Optimizacija metoda sortiranja i prebrojavanje jedinki mediteranskog potkornjaka (Orthotomicus erosus Wollaston, 1857). ulovima feromonskog monitoringa Hrvatskog Jadrana

Šošić, David

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:298145

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

TEHNIKA, TEHNOLOGIJA I MANAGEMENT U ŠUMARSTVU

DAVID ŠOŠIĆ

OPTIMIZACIJA METODA SORTIRANJA I PREBROJAVANJE JEDINKI MEDITERANSKOG POTKORNJAKA (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857) U ULOVIMA FEROMONSKOG MONITORINGA POTKORNJAKA HRVATSKOG JADRANA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2020.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

OPTIMIZACIJA METODA SORTIRANJA I PREBROJAVANJA JEDINKI MEDITERANSKOG POTKORNJAKA (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857) U ULOVIMA FEROMONSKOG MONITORINGA POTKORNJAKA HRVATSKOG JADRANA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Tehnika, tehnologija i management u šumarstvu

Predmet: Integrirana zaštita šuma

Ispitno povjerenstvo: prof. dr. sc. Boris Hrašovec
doc. dr. sc. Milivoj Franjević
doc. dr. sc. Marko Vucelja

Student: David Šošić

JMBAG: 0068217377

Broj indeksa: 974/18

Datum odobrenja teme: 15. travnja 2020.

Datum predaje rada: 23. rujna 2020.

Datum obrane rada: 25. rujna 2020.

Zagreb, rujan 2020.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Optimizacija metoda sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857) u ulovima feromonskog monitoringa potkornjaka hrvatskog Jadrana
Title	Optimization of the sorting and counting procedures of the Mediterranean bark beetle (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857) in catches from the pheromone monitoring of the bark beetles of Croatian Adriatic
Autor	David Šošić
Adresa autora	Matije Gupca 216, Slatina
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Boris Hrašovec
Izradu rada pomogao	Doc. dr. sc. Milivoj Franjević
Godina objave	2020.
Obujam	36 stranica, 15 slika, 5 tablica
Ključne riječi	Mediteranski potkornjak, monitoring, sortiranje
Key words	Mediterranean bark beetle, monitoring, sorting
Sažetak	*Orthotomicus erosus* vrsta je potkornjaka koja se pojavljuje na obalama Jadrana u Hrvaatskoj. U svrhu sprječavanja nastanka potencijalnih šteta proveden je feromonski monitoring na području Općine Brela. Monitoring je proveden postavljanjem feromonskih klopki te sortiranjem pomoću različitog sita i određivanjem brojnosti pomoću volumetrijske izmjere.

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.“

_____

David Šošić

U Zagrebu 25. rujna 2020.

SADRŽAJ

Dokumentacijska kartica....3

POPIS SLIKA....7

PREDGOVOR....1

1. UVOD....1

1.1. Općenito o kornjašima (Coleoptera)....1

1.2. Općenito o potkornjacima (Scolytidae)....1

1.3. Rasprostranjenost potkornjaka (Scolytidae) na prostoru Republike Hrvatske....4

1.4. Biološke i ekološke značajke mediteranskog potkornjaka (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857)....6

1.5. Biološke i ekološke značajke vrste *Hylurgus miklitzi*....8

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA....10

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA....11

3.1. Opća obilježja Općine Brela....11

3.1.1. Prostor Općine Brela....11

3.2. Klimatsko-vegetacijska obilježja Općine Brela....13

3.2.1. Klimatska obilježja Općine Brela....13

3.2.2. Vegetacijska obilježja Općine Brela....13

3.2.3. Šume alepskog bora....14

4. MATERIJALI I METODE....16

4.1. Uzorkovanje i determinacija potkornjaka....16

4.1.1. Opis i način djelovanja naletno-barijerne feromonske klopke....16

4.2. Analiza metoda sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka....20

4.2.1. Sortiranje komercijalnim sitom i prebrojavanje volumetrijskom metodom 20
4.2.2. Sortiranje pedološkim sitom i prebrojavanje volumetrijskom metodom 22
4.2.3. Prebrojavanje metodom volumetrijske izmjere 25
4.2.4. Prebrojavanje pomoću optičkog brojača sjemena 26
4.2.5. Sortiranje i prebrojavanje pomoću strojnog učenja 26
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 28
5.1. Utvrđene vrste potkornjaka u feromonskim ulovima 28
5.2. Rezultati analize metode sortiranja i prebrojavanja uzorka 30
5.2.1. Sortiranje komercijalnim sitom 30
5.2.2. Sortiranje pedološkim sitom 31
5.2.3. Prebrojavanje metodom volumetrijske izmjere 32
6. RASPRAVA 33
7. ZAKLJUČAK 36
LITERATURA 39

