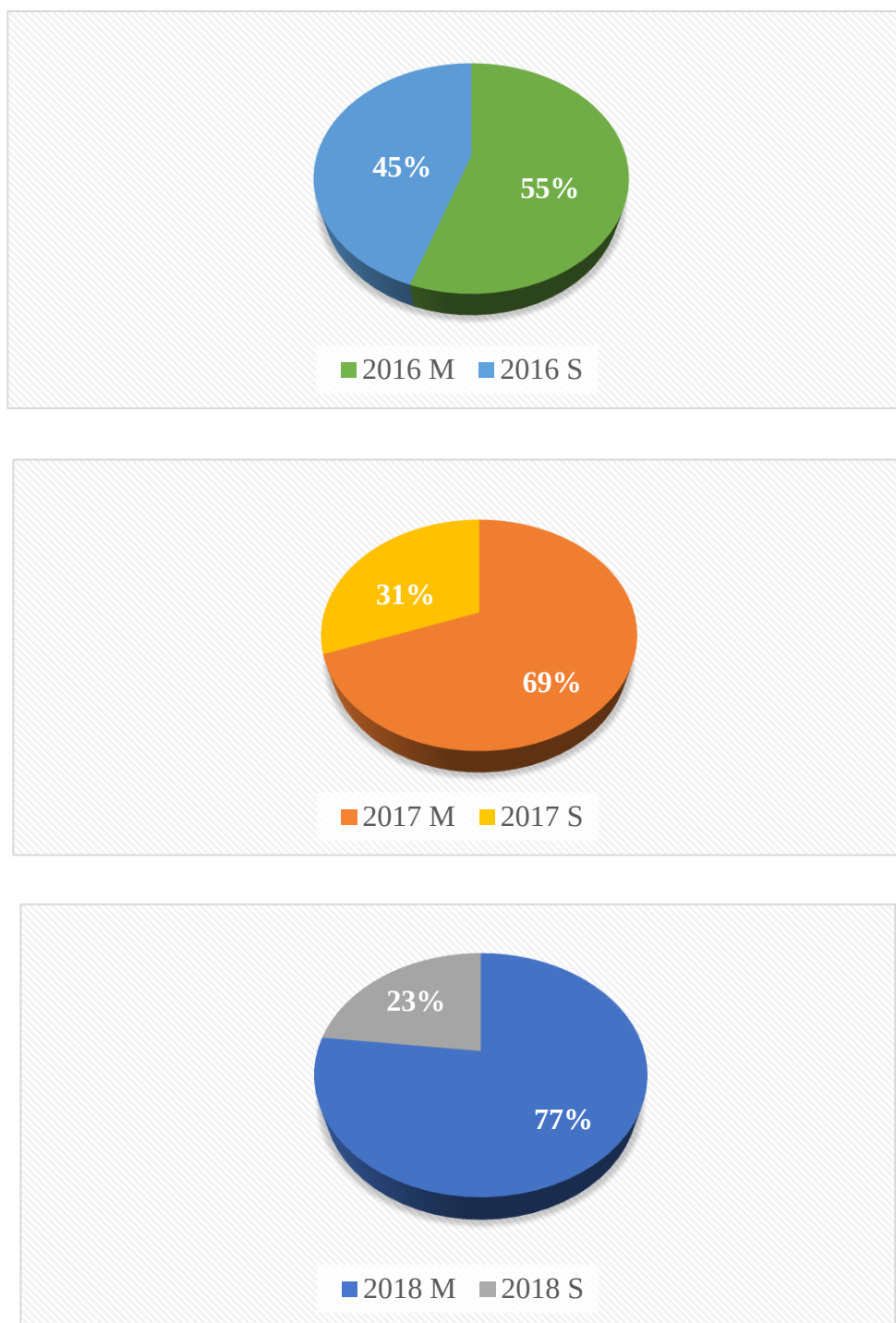
Slika 17. Pravougaoni dijagrami osnovnih statističkih parametara ulova imaga vrste *Pityogenes chalcographus* u mokrim (M) i suvim (S) naletno-barijernim klopka. (Legenda: krstić u sredini pravougaonika – srednja vrednost, vodoravna linija u sredini pravougaonika – medijana, pravougaonik – srednja vrednost sa standardnom devijacijom, donja i gornja uspravna linija – raspon zabeleženih vrednosti)

Kao i kod vrste *I. typographus*, dobijeni podaci o ulovu imaga *P. chalcographus* odstupili su od normalne raspodele i pre daljih statističkih analiza su takođe bili podvrgnuti transformaciji prema Box i Cox-u (1964). Isto tako, prema rezultatima analize varijanse (ANOVA), postoji statistički značajna razlika ($p = 0,0321$) u ulovu imaga vrste *P. chalcographus* između dvaju tipova klopki (Tabela 16).

Tabela 16: Analiza varijanse (ANOVA) za ulov imaga vrste *Pityogenes chalcographus*

ANOVA ($p < 0,05$, N=66)	Suma kvadrata	Stepeni slobode	Sredine kvadraata	F-količnik	p-vrednost
Između grupa	2,76616	1	2,76616	4,80	0,0321
Unutar grupa	3,68959	64	5,76499		
Ukupno	3,96621	65			

Rezultati istraživanja ulova imaga *P. chalcographus* ukazali su na gotovo identičnu situaciju kao kod prethodne vrste smrčinog potkornjaka. Naime, ukupno je ulovljeno 2.597.578 jedinki, od toga u mokrim klopka 1.669.964, dok je u suvim evidentirano 927.614,00. Najviše primeraka konstatovano je 2016. godine – u mokrim 674.356, a u suvim 548.879. U 2017. godini, mokra klopka je imala duplo više ulova (556.229) u odnosu na suhu (247.436). U 2018. godini u suvim klopka ulovljeno je 131.299, a u mokrim 3,5 puta više jedinki (439.379) (Grafikon 4).



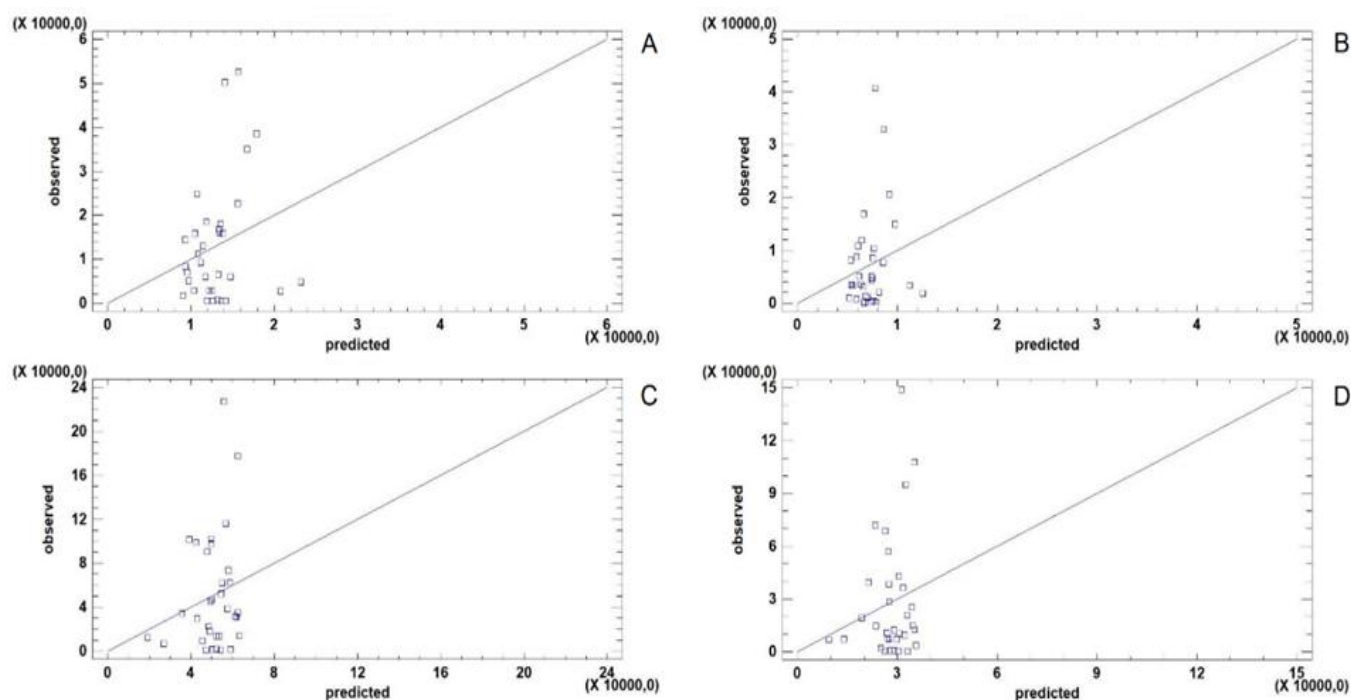
*Grafikon 4: Prikaz procentualnog učešća ulova imaga vrste *Pityogenes chalcographus* za svaku godinu istraživanja poređenjem između mokrih (M) i suvih (S) naletno-barijernih klopki*

4.2.2. Rezultati korelacije između ulova smrčinih potkornjaka (u mokrim i suvim klopka) i srednje temperature vazduha i broja toplih dana

Prema regresionoj analizi, ulov smrčinih potkornjaka nije značajno korelisan ($p > 0,05$) sa prosečnim temperaturama vazduha izračunatim za odgovarajuće periode ulova ispitivanih vrsta potkornjaka i tipa korišćenih klopki (Tabela 17, Slika 18). Ipak, kod vrste *I. typographus* postoji umerena negativna korelacija između ulova imaga i broja dana sa srednjom temperaturom vazduha iznad 16 °C, kako u mokrim ($r = -0,46$; $p = 0,0063$) tako i u suvim klopka ($r = -0,47$; $p = 0,0072$) (Tabela 18, Slika 19).

Tabela 17: Koeficijenti korelacije između ulova potkornjaka i srednje temperature vazduha za tri godine istraživanja

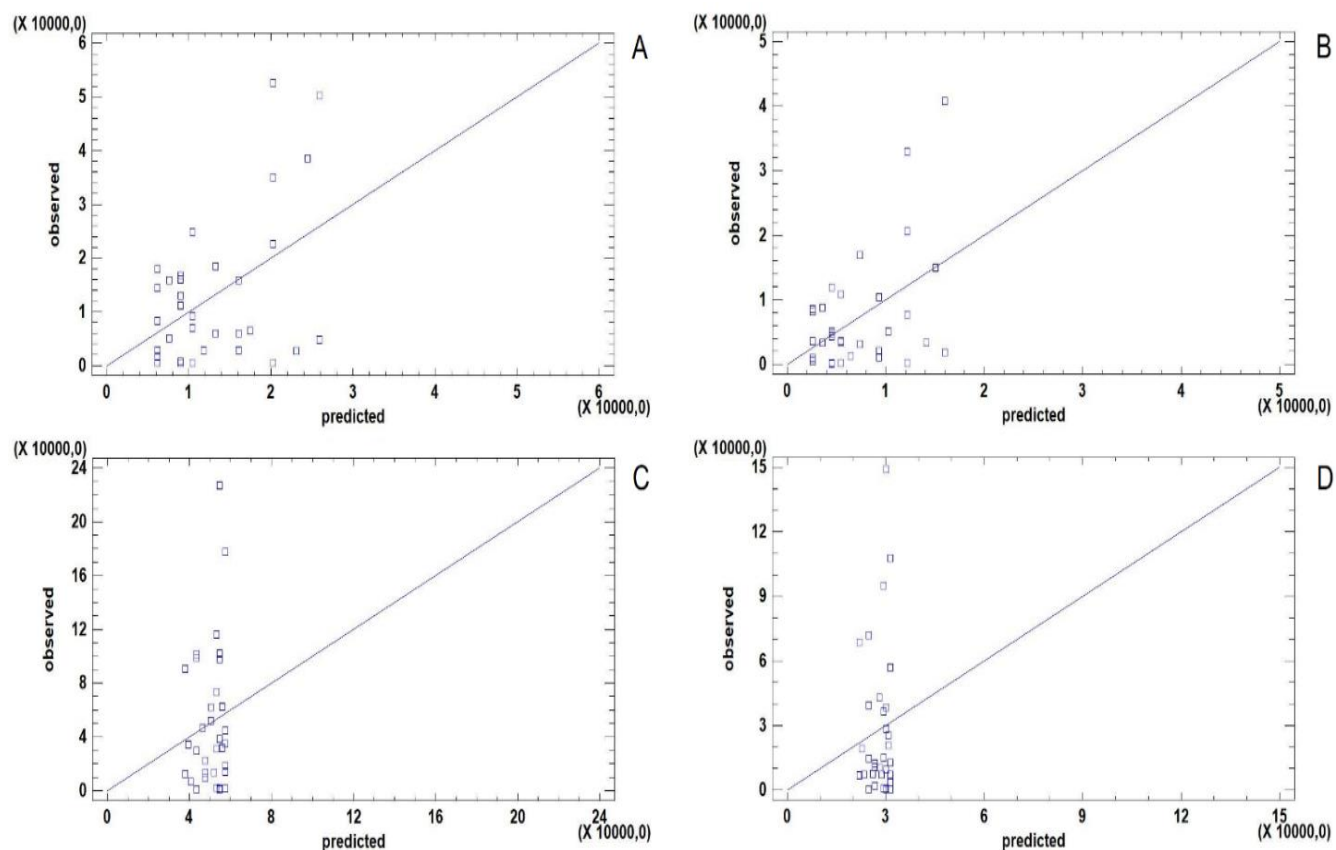
Tip klopke	Vrsta potkornjaka	Koeficijent korelacije (r)	p -vrednost
Suva	<i>I. typographus</i>	-0,18	0,3228
Mokra		-0,23	0,1975
Suva	<i>P. chalcographus</i>	0,17	0,3549
Mokra		0,19	0,2947



Slika 18. Odnos dobijenih vrednosti ulova dveju vrsta smrčinih potkornjaka u različitim tipovima klopki (*Ips typographus*: A – mokra klopka, B – suva klopka; *Pityogenes chalcographus*: C – mokra klopka; D – suva klopka) u odnosu na predviđene vrednosti, u skladu sa linearnim modelom za korelisanost ulova imaga i srednjih temperatura vazduha

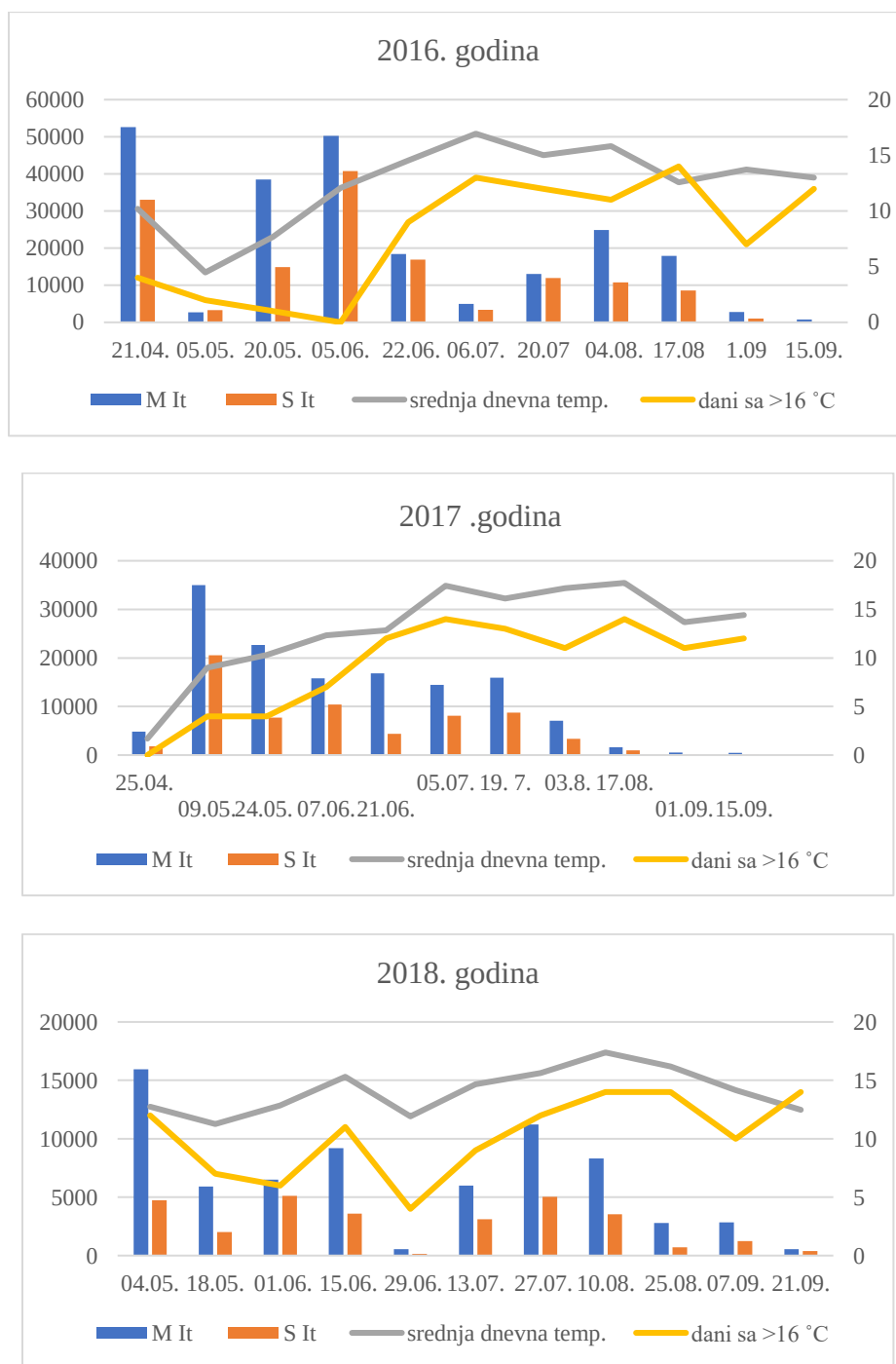
Tabela 18: Koeficijenti korelacije između ulova potkornjaka i broja dana sa temperaturom vazduha iznad 16°C za tri godine istraživanja

Tip klopke	Vrsta potkornjaka	Koeficijent korelacije (r)	p-vrednost
Suva	<i>I. typographus</i>	-0,47	0,0063
Mokra		-0,46	0,0072
Suva	<i>P. chalcographus</i>	0,09	0,6359
Mokra		0,12	0,5088

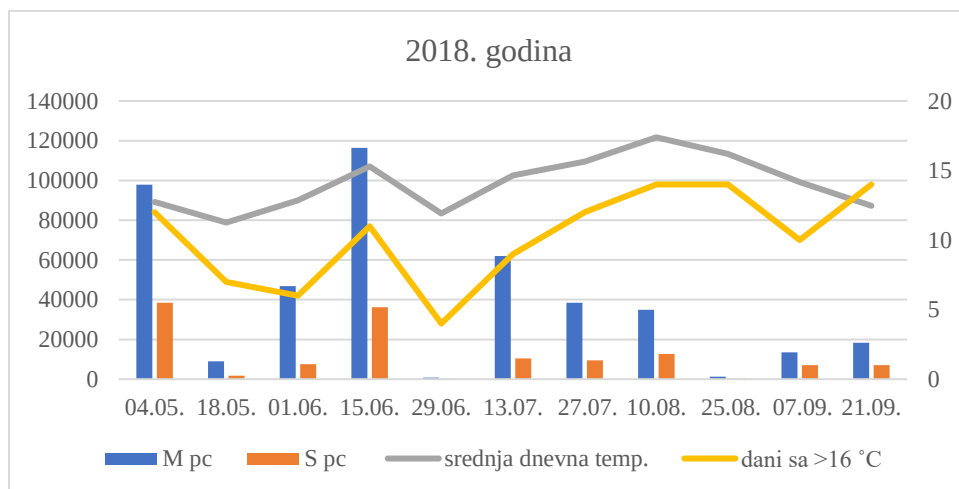
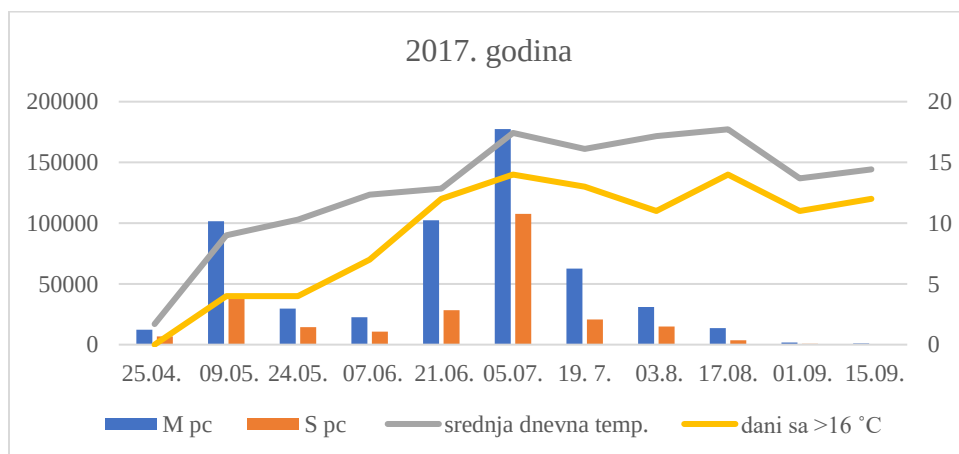
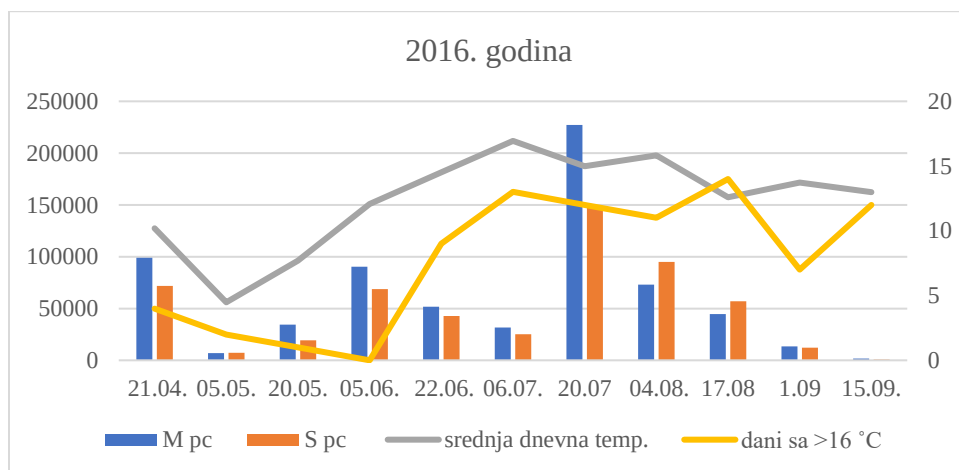


Slika 19. Odnos dobijenih vrednosti ulova dveju vrsta smrčinih potkornjaka u različitim tipovima klopki (*Ips typographus*: A – mokra klopka, B – suva klopka; *Pityogenes chalcographus*: C – mokra klopka; D – suva klopka) u odnosu na predviđene vrednosti, u skladu sa sa linearnim modelom za korelisanost ulova imaga i broja toplih dana

Prikaz ulova imaga potkornjaka zajedno sa prosečnim temepraturama, kao i danima sa temepraturom vazduha iznad 16°C prikazan je putem grafikona u nastavku teksta (Grafikon 5 i 6).