POPIS SLIKA

Slika 1 : Ciklus potkornjaka 3
Slika 2 : *Orthotomicus erosus* i *Hylurgus miklitzi* 5
Slika 3 : Mediteranski potkornjak (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857) 7
Slika 4 : *Hylurgus miklitzi* 9
Slika 5 : Prostorni raspored lokacija postavljenih feromonskih naletno-barijernih klopki na ortofoto karti RH 12
Slika 6 : Šuma alepskog bora (*Pinus halepensis*) 15
Slika 7 : Klopka WitaPrall 17
Slika 8 : Dizajn i dijelovi klopke WitaPrall 19
Slika 9 : Komercijalno sito (lijevo); rešetka komercijalnog sita (desno) 21
Slika 10 : Pedološko sito 23
Slika 11 : Rešetka pedološkog sita 23
Slika 12 : Menzura stožastog oblika 25
Slika 13 : Skenovi dobiveni MF734Cdw skenerom tvrtke Canon (kvaliteta rezolucije: 600 dpi) 27
Slika 1 4: Ručna lupa 32
Slika 15: Razlike u veličini imaga *Orthotomicus erosus* i 6 drugih vrsta borovih potkornjaka Sredozemlja 34

POPIS TABLICA

Tablica 1: Broj ulovljenih jedinki potkornjaka po lokacijama..... 28
Tablica 2: Rezultati sortiranja uzoraka metodom komercijalnog sita..... 30
Tablica 3: Rezultati sortiranja uzorka gdje je većinski udio vrste *Orthotomicus erosus* metodom pedološkog sita..... 31
Tablica 4: Rezultati sortiranja uzorka gdje je većinski udio vrste *Hylurgus miklitzi* metodom pedološkog sita..... 31
Tablica 5: Rezultati prebrojavanja uzorka vrste *Orthotomicus erosus* metodom volumetrijske izmjere..... 32

PREDGOVOR

Proveo sam više vremena na studiju nego što sam planirao, ali priznajem da ne žalim zbog toga. Tijekom studiranja susretao sam se sa svime i svačime, ali to sve iskustvo ne bih mijenjao ni za što.

Hvala svim prijateljima i kolegama koji su mi bili spremni pomoći te svim ljudima dobre volje koji su mi uljepšavali studentske dane.

Posebno zahvaljujem prof. dr. sc. Borisu Hrašovcu na svesrdnoj pomoći i susretljivosti prilikom izrade ovoga rada, kao i svim profesorima koji su pokazali dobru volju da pomognu.

Najveća zahvala mojoj majci, teti, bratiću i ostaloj rodbini koja je bila uz mene.

Ljudskim snovima nema kraja.

1. UVOD

1.1. Općenito o kornjašima (Coleoptera)

Red kornjaša (Coleoptera) je vrlo velik, ako ne i najveći, red u razredu kukaca. Spomenuti holometabolički red kukaca podijeljen je u gotovo dvjesto porodica koje dalje svrstavamo u četiri podrazreda. Jedan je od četiriju podrazreda Adephaga koji čine mesojedi ili pak oni koji se hrane algama te morskom travom. Također, Polyphaga sadrži i pojedine porodice čije se specifične vrste hrane biljkama, odnosno dijelovima biljaka (Korotyaev i sur. 2005).

Porodica potkornjaka (Scolytidae) uključuje oko šest tisuća opisanih vrsta diljem cijelog svijeta. Većina se vrsta iz spomenute porodice razmnožava u drvenastim biljkama. Hrane se uglavnom floemom iako se neke vrste mogu hraniti i drugim dijelovima biljke. Najčešće ih susrećemo kao sekundarnog štetnika zato što dolaze na umirućim ili mrtvim domaćinima, no neke su vrste poznate i kao primarni štetnici na zdravim domaćinima-stablima koje nerijetko i dovode do ugibanja domaćina (Korotyaev i sur. 2005).