Grafikon 5: Ulov imaga I. typographus pomoću mokrih (M) i suvih (S) naletno-barijernih klopki zajedno sa temepraturnim vrednostima u okviru tri godine istraživanja

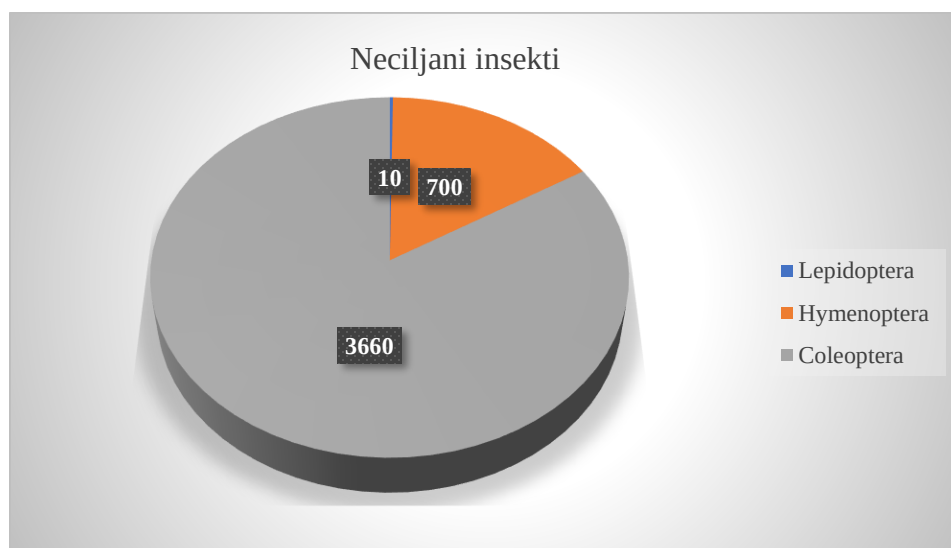


Grafikon 6: Ulov imaga *P. chalcographus* pomoću mokrih (M) i suvih (S) naletno-barijernih klopki zajedno sa temperaturnim vrednostima u okviru tri godine istraživanja

4.2.3. Rezultati analize prisustva neciljanih insekata u mokrim i suvim klopama

Istraživanja neciljanih vrsta insekata utvrđena su sumarno i po godinama za obe klopke. Uvidom u analizu prikupljenih podataka, ustanovljeni su insekti iz sledećih redova: Hymenoptera [Braconidae (2), Ichneumonidae (1), Pteromalidae(1)] Coleoptera [Buprestidae (1), Carabidae (1), Cerambycidae (1), Cleridae (2), Cucujidae (1), Dasytidae (1), Elateridae (4), Erotylidae (1), Histeridae (1), Lucanidae (1), Monotomidae (1), Nitidulidae (3), Silphidae (1), Silvanidae (1), Staphylinidae (4), Tenebrionidae(1), Tenebrionidae (1), Trogossitidae (1)] i Lepidoptera [Noctuidae (1)] (Grafikon 7; Tabela 19; Slika 20).

Svi rezultati slučajno ulovljenih jedinki neciljanih insekata dati su u Prilogu 2, zasebno za mokru i suhu klopku, po godinama istraživanja.



Grafikon 7: Ukupan ulov neciljanih vrsta iz redova Lepidoptera, Hymenoptera i Coleoptera u trogodišnjem istraživačkom periodu

Tabela 19: Prikaz neciljanih insekata i njihova brojnost za svaku godinu istraživanja

Red	Familija	Vrsta	Godina (N)		
			2016	2017	2018
Hymenoptera	Braconidae	Nije determinisana	23		
		Vrste podfamilije Doryctinae	5		
	Ichneumonidae	Nije determinisana	2	3	
	Pteromalidae	<i>Tomicobia seitneri</i> (Ruschka, 1924)	667		
	Buprestidae	<i>Anthaxia quadripunctata</i> (Linnaeus, 1758)	7	1	
	Carabidae	Nije determinisana	3		
	Cerambycidae	Vrste podfamilije Lepturinae		1	
		<i>Trichodes apiarius</i> (Linnaeus, 1758)	3	1	
	Cleridae	<i>Thanasimus formicarius</i> (Linnaeus, 1758)	196	50	2
	Cucujidae	Nije determinisana	4		
	Dasytidae	<i>Dasytes plumbeus</i> (O. F. Müller, 1776)	9		
		<i>Athous bicolor</i> (Goeze, 1777)	9		
	Elateridae	<i>Cardiophorus ruficollis</i> (Linnaeus, 1758)	4		
		<i>Ctenicera heyeri</i> (Saxesen, 1838)	3		
		Nije determinisana	17	3	
Coleoptera	Erotylidae	<i>Tritoma bipustulata</i> (Reitter, 1887)	4		
	Histeridae	<i>Platycerus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	2		
	Lucanidae	<i>Platysoma lineare</i> Erichson, 1834	2		
	Monotomidae	<i>Rhizophagus depressus</i> (Fabricius, 1792)	1		
		<i>Epuraea maresuli</i> Reitter, 1872	243	5	2
	Nitidulidae	<i>Glischrochilus quadripunctatus</i> (Linnaeus, 1758)	1		
		<i>Pityophagus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1761)	2		
	Silphidae	<i>Nicrophorus vespilloides</i> Herbst, 1783	14		
	Silvanidae	<i>Uleiota planata</i> (Linnaeus, 1761)	1		
		<i>Aleochara sparsa</i> Heer, 1839	1		
	Staphylinidae	<i>Nudobius lentus</i> (Gravenhorst, 1806)	16	1	
		<i>Phloeopora testacea</i> (Mannerheim, 1830)	6		
		<i>Quedionuchus plagiatus</i> Mannerheim, 1843	1		
	Tenebrionidae	<i>Corticeus linearis</i> (Fabricius, 1790)	1		
	Trogossitidae	<i>Nemosoma elongatum</i> (Linnaeus, 1761)	2565	150	329
Lepidoptera	Noctuidae	Nije determinisana	10		
Ukupno:			3822	215	333



Nicrophorus vespilloides Herbst, 1783



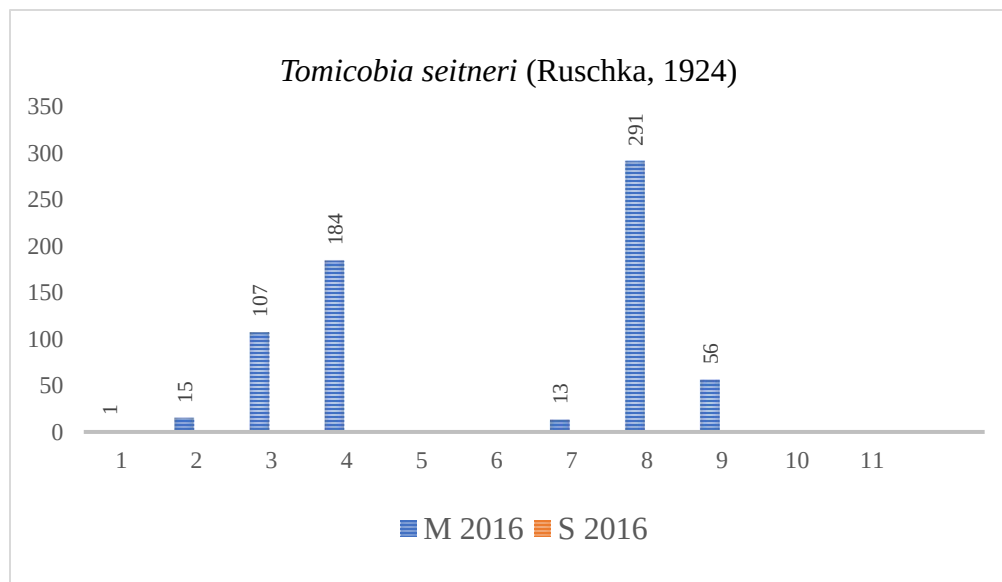
Ctenicera heyeri (Saxsen, 1838)



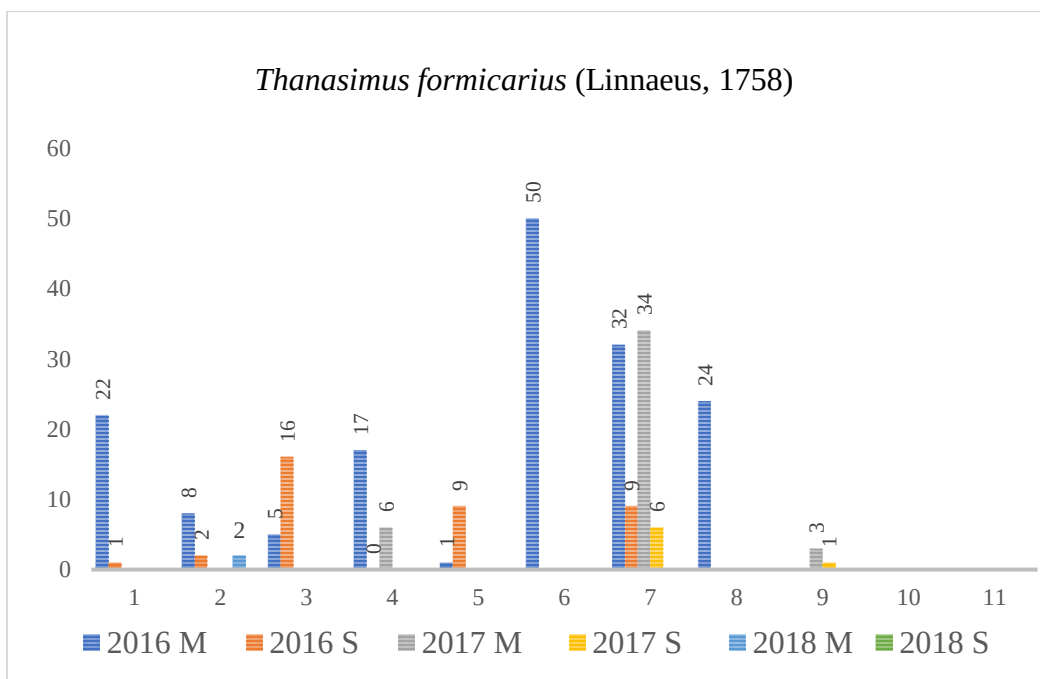
Cucujidae

Slika 20. Primeri neciljanih vrsta insekata iz reda Coleoptera prikupljenih u feromonskim klopama

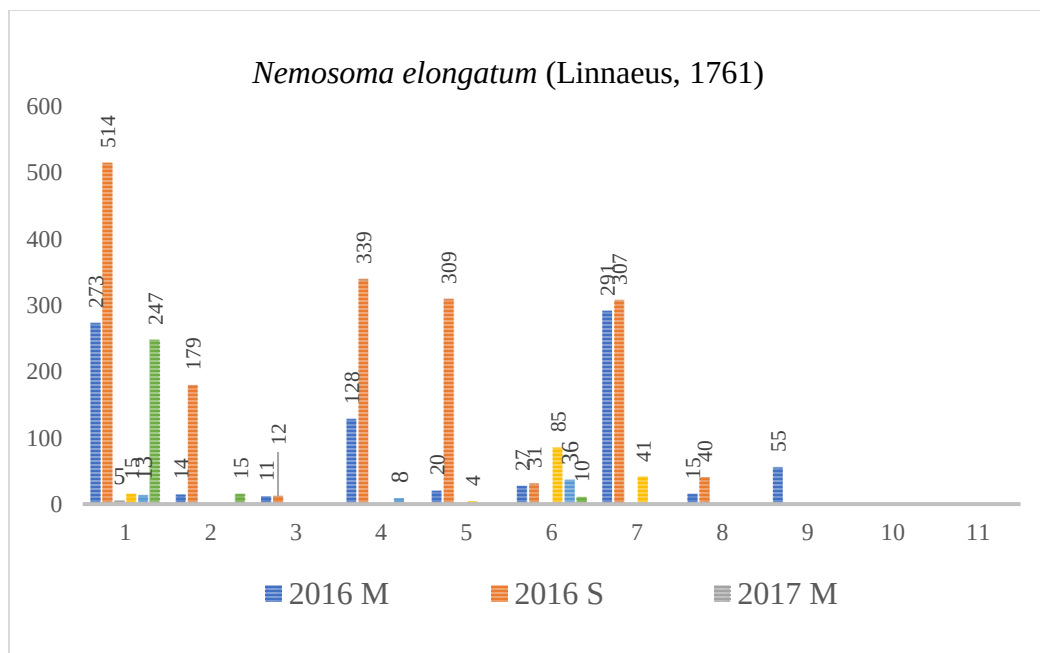
Za ekonomski najvažnije vrste, odnosno prirodne neprijatelje potkornjaka, prikazan je pojedinačni ulov za svaku klopku (Grafikon 8-10).



Grafikon 8: Prikaz ukupnog ulova *Tomicobia seitneri* (Ruschka, 1924)



Grafikon 9: Prikaz ukupnog ulova *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758)



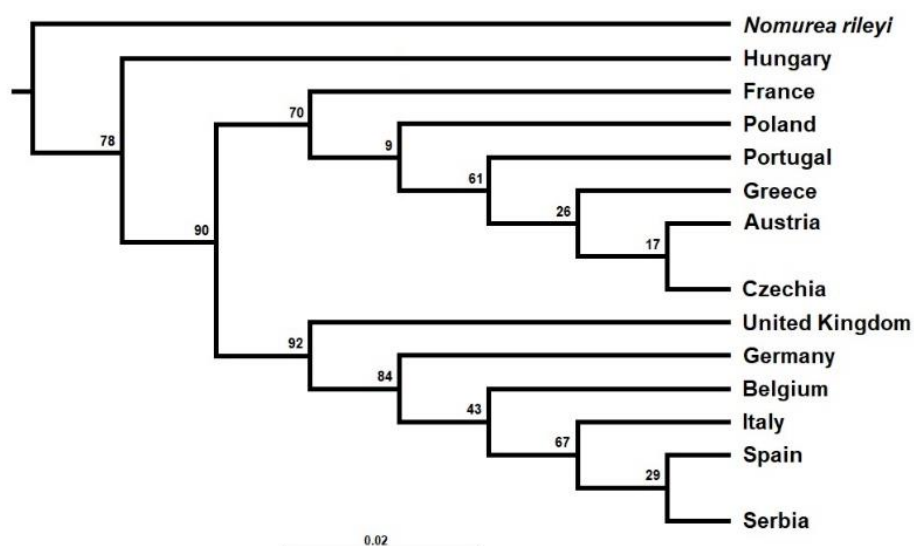
Grafikon 10: Prikaz ukupnog ulova *Nemosoma elongatum* (Linnaeus, 1761)

4.3. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče

4.3.1. *Beauveria bassiana* – rezultati obavljenih terenskih i laboratorijskih istraživanja

4.3.1.1. Rezultati genetičkih istraživanja, Indeksa klijanja i intenziteta porasta kolonija *B. bassiana* u zavisnosti od temperaturnih uslova sredine

B. bassiana je prvi put potvrđena na osnovu morfoloških i molekularnih analiza u prirodnoj populaciji *I. typographus* u šumskim sastojinama smrče Srbije. Morfološka analiza je pokazala da micelija izolovana iz sakupljenih potkornjaka parametarski odgovara *B. bassiana*, a ova pretpostavka je potvrđena i molekularnim metodama zasnovanim na ITS nuklearnim DNK markerima (Slika 21).

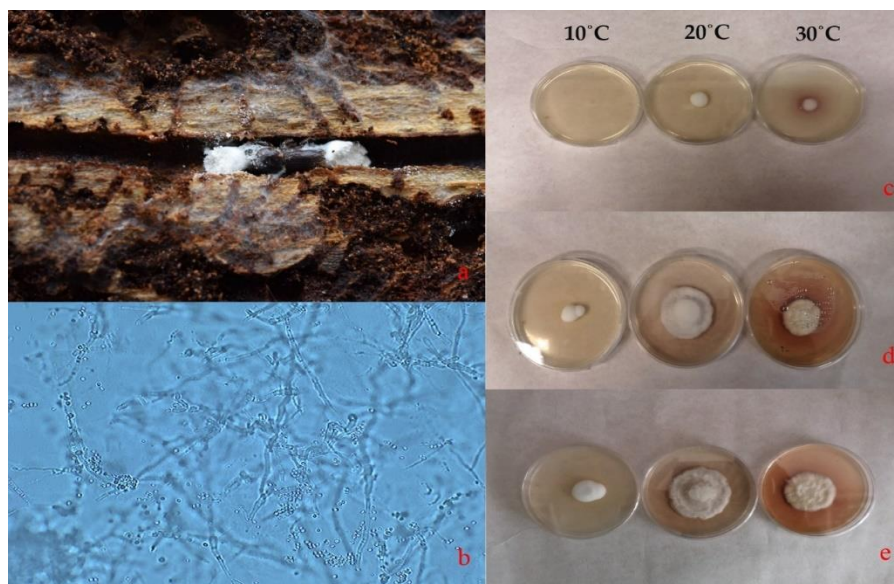


Slika 21. Konsenzus stablo za procenu odnosa između uzoraka *B. bassiana* iz različitih evropskih zemalja (Milosavljević et al., 2021a)

Tokom tri godine istraživanja, izdvojeno je 49 odraslih jediniki *I. typographus* sa jasnim simptomima zaraze entomopatogenom gljivom *B. bassiana* (Tabela 20, Slika 22).

Tabela 20: Lovna stabla sa kojih su sakupljeni uginuli adulti *I. typographus*, zaraženi istraživanim entomopatogenom

Redni broj ²² lovnog stabla	Uginuli adulti <i>I. typographus</i> sa pozitivnim nalazom prisustva <i>B. bassiana</i>					
	2016. godina		2017. godina		2018. godina	
	I generacija	II generacija	I generacija	II generacija	I generacija	II generacija
	N	N	N	N	N	N
2			2	2		
3				1		
4						3
5			1			1
6	1					
8			2			
9				8		
10			1			
12	1					
14				4		
16				3		
17				1		
18					1	
19			1	12		4



²² Koordinate prostorne tačke (lokacije) gde je bilo postavljeno lovno stablo navedene u Tabeli 1

Slika 22. Postupak izolacije gljive: zaražen imago sa belom micelijom (a) identifikacije putem mikroskopa (b) i uticaj 3 vrednosti konstantnih temperaturnih uslova (10°, 20° i 30°C) na rast kolonije posle sedmog (c), četrnaestog (d) i dvadesetprvog (d) dana

Tabela 21: Indeksi klijanja (GI) spora B. bassiana 24 sata nakon inokulacije na hranljivoj podlozi

GI* grupa (I-X) od po 10 nasumično odabranih spora									
I (1-10)	II (10-20)	III (10-20)	IV (10-20)	V (10-20)	VI (10-20)	VII (10-20)	VIII (10-20)	IX (10-20)	X (10-20)
1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	1,5	1,5	2
1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5	2	1,5	1,5	2
1,5	2	1	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	1,5	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	1,5	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	1,5	1,5	2	2	2	1,5	2	2
1,5	2	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	1,5
1,5	2	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	1,5
1,5	2	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	2	1,5	2	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
1,5	2	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
1,5	1,5	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
1,5	1,5	2	1,5	1,5	2	2	1,5	1,5	2
2	1,5	2	1,5	1,5	2	2	1,5	2	2
Klijavost=100%									
Prosečan indeks klijanja (GI) = 1,747±0,263									

* Kategorije indeksa klijanja (GI) (Horňák, 2004):

0,0 - spore su jednakog oblika, nisu proklijale

0,5 - spore su produžene, klijanje je u razmeri 1:0,5 (spora/klica)

1,0 - klica je veličine spore 1:1 (spora/klica)

1,5 - klica je 2-3 puta duža od spore

2,0 - klica je 3 puta duža od spore, grananje hifa je vidljivo

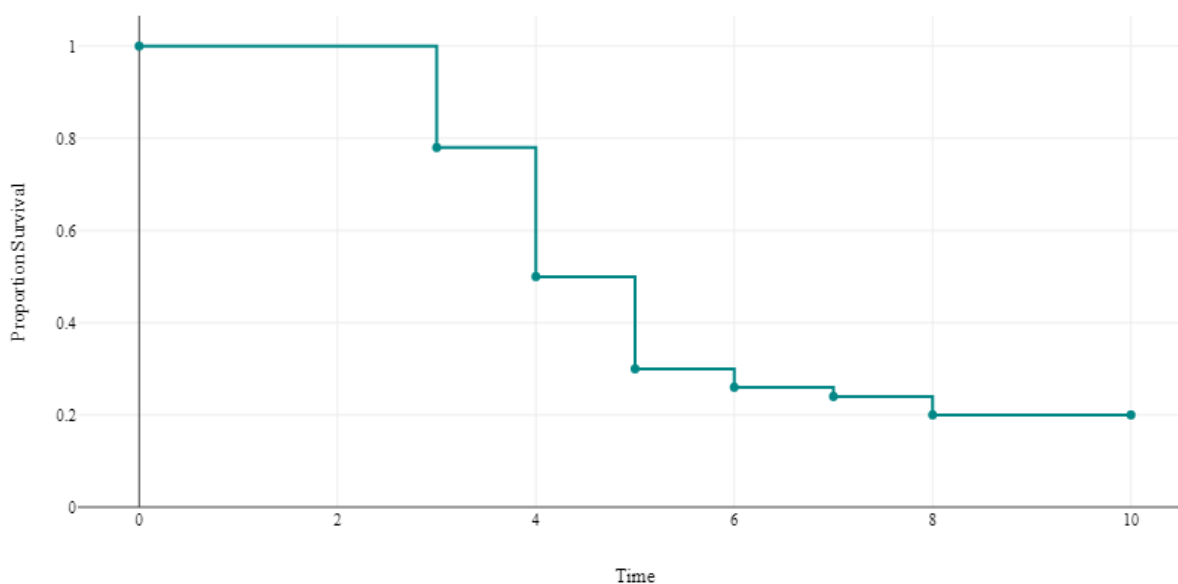
2,5 - početak sporulacije, 1 do 2 spore su formirane na konidioforima

3,0 - obilna sporulacija, više od 2 spore u lancu

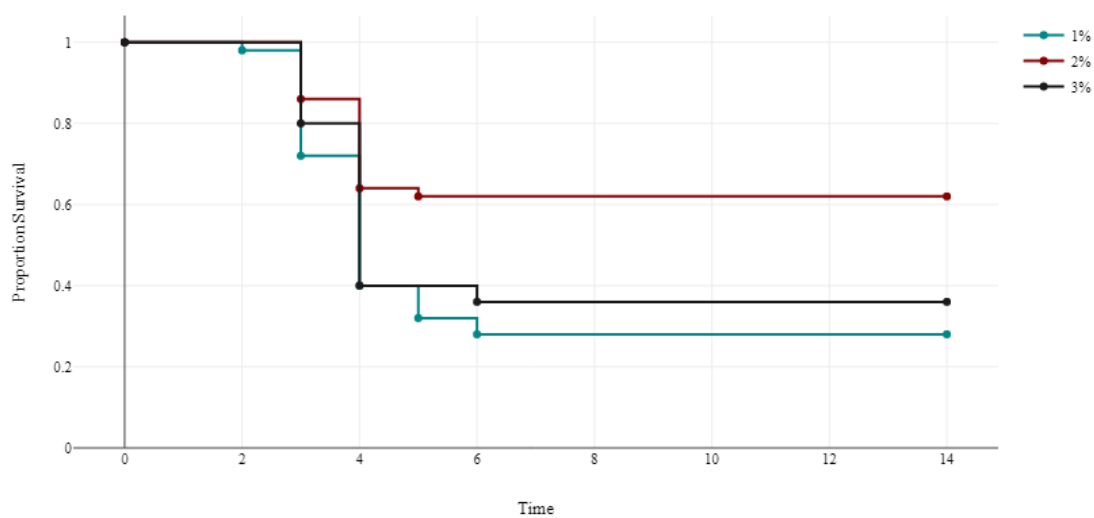
Tabela 22: Intenzitet porasta kolonija *B. bassiana* u zavisnosti od temperaturnih uslova sredine

Evaluacija	Sedmi dan			Četrnaesti dan			Dvadeset prvi dan		
Temperaturni uslovi sredine	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C
Srednja vrednost	2	14	11	9,5	36,5	32	15	48	42,5
Varijansa	0,34	5,94	7,78	4,37	12,78	23,59	6,15	4,56	13,19
Minimum	1	11	8	6	30	24	12	45	34
Maksimum	3	20	19	15	42	38	19	53	46
Srednja vrednost $\pm$ standardna greška	1,85 $\pm$ 0,59	14,4 $\pm$ 2,44	11,75 $\pm$ 2,79	9,55 $\pm$ 2,09	36,4 $\pm$ 3,57	31,7 $\pm$ 4,86	15,6 $\pm$ 2,48	47,85 $\pm$ 2,13	41,85 $\pm$ 3,63

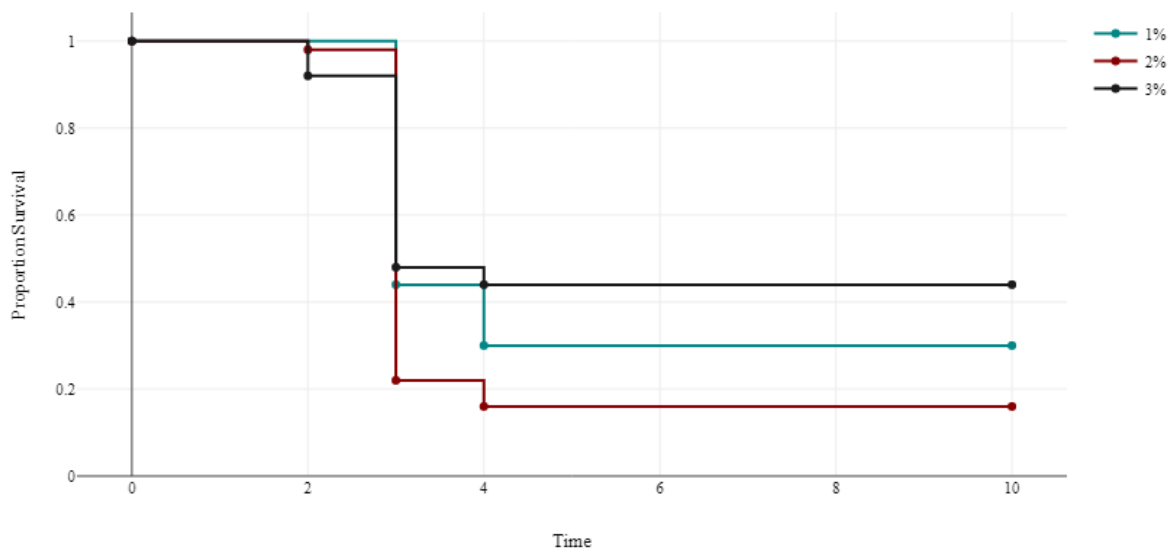
4.3.1.2. Rezultati istraživanja biološke efikasnost izolata *B. bassiana* (I ogled) i biološkog fungicida *Naturalis Biogard®* (II ogled)



Grafikon 11:Kaplan-Meier kriva preživljavanja do pojave infekcije jedinki *I. typographus* izolatom *B. bassiana*



*Grafikon 12: Kaplan-Meier kriva preživljavanja do pojave infekcije jedinki *I. typographus* zaražene biološkim fungicidom Naturalis Biogard® u tri koncentracije*



*Grafikon 13: Kaplan-Meier kriva preživljavanja do pojave infekcije jedinki *P. chalcographus* zaražene biološkim fungicidom Naturalis Biogard® u tri koncentracije*

Tabela 23: Biološka efikasnost tri testirane koncentracije biološkog fungicida Naturalis Biogard® u suzbijanju I. typographus i P. chalcographus 10 dan po postavljanju oglada (direktno tretiranje adulta potapanjem u odabrane koncentracije) (I ogled)

Tretman	Adulti <i>I. typographus</i>					Adulti <i>P. chalcographus</i>				
	Vrednosti za pet ponavljanja				Biološka efikasnost (Abbott formula)	Vrednosti za pet ponavljanja				Biološka efikasnost (Abbott formula)
	Živi neinficirani		Uginuli inficirani			Živi neinficirani		Uginuli inficirani		
	N	%	N	%		N	%	N	%	
Destilovana voda	45	90	5,00*	10		47	94	3	6	
Naturalis Biogard® 1%	14	28	36	72	65,0	15	30	35	70	68,1
Naturalis Biogard® 2%	31	62	19	38	31,1	8	16	42	84	83,0
Naturalis Biogard® 3%	18	36	32	64	60,0	22	44	28	56	53,2

*uginuli – neinficirani adulti

Tabela 24: Biološka efikasnost tri testirane koncentracije biološkog fungicida Naturalis Biogard® u suzbijanju adulta I. typographus dvadeset prvog dana (III ocena) po postavljanju oglada (tretiranje isečaka kore smrče i nanošenje zdravih adulta potkornjaka i njihovo pojedinačno čuvanje u polukontrolisanim laboratorijskim usovima) (II ogled)

Tretman	Prosečan broj i procenat adulta <i>I. typographus</i> za tri ponavljanja – III ocena				Biološka efikasnost (Abbott formula)
	Živi - neinficirani		Uginuli - inficirani		
	N	%	N	%	
Destilovana voda	28,00	93,33	2,00*	6,67	
Naturalis Biogard® 1%	24,51	81,70	5,49	18,30	14,23
Naturalis Biogard® 2%	22,22	74,06	7,78	25,94	26,02
Naturalis Biogard® 3%	17,14	57,13	12,86	42,87	63,36

*uginuli – neinficirani adulti

4.3.2. Predatori potkornjaka smrče

Rezultati istraživanja predatora potkornjaka prikazana su u nastavku teksta (Tabeli 25, Slika 23).

Tabela 25: Predatori potkornjaka smrče istraživnog područja

Predator	Prisustvo u istraživnom području		
Vrsta	Lokacija	N	%
COLEOPTERA			
Cleridae			
<i>Thanasimus formicarius</i> (Zetterstedt, 1828)	●◇	259	6,18
Nitidulidae			
<i>Epuraea marseuli</i> Reitter, 1873	◇	250	5,96
Monotomidae			
<i>Rhizophagus depressus</i> (Fabricius, 1792)	◇	1	0,02
Staphylinidae			
<i>Nudobius lentus</i> (Gravenhorst, 1806)		25	0,60
<i>Phloeopora testacea</i> (Mannerheim, 1830)	◇	2	0,05
<i>Quedionuchus plagiatus</i> (Mannerheim, 1843)	◇	1	0,02
Tenebrionidae			
<i>Corticeus linearis</i> (Fabricius, 1790)	◇	1	0,02
Trogossitidae			
<i>Nemosoma elongatum</i> (Linnaeus, 1760)	◇	3127	74,58
ACARI			
Digamasellidae			
<i>Dendrolaelaps quadrisetus</i> (Berlese 1920)	◇	527	12,57
Ukupno		4193	100
Legenda:			
●	Lovno stablo		
◇	Feromonska klopka		



Thanasimus formicarius (Zetterstedt, 1828)



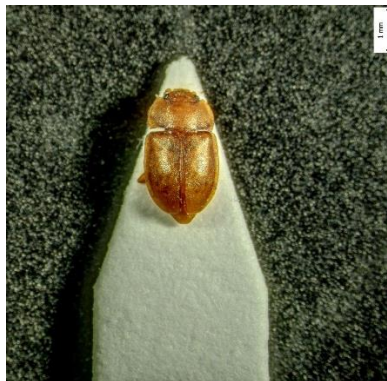
Nemosoma elongatum (Linnaeus, 1760)



Nudobius lentus (Gravenhorst, 1806)



Phloeopora testacea (Mannerheim, 1830)



Epuraea marseuli Reitter, 1873



Dendrolaelaps quadrisetus (Berlese 1920)

Slika 23. Predatori potkornjaka smrče

4.2.3. Parazitoidi potkornjaka smrče

Parazitoidi potkornjaka smrče istraživnog područja predstavljani su u Tabeli 26 (Slika 24). Prikazana je njihova procentualna zastupljenost na osnovu ukupnog učešća u istraživnom periodu.

Tabela 26: Parazitoidi potkornjaka smrče prikupljeni u istraživnom periodu

Parazitoid	Prisutstvo u istraživnom području		
Vrsta	L/F	N	%
Braconidae			
<i>Coeloides bostrichorum</i> Giraud, 1872	●	397	27,44
Pteromalidae			
<i>Dinotiscus eupterus</i> (Walker, 1836)	●	264	18,24
<i>Heydenia pretiosa</i> Forster, 1856	●	1	0,07
<i>Mesopolobus typographi</i> (Ruschka, 1924)	●	3	0,21
<i>Rhopalicus quadratus</i> (Ratzeburg, 1844)	●	1	0,07
<i>Rhopalicus tutela</i> (Walker, 1836)	●	48	3,32
<i>Roptrocerus brevicornis</i> Thomson, 1878	●	26	1,80
<i>Roptrocerus mirus</i> (Walker, 1834)	●	34	2,35
<i>Roptrocerus xylophagorum</i> (Ratzeburg, 1844)	●	5	0,35
<i>Tomicobia seitneri</i> (Ruschka, 1924)	◇●	668	46,16
Ukupno:		1447	100

Legenda:

- L/Lovno stablo
- ◇ F/Feromonska klopka



Tomicobia seitneri (Ruschka, 1924)



Rhopalicus tutela (Walker, 1836)



Dinotiscus eupterus (Walker, 1836)

Slika 24. Pojedini predstavnici parazitoida potkornjaka smrče

4.2.4. Grinje potkornjaka smrče

Rezultati istraživanja grinja asociranih sa potkornjacima istraživanog područja prikazani su u Tabeli 27 (Slika 25).

Tabela 27: Grinje sa nasumično izdvojenog uzorka potkornjaka smrče

Vrsta grinja	Domaćin		Ukupan broj foretičkih grinja	Procenat	Lokacija na potkornjaku
	<i>I.typographus</i>	<i>P. chalcographus</i>	N	%	L
<i>Dendrolaelaps quadrisetus</i> (Berlese 1920)	173	0	173	28,3	Ispod porkioca, Obronak na pokriocima
<i>Uroobovella ipidis</i> (Vitzthum,1923)	72	56	128	12,4	Toraks, Obronak na pokriocima, Glava
<i>Histiostoma piceae</i> Scheucher, 1957	1	75	76	8,5	Obronak na pokriocima
<i>Trichouropoda polytricha</i> (Vitzthum, 1923)	117	65	182	29,8	Toraks, Obronak na pokriocima, Glava
<i>Paraleius leontonychus</i> (Berlese, 1910)	52	0	52	20,9	Toraks, Obronak na pokriocima, Glava
Ukupno:			611	100	



Slika 25. Grinje potkornjaka smrčje: a- *Paraleius leontonychus*, b- *Uroobovella ipidis*, c- *Dendrolaelaps quadrisetus*, d- *Histiotoma piceae*, e- *Trichouropoda polytricha*, f- Grinje na obronku pokrioca kod *I. typographus*, g- Grinje ispod elitri kod *I. typographus* h- Grinje na pokriocu kod *P. chagographus* (SEM)



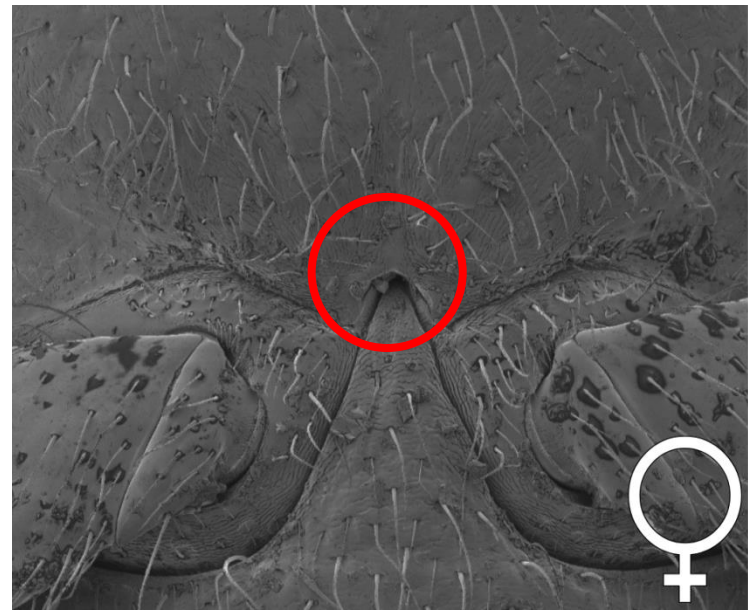
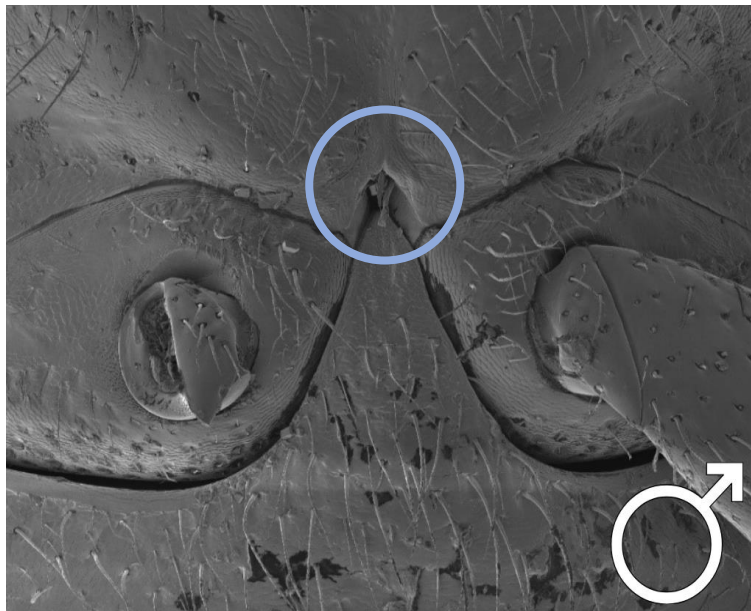
Slika 26. Paraleius leontonychus (levo), detalj kandža/kuka na nogama (desno)

4.4. Rezultati istraživanja dijagnostike morfoloških karakteristika polova *I. typographus*

Tokom istraživanja karaktera koji bi potpomogli pri dijagnostici polova osmozubog potkornjaka smrče (slika 27), uočena je morfološka karakteristika u spoju između metasternuma, meta-koksi i prvog sternita abdomena (Slika 28). Kod mužjaka pomenuta regija je zaoštrena dok je kod ženki više zaobljena.



Slika 27. Prikaz regije gde su uočeni novi morfološki karakteri mužjaka (levo) i ženki (desno) uvećani 37 puta



Slika 28. Prikaz detalja spoja između metasternuma i abdomena kod mužjaka (plava boja) i kod ženke (crvena boja), uvećanje 120 puta

5. DISKUSIJA

5.1. Fenologija potkornjaka smrče

Rezultati istraživanja fenologije potkornjaka smrče na lokalitetu Tara, ukazuju na to da su obe vrste univoltne i da razvijaju do jednu sestrinsku generaciju. Pomenuti rezultati se podudaraju sa rezultatima istraživanja Annila (1969), Botterweg-a (1982), Hedgren-a (2004), Jönsson i sar.(2007), Schroeder-a (2013), Demirović i sar. (2016), Kasumović-a (2016). Obe vrste, nakon prezimljavanja, započinju rojenje tokom aprila, s tim što su prvi ubušni otvori evidentirani krajem aprila. U 2018. godini, usled obimnijih padavina, došlo je do produžavanja prolećnog perioda rojenja do sredine maja i prolongiranja perioda ubušivanja (Tabela 9 i 11). Dobijeni rezultati su u skladu sa dosadašnjim istraživanjima razvića potkornjaka smrče na višim nadmorskim visinama.

Kod vrste *P. chalcographus* utvrđeno je da je za celokupan ciklus razvića potrebno od 50 do 91 dana, dok je *I. typographus* potrebno od 50 do 72 (Fora et al., 2007; Kasumović, 2016). Kod vrste *I. typographus*, celokupan ciklus razvića, na području planine Tara, traje od kraja aprila do početka jula meseca, odnosno između 62 i 74 dana. Kod šestozubog smrčinog potkornjaka, *P. chalcographus*, celokupan ciklus razvića je nešto duži i traje do trećine jula (78-84 dana).

Fora i sar. (2007), su detaljnim istraživanjima, na nadmorskim visinama od 600 do 1000 m, ustanovili dužinu trajanja, izraženu u danima, svih razvojnih stupnjeva kod vrste *P. chalcographus*. Za period inkubacije jajeta potrebno je od 14 do 16 dana, za larvalni stadij od 23 do 26 dana, stadijum pupe 18 do 19 dana, mlad imago će se razviti između 49 i 52 dana od trenutka polaganja jaja, a prve zrele jedinke se pojavljuju između 62 i 81 dana. Kada je reč o šestozubom smrčinom potkornjaku tokom 2018.godine nije uočeno razviće sestrinske generacije, a mogući razlog tome jeste nepogodan materijal za razmnožavanje.

Pogodan materijal za razmnožavanje kao i jedinstvena mikroklima unutar stabla, stvaraju posebne temperaturne uslove koji se razlikuju od sredine (Baier et al., 2007).

Poređenje akumulisanih stepeni-dana, potrebnih za celokupan razvoj vrste *I. typographus* razlikuju se od vremena koje je uočeno na terenu. Naime, prema kalkulaciji, utvrđeno je da za 557 akumulisanih stepeni-dana, potrebno nešto više u odnosu na situaciju na terenu.

Primeru radi, tokom 2016. godine, ubušivanje i polaganje jaja započelo je 20. aprila, pojava imaga uočena je 30. juna, što iznosi 71 dan. Kalkulacijom, 557 stepen-dana dobijeno je nakon 86 dana. Tokom 2017. godine, ubušivanje je uočeno 24. aprila, pojava mladog imaga 20. juna, a potpuno zrela jedinka do kraja meseca (68 dana). Poređenjem rezultata, do pojave mladog imaga izračunato je 441 stepeni-dana, dok je za 557 potrebno 79 dana (Prilog 1).

Jedan od savremenijih metoda predviđanja fenologije potkornjaka smrče, jeste PHENIPS model, koji se zasniva na nelinearnom odnosu temperature i razvoja insekata, te se na taj način omogućava predviđanje početka rojenja, formiranja sestrinskih generacija kao i izlazak imaga (Baier et al., 2007). Osnovna prednost ovog modela jeste uključivanje i temperature kore. Direktno sunčevo zračenje može zagrejati delove floema izložene suncu. Ovaj dodatni unos energije dovodi do povećanja temperature floema, što može ubrzati razvoj legla, ukoliko je temperatura nešto niža od 30°C ili pak usporiti (>30°C) (Annala, 1969; Baier et al., 2009).

Annala (1969), navodi da je letalna temperatura koja se može dostići u floemu 47°C. PHENIPS model proračunava razvoj najranijeg i najbržeg legla koji su najvažniji za pravovremene mere kontrole i procenu rizika (Baier et al., 2009). Kao nedostatak ovog modela, uočeno je da on ne uzima u obzir padavine, kao i to da su zasena i smanjenje direktne insolacije na stablu jedan od vodećih razloga u odstupanju rezultata modelovanja od stvarnog razvoja (Berec et al., 2013). Uočeno je da model predviđa početak razvoja jedinki do pet dana ranije u odnosu na stvarnu situaciju (Kasumović, 2016).

Globalno otopljavanje utiče i na promene u fenologiji biljnog i životinjskog sveta (Menéndez, 2007; Lavalley et al., 2009). Fenologija potkornjaka smrče područja planine Tara, jednaka je skandinavskim zemljama, za sada, formira jednu celu generaciju godišnje i drugu koja prezimljava. Predviđanja ukazuju, da ukoliko do 2100 godine dođe do otopljavanja za 2 do 3°C, doći će do formiranja druge generacije (Jönsson et al., 2011).

5.2. Efikasnost mokrih i suvih naletno-barijernih klopki

Feromonske klopke, za ulov potkornjaka, su jedna od savremenijih metoda u šumarstvu, čija je uloga da pomoću agregacionih feromona, privuče i zadrži što veći broj jedinki. O samoj efikasnosti feromonskih klopki, u suzbijanju neprihvatljivog povećanja brojnosti potkornjaka, bilo je dosta polemike u prošlosti, a nekoliko studija ukazalo je na pozitivne rezultate. Istraživanja u Francuskoj pokazala su da je upotreba feromonskih klopki, imala pozitivan uticaj na smanjenje štetnog delovanja vrste *I. typographus*, u daljem procesu odumiranja šuma. Zahvaljujući feromonskim klopkama, štetno delovanje se smanjilo na 37%. Nasuprot tome, u područjima gde nisu primenjene represivne mere suzbijanja pomoću feromonskih klopki, oštećenje u šumskim ekosistemima, poraslo je između 870 i 4.268 % (Faccoli & Stergulc, 2008).

U Italiji ispitivanja su pokazala, da je zahvaljujući feromonskim klopkama, došlo do smanjenja nepoželjnog uticaja potkornjaka od 80% (Faccoli & Stergulc, 2008). Takođe, u Kini, uz pomoć 80 feromonskih klopki, za tri godine, smanjeno je odumiranje šuma za 80%. Godišnje izlovljavanje iznosilo je od 0,5 do 1,7 miliona jedinki potkornjaka (Schlyter et al., 2001).

Kako su na tržištu prisutne razne konstrukcije, ispitivanje i pronalaženje što adekvatnijeg modela jedan je od važnijih ciljeva u integralnoj zaštiti šuma. U okviru trogodišnjeg istraživanja izvršena je evaluacija efikasnosti mokre i suve naletno-barijerne klopke modela Theysohn®.

Poređenjem ova dva modela klopki, ustanovljena je statistički značajna razlika u ulovu kako kod vrste *I. typographus* (ANOVA $F=4,60$; $p=0,0359$), tako i kod vrste *P. chalcographus* (ANOVA $F=4,80$; $p=0,0321$). Ustanovljeno je da mokre klopke izlovljavaju 1,8 puta više jedinki za *I. typographus* dok je gotovo identičan slučaj bio i kod vrste *P. chalcographus* (1,84 puta više). Jedna od osnovnih prednosti mokrih klopki jeste potapanje i uginuće ulovljenih jedinki, te se smanjuje mogućnost izlaženja. Slična istraživanja kod obe vrste potkornjaka smrče, upotrebom identičnog modela i modifikovane verzije mokre klopke²³, nisu ukazala na statistički značajnu razliku (Kasumović et al., 2016), dok su istraživanja kod vrste *Pityokteines curvidens* (Germar 1824), pokazala razliku u korist modifikovanih mokrih klopki (Pernek et al., 2006).

5.2.1. Korelacija između ulova u mokrim i suvim klopkama i temperature vazduha

Temperatura vazduha je jedan od osnovnih faktora koji utiče na rojenje insekata. Ustanovljeno je da je optimalna temperatura za let potkornjaka 16,5°C, kao i to da se masovno rojenje dešava onda kada je maksimalna dnevna temperatura 20°C (Annala, 1969; Wermelinger, 2004; Jönsson et al., 2011). Gotovo da nije utvrđena korelacija između ulova i broja dana sa temperaturom iznad 16°C.

Kod vrste *I. typographus* postoji umerena negativna korelacija između ulova imaga i broja dana sa srednjom temperaturom vazduha iznad 16°C, kako u mokrim ($r=-0,46$; $p=0,0063$) tako i u suvim klopkama ($r=-0,47$; $p=0,0072$). Pored temperature na početak dijapauze više utiče dužina dana (Jönsson et al., 2011). Nagli pad ulova u klopkama se može objasniti kraćim danima i pripremama jedinki za dijapauzu.

5.2.2. Neciljani insekti u mokrim i suvim klopkama

Neciljani insekti su sastavni deo ulova u feromonskim klopkama, međutim, njihova brojnost je od izuzetne važnosti kada je reč o celokupnoj efikasnosti klopki (Pernek, 2002). Tokom tri godine istraživanja evidentirano je 4.370 jedinki neciljanih insekata od toga, iz reda Lepidoptera - 10, Hymenoptera - 700 i najviše iz reda Coleoptera - 3.660. U poređenju sa ukupnim ulovom potkornjaka, neciljana fauna iznosi 0,13%, što se smatra dovoljno dobrom selektivnošću (Pernek, 2002; Pernek & Hrašovec, 2003). Analizom prikupljenog materijala, utvrđeno je da je ekonomski važna vrsta *T. formicarius*, prisutna sa 82,3 % u mokrim, odnosno, 17,7 % u suvim. Ova razlika se može objasniti time što je vrsta *T. formicarius* u mogućnosti da izađe iz klopke (Kasumović et al., 2016). Trogodišnji rezultati

²³ U istraživanju nisu korišćene fabrički proizvedene mokre klopke, već je kolektor suve klopke maunuelno modifikovan tako da može zadržati vodu

istraživanja, kod vrste *N. elongatum*, ukazala su da se u suvim klopama nalazilo 70,57 % jedinki, dok je u mokrim utvrđeno 29,4 %. Kod pomenutih vrsta, takođe je uočeno, da se brojnost jedinki u klopama povećava sa promenom feromonskih dispanzera. Ova pojava nije retkost, kako je do sada utvrđeno da se obe vrste često mogu naći u klopama namenjenih za ulov potkornjaka i to *N. elongatum* može da dostigne i 20% u odnosu na ukupan ulov (Wigger, 1996). Iako je *T. seitneri* čest u feromonskim klopama (Faccoli, 2000), u toku ovih istraživanja ukupno 667 primeraka ulovljeno je samo u mokrim klopama jedino 2016. godine.

5.2.3. Zapažanja i konstrukcijski predlozi za poboljšanje feromonskih klopki

Na tržištu su trenutno prisutne dve verzije Theysohn® naletno-barijernih klopki (mokra i suva). Osnovna razlika, jeste što je za mokru klopku potrebno dodati vodu sa specijalnom solju. Naime, mokra klopka nije namenjena da se prazni često. Prema proizvođaču, ona je konstruisana tako da omogući maksimalan ulov od 20 hiljada jedinki *I. typographus* vrste. Prilikom terenskog istraživanja, u toku tri godine, utvrđeno je da u pogledu ulova ciljanih jedinki, mokre klopke imaju bolju efektivnost. Kada je reč o neciljanim insektima, velika je mana to što uhvaćene jedinke nisu u stanju da izađu iz klopke. Sa druge strane, u suvim su evidentirani drugi neciljani insekti u većoj brojnosti, te se može zaključiti da je podjednak negativan uticaj.