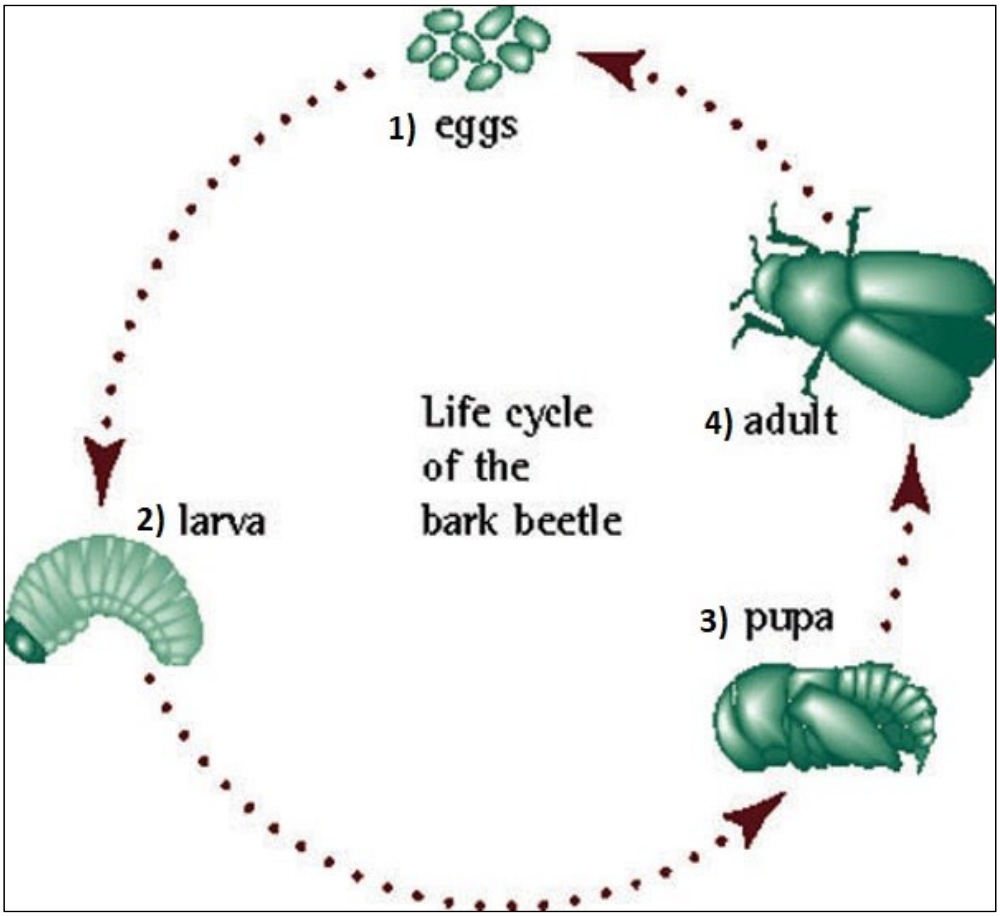
1.2. Općenito o potkornjacima (Scolytidae)

Potkornjake ubrajamo u vrlo značajnu porodicu šumskih štetnika kornjaša (Jurić 2009), a brojimo ih gotovo šest tisuća vrsta. Želimo li ih fizički opisati, svakako treba istaknuti da je riječ o kukcima veličine svega 1 – 8 milimetara, da je njihovo tijelo valjkastog, jajolikog ili okruglastog oblika te najčešće crne ili smeđe boje, a vrlo rijetko svjetlije (Jurić 2009). Primjerice, njihova je ličinka bijele boje s tamnom glavom, no nema nogu (Maceljski 1999). Glava im nije duga nego kratka te uvučena pod vratni štit, a imaju i ticala za koje je karakteristična proširena kijačica (Jurić 2009). Zanimljivo je da iako su im krila razvijena, neki mužjaci ne mogu letjeti (Jurić 2009). S obzirom na to da imaju čvrstu gornju čeljust, mogu učinkovito gristi drvo te ih se naziva „tipični štetnici drva – ksilofagi – jer provode život pod korom ili u samom drvu“ (Jurić 2009: 33). Uglavnom se klasificiraju kao sekundarni štetnici zato što napadaju u većini slučajeva ona stabla koja su već oštećena (Jurić 2009). Kod potkornjaka razlikujemo tri faze u životnom ciklusu: reproduktivnu fazu, razvojnu fazu te fazu sazrijevanja i širenja (Sauvard 2004).