Kada je reč o manipulaciji na terenu, za mokre je neophodno obezbediti vodu i specijalnu so, što otežava manipulaciju na terenu i povećava troškove. Posuda za vodu napravljena je od plastike, a uz pomoć specijalnih čepova koji se nalaze na dnu posude (Slika 15), omogućeno je brzo pražnjenje sadržaja tečnosti. Usled temperaturnih razlika, pogotovo u letnjem periodu, može doći do popuštanja čepova koji olako padaju na podlogu, te voda otiče, a sadržaj sa insektima biva izložen hemijskim promenama i raspadanju, što za rezultat ima proizvodnju neprijatnih mirisa i odbijanje ciljanih insekata. Sam dizajn posude otežava sakupljanje i pražnjenje sadržaja, jedinke su mokre, te je razdvajanje između vrsta otežano.

Specijalna so koja se koristi, teško se rastvara u hladnoj vodi, što je verovatno ciljana osobina same soli koja je namenjena da traje više meseci, odnosno do određenog broja ulovljenih jedinki. So gubi na količini kada se pretače više puta jer se njene partikule zadržavaju na insektima. Može se zaključiti da nije namenjena za višestruku upotrebu.

Na tržištu postoji veći broj feromonskih dispanzera koji se koriste za privlačenje više od jedne vrste insekata (Pernek & Hrašovec, 2003, 2005; Tabaković-Tošić & Milosavljević, 2015; Šramel et al., 2021). Pri definisanju brojnosti ulova potrebno je razvrstati jedinke, što je usled nedostataka separatora, moguće jedino manuelno. Upravo, vrsta separatora, neophodna je u posudama za sakupljanje kako bi se jedinke što lakše i brže razdvojile, kako same, usled različitih veličina tela, tako i jednostavnim prosejavanjem.

Pre same posude za sakupljanje, kod oba tipa klopki, prisutne su barijere u vidu levka i žleba (Slika 15), čija je uloga da kanališu insekte u kolektor klopke. Uočena mana, pomenutih konstrukcijskih delova, ogleda se u nemogućnosti kontrole prisustva većih insekata kao i omanjih glodara. U naučnom pogledu, primena mokrih klopki može dati više informacija o celokupnoj interakciji drugih vrsta sa istraživanim insektima (prisustvo parazitoidnog kompleksa, grinja i drugih predatorskih vrsta). Oba modela su većih dimenzija i zauzimaju dosta prostora prilikom transporta.

5.3. Prirodni neprijatelji potkornjaka smrče

5.3.1. *Beauveria bassiana*

Rezultati genetičkih istraživanja ukazali su da srpski izolati pripadaju *Beauveria bassiana sensu lato* (sensu Rehner and Buckley (2005)– Clade A), grupi Bsh/Bsk [sensu Ghikas et al. (2010)], koja pokriva uglavnom suve aridne i semiaridne stepe klimatskih regiona manjih geografskih širina, zajedno sa uzorcima iz Italije i Španije (Milosavljević et al., 2021a). Klimatska povezanost prirodnih populacija mogla bi pružiti korisne informacije o staništima i preferencijama rasta *B. bassiana* u regionu Balkana (Bidochka et al., 2002).

Temperatura je jedan od osnovnih faktora koji mogu uticati na vegetativni rast gljiva, te u pogledu biološke borbe, parametar koji zahteva detaljnije ispitivanje (Fargues et al., 1997). *B. bassiana* je mezofil koji je u mogućnosti da raste u temperaturnim uslovima od 6° do 35°C, ipak optimalni raspon je između 20° i 30°C (Fargues et al., 1997).

Rezultati laboratorijskih ogleda izvedenih u okviru ovih istraživanja prikazani su u Tabeli 22. Analizom dobijenih prosečnih vrednosti došlo se do zaključka da je optimalna temperatura vazduha za razvoj izolata *B. bassiana* sa Tare 20°C. Nešto lošiji rast evidentiran je u konstantnim temperaturnim uslovima od 30°C.

Kao prirodni supresent osmozubog potkornjaka smrče, *B. bassiana*, je evidentirana još 1935 godine (Karpinski, 1935), od kada se nastavljaju istraživanja (Siemaszko, 1939; Neuzilova, 1956; Landa et al, 2001; Takov et al, 2006).

Biološka efikasnost izolata *B. bassiana*, testirana je na odraslim jedinkama *I. typographus* sakupljenim na području planine Tara, uz pomoć feromonskih klopki. Imaga su pojedinačno kratkotrajno, potapana u suspenziju gljive. Rezultati istraživanja pokazuju da je medijana vremena do pojave infekcije 5 dana (95% CI - 4) (Grafikon 11).

Tokom istraživanja 20% jedinki nije pokazalo inficiranost, uzrok mortaliteta je prirodan. Efikasnost prema Abbott-u iznosi 77,3%. U kontrolnoj grupi sve jedinke su uginule prirodnom smrću bez infekcije.

Tretman potapanjem jedinki u rastvor preparata Naturalis® (I ogled), ukazao je da se efikasnost po Abbott-u kretala u rasponu od od 31,3 do 65%, za *I. typographus*, odnosno od 53,2 do 83% za *P. chalcographus* (Tabela 23).

Analizom dobijenih rezultata, utvrđena je statistički značajna razlika u dužini preživljavanja po tretmanu između koncentracija (Log rank test; $\chi^2 = 11,8$; $p = 0,003$), kod testiranih jedinki *I. typographus*. Medijana vremena do pojave infekcije za 1% iznosi 4,42 (95% CI - 4), 2% -4,5 (95% CI - 5) i za 3% -4,58 (95% CI - 4) dana (Grafikon 12).

Kod imaga *P. chalcographus*, utvrđena je statistički značajna razlika u dužini preživljavanja po tretmanu između koncentracija (Log rank test; $\chi^2 = 7,4$; $p = 0,025$).

Medijana vremena do pojave infekcije, kraća je u odnosu na *I. typographus*, i iznosi: 1% - 3,4 (95% CI - 3), 2% -3,2 (95% CI - 3) i 3% -3,4 (95% CI - 3) dana (Grafikon 13).

U polukontrolisanim laboratorijskim uslovima, na uzorcima kore debla sveže posečenih zdravih stabala smrče, sprovedena su ispitivanja biološke efikasnosti u suzbijanju odraslih jedinki *I. typographus*, tri koncentracije (1%, 2% i 3%) bioinsekticida Naturalis Biogard® (II ogled).

Svi tretirani uzorci kore, manifestovali su pojavu patogena na odraslim jedinkama *I. typographus* sa većom učestalošću nego u netretiranim uzorcima. Procentualni odnos živih - neinficiranih i uginulih - inficiranih jedinki *I. typographus* na uzorcima kore tretiranim 3% koncentracijom Naturalis Biogard®, pokazao je zadovoljavajuće rezultate (63,36% efikasnost po Abbott-u) dvadeset jedan dan nakon uspostavljanja testa. Logična pretpostavka je da bi do daljeg poboljšanja biološke efikasnosti došlo ukoliko bi se koncentracija povećala, što je postavljeno kao cilj daljeg laboratorijskog ispitivanja.

Rezultati navedenih istraživanja obrađeni su u radu Tabaković-Tošić & Milosavljević, 2023.

Kada je reč o sličnim laboratorijskim istraživanjima uticaja rasličitih sojeva *B. bassiana* iz prirodnih populacija i nekih od komercijalnih preparata (Vaupel & Zimmermann, 1996; Kreutz et al., 2004a; Mudrončková et al., 2013; Draganova et al., 2017) biološka efikasnost se kretala u rasponu od 88 do 100%, što je u korelaciji sa rezultatima navedenim u Tabeli 24.

Malobrojna istraživanja biološke efikasnosti komercijalnih preparata na bazi *B. bassiana*, u prirodnim i/ili polukontrolisanim laboratorijskim uslovima, rezultirala su dijametralno suprotnim rezultatima, od neefikasnosti (18%), do apsolutne efikasnosti (100%) (Kreutz et al., 2004b; Jakuš & Blaženec, 2011; Grodzki & Kosibowicz, 2015; Tabaković-Tošić & Milosavljević, 2018; Barta et al., 2020). Prirodne pojave epizootije prouzrokovane entomopatogenom *B. bassiana*, u populacijama potkornjaka nisu zabeležene do sada. Interesantno je istraživanje koje je pokazalo da postoji potencijal u horizontalnoj transmisiji gljive unutar populacije *Ips typographus* L. (Kreutz et al., 2004b).

Istraživanja koja se vezuju za *P. chalcographus* i biološku efikasnost *B. bassiana*, su vrlo oskudna. Prema Wulf-u (1983), čak pri koncentraciji od 1×10^4 spora po ml, primećena je zadovoljavajuća efikasnost dok je najbrže rezultate pokazala koncentracija od 1×10^8 spora po ml, pri temperaturi od 25°C i vlažnosti od 100%, larve i lutke su pokazale veću osetljivost od imaga, ipak je zabeleženo 6% onih koji su se došli u fazu imaga bez infekcije, što se može objasniti presvlačenjem lutke i odbacivanjem zaražene kutikule. Iz prirodnih populacija *P. chalcographus* izolovana je *B. caledonica* (Kirschner, 2001).

5.3.2. Predatori potkornjaka smrče

Tokom istraživanja antagonista potkornjaka smrče, determinisana je jedna vrsta predatora iz podklase Acari i osam iz reda Coleoptera (Tabela 25).

Rezultati ovog istraživanja ukazali su da je najdominatnija vrsta *Nemosoma elongatum*, pripadnik familije Trogossitidae, sa skoro 75% od ukupno prikupljenih jedinki predatorskih vrsta. Sledeća vrsta koja je zabeležena u znatno manjem procentu (6,18%) je *Thanasimus formicarius*. Tokom ovog istraživanja nalažena je u feromonskim klopama u stadiumu imaga, kao i u lovnim stablima u stadiumu larve. Poznato je da imaga lete rano u sezoni, aktivni su tokom cele kalendarske godine plena (Schroeder, 1996).

Familija Nitidulidae, u Evropi beleži šest i u Severnoj Americi dve vrste koje su registrovane kao predatori potkornjaka (Tykarski, 2006; Schroeder, 2013; Wegensteiner et al., 2015b). Izuzetno dobro reaguju na agregacione feromone, a često su prisutne i u feromonskim klopama, što je potvrđeno i ovim istraživanjima. Vrsta koja je identifikovana tokom istraživanja, kao predstavnik spomenute familije, je *Epuraea marseuli* (5,96%). Familija Monotomidae, ima brojne predstavnike koji su antagonisti potkornjaka, a među kojima je i *Rhizophagus depressus*, prisutna i u istraživanom području, u malom procentu (0,02%).

Predstavnici familije Staphylinidae, smatraju se takođe prirodnim neprijateljima potkornjaka, ali i drugih insekatskih vrsta (Wegensteiner et al., 2015). Njihovo prisustvo u feromonskim klopama i lovnim stablima, zabeleženo je i u drugim istraživanjima (Tykarski, 2006; Hedgren, 2007; Fora et al., 2012). *Nudobius lentus* (0,60%), *Phloeopora testacea* (0,05%) i *Quedionuchus plagiatus* (0,02%) su vrste koje su evidentirane u feromonskim klopama ovog istraživanja. *Corticeus linearis* (0,02%), predstavnik familije Tenebrionidae, jedna je od svega nekoliko vrsta koje su antagonisti potkornjaka (Kenis et al., 2007; Wegensteiner et al., 2015).

Jedina predatorska vrsta koja je zabeležena iz podkalse Acari je *Dendrolaelaps quadrisetus* i to sa preko 12% učešća. Iako se *D. quadrisetus* najviše pominje kao foretička vrsta (Pernek et al., 2008; Takov et al., 2009; Khaustov et al., 2016; Paraschiv & Isaia, 2020; Cilbircioğlu et al., 2021), utvrđeno je da utiče na smanjenje brojnosti potkornjaka kao predator (Kinn, 1967; Seeman & Walter, 2023).

Dostupni literaturni podaci detaljno pominju mali broj predatorskih vrsta, što govori o nedovoljnoj istraženosti. Primena predatora u biološkoj borbi do sada se zasnivala na svega nekoliko vrsta potkornjaka. Jedan od najvećih i najvažnijih pokušaja bila je biološka borba protiv velikog potkornjaka smrče, *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794), upotrebom predatorske vrste *Rhizophagus grandis* Gyllenhal, 1827. *R. grandis* je 1983. godine uveden u Englesku, gde je gajen i puštan u prirodu. Broj jedinki koje su puštane u prirodu iznosio je oko 50 parova na 100 stabala zaraženih potkornjacima (Kenis et al., 2007).

U periodu od 1984. do 1995. godine, na 2.741 lokacija pušteno je ukupno 156.400 individua ove predatorske vrste (Fielding & Evans, 1997). Francusko-Belgijski program, 1983. godine, uvodi isti metod, pa je do 1991. godine, na 659 tačaka koje su obuhvatale 12,25 ha šumskog kompleksa, unešeno od 500 do 1.000 jedinki po tački. Od 1985. godine u Turskoj, 3.650.175 jedinki *R. grandis* je veštački proizvedeno i pušteno, dok je 2013. godine proizvedeno 12 000 jedinki. Jedan neuspeli pokušaj introdukcije predatora *T. formicarius*, bio je iz Nemačke u Sjedinjene Američke Države (od 1882. do 1883. godine), kao mera borbe protiv *Dendroctonus frontalis* Zimmermann, 1868 (Kenis et al., 2007). Sa ekonomske tačke gledišta biološka borba je jeftinija od upotrebe insekticida i to za 1,4 puta (Akyol, 2017).

Takođe, korišćenje hemijskih preparata - insekticida donosi niz negativnih uticaja poput: rezistentnosti, primene većeg broja tretmana u kratkom vremenskom periodu, korišćenje specijalne opreme i dr. Insekti koji se koriste kao biološka metoda borbe, neće se introdukovati svake godine, već će se prirodno širiti. U Turskoj, za svega deset godina, došlo je do uštede od 1,75 miliona dolara samo zato što se nije koristila hemijska mera borbe (Akyol, 2017). U okviru ovog istraživanja, došlo je do neuspeha prilikom laboratorijskog gajenja larvi *T. formicarius*. Buduća istraživanja će se bazirati na ostalim pomenutim vrstama i njihovom laboratorijskom uzgoju.

5.3.3. Parazitoidi potkornjaka smrče

U okviru istraživanja parazitoidnog kompleksa potkornjaka smrče *I. typographus* i *P. chalcographus*, ustanovljeno je devet vrsta porodice Pteromalidae (*Dinotiscus eupterus*, *Heydenia pretiosa*, *Mesopolobus typographi*, *Rhopalicus quadratus*, *Rhopalicus tutela*, *Roptrocercus brevicornis*, *Roptrocercus mirus*, *Roptrocercus xylophagorum*, *Tomicobia seitneri*) i jedna vrsta iz porodice Braconidae (*Coeloides bostrichorum*) (Tabela 26).

Porodica Pteromalidae, pripada nadporodici Chalcidoidea, i do sada ima opisanih oko 3500 vrsta (Noyes, 2019). Većina predstavnika ove porodice su idiobionti i predstavljaju kako solitarne, tako i gregarne parazitoidne stadijuma larve i lutke redova: Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera i dr. (Noyes, 2019). Iako su intenzivna proučavanja nadporodice Chalcidoidea vršena na našim prostorima (Bouček, 1977; Marković & Stojanović, 2010) u toku ovih istraživanja pronađene su četiri nove vrste za faunu Srbije (*T. seitneri*, *R. quadratus*, *R. brevicornis*, *H. pretiosa*) (Milosavljević et al., 2021b).

T. seitneri je jedan od najznačajnijih parazitoida imaga *I. typographus*, pretpostavlja se da je njegova distribucija znatno šira u Srbiji (Mihajlović, 2018), kao i to da bi se sa lakoćom mogao uzgajati u laboratorijskim uslovima, te koristiti u biološkoj borbi. Ovo je ujedno jedina vrsta koja je nađena i u feromonskim klopama i lovnim stablima. *R. quadratus* i *R. brevicornis* predstavljaju ektoparazitoidne larve *P. chalcographus*, s tim što je vrsta *R. brevicornis* takođe opisana i kao kriptoparazitoid, te se polaganje jaja odvija ulaskom ženke u galerije potkornjaka (Kenis et al., 2007). Obe vrste preferiraju starije razvojne stupnjeve larve i privučene su monoterpenima koje emituju stabla naseljena potkornjacima (Wegensteiner et al., 2015b).

H. pretiosa je važan parazitoid *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) i češći je u borovim šumama, takođe je i ektoparazitoid (kriptoparazitoid) larvi *I. typographus* (Pettersen, 1976; Kenis et al., 2007; Wegensteiner et al., 2015b; Podlesnik et al., 2017).

R. xylophagorum, je poznati parazitoid preko četrdeset vrsta potkornjaka među kojima su i *I. typographus* i *P. chalcographus* (Pettersen, 1976). *D. eupterus*, se navodi kao ektoparazitoid larvi *I. typographus* i *P. chalcographus* (Pettersen, 1976; Kenis et al., 2007; Wermelinger et al., 2012; Podlesnik et al., 2017). Međutim, istraživanja su pokazala da je česta kao hiperparazitoid *Dendrosoter middendorffii* Ratz (Hymenoptera: Braconidae) (Pettersen, 1976). Vrsta *M. typographi*, se ističe kao ektoparazitoid *T. seitneri*. Utvrđeno je da je hiperparazitoid nekoliko vrsta potkornjaka poput *Ips amitinus*, *I. acuminatus*, *I. typographus* (Pettersen, 1976).

Vrste *D. eupterus*, *M. typographi*, *R. tutela*, *R. mirus* i *R. xylophagorum* su takođe prisutne u populacijama potkornjaka smrče, na teritoriji nacionalnog parka Kopaonik (Marković and Stojanović, 2010). Više od pedeset vrsta porodice Braconidae je povezano sa potkornjacima (Wegensteiner et al., 2015).

C. bostrichorum je jedna od najrasprostranjenijih vrsta u Evropi, a parazitira treći larveni stupanj raznih vrsta potkornjaka. Karakteristično je da je vrsta koja preferira toplije klimatske regione i nije prisutna iznad 1300 m.n.v., kao i to da pre bira debeća stabla (Wegensteiner et al., 2015). Kako bi sa preciznošću parazitirala potkornjake, koristi se infracrvenim zračenjem koje emituju larve (Shaw & Huddleston, 1991). Na brojnost *C. bostrichorum*, vrste može uticati i prisustvo *R. tutela*.

Ustanovljeno je da je vrsta *R. tutela*, kleptorazitoid *C. bostrichorum* (Hougardy & Grégoire, 2003). Iako je česta vrsta, do sada *C. bostrichorum* nije evidentirana u Srbiji (Yu et al., 2016).

Prazitoidni kompleks potkornjaka smrče zahteva detaljnija istraživanja.

Studija, takvog karaktera, koja je obavljena na ekomonski važnim parazitoidima, vršena je u laboratoriji sa posebno dizajniranim "sendvič panelima" (uzorak kore između dva sloja pleksiglasa), i doprinela stvarni uvid u biologiju parazitoida i njihovo bolje razumevanje (Hougardy & Grégoire, 2003).

Iz tehničkih razloga nije bilo mogućnosti za uzorkovanjem u ranijim vremenskim intervalima. Prisustvo više od jedne vrste domaćina se može navesti kao jedan od nedostataka prilikom evidencije parazitoida. Smatra se da je parazitoidni kompleks potkornjaka smrče daleko veći na prostorima Srbije.

Rezultati navedenih istraživanja obrađeni su u radu Milosavljević et al., 2021.

5.3.4. Grinje simbionti potkornjaka smrče

Tokom istraživanja grinja asociranih sa potkornjacima smrče, determinisano je pet vrsta iz dva reda. Iz reda Mesostigmata evidentirane su tri vrste (*Dendrolaelaps quadrisetus*, *Uroobovella ipidis*, *Trichouropoda polytricha*) i iz reda Sarcoptiformes dve (*Histiostoma piceae*, *Paraleius leontonychus*) (Tabela 27, Slika 25).

Prema dosadašnjim istraživanjima, najzastupljenije vrste grinja u Evropi su *D. quadrisetus* (otkrivene u 11 zemalja), *T. polytricha* (10), *U. ipidis* (9), *P. fiseri* (8) i *H. piceae* (5) (Milosavljević et al., 2022). *D. quadrisetus* je takođe najzastupljenija vrsta ovog istraživanja. Reč je pre svega o foretičkim grinjama, koje se koriste raznim mehanizmima pridržavanja kako bi se transportovale sa drugih lokacija, skrivajući se ispod pokrioca, pridržavajući se uz pomoć helicere, kandžama na nogama ili formirajući posebne dodatke (analni pedicel). Pedicel se sastoji od glavne stabljike i dva proširena ekstremiteta, od kojih je jedan prilepljen za analni region deutonimfe, a drugi povezan sa kutikulom nosioca (Bajerlein & Witaliński, 2012). Vrste koje koriste ovaj mehanizam pričvršćivanja za domaćina, su u stanju da naprave sponu za svega nekoliko minuta. *T. polytricha* i *U. ipidis*, koriste ovu formu transporta, te se olako mogu naći na primercima potkornjaka. Ovaj način pričvršćivanja, trebao bi da koristi grinjama, kao sigurnosni mehanizam do prikladnog okruženja (Bajerlein et al., 2013). Ono što nije još uvek razjašnjeno jeste zašto ove vrste ostaju prikačene za potkornjake do svoje smrti.

Imaga potkornjaka smrče, posedovale su grinje na raznim delovima tela ali najviše na obronku pokrioca i nakon smrti (Tabela 27, Slika 25). Kako je *P. chalcographus* dosta manji od *Ips typographus*, transport je otežan, te su svega tri vrste nađene (Tabela 27). *P. leontonychus*, koristi razne mehanizme za transport, jedna od njih je poseban dodatak u vidu kuke na nogama (Slika 26) (Ahadiyat & Akrami, 2015). Evidentirana je na preko dvadeset vrsta potkornjaka (Ahadiyat & Akrami, 2015). Do sada je uočeno da je detrivorna i fungivorna vrsta, a njena veza sa potkornjacima još uvek nije razjašnjena u potpunosti (Pernek et al., 2008; Ahadiyat & Akrami, 2015).

P. leontonychus je holarktička vrsta, a često se nalazi u literaturi i pod nazivom *Siculobata leontonycha* (Berlese, 1910) (Penttinen et al., 2013; Ermilov & Khaustov, 2016).

Fungivorna (detrivorna) vrsta i osim na potkornjacima smrče, često se može naći i na drugim vrstama potkornjaka poput *Cryphalus abietis* (Ratzeburg, 1837), *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871), *Pityokteines curvidens* (Germar, 1824), *P. spinidens* (Reitter, 1894), *Tomicus minor* (Hartig, 1834) (Kielczewski & Wiśniewski, 1978; Pernek et al., 2008, 2012; Khaustov et al., 2018).

U. ipidis, je rasprostranjena u Evropi i zapadnoj Aziji, deutonimfe su takođe prisutne i kod drugih vrsta potkornjaka poput *Ips sexdentatus* (Börner, 1776), *Pityokteines vorontzowi* (Jakobson, 1895), *Hylastes cunicularius* Erichson, 1836 (Błoszyk, 1999; Kršiak et al., 2010; Gwiazdowicz et al., 2011, 2012; Fernández et al., 2013).

D. quadrisetus je široko rasprostranjena vrsta holarktičke i neotropske regije, čije su deutonimfe pronađene na mnogim vrstama potkornjaka [*Dryocoetes autographus* (Ratzeburg, 1837), *Hylurgops glabratus* (Zetterstedt, 1828), *H. varius* Fabricius 1775, *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827), *I. cembrae* (Heer, 1836), *I. curvidens* (Germar, 1824), *Tomicus minor* (Hartig, 1834)] (Moser et al., 1989b; Gwiazdowicz et al., 2011; Pernek et al., 2012; Moraza et al., 2013; Wirth et al., 2016).

Smatra se da je vrsta *H. piceae* primarni transportni domaćin *I. typographus*, te naknadno prelazi na druge vrste, što se može objasniti velikim brojem jedinki na *P. chalcographus* (Tabela 27). *H. piceae* je vrsta palearktičke regije, prisutna na raznim vrstama potkornjaka (*I. cembrae*, *P. vorontzowi*, *P. curvidens*) (Kielczewski & Wiśniewski, 1980; Moser et al., 1989b; Gwiazdowicz et al., 2011; Pernek et al., 2012; Wirth et al., 2016).

Deutonimfe vrste *T. polytricha* su rasprostranjene u holarktičkoj regiji i prisutne su na raznim evropskim vrstama potkornjaka, kao što su *D. autographus*, *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal, 1813), *I. amitinus*, *I. sexdentatus*, *I. typographus*, *P. chalcographus* (Kielczewski & Wiśniewski, 1980; Gwiazdowicz et al., 2011; Pernek et al., 2012; Wirth et al., 2016; Zach et al., 2016).

Pomenuti rezultati se odnose samo na deo nasumično izabranog broja jedinki potkornjaka smrče, a smatramo da je ukupan broj kao i faunistički potencijal grinja dosta veći, što će biti deo budućih istraživanja. Ovo su ujedno i prvi nalazi foretičkih grinja asociiranih sa potkornjacima smrče u Srbiji. Deo rezultata navedenih istraživanja obrađeni su u radu Milosavljević et al., 2022.

5.4. Dijagnostika polova osomozubog potkornjaka smrče

Rezultati definisanja novih morfoloških karaktera ukazuju na jasnu razliku u obliku spoja između metasternuma, meta-koksi i prvog sternita abdomena (Slika 27). Utvrđeno je da je kod mužjaka pomenuta regija zaoštrena dok je kod ženki zaobljena (Slika 28). Takođe primećeno je da je abdominalna regija obraslija dlakama kod ženki (Slika 28). Dosadašnja morfološka istraživanja upućuju na razliku u veličini tuberkule kao i trećeg zuba na pokriocu i gustini dlaka u predelu čela (Schlyter & Cederholm, 1981). Nedostatak svih do sada utvrđenih karaktera je taj što su jedino uočljivi pod velikim uvećanjem. Daljim istraživanjem potrebno je ponoviti snimanje na većem broju jedinki, izvršiti njihovo detaljnije merenje i statistički obraditi.

6. ZAKLJUČAK

U okviru trogodišnjeg istraživanja potkornjaka smrče na području planine Tare, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Istraživanja fenologije potkornjaka smrče *I. typographus* i *P. chalcographus*, na području planine Tara, utvrdila su da su obe vrste univoltne i da razvijaju do jednu sestrinsku generaciju.
2. Kod vrste, *I. typographus* ciklus razvića traje od kasnog aprila do početka jula, odnosno između 62 i 74 dana. Za šestozubog smrčinog potkornjaka, *P. chalcographus* ciklus razvića je malo duži i proteže se do trećine jula meseca (78-84 dana).
3. Postoji statistički značajna razlika između broja ulovljenih jedinki u mokrim i suvim klopama, kod obe vrste potkornjaka, gde je evidentirano da mokre klopke love i do 1,8 puta više.
4. Evidentirano je 4.370 jedinki neciljanih insekata, od toga iz reda Lepidoptera - 10, Hymenoptera - 700 i najviše iz reda Coleoptera - 3.660.
5. I mokre i suve klopke privlače neciljane insekte. Jedino je u mokrim klopama evidentirano prisustvo *T. seitneri*.
6. Manipulacija na terenu je otežana sa mokrim klopama; oblik sabirne posude otežava pražnjenje; mokre jedinke je teže razvrstavati; plastični zavrtnji na dnu posude olako padaju i utiču na samu higijenu klopke te je moguć gubitak u ulovu; mokre klopke su skuplje.
7. Prednost mokre klopke je taj što daje više informacija o prirodnim neprijateljima istraživanih potkornjaka.
8. Ustanovljena je umerena negativna korelacija kod ulova jedinki *I. typographus* i dana sa temperaturom iznad 16°C.
9. Rezultati genetičkih istraživanja ukazali su da srpski izolati pripadaju *B. bassiana sensu lato* koja pokriva uglavnom suve aridne i semiaridne stepe, zajedno sa uzorcima iz Italije i Španije.
10. Zaključeno je da je optimalna temperatura vazduha za razvoj izolata *B. bassiana* sa Tare 20°C. Nešto lošiji rast evidentiran je u konstantnim temperaturnim uslovima od 30°C.

11. U pogledu biološkog suzbijanja potkornjaka smrče, laboratorijska testiranja dala su pozitivne rezultate, iako se terenskim istraživanjem to isto nije moglo potvrditi. Do sada nije evidentiran nijedan slučaj epizootije u prirodnim uslovima. Utvrđena je statistički značajna razlika u dužini preživljavanja po tretmanu između koncentracija, preparata Naturalis®, kod obe vrste.
12. Parazitoidni kompleks potkornjak smrče istraživnog područja sačinjen je od devet vrsta porodice Pteromalidae i jednog predstavnika porodice Braconidae. Ustanovljeno je pet novih vrsta za faunu Srbije: *T. seitneri*, *R. quadratus*, *R. brevicornis*, *H. pretiosa* i *C. bostrichorum*. Najdominantnija vrsta bila je *T. seitneri* (46,2%), koja je ujedno i jedina prisutna u feromonskim klopkama i lovnim stablama.
13. Istraživanja predatorskog kompleksa pokazala su prisustvo osam vrsta iz reda Coleoptera (*C. linearis*, *E. marseuli*, *N. elongatum*, *N. lentus*, *P. testacea*, *Q. plagiatus*, *R. depressus* i *T. formicarius*) i jedne vrste iz podklase Acari (*D. quadrisetus*). Najdominantnija vrsta bila je *N. elongatum* sa 74,58%.
14. Utvrđeno je pet vrsta foretičkih grinja koje su asociirane sa potkornjacima smrče (*D. quadrisetus*, *H. piceae*, *P. leontonychus*, *T. polytricha*, *U. ipidis*). Sa nasumično izabranih tri hiljade potkornjaka smrče izdvojeno je 611 grinja među kojima je najdominantnija vrsta bila *D. quadrisetus* sa 28,3%.
15. Preliminarni rezultati definisanja novih morfoloških karaktera ukazuju na razliku u obliku spoja između metasternuma i prvog sternita abdomena. Kod mužjaka pomenuta regija zaoštrena dok je kod ženki zaobljena.
16. Abdominalna regija je obraslija dlakama kod ženki.

Reference

- Abbott W.S. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. J. Econ. Entomol **18**: 265–267.
- Achterberg C. van 1993. Illustrated key to the subfamilies of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden. 189 pp.
- Ahadiyat A. & Akrami M.A. 2015. Oribatid mites (Acari: Oribatida) associated with bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Iran, with a review on *Paraleius leontonychus* (Berlese) and a list of bark beetles in association with this species. Persian J. Acarol. **4**: 355–371.
- Akyol A. 2017. Situation and evaluation of biological and chemical control applications for forest in Turkey. Appl. Ecol. Env. Res. **15**: 341–353.
- Alonso-Zarazaga M.A. & Lyal C.H.C. 2009. A catalogue of family and genus group names in Scolytinae and Platypodinae with nomenclatural remarks (Coleoptera: Curculionidae). Zootaxa. **2258**: 1–134.
- Amini S., Nozari J., Rahati R. & Etemad V. 2016. Investigation on parasitoids of bark beetles with new host record (*Taphrorychus lenkoranus* Reitter, 1913 (Curculionidae: Scolytinae)) from Northern forests of Iran. Acta Phytopathol. Entomol. Hung. **51**: 235–245.
- Annala E. 1969. Influence of temperature upon the Development and Voltinism of *Ips typographus* L.: Coleoptera, Scolytidae. Annales zoologici Fennici. **6**: 1–47.
- Austin A.D. 1998. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Ann. Entomol. Soc. Am. **91**: 359–360.
- Ávila-Hernández J.G., Carrillo-Inungaray M.L., De la Cruz-Quiroz R., Wong-Paz J.E., Muñoz-Márquez D.B., Parra R., N. Aguilar C. & Aguilar-Zárate P. 2020. *Beauveria bassiana* secondary metabolites: a review inside their production systems, biosynthesis, and bioactivities. Mex. J. Biotechnol. **5**: 1–33.
- Baier P., Pennerstorfer J. & Schopf A. 2007. PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. For. Ecol. Manag. **249**: 171–186.

- Baier P., Pennerstorfer J. & Schopf A. 2009. Online-monitoring of the phenology and development of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae). Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol. 155–158.
- Bajerlein D. & Witaliński W. 2012. Anatomy and fine structure of pedicellar glands in phoretic deutonymphs of uropodid mites (Acari: Mesostigmata). Arthropod Struct. Dev. **41**: 245–257.
- Bajerlein D., Witaliński W. & Adamski Z. 2013. Morphological diversity of pedicels in phoretic deutonymphs of *Uropodina mites* (Acari: Mesostigmata). Arthropod Struct. Dev. **42**: 185–196.
- Bakke A. 1982. The Utilization of Aggregation Pheromone for the Control of the Spruce Bark Beetle. pp. 219–229. Insect Pheromone Technology: Chemistry and Applications,
- Bakke A. & Kvamme T. 1978. Kairomone response by the predators *Thanasimus formicarius* and *Thanasimus rufipes* to the synthetic pheromone of *Ips typographus*. Nor. J. Entomol. **25**: 41–43.
- Bakke A. & Kvamme T. 1981. Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of *Ips typographus*. J Chem Ecol. **7**: 305–312.
- Balachowsky A.S. 1949. Coleopteres, Scolytides. Faune de France 50, 1–320 pp.
- Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N., Šljukić B. & Obradović S. 2009. Šumski fond Republike Srbije-stanje i problemi. Glas Šuma Fak. 7–29.
- Barta M., Takov D., Pilarska D., Doychev D. & Kádasi Horáková M. 2020. Entomopathogenic fungi of the genus *Beauveria* and their pathogenicity to *Ips typographus*(Coleoptera: Curculionidae) in the Vitosha National Park, Bulgaria. J. For. Sci. **66**: 420–435.
- Bednarz B. & Kacprzyk M. 2012. An Innovative Method for Sex Determination of the European Spruce Bark Beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae). Entomol. **34**: 111–118.
- Benson D.A., Cavanaugh M., Clark K., Karsch-Mizrachi I., Lipman D.J., Ostell J. & Sayers E.W. 2017. GenBank. Nucleic Acids Res. **45**: D37–D42.
- Bentz B.J., Jönsson A.M., Schroeder M., Weed A., Wilcke R.A.I. & Larsson K. 2019. *Ips typographus* and *Dendroctonus ponderosae* models project thermal suitability for Intra-and Inter-continental establishment in a changing climate. Front. For. Glob. Change. **2**: 1.
- Berec L., Doležal P. & Hais M. 2013. Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. For. Ecol. Manag. **292**: 1–9.
- Beug M.W., Bessette A.E. & Bessette A.R. 2014. Ascomycete fungi of North America: a mushroom reference guide. University of Texas Press, Austin. 488 pp.
- Bidochka M., Menzies F. & Kamp A. 2002. Genetic groups of the insect-pathogenic fungus *Beauveria bassiana* are associated with habitat and thermal growth preferences. Arch. Microbiol. **178**: 531–537.

- Biermann G. 1977. Zur Überwinterung des Buchdruckers, *Ips typographus* (L.), in der Bodenstreu (Col., Scolytidae). Z Angew Entomol. **84**: 59–74.
- Birgersson G., Byers J.A., Bergström G. & Löfqvist J. 1990. Production of pheromone components, chalcogran and methyl (E,Z)-2,4-decadienoate, in the spruce engraver *Pityogenes chalcographus*. J. Insect Physiol. **36**: 391–395.
- Blomquist G.J., Figueroa-Teran R., Aw M., Song M., Gorzalski A., Abbott N.L., Chang E. & Tittiger C. 2010. Pheromone production in bark beetles. Insect Biochem. Mol. Biol. **40**: 699–712.
- Błoszyk J. 1999. Geograficzne i Ekologiczne Zróżnicowanie Zgrupowań Roztoczy z Kohorty Uropodina (Acari: Mesostigmata) w Polsce. I. Uropodina Lasów Grądowych (*Carpinus betuli*). Kontekst, Poland, Poznań. 1–245 pp.
- Borden J.H. 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: Exploitation of natural phenomena by pest management strategists. Ecography. **12**: 501–510.
- Botterweg P.F. 1982. Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. Z Angew Entomol. **94**: 466–489.
- Bouček Z. 1977. A faunistic review of the Yugoslavian Chalcidoidea (Parasitic Hymenoptera). Acta entomol Yugoslavica, Supplementum. **13**: 1–145.
- Bouček Z. & Rasplus J.-Y. 1991. Illustrated key to West-Palearctic genera of Pteromalidae: Hymenoptera: Chalcidoidea. Institut National de la recherche agronomique, Paris. 140 pp.
- Box G.E.P. & Cox D.R. 1964. An Analysis of Transformations. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological). **26**: 211–243.
- Bridges J.R. & Moser J.C. 1983. Role of two phoretic mites in transmission of bluestain fungus, *Ceratocystis minor*. Ecol Entomol. **8**: 9–12.
- Byers J.A., Högberg H.-E., Unelius C.R., Birgersson G. & Löfqvist J. 1989. Structure-activity studies on aggregation pheromone components of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae): All stereoisomers of chalcogran and methyl 2,4-decadienoate. J Chem Ecol. **15**: 685–695.
- CABI 2022a. *Ips typographus* (eight-toothed bark beetle). CABI Compendium. **CABI Compendium**: 28843.
- CABI 2022b. *Pityogenes chalcographus* (sixtoothed spruce bark beetle). CABI Compendium. **CABI Compendium**: 41516.
- Caudullo G., Welk E. & San-Miguel-Ayán J. 2017. Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief. **12**: 662–666.
- Čejka M. & Holuša J. 2014. Phoretic mites in uni- and bivoltine populations of *Ips typographus*: a 1-year case study. Turk J Zool. **38**: 569–574.

- Češljarić G., Jovanović F., Brašanac-Bosanac L., Đorđević I., Mitrović S., Eremija S., Ćirković-Mitrović T. & Lučić A. 2022. Impact of an Extremely Dry Period on Tree Defoliation and Tree Mortality in Serbia. *Plants*. **11**: 1286.
- Christiansen E. & Horntvedt R. 2009. Combined *Ips*/Ceratocystis attack on Norway spruce, and defensive mechanisms of the trees. *Z Angew Entomol*. **96**: 110–118.
- Cilbircioğlu C., Kovač M. & Pernek M. 2021. Associations of Phoretic Mites on Bark Beetles of the Genus *Ips* in the Black Sea Mountains of Turkey. *Forests*. **12**: 516.
- Cognato A.I. 2015. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips*. pp. 351–370. *Bark Beetles*, Elsevier.
- Cognato A.I. & Grimaldi D. 2009. 100 million years of morphological conservation in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Syst. Entomol*. **34**: 93–100.
- Crowson R.A. 1956. Handbooks for the identification of British insects. Vol. IV, Part 1. Coleoptera: introduction and keys to families. Royal Entomological Society of London, London. 1–59 pp.
- Cvjetičanin R. & Novaković M. 2010. Floristic diversity of beech, fir and spruce forest (*Piceo-Fago-Abietetum* Colic 1965) in the „Tara“ national park. *Glas Šuma Fakul*. 129–143.
- Dale V.H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J. & Michael Wotton B. 2001. Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience*. **51**: 723.
- Dara S.K., Montalva C. & Barta M. 2019. Microbial Control of Invasive Forest Pests with Entomopathogenic Fungi: A Review of the Current Situation. *Insects*. **10**: 341.
- Davidková M. & Doležal P. 2017. Sister broods in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.). *For. Ecol. Manag.* **405**: 13–21.
- De Beer Z.W., Duong T.A., Barnes I., Wingfield B.D. & Wingfield M.J. 2014. Redefining Ceratocystis and allied genera. *Stud. Mycol.* **79**: 187–219.
- Demirović N., Dautbašić M., Zahirović K. & Mujezinović O. 2016. Using trap trees for monitoring and control of bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.) on mountain Zvijezda. *RŠF*. **46**: 37–53.
- Dippel C., Heidger C., Nicolai V. & Simon M. 1997. The Influence of Four Different Predators on Bark Beetles in European Forest Ecosystems (Coleoptera: Scolytidae). *Entomol.* **21**: 161–175.
- Doležal P. & Sehnal F. 2007. Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. *J Appl Entomology*. **131**: 165–173.
- Draganova S., Doychev D., Pilarska D. & Takov D. 2017. Bioassays of Entomopathogenic Fungi against Xylophagous Insects in Bulgaria: Laboratory and Field Experiments. *Acta Zool. Bulg.* **69**: 411–419.
- Ermilov S.G. & Khaustov A.A. 2016. Juvenile instars of *Siculobata (Paraleius) leontonycha* (Acari, Oribatida, Scheloribatidae). *Sys Appl Acarol*. **21**: 1379.

- Faccoli M. 2000. Osservazioni bio-ecologiche relative a *Tomicobia seitneri* (Ruschka) (Hymenoptera Pteromalidae), un parassitoide di *Ips typographus* (L.) (Coleoptera Scolytidae). *Frust. Entomol.* **23**: 47–55.
- Faccoli M. 2002. Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Anz. Schädlingkd.* **75**: 62–68.
- Faccoli M. 2009. Effect of Weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) Phenology, Voltinism, and Associated Spruce Mortality in the Southeastern Alps. *Environ Entomol.* **38**: 307–316.
- Faccoli M. & Stergulc F. 2008. Damage reduction and performance of mass trapping devices for forest protection against the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae Scolytinae). *Ann. For. Sci.* **65**: 309–309.
- Fargues J., Goettel M.S., Smits N., Ouedraogo A. & Rougier M. 1997. Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia.* **89**: 383–392.
- Feicht E. 2006. Frequency, species composition and efficiency of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) parasitoids in infested spruce forests in the National Park “Bavarian Forest” over three consecutive years. *J Pest Sci.* **79**: 35–39.
- Feng P., Shang Y., Cen K. & Wang C. 2015. Fungal biosynthesis of the bibenzoquinone oosporein to evade insect immunity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **112**: 11365–11370.
- Fernández M., Diez J. & Moraza M.L. 2013. Acarofauna associated with *Ips sexdentatus* in northwest Spain. *Scand. J. For. Res.* **28**: 358–362.
- Fiala T., Holuša J. & Vélé A. 2022. Both native and invasive bark beetles threaten exotic conifers within the spa towns in the Czech part of “The Great Spas of Europe”. *Urban For Urban Green.* **67**: 127417.
- Fielding N. & Evans H. 1997. Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain. *Biocontrol N Inf.* **18**: 51–60.
- Fora C.G., Banu C.M., Chisăliță I., Moatăr M.M. & Oltean I. 2014. Parasitoids and Parasitoids and Predators of *Ips typographus* (L.) in Unmanaged and Managed Spruce Forests in Natural Park Apuseni, Romania. *Not Bot Hort Agrobot Cluj.* **42**: 270–274.
- Fora C.G., Lauer K.F., Berar C., Ștefan C., Silivășan M. & Lalescu D. 2012. Predators of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae) in Natural Park Apuseni. *J Hort. For. Biotech.* **16**: 171–173.
- Fora C.G., Lauer K.F. & Damianov S. 2007. Research Regarding the Biology of the Pest *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) in the Nadrag – Padeș Area (Timiș County). *Res. J. Agric. Sci.* **39**: 431–438.

- Francke W., Heemann V., Gerken B., Renwick J.A.A. & Vité J.P. 1977. 2-Ethyl-1, 6-dioxaspiro [4.4] nonane, principal aggregation pheromone of *Pityogenes chalcographus* (L.). *Naturwissenschaften*. **64**: 590–591.
- Fuchs G. 1915. Die Naturgeschichte der Nematoden und einiger anderer Parasiten 1. des *Ips typographus* L. 2. des *Hylobius abietis* L. *Zool. Jahrb.* **38**: 109–222.
- Gajić, M. 1989. Flora Nacionalnog parka Tara. Šumarski fakultet, Beograd, Srbija. 1–146 pp.
- Gajić M., Kojić M., Karadžić D., Vasiljević M. & Stanić M. 1992. Vegetacija Nacionalnog parka Tara. Šumarski fakultet, Bajina Bašta, Srbija. 1–288 pp.
- Ghikas D.V., Kouvelis V.N. & Typas M.A. 2010. Phylogenetic and biogeographic implications inferred by mitochondrial intergenic region analyses and ITS1-5.8S-ITS2 of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii*. *BMC Microbiol.* **10**: 174.
- Goble T.A., Conlong D.E. & Hill M.P. 2015. Virulence of *Beauveria brongniartii* and *B. bassiana* against *Schizonycha affinis* white grubs and adults (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Appl. Entomol.* **139**: 134–145.
- Grégoire J.-C., Raffa K.F. & Lindgren B.S. 2015. Economics and Politics of Bark Beetles. pp. 585–613. *Bark Beetles*, Elsevier.
- Grodzki W. & Kosibowicz M. 2015. An attempt to use the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in forest protection against the bark beetle *Ips typographus* (L.) in the field. *Leśne Prace Badawcze*. **76**: 5–17.
- Gwiazdowicz D., Kamczyc J., Teodorowicz E. & Błoszyk J. 2012. Mite communities (Acari, Mesostigmata) associated with *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) in managed and natural Norway spruce stands in Central Europe. *Open Life Sci.* **7**: 910–916.
- Gwiazdowicz D.J., Kamczyc J. & Błoszyk J. 2011. The diversity of phoretic Mesostigmata on *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae) caught in the Karkonosze forest. *Eur. J. Entomol.* **108**: 489–491.
- Haeselbarth E. 1967. Zur Kenntnis der Palaearctischen Arten der Gattung *Coeloides* Wesm. (Hymenoptera, Braconidae). *Mitt. Münch. Entomol. Ges.* **57**: 20–53.
- Hajek A.E. & Leger St.R. 1994. Interactions Between Fungal Pathogens and Insect Hosts. *Annu. Rev. Entomol.* **39**: 293–322.
- Handel U., Wegensteiner R., Weiser J. & Zizka Z. 2003. Occurrence of pathogens in associated living bark beetles (Col., Scolytidae) from different spruce stands in Austria. *Anz Schadlingskd.* **76**: 22–32.
- Hedgren P.O. 2004. The bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.) (Scolytidae) in living trees: reproductive success, tree mortality and interaction with *Ips typographus*. *J Appl Entomology*. **128**: 161–166.