Reproduktivna faza započinje kada imago dođe do svog domaćina. Uglavnom se okupljaju u velikom broju koje traje nekoliko dana ili svega nekoliko sati. Privlačenje mužjaka i ženke većinom se odvija feromonski, a do parenja najčešće dolazi na stablu-domaćinu. Kod poligamnih vrsta potkornjaka mužjaci izrađuju hodnik koji vodi do komore za kopulaciju, dok kod monogamnih potkornjaka ženke izrađuju hodnik koji vodi do galerije gdje se odvija kopulacija. Potkornjaci se međusobno po spolu razlikuju kemijskim ili zvučnim signalima (Sauvard 2004).

Razvojna je faza u potpunosti endofitna zbog nemogućnosti ličinke i kukuljice da se razviju izvan domaćina. Razvojna je faza svih potkornjaka više-manje slična iako se ponašanje ličinki razlikuje kod pojedinih rodova. Najveću razliku u larvalnom stadiju uočavamo kod potkornjaka koji se hrane ili floemom ili micelijima gljiva koje ženka kalemi u drvo pri bušenju galerije (Sauvard 2004).

U zadnjoj fazi, fazi raspadanja i širenja, a nakon presvlačenja, imago potkornjaka nije spreman za razmnožavanje. Prethodi faza sazrijevanja u kojoj se jača egzoskelet (sklerotizacija), krila i spolni organ dosežu punu zrelost te stvaraju zalihe hrane, a nakon toga slijedi dopunsko žderanje zrelih imaga. Potkornjaci se u razvoju hrane preostalim floemom u galeriji ili simbiotskim gljivama te se sazrijevanje odvija većinom na mjestu gdje se potkornjak razvijao. Pri izlasku iz stabla-domaćina imago potkornjaka traži novog domaćina za razmnožavanje te samo prilikom jednog leta u razvojnom ciklusu odlazi na novog domaćina. Kod potkornjaka se jasno razlikuje faza sazrijevanja od faze širenja, koja nastupa nakon sazrijevanja. Ako se drvo-domaćin ili izbojak na kojem potkornjaci u larvalnom stadiju obitavaju osuši ili postane nepogodno za nastavak razvoja, potkornjaci znaju promijeniti izbojak ili cijelo stablo te se kod takvih potkornjaka jasno razlikuje sazrijevanje i širenje. U općenitome razvojnom ciklusu razlikujemo dvije vrste leta: let pri izlasku i let za potrebe kopulacije. Kopuliranje se može odvijati i za vrijeme sazrijevanja i za vrijeme širenja (Sauvard 2004).



Slika 1: Ciklus potkornjaka

1) jaja, 2) ličinka, 3) kukuljica, 4) imago

(Izvor: https://www.summitdaily.com/news/mountain-pine-beetle-101/.)