- Hedgren P.O. 2007. Early arriving saproxylic beetles (Coleoptera) and parasitoids (Hymenoptera) in low and high stumps of Norway spruce. *For. Ecol. Manag.* **241**: 155–161.
- Hilszczański J., Gibb H. & Bystrowski C. 2007. Insect natural enemies of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytinae) in managed and unmanaged stands of mixed lowland forest in Poland. *J Pest Sci.* **80**: 99.
- Hlásny T., Merganičová K., Modlinger R., Marušák R., Löwe R. & Turcani M. 2021. Prognóza vývoje kůrovcové kalamity a nová platforma pro šíření informací o lesích v České republice. *Zpravy Lesnického Vyzkumu.* **66**: 197–205.
- Hock B. 2012. *Fungal Associations*. Springer Berlin, Heidelberg. 1–406 pp.
- Horiák P. 2004. Monitoring přirozeného výskytu entomopatogenních hub v půdních ekosystémech. Jihočeská Univerzita, České Budějovice.
- Hougardy E. & Grégoire J.-C. 2003. Cleptoparasitism increases the host finding ability of a polyphagous parasitoid species, *Rhopalicus tutela* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **55**: 184–189.
- Hrašovec B. 1995. Feromonske klopke–suvremena biotehnička metoda u integralnoj zaštiti šuma od potkornjaka. *Šum. list.* 27–31.
- Hulcr J., Atkinson T.H., Cognato A.I., Jordal B.H. & McKenna D.D. 2015. Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles. pp. 41–84. *Bark Beetles*, Elsevier.
- Hulcr J. & Stelinski L.L. 2017. The Ambrosia Symbiosis: From Evolutionary Ecology to Practical Management. *Annu. Rev. Entomol.* **62**: 285–303.
- Hůrka K. 2017. Brouci České a Slovenské republiky / Beetles of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín.
- Inglis G.D., Goettel M.S., Butt T.M. & Strasser H. 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. pp. 23–69. In: Butt T.M., Jackson C., & Magan N. (eds), *Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential*, CABI Publishing, UK.
- Israelson G. 1972. Male Copulatory Organs of Macaronesian Species of *Aphanarthrum* Wollaston. With Designations of Lectotypes and Descriptions of New Taxa (Col. Scolytidae). *Insect Syst Evol.* **3**: 17–257.
- Jakuš R. & Blaženec M. 2011. Treatment of Bark Beetle Attacked Trees With Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. **53**: 150–155.
- Johnson M., Zaretskaya I., Raytselis Y., Merezhuk Y., McGinnis S. & Madden T.L. 2008. NCBI BLAST: a better web interface. *Nucleic Acids Research.* **36**: W5–W9.
- de Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., Bjørn P. de P., Los W., Steeman F., Bailly N., Basire C., Chylarecki P., Stloukal E., Hagedorn G., Wetzel F., Glöckler F., Kroupa A., Korb G., Hoffmann A., Häuser

- C., Kohlbecker A., Müller A., Güntsch A., Stoev P. & Penev L. 2014. Fauna Europaea – all European animal species on the web. *BDJ*. **2**: e4034.
- Jönsson A.M., Harding S., Bärning L. & Ravn H.P. 2007. Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agric. For. Meteorol.* **146**: 70–81.
- Jönsson A.M., Harding S., Krokene P., Lange H., Lindelöw Å., Økland B., Ravn H.P. & Schroeder L.M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. *Clim. Change*. **109**: 695–718.
- Jordal B.H. 2014. Scolytinae Latreille, 1806. pp. 349–358. *Handbook of Zoology, Band IV*, deGruyter Press.
- Jovanović B. 1982. *Dendrologija*. Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija. 1–713 pp.
- Jovanović B. 2000. *Dendrologija*. Šumarski fakultet, Beograd. 1–567 pp.
- Jovanović I., Dragišić A., Ostojić D. & Krsteski B. 2019. The component parts of the first nominated Natural Heritage site for the Republic of Serbia. *Zaštita prirode*. **69**: 33–57.
- Karaklić D. 2021. Osnova gazdovanja šumama za gazdinsku jedinicu “TARA” 2021.-2030. godina. 1–257.
- Karaman Z. 1971. Fauna de Macedoine I. Bark Beetles-Scolytidae (Coleoptera-Insecta). Macedonian Natural History Museum, Skopje. 1–178 pp.
- Kasumović L. 2016. Prilagodba razvojnoga ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucije smrekovih potkornjaka (*Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L.) u odnosu na temeljne stanišne čimbenike. Univerzitet Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.
- Kasumović L., Hrašovec B. & Jazbec A. 2016. Učinkovitost suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn® feromonskih klopki u lovu smrekovih potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. *Šumar. list*. **140**: 477–483.
- Kenis M., Wermelinger B. & Grégoire J.-C. 2007. Research on Parasitoids and Predators of Scolytidae – A Review. pp. 237–290. In: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., & Evans H.F. (eds), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*, Springer Netherlands, Dordrecht.
- Khaustov A.A., Klimov P.B., Trach V.A., Bobylev A.N., Salavatulin V.M., Khaustov V.A. & Tolstikov A.V. 2018. Review of mites (Acari) associated with the european spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Asian Russia. *Acarina*. **26**: 3–79.
- Khaustov A.A., Trach V.A. & Bobylev A.N. 2016. Mites (Acari) phoretic on six-toothed spruce bark beetle, *Pityogenes chalcographus* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in Western Siberia, Russia. *Acarina*. **24**: 137–151.

- Kielczewski B. & Wiśniewski J. 1978. Bark beetle acarofauna in different types offorest habitat, Part IV: Oribatei. Bulletin de la Société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznań Sciences Biologiques. **18**: 119-133.
- Kielczewski B. & Wiśniewski J. 1980. Bark beetle acarofauna in different types of forest habitat. Part I. and II. Introduction and Mesostigmata. Bulletin de la Société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznań. **20**: 161–175.
- Kinn D. 1967. Notes on the Life Cycle and Habits of *Digamasellus quadrisetus* (Mesostigmata: Digamasellidae). Ann. Entomol. Soc. Am. **60**: 862–865.
- Kirschner R. 2001. Diversity of filamentous fungi in bark beetle galleries in central Europe. pp. 175–196. Trichomycetes and other fungal groups, CRC Press,
- Klowden M.J. 2013. Physiological systems in insects. Elsevier/AP, Amsterdam. 682 pp.
- Knežević M. & Košanin O. 2010. Rendzine u zajednici bukve, jele i smrče sa belim borom u NP „Tara“. Glas Suma Fakul. 101–111.
- Knížek M. & Beaver R. 2004. Taxonomy and Systematics of Bark and Ambrosia Beetles. pp. 41–54. In: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., & Evans H.F. (eds), Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis, Springer Netherlands, Dordrecht.
- Kreutz J., Vaupel O. & Zimmermann G. 2004a. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the spruce bark beetle, *Ips typographus* L., in the laboratory under various conditions. J Appl Entomology. **128**: 384–389.
- Kreutz J., Zimmermann G. & Vaupel O. 2004b. Horizontal Transmission of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* among the Spruce Bark Beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in the Laboratory and under Field Conditions. Biocontrol Sci. Technol. **14**: 837–848.
- Kršiak B., Zach P. & Kulfan J. 2010. The role of *Hylastes cunicularius* Erichson (Coleoptera: Scolytidae) in transferring uropodine mites in a mountain spruce forest. J. For. Sci. **56**: 258–264.
- Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C. & Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. Mol. Biol. Evol. **35**: 1547–1549.
- Lalić B., Ejcinger J., Dalamarta A., Orlandini S., Firanj Sremac A. & Paher B. 2021. Meteorologija i klimatologija za agronome. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. 1–422 pp.
- Lamour K. & Finley L. 2006. A strategy for recovering high quality genomic DNA from a large number of *Phytophthora* isolates. Mycologia. **98**: 514–517.
- Lavalle C., Micale F., Houston T.D., Camia A., Hiederer R., Lazar C., Conte C., Amatulli G. & Genovese G. 2009. Climate change in Europe. 3. Impact on agriculture and forestry. A review. Agron. Sustain. Dev. **29**: 433–446.

- Lewis M.W., Robalino I.V. & Keyhani N.O. 2009. Uptake of the fluorescent probe FM4-64 by hyphae and haemolymph-derived in vivo hyphal bodies of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Microbiol. **155**: 3110–3120.
- Li Z., Li C., Huang B. & Fan M. 2001. Discovery and demonstration of the teleomorph of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., an important entomogenous fungus. Chin.Sci.Bull. **46**: 751–753.
- Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C. & Evans H.F. 2007. Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Springer Dordrecht, 1–570 pp.
- Lipták B., Novotný J. & Kozánek M. 2013. Pathogens, parasitoids and predators of the spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) and their potential use in biological control – a review. Entomofauna carpathica. **25**: 69–82.
- Lobinger G. & Feicht E. 1999. Schwärmverhalten und Abundanzdynamik der Erzwespe *Karpinskiella pityophthori* (Bouček) (Hym., Pteromalidae), eines Parasitoiden des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus* L., Col., Scolytidae). Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz. **72**: 65–71.
- Löbl I. 2003. Catalogue of Palaearctic Coleoptera: Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Volume 1. Apollo Books, Denmark. 819 pp.
- Lovrić V. 2021. Analiza ulova neciljane entomofaune kornjaša (Coleoptera) u sustavu feromonskog monitoringa NP Paklenica. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb.
- Mahr D.L., Whitaker P. & Ridgway N.M. 2008. Biological control of insects and mites: an introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. Cooperative Extension Publishing, University of Wisconsin--Extension, Madison, WI. 110 pp.
- Marković Č. 1999. Biologija hrastovo potkornjaka *Scolytus intricatus* Ratz. (Coleoptera, Scolytidae) u Srbiji i mogućnost njegovog suzbijanja. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.
- Marković Č. & Stojanović A. 2010. Differences in bark beetle (*Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*) abundance in a strict spruce reserve and the surrounding spruce forests of Serbia. Phytoparasitica. **38**: 31–37.
- Marković Č. & Stojanović A. 2011. Potkornjaci (Coleoptera: Scolytidae) - vektori holandske bolesti brešta. Biljni lekar. **39**: 602–608.
- McKenna D.D., Sequeira A.S., Marvaldi A.E. & Farrell B.D. 2009. Temporal lags and overlap in the diversification of weevils and flowering plants. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **106**: 7083–7088.
- Medarević M. 2005. Šume Tare. Šumarski fakultet, Beograd. 1–139 pp.
- Medarević M. 2006. Planiranje gazdovanja šumama. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1–401 pp.
- Menéndez R. 2007. How are insects responding to global warming? Tijdschr. Entomol. **150**: 355–365.

- Michalski J. & Seniczak S. 1974. *Trichogramma semblidis*[Chalcidoidea: Trichogrammatidae] as a parasite of the bark beetle eggs [Coleoptera: Scolytidae]. *Entomophaga*. **19**: 237–242.
- Mihajlović L. 2008. Šumarska entomologija. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd, Srbija. 1–857 pp.
- Mihajlović L. 2018. Ekološki i ekonomski značaj faune nadfamilije Chalcidoidea Srbije (Insecta: Hymenoptera). *Ekološki i ekonomski značaj faune Srbije*, 313–339.
- Mills N.J. 2009. Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. *Z. Angew. Entomol.* **99**: 209–215.
- Milosavljević M., Tabaković-Tošić M., Pernek M., Rakonjac L., Lučić A., Eremija S. & Rindos M. 2022. Mites Associated with the European Spruce Bark Beetle *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) in Europe, with New Evidence for the Fauna of Serbia. *Forests*. **13**: 1586.
- Milosavljević M., Tabaković-Tošić M., Radulovic Z., Marković M. & Rindos M. 2021a. Isolation, identification and phylogenetic position of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* from *Ips typographus* in Serbia. *Fresenius Environ. Bull.* **30**: 9443–9448.
- Milosavljević M.D., Tabaković-Tošić M.G., Todorov I.A., Mitroiu M.-D. & Georgiev G.T. 2021b. New Records of Pteromalid Parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) Reared from the Spruce Bark Beetle *Ips typographus* (L., 1758) from Serbia. *Acta Zool. Bulg.* **73**: 481–484.
- Moraza M.L., Fernández M. & Jurc M. 2013. Phoretic mites of the six-spined engraver beetle, *Ips sexdentatus* (Böerner, 1776) (Coleoptera, Scolytinae), on *Pinus halepensis* in Slovenia. *International J. Acarology*. **39**: 597–599.
- Mori K., Sasaki M., Tamada S., Suguro T. & Masuda S. 1979. Synthesis of optically active 2-ethyl-1,6-dioxaspiro[4.4]nonane (chalcogran), the principal aggregation pheromone of *Pityogenes chalcographus* (l.). *Tetrahedron*. **35**: 1601–1605.
- Moser J.C. & Bogenschütz H.A. 1984. A Key to the Mites Associated with Flying *Ips typographus* in South Germany. *Z. Angew. Entomol.* **97**: 437–450.
- Moser J.C., Eidmann H.H. & Regnander J.R. 1989a. The mites associated with *Ips typographus* in Sweden. *Ann. Zool. Fenn.* **55**: 23–27.
- Moser J.C., Perry T.J. & Solheim H. 1989b. Ascospores hyperphoretic on mites associated with *Ips typographus*. *Mycol. Res.* **93**: 513–517.
- Mudrončeková S., Mazán M., Nemčovič M. & Šalamon I. 2013. Entomopathogenic fungus species *Beauveria bassiana* (bals.) and *Metarhizium anisopliae* (metsch.) used as mycoinsecticide effective in biological control of *Ips typographus* (L.). *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* **2**: 2469–2472.
- Nakládal O., Šenfeld P., Franjević M. & Uhlíková H. 2013. Comparison of all season and standard type of ecolure® dispenser efficacy in trap catches of european spruce bark beetle (*Ips typographus* (L.)). *Šum. list.* **137**: 395–401.

- Noyes J.S. 2019. Universal Chalcidoidea Database. Resource document. British Natural History Museum. .
- Pantić D., Đurić A., Obradović S., Stajić B. & Šijačić-Nikolić M. 2023. Forests of Tara National Park - state and objectives of future management. Glas Šuma Fakul. 105–118.
- Paraschiv M. & Isaia G. 2020. Disparity of Phoresy in Mesostigmatid Mites upon Their Specific Carrier *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae). Insects. **11**: 771.
- Pell J.K., Hannam J.J. & Steinkraus D.C. 2010. Conservation biological control using fungal entomopathogens. BioControl. **55**: 187–198.
- Penttinen R., Viiri H. & Moser J.C. 2013. The mites (Acari) associated with bark beetles in the Koli National Park in Finland. Acarologia. **53**: 3–15.
- Pernek M. 2002. Analiza biološke učinkovitosti feromonskih pripravaka i tipova klopki namijenjenih lovu potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). Rad. Šum. inst. Jastrebar. **37**: 61–83.
- Pernek M. & Hrašovec B. 2003. Istraživanje selektivnosti feromonskih pripravaka i Theysohn®namenjenih za ulov smrekinih potkornjaka. Rad. Šum. inst. Jastrebar. **38**: 5–21.
- Pernek M. & Hrašovec B. 2005. Istraživanje feromonskih pripravaka i klopki namenjenih ulovu jelovih krivozubih potkornjaka. Rad. Šum. inst. Jastrebar. **40**: 31–42.
- Pernek M., Hrašovec B., Matošević D., Pilas I., Kirisits T. & Moser J.C. 2008. Phoretic mites of three bark beetles (*Pityokteines* spp.) on Silver fir. J Pest Sci. **81**: 35–42.
- Pernek M., Matošević D. & Hrašovec B. 2006. Istraživanje feromona i klopki za prognozu jelovog potkornjaka *Pityokteines curvidens* German (Coleoptera: Scolytidae). Rad. Šum. inst. Jastrebar. 213–222.
- Pernek M., Wirth S., Blomquist S., Avtzis D. & Moser J. 2012. New associations of phoretic mites on *Pityokteines curvidens* (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae). Open Life Sci. **7**: 63–68.
- Pettersen H. 1976. Chalcid-flies (Hym., Chalcidoidea) reared from *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L. at some Norwegian localities. Nor. J. Entomol. **23**: 47–50.
- Pfammatter J.A., Coyle D.R., Gandhi K.J.K., Hernandez N., Hofstetter R.W., Moser J.C. & Raffa K.F. 2016. Structure of Phoretic Mite Assemblages Across Subcortical Beetle Species at a Regional Scale. Environ Entomol. **45**: 53–65.
- Pfeffer A. 1952. Kůrovec - lýkožrout smrkový a boj proti němu. Nakladatelství Brázda, Praha. 1–44 pp.
- Pfeffer A. 1995. Zentral und westpalaearktische Borken und Kenkäfer. Pro Entomologia, c/o Naturhistorisches Museum Basel., 310 pp.

- Podlesnik J., Mihajlović L. & Jurc M. 2017. A two-year study of parasitoid entomofauna associated with spruce bark beetles (Coleoptera: Curculionidae) in the altimontane belt of Slovenia (Pohorje). *Phytoparasitica*. **45**: 135–145.
- Poliță D., Manu M. & Marcu V.M. 2016. Relationship among phoretic mites and Norway spruce bark beetles – *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*. *Rev. pădurilor*. **131**: 57-65.
- Prentice I.C., Cramer W., Harrison S.P., Leemans R., Monserud R.A. & Solomon A.M. 1992. Special Paper: A Global Biome Model Based on Plant Physiology and Dominance, Soil Properties and Climate. *J. Biogeogr.* **19**: 117.
- Quicke D.L.J. & Sharkey M.J. 1989. A key to and notes on the genera of Braconinae (Hymenoptera: Braconidae) from America north of Mexico with descriptions of two new genera and three new species. *Can Entomol.* **121**: 337–361.
- Radović D., Stevanović V., Marković D., Jovanović S., Džukić G. & Radović I. 2005. Implementation of GIS technologies in assessment and protection of natural values of Tara National Park. *Arch biol sci (Beogr)*. **57**: 193–204.
- Radulović Z., Karadzić D., Milenković I., Lučić A., Rakonjac L., Miletić Z. & Pižurica R. 2014. Declining of forests - biotic and abiotic stress. *Glas Suma Fakul.* 71–88.
- Raffa K.F., Grégoire J.-C. & Staffan Lindgren B. 2015. Natural History and Ecology of Bark Beetles. pp. 1–40. *Bark Beetles*, Elsevier.
- Ramanujam B., Rangeshwaran R., Sivakumar G., Mohan M. & Yandigeri M.S. 2014. Management of Insect Pests by Microorganisms. *Proceedings of the Indian National Science Academy*. **80**: 455.
- Ranger C.M. 2016. Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species. *Am. Entomol.* **62**: 196–198.
- Ratnasingham S. & Hebert P.D.N. 2007. BARCODING: bold: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>): BARCODING. *Mol. Ecol. Notes*. **7**: 355–364.
- Registry-Migration.Gbif.Org 2022. GBIF Backbone Taxonomy.
- Rehner S.A. & Buckley E. 2005. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs. *Mycologia*. **97**: 84–98.
- Rehner S.A., Minnis A.M., Sung G.-H., Luangsa-ard J.J., Devotto L. & Humber R.A. 2011. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. *Mycologia*. **103**: 1055–1073.
- Rudinsky J.A., Novák V. & Švihra P. 2009. Attraction of the Bark Beetle *Ips typographus* L. to Terpenes and a Male-Produced Pheromone. *Z. Angew. Entomol.* **67**: 179–188.
- Saito Y., Osakabe Mh., Sakagami Y. & Yasui Y. 1993. A Method for Preparing Permanent Specimens of Mites with Canada Balsam. *Appl. entomol. Zool.* **28**: 593–597.

- San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T. & Mauri A. 2016. European atlas of forest tree species. Publications Office, LU.
- Sauvard D. 2004. General Biology of Bark Beetles. pp. 63–88. In: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., & Evans H.F. (eds), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe*, a Synthesis, Springer Netherlands, Dordrecht.
- Schebeck M., Dobart N., Ragland G.J., Schopf A. & Stauffer C. 2022a. Facultative and obligate diapause phenotypes in populations of the European spruce bark beetle *Ips typographus*. *J Pest Sci.* **95**: 889–899.
- Schebeck M., Schopf A., Ragland G.J., Stauffer C. & Biedermann P.H.W. 2022b. Evolutionary ecology of the bark beetles *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*. *Bull. Entomol. Res.* 1–10.
- Schlyter F. & Cederholm I. 1981. Separation of the sexes of living spruce bark beetles, *Ips typographus* (L.), (Coleoptera: Scolytidae)1. *Z. Angew. Entomol.* **92**: 42–47.
- Schlyter F., Zhang Q.-H., Liu G.-T. & Ji L.-Z. 2001. A successful Case of Pheromone Mass Trapping of the Bark Beetle *Ips duplicatus* in a Forest Island, Analysed by 20-year Time-Series Data. *Integr. pest manag. rev.* **6**: 185–196.
- Schroeder L.M. 1996. Interactions between the predators *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae) and *Rhizophagus depressus* (Col: Rhizophagidae), and the bark beetle *Tomicus piniperda* (Col.: Scolytidae). *Entomophaga.* **41**: 63–75.
- Schroeder L.M. 2013. Monitoring of *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*: influence of trapping site and surrounding landscape on catches. *Agric. For. Entomol.* **15**: 113–119.
- Schwerdtfeger F. 1929. Ein Beitrag zur Fortpflanzungsbiologie des Borkenkäfers *Pityogenes chalcographus*L. *Z. Angew. Entomol.* **15**: 335–427.
- Seeman O.D. & Walter D.E. 2023. Phoresy and Mites: More Than Just a Free Ride. *Annu. Rev. Entomol.* **68**: 69–88.
- Seidl R., Schelhaas M.-J. & Lexer M.J. 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe: Drivers of forest disturbance intensification. *Global Change Biology.* **17**: 2842–2852.
- Shah P.A. & Pell J.K. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl Microbiol Biotechnol.* **61**: 413–423.
- Shaw M.R. & Huddleston T. 1991. Classification and biology of braconid wasps: Hymenoptera: Braconidae. Royal Entomological Soc. of London, London. 126 pp.
- Six D.L. & Wingfield M.J. 2011. The Role of Phytopathogenicity in Bark Beetle–Fungus Symbioses: A Challenge to the Classic Paradigm. *Annu. Rev. Entomol.* **56**: 255–272.
- Šramel N., Kavčič A., Kolšek M. & Groot M. 2021. Estimating the most effective and economical pheromone for monitoring the European spruce bark beetle. *J Appl Entomol.* **145**: 312–325.

- Sung G.-H., Hywel-Jones N.L., Sung J.-M., Luangsa-ard J.J., Shrestha B. & Spatafora J.W. 2007. Phylogenetic classification of Cordyceps and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*. **57**: 5–59.
- Tabaković-Tošić M. 2012. *Entomophaga maimaiga* – New entomopathogenic fungus in the Republic of Serbia. *Afr. J. Biotechnol.* **11**: .
- Tabaković-Tošić M., Milenković I. & Radulović Z. 2016. The coniferous anthropogenic and natural forests decline in Serbia driven by different abiotic and biotic factors. *Sustain Forestry*. 49–57.
- Tabaković-Tošić M. & Milosavljević M. 2015. Impact of extreme weather conditions on the population dynamics of bark beetles in the forests of Eastern Serbia. *Sustain Forestry*. 27–37.
- Tabaković-Tošić M. & Milosavljević M. 2016. The correlation between the changes in climate, the intensity of spruce decline and the abundance of spruce bark beetles in “Golija” Nature Park. *Sustain Forestry*. 59–68.
- Tabaković-Tošić M. & Milosavljević M. 2018. Comparative effectiveness of some insecticides in controlling *Ips typographus*. *IX International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2018"*, 2164–2169.
- Tabaković-Tošić M. & Milosavljević M. 2023. Biological efficacy of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the European spruce bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae) in semi-controlled laboratory conditions. *Microbial and Nematode Control of Invertebrate Pests*, 162, 34–37.
- Tabaković-Tošić, M., Nevenić, R., & Češljarić, G. 2014. Bark beetle outbreak in spruce communities within a sample plot (Level II) in the mountain Kopaonik in the period 2010-2013. *3rd ICP Forests Scientific Conference*,
- Takov D., Doychev D., Linde A., Draganova S. & Pilarska D. 2011. Pathogens of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae) in Bulgarian forests. *Phytoparasitica*. **39**: 343–352.
- Takov D., Pilarska D. & Moser J. 2009. Phoretic mites associated with spruce bark beetle *Ips typographus* L. (Curculionidae: Scolytinae) from Bulgaria. *Acta Zool. Bulg.* **61**: 293–296.
- Takov D., Pilarska D. & Wegensteiner R. 2006. Entomopathogens in *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) from several spruce stands in Bulgaria. *Acta Zool. Bulg.* **58**: 409–420.
- Tillman J.A., Seybold S.J., Jurenka R.A. & Blomquist G.J. 1999. Insect pheromones—an overview of biosynthesis and endocrine regulation. *Insect Biochem. Mol. Biol.* **29**: 481–514.
- Tomić D. 1957. Potkornjaci šumskog rezervata planine Golija u 1953. godini. *Šumarstvo*. 207–210.
- Tomić M. & Bezarević B. 2014. Control of bark beetle population at the Tara National Park by pheromone traps. VIII Congress on Plant Protection „*Integrated Plant Protection for Sustainable Crop Production and Forestry* “ - Book of Abstracts, pp. Zlatibor, Serbia. 217–223.

- Tykowski P. 2006. Beetles associated with scolytids (Coleoptera, Scolytidae) and the elevational gradient: Diversity and dynamics of the community in the Tatra National Park, Poland. *For. Ecol. Manag.* **225**: 146–159.
- Uribe D. & Khachatourians G.G. 2004. Restriction fragment length polymorphism of mitochondrial genome of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* reveals high intraspecific variation. *Mycol. Res.* **108**: 1070–1078.
- Vaupel O. & Zimmermann G. 1996. Orientierende Versuche zur Kombination von Pheromonfallen mit dem insektenpathogenen Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. gegen die Borkenkäferart *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz.* **69**: 175–179.
- Vega F.E., Posada F., Catherine Aime M., Pava-Ripoll M., Infante F. & Rehner S.A. 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biol. Control.* **46**: 72–82.
- Vite, JP 1965. Is preventive poisoning of trap trees practical?. *Allg. Forstzeitschr.* **20**: 438–9.
- Vrabec M., Kalúz S. & Ferenčík, J. 2012. Foretické roztoče na lykožrútovi smrekovom (*Ips typographus*) na vybraných lokalitách vo Vysokých Tatrách. *Entomofauna carpath.* **24**: 1–14.
- Wahlstrom M. & Debarati G.-S. 2015. The human cost of weather-related disasters 1995–2015. 1–27.
- Walter D.E. & Proctor H.C. 2013. *Mites: Ecology, Evolution & Behaviour: Life at a Microscale.* Springer Netherlands, Dordrecht.
- Wang H., Peng H., Li W., Cheng P. & Gong M. 2021. The Toxins of *Beauveria bassiana* and the Strategies to Improve Their Virulence to Insects. *Front. Microbiol.* **12**: 705343.
- Wegensteiner R. 2004. Pathogens in Bark Beetles. pp. 291–313. In: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., & Evans H.F. (eds), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*, Springer Netherlands, Dordrecht.
- Wegensteiner R., Tkaczuk C., Bałazy S., Griesser S., Rouffaud M., Stradner A., Steinwender B.M., Hager H. & Papierok B. 2015a. Occurrence of pathogens in populations of *Ips typographus*, *Ips sexdentatus* (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) and *Hylobius* spp. (Coleoptera, Curculionidae, Curculioninae) from Austria, Poland and France. *Acta Protozool.* **54**: 219–232.
- Wegensteiner R., Tkaczuk C., Kenis M. & Papierok B. 2017. Occurrence of *Tomicobia seitneri* (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Ropalophorus clavicornis* (Hymenoptera: Braconidae) in *Ips typographus* adults (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) from Austria, Poland and France. *Biologia.* **72**: 807–813.
- Wegensteiner R., Wermelinger B. & Herrmann M. 2015b. Natural Enemies of Bark Beetles. pp. 247–304. *Bark Beetles*, Elsevier.
- Weiser J., Wegensteiner Rudolf & Žižka Z. 1998. *Unikaryon montanum* sp. n. (Protista: Microspora), a new pathogen of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Folia Parasitol.* **45**: 191–195.

- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. For. Ecol.Manag. **202**: 67–82.
- Wermelinger B., Epper C., Kenis M., Ghosh S. & Holdenrieder O. 2012. Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies: Emergence of *Ips typographus* and natural enemies. J. Appl. Entomol. **136**: 212–224.
- Wermelinger B., Obrist M.K., Baur H., Jakoby O. & Duelli P. 2013. Synchronous rise and fall of bark beetle and parasitoid populations in windthrow areas: Bark beetle and parasitoid dynamics in windthrows. Agr Forest Entomol. **15**: 301–309.
- Wermelinger B. & Seifert M. 1998. Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L) (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol. **122**: 185–191.
- Weslien J. & Regnander J. 1992. The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Col. Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae). Entomophaga. **37**: 333–342.
- White T.J., Bruns T., Lee S. & Taylor J. 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. pp. 315–322. PCR Protocols, Elsevier.
- Wigger H. 1996. Population-dynamics and Predator-prey-interaction between the Predator *Nemosoma elongatum* and the Bark beetle Species *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Ostomidae, Scolytidae). entomologia. **21**: 55–67.
- Wirth S.F., Weis O. & Pernek M. 2016. Comparison of phoretic mites associated with bark beetles *Ips typographus* and *Ips cembrae* from central Croatia. Šumar. list (Online). **140**: 560–560.
- Wood S.L. 1986. A reclassification of the genera of Scolytidae (Coleoptera). Great Basin Naturalist Memoirs. **10**: 1–110.
- Yu D.S.K., van Achterberg C. & Horstmann K. 2016. Taxapad 2016, Ichneumonoidea 2015. .
- Zach P., Kršiak B., Kulfan J., Parák M. & Kontschán J. 2016. Mites *Trichouropoda* and *Uroobovella* spp. (Uropodoidea) phoretic on bark beetles (Scolytinae): a comparison from a declining mountain spruce forest in Central Europe. Int. J. Acarology. **42**: 212–217.
- Zahradník P. 2007. Lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (L.). Lesnická práce. **4**: 1–4.
- Zhang Z., Lu Y., Xu W., Sui L., Du Q., Wang Y., Zhao Y. & Li Q. 2020. Influence of genetic diversity of seventeen *Beauveria bassiana* isolates from different hosts on virulence by comparative genomics. BMC Genomics. **21**: 451.
- Zimmermann G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Sci. Technol. **17**: 553–596.
- Živojinović S. 1954. Prilog poznavanmju Scolytidae planine Maljen. Glas. Šumar. Fak. **8**: 3–29.
- Živojinović S. 1960. Scolytidae planine Golije. Glas. Šumar. Fak. **1**: 299–310.

Zumr V. & Soldan T. 1981. Reproductive cycle of *Ips typographus*, *I. amitinus* and *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera, Scolytidae). Acta Entomol Bohemoslov. **78**: 280–289.

Prilozi

PRILOG 1. Rezultati akumuliranih-stepen dana za period istraživanja

No.	Datum (2016)	T max (°C)	T min (°C)	GDD
1	20.04.	7.7	-2.3	-2
2	21.04.	13.2	-4.5	-7
3	22.04.	18.7	-0.2	-7
4	23.04.	15.4	-0.1	-7
5	24.04.	7.1	-0.4	-8
6	25.04.	-0.3	-2.6	-10
7	26.04.	6.1	-3.3	-13
8	27.04.	11.9	-1.4	-15
9	28.04.	11.7	0.1	-15
10	29.04.	6.3	4.1	-11
11	30.04.	9.8	2.8	-8
12	01.05.	10.6	1.3	-7
13	02.05.	8.4	5.6	-1
14	03.05.	6.3	2.7	2
15	04.05.	5.3	4	6
16	05.05.	10.4	2.7	9
17	06.05.	13.2	2.9	11

No.	Datum (2017)	T max (°C)	T min (°C)	GDD
1	25.04.	14.2	-1.3	-1
2	26.04.	16.2	1.6	0
3	27.04.	20	7.6	8
4	28.04.	17.9	9.2	17
5	29.04.	9.3	-0.3	17
6	30.04.	8.3	-3.1	14
7	01.05.	18.3	2.8	17
8	02.05.	19.3	2.4	19
9	03.05.	19.7	4.7	24
10	04.05.	16.7	7.5	31
11	05.05.	14.4	3.4	35
12	06.05.	14.8	4.2	39
13	07.05.	11.3	6.2	45
14	08.05.	12.1	2.9	48
15	09.05.	8.2	2.3	50
16	10.05.	11.6	-0.2	50
17	11.05.	19.3	1.8	52

No.	Datum (2018)	T max (°C)	T min (°C)	GDD
1	26.04.	19.8	7.7	8
2	27.04.	17.5	9.8	18
3	28.04.	13.4	10.8	28
4	29.04.	16.4	10	38
5	30.04.	17.2	3.4	42
6	01.05.	18.7	3.3	45
7	02.05.	18.6	3.5	49
8	03.05.	18.7	5	54
9	04.05.	19.4	4.9	58
10	05.05.	19	5.7	64
11	06.05.	17.5	9.1	73
12	07.05.	16.3	8.1	81
13	08.05.	10.9	4.7	86
14	09.05.	11.6	-2.4	84
15	10.05.	13	-1.8	82
16	11.05.	14.1	3.4	85
17	12.05.	8	2.8	88

18	07.05.	14.3	1.9	13
19	08.05.	12.9	0.1	13
20	09.05.	14.7	2.2	16
21	10.05.	14.1	4.3	20
22	11.05.	16	5.3	25
23	12.05.	16.1	7.2	32
24	13.05.	15.7	4.4	37
25	14.05.	14.1	8.2	45
26	15.05.	15	1.3	46
27	16.05.	4.6	0.4	47
28	17.05.	11.6	-2.4	44
29	18.05.	13	-1.8	43
30	19.05.	14.1	3.4	46
31	20.05.	8	2.8	49
32	21.05.	14.7	3.9	53
33	22.05.	19.3	0.7	53
34	23.05.	21.7	7.1	60
35	24.05.	13.7	6.2	67
36	25.05.	16	5	72
37	26.05.	18.4	4.3	76
38	27.05.	20.8	4.7	81
39	28.05.	23.9	7	88
40	29.05.	24.5	10.8	98
41	30.05.	23.2	9.1	108
42	31.05.	20.6	6.8	114
43	01.06.	19.2	7.7	122
44	02.06.	17.6	7.8	130
45	03.06.	17.1	7.3	137
46	04.06.	18.5	4.8	142
47	05.06.	18	8.2	150
48	06.06.	16.7	9.3	159
49	07.06.	16.6	8	167
50	08.06.	17.7	2.6	170

18	12.05.	21.6	8.8	61
19	13.05.	19	9.3	70
20	14.05.	17.1	6	76
21	15.05.	17.4	3.9	80
22	16.05.	16.3	8.3	88
23	17.05.	15.1	5.7	94
24	18.05.	16.6	2.6	96
25	19.05.	19.7	3.5	100
26	20.05.	18.1	7.3	107
27	21.05.	13.3	7.4	115
28	22.05.	14.2	6.6	121
29	23.05.	17.3	7.3	128
30	24.05.	17.7	4.8	133
31	25.05.	9.7	6.5	140
32	26.05.	11.9	6.7	146
33	27.05.	15.4	5.6	152
34	28.05.	15.9	3.6	156
35	29.05.	18.8	2.5	158
36	30.05.	21.1	3.7	162
37	31.05.	21.6	7.2	169
38	01.06.	21.3	9.5	179
39	02.06.	21.5	8.8	187
40	03.06.	19.8	8.3	196
41	04.06.	22.6	6.6	202
42	05.06.	18.4	11.1	213
43	06.06.	23.3	9.1	222
44	07.06.	20.1	11.5	234
45	08.06.	15.4	4.7	239
46	09.06.	18.1	2.3	241
47	10.06.	18.7	4.9	246
48	11.06.	17.4	7.3	253
49	12.06.	22.9	4.8	258
50	13.06.	23.1	8.2	266

18	13.05.	14.7	3.9	92
19	14.05.	19.3	0.7	93
20	15.05.	21.7	7.1	100
21	16.05.	13.7	6.2	106
22	17.05.	16	5	111
23	18.05.	18.4	4.3	115
24	19.05.	20.8	4.7	120
25	20.05.	23.9	7	127
26	21.05.	24.5	10.8	138
27	22.05.	23.2	9.1	147
28	23.05.	20.6	6.8	154
29	24.05.	22	8.1	162
30	25.05.	22.7	9.6	171
31	26.05.	20.5	10.3	182
32	27.05.	21.6	8.1	190
33	28.05.	21.9	8.5	198
34	29.05.	21.4	7.3	206
35	30.05.	22.6	9	215
36	31.05.	26.8	11.3	226
37	01.06.	19.4	11.4	237
38	02.06.	19.3	11.3	249
39	03.06.	22.5	9.9	258
40	04.06.	25.9	11.4	270
41	05.06.	22	12.5	282
42	06.06.	14.2	10.4	293
43	07.06.	11.8	10.4	303
44	08.06.	14.3	11.7	315
45	09.06.	18.8	10.6	325
46	10.06.	18.1	10.1	336
47	11.06.	15.7	13.3	349
48	12.06.	22.5	10.3	359
49	13.06.	24.4	9.4	369
50	14.06.	18.7	6.8	375

51	09.06.	19.1	4.1	174
52	10.06.	18.5	9.1	183
53	11.06.	19.8	8.4	192
54	12.06.	19.6	11.1	203
55	13.06.	14.8	9.9	213
56	14.06.	18.3	9	222
57	15.06.	20.4	8.6	230
58	16.06.	26.1	7.9	238
59	17.06.	27.3	14.1	252
60	18.06.	21.6	10.7	263
61	19.06.	19.7	9.1	272
62	20.06.	22.1	8.8	281
63	21.06.	19.6	14.8	296
64	22.06.	23.1	16.1	312
65	23.06.	23.5	16.6	328
66	24.06.	25.9	12.6	341
67	25.06.	25.6	13.5	354
68	26.06.	23.8	13.3	368
69	27.06.	23.4	11.8	380
70	28.06.	15	10.3	390
71	29.06.	20.3	9.3	399
72	30.06.	22.7	8.4	408
73	01.07.	22.4	12.4	420
74	02.07.	25	11.1	431
75	03.07.	22.4	12.9	444
76	04.07.	19	9.7	454
77	05.07.	21.7	6.3	460
78	06.07.	21.8	7.9	468
79	07.07.	19.5	8.5	476
80	08.07.	22.1	5.3	482
81	09.07.	24.2	9	491
82	10.07.	23.8	8.6	499
83	11.07.	25.5	9.3	509

51	14.06.	21.3	10.9	277
52	15.06.	20.6	7	284
53	16.06.	22.4	4.9	289
54	17.06.	14.1	8.5	297
55	18.06.	11.4	6.9	304
56	19.06.	18.6	8.3	313
57	20.06.	22.1	6.4	319
58	21.06.	24.4	7.6	327
59	22.06.	24.9	10.3	337
60	23.06.	27.1	11.8	349
61	24.06.	24.6	14.1	363
62	25.06.	28.7	11.7	375
63	26.06.	20.6	12.8	387
64	27.06.	24.8	9.2	397
65	28.06.	27.2	12.7	409
66	29.06.	26.6	17.2	426
67	30.06.	29	14.4	441
68	01.07.	24.2	10.6	451
69	02.07.	20.2	9.7	461
70	03.07.	16.8	10	471
71	04.07.	18.9	7	478
72	05.07.	21.7	4.7	483
73	06.07.	24.4	7.7	491
74	07.07.	27.3	8.8	499
75	08.07.	24.7	10.7	510
76	09.07.	26.2	10.7	521
77	10.07.	29.6	12.9	534
78	11.07.	30.3	12.5	546
79	12.07.	26.1	11.4	558
80	13.07.	21.4	12.1	570
81	14.07.	20.2	5.1	575
82	15.07.	18.6	5.8	581
83	16.07.	15.6	9.6	590

51	15.06.	12.8	3.6	379
52	16.06.	13.8	1.1	380
53	17.06.	14.5	1.6	382
54	18.06.	12.7	9.1	391
55	19.06.	10.4	9.2	400
56	20.06.	12.7	9.6	410
57	21.06.	14.8	9.3	419
58	22.06.	19.7	12	431
59	23.06.	15.8	6.6	437
60	24.06.	20.4	10.1	448
61	25.06.	23	11.7	459
62	26.06.	20.9	14.7	474
63	27.06.	22.1	12.6	487
64	28.06.	21.7	11.8	498
65	29.06.	17.8	12.1	510
66	30.06.	18.4	11.8	522
67	01.07.	12.1	9.5	532
68	02.07.	18.4	10.2	542
69	03.07.	21.6	7.8	550
70	04.07.	21.6	10.1	560
71	05.07.	21.2	11.5	571
72	06.07.	21	9.5	581
73	07.07.	21.3	8.4	589
74	08.07.	21.7	10.7	600
75	09.07.	18.8	12.2	612
76	10.07.	20.7	11	623
77	11.07.	20.1	12.8	636
78	12.07.	22.6	10.3	646
79	13.07.	26.4	9.2	655
80	14.07.	25.1	11.6	667
81	15.07.	18.9	9.7	677
82	16.07.	19.1	13.6	690
83	17.07.	20.7	12.9	703

84	12.07.	28.2	11.3	520
85	13.07.	30.1	13.2	533
86	14.07.	26.3	14.2	547
87	15.07.	14.3	8.2	555
88	16.07.	12.8	8.7	564
89	17.07.	13.9	8.5	573
90	18.07.	19.6	9.7	582
91	19.07.	19.2	8.4	591
92	20.07.	20.2	8.3	599
93	21.07.	22.5	7.5	607
94	22.07.	25	10.1	617
95	23.07.	26.3	11.7	628
96	24.07.	26.5	12.7	641
97	25.07.	22.6	11.6	653
98	26.07.	19.9	10	663
99	27.07.	22.6	11	674
100	28.07.	23.9	13.4	687
101	29.07.	22.7	12.9	700
102	30.07.	24.3	12.6	713
103	31.07.	25.8	10.2	723
104	01.08.	22.5	11.1	734
105	02.08.	19.2	10.2	744
106	03.08.	19.9	6.2	750
107	04.08.	22.6	7.6	758
108	05.08.	27.7	10.8	769
109	06.08.	17.3	12.8	781
110	07.08.	13.4	11.4	793
111	08.08.	16.6	8.4	801
112	09.08.	21.3	7.1	808
113	10.08.	24.8	8.8	817
114	11.08.	12.8	7.7	825
115	12.08.	13.2	4.8	830
116	13.08.	15.8	1.4	831

84	17.07.	19	7.8	598
85	18.07.	22.9	5.1	603
86	19.07.	26.2	7.6	611
87	20.07.	26	12.2	623
88	21.07.	28	11.3	634
89	22.07.	30.4	11.1	645
90	23.07.	29.3	11.6	657
91	24.07.	29.3	12.4	669
92	25.07.	21.1	10.2	679
93	26.07.	19	9.4	689
94	27.07.	16.6	8.2	697
95	28.07.	22.1	5.6	703
96	29.07.	24.1	9.3	712
97	30.07.	28.9	10.4	722
98	31.07.	27.4	12.7	735
99	01.08.	28.1	11.9	747
100	02.08.	30.6	10.9	758
101	03.08.	29.4	12.6	770
102	04.08.	31.3	12.9	783
103	05.08.	31.9	13.6	797
104	06.08.	32.1	13.7	811
105	07.08.	16.5	14.3	825
106	08.08.	26.9	11.3	836
107	09.08.	31.6	13.1	849
108	10.08.	31.9	11.9	861
109	11.08.	34.4	11.2	872
110	12.08.	25.8	9.7	882
111	13.08.	12.7	9.6	892
112	14.08.	16.8	10.4	902
113	15.08.	22.1	6.6	909
114	16.08.	25.1	8.1	917
115	17.08.	23.9	9.1	926
116	18.08.	26.0	8.2	934

84	18.07.	22	9.8	713
85	19.07.	20.8	12.1	725
86	20.07.	21.3	13.4	739
87	21.07.	22.6	10.9	749
88	22.07.	23.6	15.4	765
89	23.07.	23.9	14.4	779
90	24.07.	23.4	13.6	793
91	25.07.	22.1	12.8	806
92	26.07.	22.4	15.5	821
93	27.07.	23.2	13.3	834
94	28.07.	23.7	9.6	844
95	29.07.	24.2	10	854
96	30.07.	24.8	10.6	865
97	31.07.	25.8	11	876
98	01.08.	25.9	11.3	887
99	02.08.	26	13.6	901
100	03.08.	22.7	12.6	913
101	04.08.	22.7	13.2	926
102	05.08.	24.5	10.8	937
103	06.08.	27.4	12.2	949
104	07.08.	20	9.4	959
105	08.08.	21.2	13.1	972
106	09.08.	23.1	10.4	982
107	10.08.	23.5	10	992
108	11.08.	22.9	10.3	1003
109	12.08.	23.2	9.1	1012
110	13.08.	23.8	9.7	1021
111	14.08.	24.1	10.4	1032
112	15.08.	24.2	10.7	1042
113	16.08.	24.8	11.3	1054
114	17.08.	23.9	10.8	1065
115	18.08.	22.2	10	1075
116	19.08.	10.6	9.3	1084

117	14.08.	19.3	3.1	834
118	15.08.	22.5	5.8	840
119	16.08.	21.2	7.7	848
120	17.08.	23.7	10.7	858
121	18.08.	20.9	10.3	869
122	19.08.	22.8	9.8	878
123	20.08.	21.1	8.6	887
124	21.08.	25	10.9	898
125	22.08.	16.7	9.6	908
126	23.08.	12.4	9.7	917
127	24.08.	15.9	11.8	929
128	25.08.	19.7	9.4	938
129	26.08.	21.1	9.2	948
130	27.08.	20.6	6.8	954
131	28.08.	22.2	5.9	960
132	29.08.	23.4	7.6	968
133	30.08.	21.2	8.1	976
134	31.08.	19.8	9.7	986
135	01.09.	21.4	8.2	994
136	02.09.	19.9	8.3	1002
137	03.09.	20.3	6.9	1009
138	04.09.	21.6	5.8	1015
139	05.09.	18.6	9.2	1024
140	06.09.	12.1	8.9	1033
141	07.09.	13.7	10.3	1043
142	08.09.	20.1	9.2	1053
143	09.09.	17.8	12.2	1065
144	10.09.	20.2	9.9	1075
145	11.09.	21.1	10.5	1085
146	12.09.	21.3	9.1	1094
147	13.09.	21.6	6.8	1101
148	14.09.	19.2	7.3	1108
149	15.09.	21.6	6.8	1115

117	19.08.	28.7	10.9	945
118	20.08.	17.3	11.4	956
119	21.08.	15.7	5.6	962
120	22.08.	17.2	3.4	965
121	23.08.	19.1	2.1	968
122	24.08.	24.4	3.3	971
123	25.08.	27.6	6.1	977
124	26.08.	29.7	7.2	984
125	27.08.	29.1	8.5	993
126	28.08.	24	10.2	1003
127	29.08.	19.2	6.4	1009
128	30.08.	23.2	2.9	1012
129	31.08.	27.8	5.8	1018
130	01.09.	9.9	9.6	1028
131	02.09.	28.2	9.7	1037
132	03.09.	27.1	12.1	1049
133	04.09.	18.7	7.2	1057
134	05.09.	16.1	6.5	1063
135	06.09.	17.4	2.3	1065
136	07.09.	20.1	1.6	1067
137	08.09.	22.8	8.2	1075
138	09.09.	20.8	5.7	1081
139	10.09.	19.4	7.8	1089
140	11.09.	24.2	10	1099
141	12.09.	25.6	9.7	1108
142	13.09.	18.4	10.2	1119
143	14.09.	16.8	6.6	1125
144	15.09.	23.1	4.7	1130
145	16.09.	17.4	6.9	1137
146	17.09.	26.2	6.3	1143
147	18.09.	25.4	8.8	1152
148	19.09.	19	4.7	1157
149	20.09.	19.2	4.8	1161

117	20.08.	15	10.6	1094
118	21.08.	20	8.5	1103
119	22.08.	25.8	9.3	1112
120	23.08.	22.1	10.3	1123
121	24.08.	9.9	9.6	1132
122	25.08.	26.5	11.7	1144
123	26.08.	24.9	8.7	1153
124	27.08.	22.7	9.9	1162
125	28.08.	20.8	8.4	1171
126	29.08.	17.1	8.9	1180
127	30.08.	18.5	8.4	1188
128	31.08.	20.4	6.3	1194
129	01.09.	18.4	9.1	1204
130	02.09.	19.1	8.5	1212
131	03.09.	19.4	5.3	1217
132	04.09.	19	4.9	1222
133	05.09.	20.8	9.2	1231
134	06.09.	20.9	6.5	1238
135	07.09.	21.3	5.8	1244
136	08.09.	19.9	7.2	1251
137	09.09.	20.1	5.7	1257
138	10.09.	19.8	4.1	1261
139	11.09.	21.3	4.8	1266
140	12.09.	22.7	7.4	1273
141	13.09.	20.6	7.5	1280
142	14.09.	22.7	8.8	1289
143	15.09.	20.1	8.7	1298
144	16.09.	21.6	10.7	1309
145	17.09.	16.5	1.9	1311
146	18.09.	6.9	0.6	1311
147	19.09.	8.3	-2.7	1308
148	20.09.	11.8	-4.6	1304
149	21.09.	16.1	-1.7	1302

150	16.09.	22.6	8.3	1123
151	17.09.	20.6	9	1132
152	18.09.	19.7	7.4	1140
153	19.09.	17.6	8.8	1149
154	20.09.	11	8.1	1157
155	21.09.	9.8	3.9	1161
156	22.09.	12.2	7.8	1168
157	23.09.	9.9	7.1	1176
158	24.09.	7.9	6.4	1182
159	25.09.	9.7	5.4	1187
160	26.09.	10.7	0.2	1188

150	21.09.	9.9	5.2	1167
151	22.09.	6.2	4.9	1171
152	23.09.	11.1	4.9	1176
153	24.09.	16.3	2.1	1178
154	25.09.	15.6	4.3	1183
155	26.09.	10	7.8	1191
156	27.09.	12.2	7.8	1198
157	28.09.	9.9	7.1	1205
158	29.09.	7.9	6.4	1212
159	30.09.	9.7	5.4	1217
160	01.10.	10.7	0.2	1217

150	22.09.	12.2	-1.3	1301
151	23.09.	10.7	1.3	1302
152	24.09.	11.1	4.9	1307
153	25.09.	16.3	2.1	1309
154	26.09.	15.6	4.3	1313
155	27.09.	10	7.8	1321
156	28.09.	12.2	7.8	1329
157	29.09.	9.9	7.1	1336
158	30.09.	7.9	6.4	1343
159	01.10.	9.7	5.4	1348
160	02.10.	10.7	0.2	1348

PRIOLOG 2: Ulovi potkornjaka po godinama za mokru (M) i suhu (S) klopku po vrstama-*Pityogenes chalcographus* (Pc); *Ips typographus* (It).