1.3. Rasprostranjenost potkornjaka (Scolytidae) na prostoru Republike Hrvatske

Porodica potkornjaka (Scolytidae) spada u red kornjaša (Coleoptera) i uglavnom napada stabla smreke, bora, brijesta i jasena. Raširena je po cijelom svijetu, a u Republici Hrvatskoj pronađeno je više od 130 vrsta od kojih je najagresivnija smrekov pisar (*Ips typographus*). Iako prvenstveno spada u sekundarne štetnike, vrlo lako, uz određeni intenzitet napada, prelazi u primarne štetnike. Osim smreke napada još i borove i ariše. Pod korom buši uzdužne hodnike s više krakova (do tri) i njihova duljina ovisi o gustoći populacije. Uglavnom daje dvije generacije godišnje iako uz povoljne uvjete može dati i treću generaciju u jednoj godini. Ta vrsta ima prirodne neprijatelje, no suzbijanje možemo provoditi i pomoću lovnih stabala oko kojih moramo postaviti ceradu prilikom otkoravanja. Pritom dijelove stabla koji se ne mogu otkorati obavezno treba spaliti. Nadalje imamo velikoga smrekovog likotoča (*Dendroctonus micans*) koji je ujedno i najveći potkornjak na području Republike Hrvatske. Obitava u sjevernom i srednjem dijelu Europe. Uglavnom ga možemo naći na stablima smreke, pogotovo na starijim stablima s debljom korom. Dok je u sjevernijim arealima u stanju usmrtiti i odraslu smreku, kod nas se rjeđe javlja te ne čini neku veliku štetu. Još je jedna vrsta veliki borov srčikar (*Tomicus piniperda*) koji je tipičan štetnik stabla bora. Poznat je kao primarni i sekundarni štetnik. Daje dvije generacije godišnje. Štetu većinom prouzrokuje na dva načina: nagrizanjem tankih jednogodišnjih i dvogodišnjih izbojka pri čemu reducira djelovanje asimilacijskog aparata i prekidanjem kolanja sokova u kambijalnom dijelu zbog čega nastupa sušenje. Ako se potkornjak pojavi u jačem intenzitetu, potrebno je postavljanje lovnih stabala. Veliki brijestov potkornjak (*Scolytus scolytus*) tipičan je štetnik na brijestu iako se rjeđe može pronaći i na crnoj topoli, vrbi, jasenu, grabu i hrastu. Štetu čini na više načina (kao sekundarni štetnik bušenjem grana zbog čega se stablo počinje sušiti), ali najveću prouzrokuje kao prijenosnik opake mikoze (holandske bolesti brijesta). Uzročnik je te bolesti gljiva *Ceratocystis ulmi* koja je u Europu unesena iz Japana, a djeluje tako da napada provodne elemente stabla (traheomikoza). Valja još spomenuti i vrstu mali jasenov likotoč (*Hylesinus fraxini*) koju svrstavamo među važnije štetnike koji se pojavljuju na jasenu. Tijekom izgrizanja hodnika u zelenoj kori dolazi do pukotina na raznim mjestima koje sliče na rak-rane, a nazivamo ih „jasenove ruže“. Spomenute rane mogu poslužiti i kao indikator intenziteta napada. Ose najeznice prirodni su neprijatelji spomenute vrste (Šumarska entomologija 2009.).



Slika 2: Orthotomicus erosus i *Hylurgus miklitzi*

Autori: K. Hocenski i M. Kopec

1.4. Biološke i ekološke značajke mediteranskog potkornjaka (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857)

Mediteranski potkornjak (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1875) vrsta je potkornjaka iz porodice *Scolytidae*. Nastanjuje uglavnom toplija područja na kojima rastu vrste iz roda borova (Pinus spp.) i čempresa (Cupressus spp.), koje su im ujedno i glavne vrste koje napadaju. Ličinke su bijele s tamnocrvenom glavom, a tijelo im je u obliku slova „C''. Imago je crvenosmeđe boje, a tijelo mu je duljine od 3 do 4 milimetra. Nad glavom se nalazi toraksni štit koji i nije vidljiv ako odozgo gledamo u kukca. Prednja krila (elitra) mediteranskog potkornjaka prožeta su s više paralelnih brazda kojih je četiri sa svake strane. Uz to je spomenuti potkornjak prekriven dlačicama svjetlijih boja (URL 1).

Osim što je holometabolička, to je i polivoltna vrsta potkornjaka s 2 – 7 generacija godišnje, što uglavnom ovisi o temperaturi lokacije na kojoj se nalazi. Razmnožava se na svježe oborenim ili posječenim borovim stablima i granama iako može napasti i zdravo stablo. Početkom nastanjivanja (kolonizacije) stabla možemo smatrati trenutak kada mužjak krene bušiti hodnik kroz koru da bi napravio bračnu komoru u kojoj mu se pridružuje ženka kako bi započeli s kopulacijom. Nakon kopulacije oplođene ženke tvore novu komoru gdje polažu jaja, a zatim postoji mogućnost selidbe na drugo stablo. Nakon stadija kukuljice, koji se odvija u unutarnjoj strani kore, novoj generaciji potkornjaka egzoskelet očvrsne te oni napuštaju komoru i kreću prema kambiju gdje se hrane i tako postaju spolno zreli. Vlaga je komore najbitniji faktor koji određuje hoće li se nova generacija nastaviti hraniti na stablu-domaćinu na kojem se odvijala i kopulacija ili oni prelaze na novog domaćina; tijekom ljeta hranjivi se materijal brzo suši te prisiljava potkornjake na selidbu na novo stablo kako bi mogli osnovati novu generaciju. Mediteranski potkornjak prezimljava u stadiju imaga. Tada se hrani netaknutim dijelovima stabla-domaćina, na novom domaćinu ili na oborenim stablima i granama bora. Komora u kojoj prezimljavaju potkornjaci sastoji se od jedne ulazne rupe u kori te se grana u više hodnika u kambijalnom dijelu stabla. Značajni se spolni dimorfizam te vrste očituje u ljušturi koja je u manjoj mjeri oblikovana kod ženki nego kod mužjaka, odnosno s manje izraženim izraslinama i brazdama (Gomez i Martinez 2013).