	Ulovi po klopama za 2016.godinu										
Klopke	21.04.	05.05.	20.05.	05.06.	22.06.	06.07.	20.07	04.08.	17.08	1.09	15.09.
M1 It	947	90	189	1405	2509	908	665	461	573	207	12
M2 It	8543	383	11405	4865	1163	96	333	2311	1721	121	5
M3 It	2358	103	1044	2498	513	31	1466	439	302	110	26
M4 It	9290	241	9546	1495	954	48	553	798	1032	167	36
M5 It	1903	98	2186	3374	406	229	607	361	250	83	5
M6 It	3292	30	641	1868	831	150	270	863	815	102	18
M7 It	3421	0	653	2633	908	184	175	296	8222	76	0
M8 It	1252	66	507	1708	1634	558	475	304	261	28	0
M9 It	2290	4	663	3181	1415	117	890	880	934	182	2
M10 It	759	31	342	1968	559	416	269	270	235	108	56
M11 It	2183	93	400	2478	1404	150	729	801	359	392	102
M12 It	1502	48	378	1163	491	145	173	82	34	261	121
M13It	1031	72	211	784	258	57	495	808	0	33	2
M14It	36	8	50	852	103	97	49	3	3	2	1
M15It	473	116	239	2129	311	17	576	1334	836	246	15
M16It	975	87	526	377	288	4	384	7	125	34	18
M17It	1540	59	42	5437	620	360	998	543	174	103	45
M18It	2684	230	5138	5974	904	364	2451	13130	1207	43	22
M19It	2120	673	1093	1215	592	752	633	520	341	51	6
M20It	6008	302	3250	4867	2555	324	814	671	468	431	254
S1 It	699	24	365	761	1773	663	404	258	359	16	1
S2 It	2392	56	956	998	487	12	348	465	288	28	3
S3 It	1099	54	704	1201	631	325	287	573	615	53	0
S4 It	3621	132	2177	1194	503	208	261	236	324	23	0
S5 It	671	20	659	933	753	26	114	46	31	0	0
S6 It	923	24	577	1769	1925	884	921	540	343	83	12
S7 It	1101	39	100	1838	154	28	211	119	104	0	0

S8 It	1003	25	0	902	483	287	411	307	160	58	25
S9 It	412	14	80	1350	613	7	290	107	0	3	0
S10 It	442	312	123	659	269	88	50	80	68	27	12
S 11 It	1273	0	245	1200	1171	190	402	244	316	75	2
S12 It	1320	36	60	839	460	104	105	82	74	31	0
S13It	757	62	271	3509	1603	27	727	1389	1400	184	0
S14It	148	20	36	6148	1275	30	0	16	10	5	0
S15It	275	110	235	2556	1271	86	945	785	1145	63	2
S16It	1016	118	155	2028	1777	16	467	169	219	39	5
S17It	575	65	347	3117	923	317	897	1398	1384	286	102
S18It	11134	1203	3890	5320	117	12	2496	1875	1218	24	0
S19It	2434	446	2392	2599	205	36	1423	1826	502	41	0
S20It	1717	556	1545	1859	545	7	1173	283	31	0	0
M1 Pc	5930	207	725	1084	4780	6125	7158	2462	1350	1612	159
M2 Pc	4175	1200	1573	2153	2110	912	9218	1815	1965	1560	253
M3 Pc	5102	867	1315	2168	3180	1537	4116	4408	3839	315	3
M4 Pc	5630	142	5026	3015	2387	1950	1570	3403	2473	900	121
M5 Pc	1401	5	1701	5215	1397	1975	5811	1421	925	245	0
M6 Pc	7104	150	4543	13987	6142	3665	5907	6227	6213	25	0
M7 Pc	3514	175	1587	5124	2750	1820	2212	9025	182	21	11
M8Pc	3507	0	3015	5035	2462	3595	4145	1126	705	66	2
M9 Pc	7428	362	2900	4080	2125	1670	12919	6215	4887	1065	258
M10 Pc	1721	56	1135	3525	1677	3005	2537	1809	1225	880	102
M11 Pc	4729	88	1450	4157	882	365	12428	5028	5002	1465	236
M12Pc	5124	43	212	2328	1055	0	1905	630	106	44	0
M13Pc	5256	105	752	1071	2005	115	7150	3005	0	477	0
M14Pc	257	80	185	214	0	210	155	15	10	10	0
M15Pc	2223	1048	228	2452	3815	1190	6160	2320	1930	1050	121
M16Pc	3002	257	509	761	1337	25	3318	155	2240	715	96
M17Pc	3105	125	234	2025	1040	835	11860	5110	1070	587	78
M18Pc	6153	847	3005	12102	7200	753	20428	11125	8931	2380	145
M19Pc	15518	487	3222	13162	4995	1815	5014	5276	1376	177	22

M20Pc	8102	595	1030	6807	553	64	103330	2540	120	0	0
S1 Pc	1315	36	1432	2384	3150	9253	3090	1965	3225	91	0
S2 Pc	3005	725	730	1828	8150	440	8510	1020	585	670	2
S3 Pc	3004	105	1042	7203	3300	543	1125	1111	2614	1250	121
S4 Pc	3105	102	1097	2947	1220	375	8149	725	1018	73	2
S5 Pc	783	92	1047	1780	755	110	1680	145	93	0	0
S6 Pc	3426	23	1095	5048	3412	3165	4005	3085	2285	575	13
S7 Pc	3104	122	214	5228	155	200	1005	515	82	0	0
S8 Pc	2254	0	0	4552	1015	775	4125	602	522	93	7
S9 Pc	1302	79	500	2866	704	56	924	210	0	88	3
S10 Pc	1625	13	569	588	725	605	812	323	86	83	0
S11 Pc	3477	118	925	1067	0	1250	4212	231	1005	317	25
S12Pc	3004	57	502	2483	1250	2363	3000	533	215	920	29
S13Pc	2005	0	1795	272	2302	150	14507	9122	3195	2120	58
S14Pc	447	107	71	2160	380	662	0	68	28	44	21
S15Pc	413	453	1125	7002	4012	1525	14998	41645	5145	1950	96
S16Pc	3001	322	422	3887	2525	95	8140	1316	5621	1670	151
S17Pc	3205	225	358	4810	5032	1405	21947	9215	5168	1250	96
S18Pc	19005	1612	4003	3090	927	882	32751	16184	19533	262	12
S19Pc	7115	2303	283	2745	700	103	6949	1226	2634	165	2
S20Pc	7250	620	2002	6807	3087	1327	9220	5720	3862	575	16

Klopke	Ulovi po klopama za 2017.godinu										
	25.04.	09.05.	24.05.	07.06.	21.06.	05.07.	19. 7.	03.8.	17.08.	01.09.	15.09.
M1 It	214	1560	1173	431	408	4	283	422	21	10	2
M2 It	445	1936	2235	1264	1382	1571	1860	187	274	13	46
M3 It	212	1450	886	396	246	415	572	205	67	13	23
M4 It	478	7225	2364	125	1960	1715	1830	411	177	128	64
M5 It	154	1017	501	812	1117	507	1133	323	66	30	12
M6 It	36	916	477	203	516	503	224	276	226	54	26
M7 It	25	871	783	544	170	507	334	347	0	31	13
M8 It	152	1963	1230	167	3052	1263	1588	866	10	18	6
M9 It	12	183	1464	1766	2456	1331	1792	864	61	9	30
M10 It	124	604	1330	791	264	462	888	218	133	10	9
M11 It	712	2466	2019	1354	1355	617	913	338	121	15	28
M12 It	12	441	359	331	477	516	236	517	35	6	2
M13It	612	1757	1656	51	144	883	1476	679	38	0	53
M 14 It	13	956	812	1812	1930	536	636	483	57	25	5
M 15 It	156	3316	1680	2023	861	479	729	42	2	45	28
M16 It	12	820	403	0	31	192	128	81	40	7	85
M17 It	452	1150	108	1323	33	1709	856	341	19	23	0
M18 It	156	2644	2059	2024	420	0	15	0	230	38	8
M19 It	159	1459	492	73	10	933	232	49	24	21	2
M 20It	696	2230	613	338	0	309	174	409	6	14	4
S1 It	121	358	182	65	15	406	345	173	46	5	1
S2 It	120	785	583	411	418	633	612	273	44	5	11
S3 It	102	451	377	402	386	382	456	169	93	43	22
S4 It	123	4392	91	83	303	501	150	101	37	8	4
S5 It	15	309	225	330	440	204	497	58	6	4	0
S6 It	0	0	0	2903	85	1204	1842	416	129	2	0
S7 It	2	5	0	103	48	384	7	391	61	0	2
S8 It	12	125	77	936	227	479	1363	34	146	14	3
S9 It	0	0	40	398	45	263	152	94	17	3	5
S10 It	556	8203	886	663	218	285	488	101	41	0	7

S 11 It	69	612	400	396	511	286	177	0	71	6	6
S12 It	0	0	254	248	470	382	0	27	2	4	1
S13It	23	509	1156	763	283	612	771	276	40	0	0
S14 It	123	863	750	841	89	33	64	86	17	2	0
S15 It	96	1057	715	1119	663	319	194	110	27	13	3
S16 It	0	0	0	76	0	186	87	54	0	8	1
S17 It	315	1250	302	74	11	930	1229	353	93	16	3
S18 It	36	536	1460	366	129	8	0	10	0	3	1
S19 It	63	551	172	223	17	560	307	271	46	2	1
S20It	56	558	48	4	0	61	5	330	29	2	1
M1 Pc	550	4030	357	781	7922	64	53	3000	925	8	33
M2 Pc	124	3807	312	804	3013	13254	8005	459	4000	176	151
M3 Pc	436	3030	2015	1061	2031	11001	1200	104	390	145	133
M4 Pc	1120	6120	2440	2027	12427	19450	9128	200	603	402	136
M5 Pc	254	2070	1100	2081	5300	4400	2100	825	600	102	0
M6 Pc	256	2001	112	406	490	16350	1802	520	53	39	42
M7 Pc	625	1118	28	256	1710	5720	2013	812	146	42	28
M8 Pc	362	3300	322	2413	10008	11255	2890	4918	33	1	0
M9 Pc	25	472	1991	3017	10040	9147	6125	2350	1107	202	71
M10 Pc	345	1102	1830	1617	2800	9117	4107	1580	815	0	50
M11 Pc	345	5104	1900	2250	9970	10005	2930	1502	1003	47	117
M12 Pc	122	1823	828	1005	5200	5802	815	3400	44	2	29
M13 Pc	881	9400	1002	621	1000	11280	8900	5850	1420	0	0
M14 Pc	78	2159	2150	709	9223	3000	2021	2300	410	6	0
M15 Pc	1002	7884	2007	116	5007	11404	4890	0	55	20	78
M16 Pc	156	4100	1125	218	6410	4000	1805	1140	829	0	142
M 17Pc	558	2509	912	616	1000	23580	1004	300	73	1	0
M 18Pc	2152	21300	6523	223	5330	2881	172	1200	0	181	8
M19 Pc	1232	7100	1417	1007	1308	1550	2089	112	1080	144	1
M 20Pc	1725	13215	1350	1312	2060	4303	615	450	154	198	3
S1 Pc	315	2015	112	15	42	4000	605	258	88	2	0
S2 Pc	475	2070	0	7	2000	3107	1920	205	11	24	1

S3 Pc	319	1540	408	339	3000	8109	1802	609	94	33	18
S4 Pc	569	5112	2	12	504	5300	1352	1280	104	22	11
S5 Pc	12	215	7	205	1030	2000	728	207	14	12	0
S6 Pc	0	0	0	217	5004	22100	6100	826	135	3	0
S7 Pc	0	0	0	361	300	1923	55	1033	125	0	10
S8 Pc	3	5	7	1114	3012	5012	1125	715	400	22	1
S9 Pc	36	2755	41	912	2080	1346	157	105	30	0	10
S10 Pc	225	1370	875	67	2000	15409	1120	3012	94	0	11
S11 Pc	550	1007	520	204	2110	8000	345	0	408	4	12
S 12Pc	0	0	187	703	1805	5004	0	220	3	7	1
S13 Pc	315	454	43	13	535	3100	2500	1007	850	0	61
S 14 Pc	36	1768	2500	4	1700	450	813	1105	303	63	0
S 15 Pc	896	5090	702	917	1104	5803	825	2201	352	224	3
S16 Pc	0	0	0	0	290	807	34	720	0	32	27
S17 Pc	156	4550	4300	2024	129	9080	920	512	251	79	10
S18 Pc	1025	3000	4000	1557	0	142	0	418	0	76	6
S19 Pc	996	4400	809	1943	1680	6100	203	455	240	18	3
S20 Pc	923	4128	11	35	3	830	123	0	41	18	1

	Ulovi po klopama za 2018. godinu										
Klopke	04.05.	18.05.	01.06.	15.06.	29.06.	13.07.	27.07.	10.08.	25.08.	07.09.	21.09.
M1 It	221	45	102	81	0	95	71	48	8	16	9
M2 It	330	200	513	641	0	283	820	936	98	112	10
M3 It	207	100	178	219	0	176	209	264	41	24	7
M4 It	2479	165	158		28	336	883	983	143	167	25
M5 It	156	27	65	103	0	205	356	183	0	144	8
M6 It	668	41	138	167	0	1011	128	445	371	0	20
M7 It	528	312	140	12	0	170	266	351	0	27	16
M8 It	98	30	86	35	10	186	1018	321	0	10	0
M9 It	1466	521	488	966	0	104	661	836	301	40	53
M10 It	1306	251	336	1011	0	33	13	138	0	0	6
M11 It	1318	131	128	74	30	263	506	536	463	146	42
M12 It	406	56	124	484	88	179	312	177	57	0	14
M13It	1215	85	406	408	0	31	10	15	31	32	7
M 14 It	1296	2548	509	882	0	140	63	136	0	20	4
M 15 It	1219	691	918	1106	19	920	1018	1181	913	145	60
M16 It	363	61	249	917	21	453	411	196	119	59	114
M17 It	898	89	490	1216	76	524	944	456	0	482	31
M18 It	633	316	913	188	153	218	974	562	215	1031	36
M19 It	517	79	379	636	128	315	887	116	0	377	9
M20It	626	153	177	38	0	356	1660	433	39	11	84
S1 It	1	22	31	108	0	36	45	25	0	0	11
S2 It	15	114	473	253	0	0	215	152	0	21	12
S3 It	30	51	234	55	0	161	346	226	0	62	15
S4 It	245	601	34	47	32	0	81	412	0	0	9
S5 It	117	7	33	19	0	166	259	303	338	38	51
S6 It	373	161	234	310	0	100	55	10	0	113	7
S7 It	503	38	46	36	0	117	151	121	76	0	11
S8 It	385	26	84	61	27	210	415	553	0	27	0
S9 It	24	5	13	22	0	0	16	0	0	0	13
S10 It	331	58	50	263	0	102	12	33	35	0	0

S 11 It	57	28	28	303	0	35	50	13	0	13	30
S12 It	102	15	64	56	0	46	57	28	0	0	19
S13It	758	64	316	326	0	44	123	137	0	24	22
S14 It	21	137	22	50	0	21	25	24	0	0	22
S15 It	345	214	816	871	0	0	167	136	136	16	8
S16 It	240	87	441	332	0	771	1011	561	0	127	93
S17 It	72	19	234	446	16	136	130	80	0	63	0
S18 It	590	288	1270	16	70	511	370	125	0	420	12
S19 It	306	63	321	10	12	506	1373	519	124	306	12
S20It	221	17	371	2	0	151	141	77	0	0	37
M1 Pc	1258	153	452	3900	0	3320	550	421	0	267	41
M2 Pc	951	164	2604	5165	0	67	6630	6221	0	0	91
M3 Pc	2365	233	1425	3025	0	3906	1271	2533	5	0	51
M4 Pc	3302	204	804	314	0	4705	1543	2218	10	2566	101
M5 Pc	77	33	663	1529	2	3551	1803	505	0	770	505
M6 Pc	753	26	154	4720	0	4045	1231	663	79	0	461
M7 Pc	1859	59	69	1258	0	1458	217	417	0	173	417
M8 Pc	258	51	19	23	38	3023	0	541	0	0	0
M9 Pc	33	156	783	5014	0	3159	1516	3315	825	880	3315
M10 Pc	425	57	104	3125	0	502	88	1730	0	0	1730
M11 Pc	7252	163	412	4953	426	4683	1053	2737	13	886	2737
M12 Pc	2179	183	698	2864	178	2507	1436	554	53	0	0
M13 Pc	23160	323	2035	6009	0	3991	830	1288	0	505	1288
M14 Pc	14200	318	3810	23326	0	8153	2030	1810	77	266	1810
M15 Pc	11150	3517	22254	31539	0	5242	5532	2382	153	619	0
M16 Pc	3253	1115	593	7312	29	3319	2773	2644	0	391	2644
M 17 Pc	11400	220	1927	4025	42	4013	3644	325	0	1550	0
M 18 Pc	6012	1005	4008	4000	118	603	1583	1834	0	1891	1834
M19 Pc	7025	578	3125	234	0	1036	3211	1010	0	886	1010
M 20 Pc	956	448	945	4014	0	722	1531	1834	0	1834	246
S1 Pc	12	62	278	2615	0	1850	218	33	0	0	72
S2 Pc	53	9	345	790	0	54	125	956	0	58	116

S3 Pc	45	39	320	550	0	116	0	1281	0	1830	78
S4 Pc	96	18	99	46	91	320	89	1325	0	1430	23
S5 Pc	38	17	442	31	7	1110	516	356	115	147	0
S6 Pc	12	42	123	6000	0	718	983	461	0	531	663
S7 Pc	5	14	65	26	0	96	121	224	0	436	0
S8 Pc	303	56	15	32	30	992	0	312	0	0	0
S9 Pc	13	39	42	37	0	15	0	0	0	0	0
S10 Pc	14	12	62	65	0	21	61	38	24	0	38
S11 Pc	42	6	113	93	0	48	84	47	0	262	47
S 12Pc	54	4	125	3	0	68	203	3	0	0	0
S13 Pc	16827	207	36	5	0	1003	888	1502	0	337	1506
S 14 Pc	40	78	32	412	0	754	665	472	0	0	472
S 15 Pc	26	314	4230	13388	0	279	830	1313	0	417	0
S16 Pc	23	164	926	317	0	2125	1780	1561	0	288	1561
S17 Pc	678	69	1	114	40	138	361	461	0	462	461
S18 Pc	778	455	148	11302	0	45	330	177	0	96	177
S19 Pc	159	153	128	126	0	489	2054	1830	0	411	1830
S20 Pc	38436	34	36	316	0	217	213	319	212	319	0

PRIOLOG 3: Neciljani insekti po klopama za svaku godinu istraživanja

Red	Familija	Vrsta	Broj ulovljenih imaga po godinama istraživanja					
			2016		2017		2018	
			M	S	M	S	M	S
Hymenoptera	Braconidae	Nije determinisana	23					
		Vrste podfamilije Doryctinae	5					
	Ichneumonidae	Nije determinisana	2		3			
	Pteromalidae	<i>Tomicobia seitneri</i> (Ruschka, 1924)	667					
Coleoptera	Buprestidae	<i>Anthaxia quadripunctata</i> (Linnaeus, 1758)	5	2	1			
	Carabidae	Nije determinisana	3					
	Cerambycidae	Vrste podfamilije Lepturinae				1		
	Cleridae	<i>Trichodes apiarius</i> (Linnaeus, 1758)	1	2	1			
		<i>Thanasimus formicarius</i> (Linnaeus, 1758)	159	37	43	7	2	
	Cucujidae	Nije determinisana	2	2				
	Dasytidae	<i>Dasytes plumbeus</i> (O. F. Müller, 1776)	9					
	Elateridae	<i>Athous bicolor</i> (Goeze, 1777)	8	1				
		<i>Cardiophorus ruficollis</i> (Linnaeus, 1758)	3	1				
		<i>Ctenicera heyeri</i> (Saxesen, 1838)		3				
		Nije determinisana	14	3	3			
	Erotylidae	<i>Tritoma bipustulata</i> (Reitter, 1887)	4					
	Histeridae	<i>Platycerus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	3	1				
	Lucanidae	<i>Platysoma lineare</i> Erichson, 1834	1	1				
	Monotomidae	<i>Rhizophagus depressus</i> (Fabricius, 1792)	1					
	Nitidulidae	<i>Epuraea maresuli</i> Reitter, 1872	151	92		5		2
		<i>Glischrochilus quadripunctatus</i> (Linnaeus, 1758)		1				
		<i>Pityophagus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1761)	2					
	Silphidae	<i>Nicrophorus vespilloides</i> Herbst, 1783	14					
	Silvanidae	<i>Uleiota planata</i> (Linnaeus, 1761)	1					
	Staphylinidae	<i>Aleochara sparsa</i> Heer, 1839	1					
		<i>Nudobius lentus</i> (Gravenhorst, 1806)	16	1				

		<i>Phloeopora testacea</i> (Mannerheim, 1830)		6				
		<i>Quedionuchus plagiatus</i> Mannerheim, 1843	1					
	Tenebrionidae	<i>Corticeus linearis</i> (Fabricius, 1790)	1					
	Trogossitidae	<i>Nemosoma elongatum</i> (Linnaeus, 1761)	834	1731	5	145	57	272
Lepidoptera	Noctuidae	Nije determinisana	10					

Biografija

Marija D. Milosavljević je rođena 6. decembra 1985. godine u Beogradu, Republika Srbija. Osnovnu i srednju školu završila je takođe u Beogradu. Nakon završene srednje škole, 2004. godine, upisala je Šumarski fakultet – Univerzitet u Beogradu, na Odseku Šumarstvo. Zainteresovana za šumarstvo, odlučila se da se specijalizuje u oblasti Šumarske entomologije. Godine 2012, uspešno je odbranila svoj diplomski rad pod nazivom: „*Metcalfa pruinosa* (Say) (Homoptera: Flatidae) nova invazivna insekatska vrsta u Srbiji“ na predmetu Šumarska entomologija. Svoje visoko obrazovanje nastavila je master studijama, još uvek fokusirana na Šumarsku entomologiju, ali je izabrala užu naučnu oblast Zaštita šuma i ukrasnih biljaka. Tokom 2014. godine uspešno odbranila svoj master rad pod nazivom: „Štetna entomofauna Velikog ratnog ostrva“. Nakon završenih master studija, odlučila se za doktorske studije na Biološkom fakultetu – Univerziteta u Beogradu, sa modulom Entomologija. Upisala je doktorske studije 2014. godine i nastavila sa radom u akademskoj zajednici. Tokom školske godine 2013/14, aktivno je sarađivala u nastavi na Šumarskom fakultetu – Univerziteta u Beogradu kao student demonstrator. Od 2014. godine, bila je angažovana na Institutu za šumarstvo u Beogradu kao istraživač saradnik. Radila je na Odeljenju za zaštitu šuma, gde je učestvovala u različitim projektima koji su se bavili dijagnostikom i praćenjem štetnih organizama, kao i zaštitom zdravlja šumskog bilja. Neki od projekata na kojima je radila obuhvatali su široko područje zaštite šuma i zdravlja biljaka u Srbiji. Trenutno radi na Institutu za entomologiju u Češkim Buđevovicama, Češka Republika. Do sada objavila ukupno 50 bibliografskih jedinica, koje uključuju sedam radova u naučnim časopisima međunarodnog značaja, trinaest radova u časopisima nacionalnog značaja, dvadeset saopštenja sa međunarodnih naučnih skupova, kao i deset saopštenja sa skupova nacionalnog značaja. U svoje slobodno vreme, bavi se fotografijom i slikanjem.



*Grinje na potkornjacima smrče,
Ilustracija autora, Věda fotogenická 2023.god.*

*"In my youth, I spent my time investigating insects"
dr Maria Sibylla Merian, entomolog*

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора **Марија Д. Милосављевић**

Број индекса **3035/2014**

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Фенолошка и еколошка истраживања *Ips typographus* (L.) и *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) на подручју планине Таре, њихови природни непријатељи и могућности биолошке контроле“

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора **Марија Д. Милосављевић**

Број индекса **3035/2014**

Студијски програм **Биологија**

Наслов рада **„Фенолошка и еколошка истраживања *Ips typographus* (L.) и *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) на подручју планине Таре, њихови природни непријатељи и могућности биолошке контроле“**

Ментори **др Мара Табаковић-Тошић, др Жељко Томановић**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Фенолошка и еколошка истраживања *Ips typographus* (L.) и *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) на подручју планине Таре, њихови природни непријатељи и могућности биолошке контроле“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
- 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)**
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____

1. **Ауторство.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољава умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.