Slika 3: Mediteranski potkornjak (*Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857)

Autor: B. Hrašovec

1.5. Biološke i ekološke značajke vrste *Hylurgus miklitzi*

U nastavku se donose najvažnije informacije o općim karakteristikama vrste potkornjaka *Hylurgus miklitzi* koju je opisao Austrijanac Friedrich Wachtl, jedan od najistaknutijih istraživača u području primijenjene entomologije. Spomenuta je vrsta potkornjaka rasprostranjena diljem svijeta, odnosno na području Mediterana u Europi, Maloj Aziji, Kavkazu i Sjevernoj Africi, a konkretno je se može pronaći u sljedećim državama: Hrvatskoj, Francuskoj, Grčkoj, Italiji, Malti, Španjolskoj, Alžiru (posebice je široko rasprostranjena duž obale, na plantažama alepskog bora), Egiptu, Libiji, Maroku, Tunisu, Izraelu i Turskoj (Lieutier i dr. 2016). *H. miklitzi* isključivo obitava na borovim vrstama, i to uglavnom na *Pinus halepensis* i *Pinus brutia*, ali i na *Pinus pinaster* i *Pinus pinea* te povremeno na *Pinus nigra* (Lieutier i dr. 2016). Po pitanju ekologije i biologije ta je vrsta vrlo slična vrsti *H. ligniperda*, odnosno možemo reći da se vrlo slično ponaša te da su joj biološke karakteristike gotovo identične; jedina je veća razlika u tome što je *H. miklitzi* manje veličine. Invazivnost, odnosno štetnost spomenute vrste nije značajna zato što ona napada samo umiruće drveće ili biljke koje su već napale druge, agresivnije vrste poput *T. destruens* (Lieutier i dr. 2016).



Slika 4: Hylurgus miklitzi

Autori: K. Hocenski i M. Kopecki

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Da bi se utvrdile optimalne metode sortiranja i prebrojavanje jedinki mediteranskog potkornjaka u ulovima feromonskog monitoringa na području hrvatskog Jadrana, provedeno je istraživanje na jednogodišnjim uzorcima jedinki mediteranskog potkornjaka na području Brela te su postavljeni sljedeći ciljevi istraživanja:

- proučiti postojeće metode sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka
- detaljnije analizirati uzorke jedinki mediteranskog potkornjaka prikupljene na području Brela
- pokušati primijeniti postojeće metode sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka na prikupljenim uzorcima
- odrediti optimalnu metodu sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka na prikupljenim uzorcima.

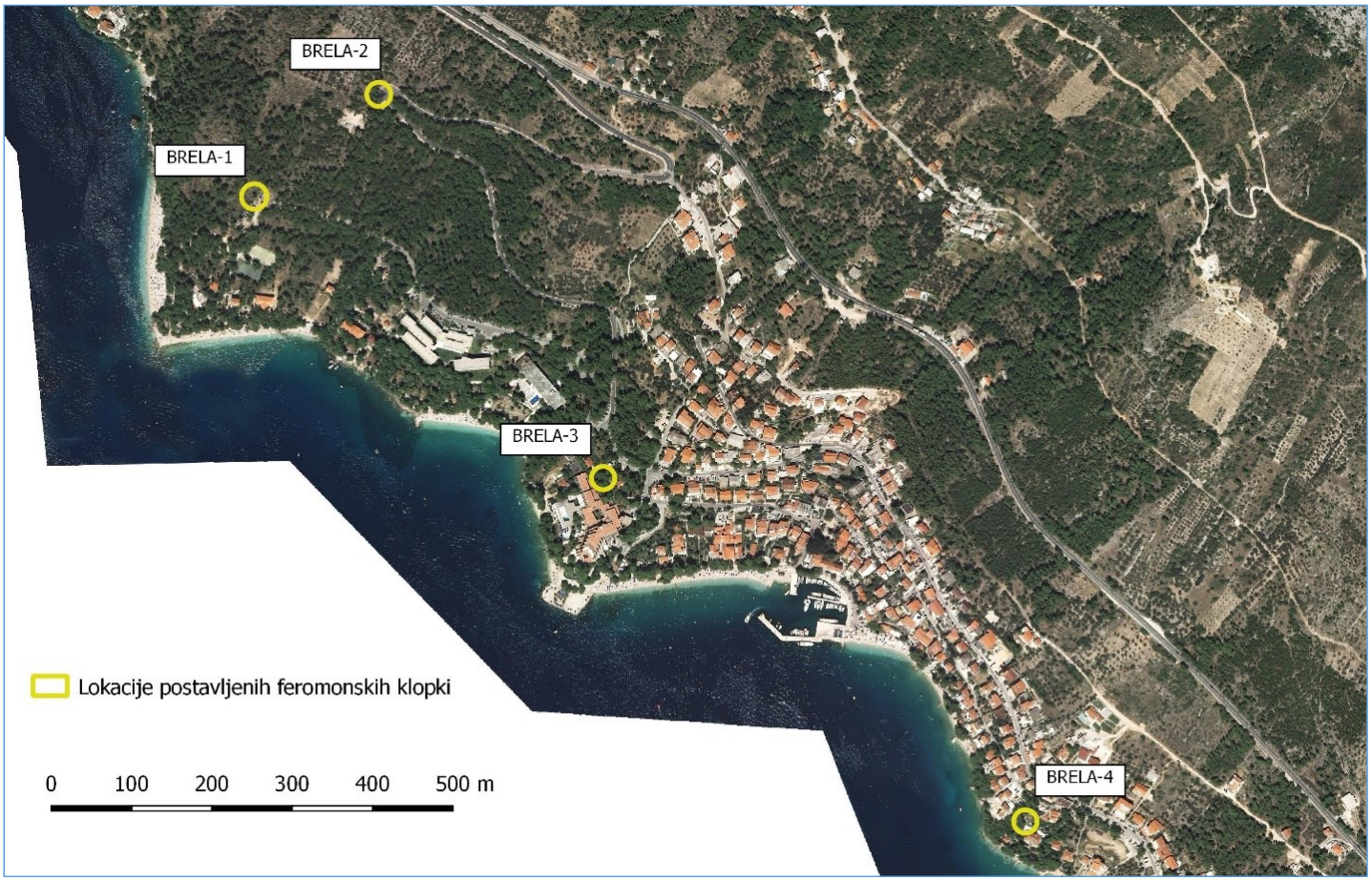
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Opća obilježja Općine Brela

Općina Brela nalazi se na jugu Republike Hrvatske i dio je Splitsko-dalmatinske županije. Smještena je u središnji dio spomenute županije i sastoji se od naselja Brela i Brela Gornja. Obuhvaća podbiokovski dio Donjega Makarskog primorja i dio Zabiokovlja. Zbog svoje lokacije Brela na neki način predstavljaju vrata u područje Makarskog i Omiškog primorja (URL 2). Općina Brele zauzima 42,63 km^2, od čega na kopneni dio otpada 62,94 % (26,83 km^2), dok na morski dio otpada 37,06 % (15,80 km^2). Obalni dio Brela širi se otprilike četiri kilometra longitudinalno, a na tom se dijelu nalazi više razvedenih uvala i plaža. Općina Brela graniči s Općinama Baška Voda, Selca, Šestanovac i Zadvarje (URL 3).

3.1.1. Prostor Općine Brela

Općinu Brela moguće je podijeliti na tri prirodne cjeline: uski primorski obalni pojas, planinsku krško-vapnenačku strminu planine Biokovo te plodni i nešto strmiji flišni pojas. Obalni pojas prostire se od zapadnog dijela Općine preko strmijih obala sve do uvale Jakiruša s kojom ujedno započinje i dio obale s brojnim žalima koje mjestimice prekida kamena obala. Od uskoga obalnog pojasa počinje lagani uspon Biokova te s njime i plodniji te strmiji flišni pojas od vrhova koji čine granicu prema prostoru Zabiokovlja. Sjeverno od magistrale, dio Pribiokovlja karakteriziraju terasaste površine na kojima su se prije nalazili nasadi višnje maraske, masline i vinove loze. Dio Općine nalazi se i unutar granica Parka prirode Biokovo u kojem možemo naći karakterističan krajobraz specifičan za spomenuto područje (URL 3).



Slika 5: Prostorni raspored lokacija postavljenih feromonskih naletno-barijernih klopki na ortofoto karti RH

(Napravljeno u programu Quantum GIS.)

3.2. Klimatsko-vegetacijska obilježja Općine Brela

3.2.1. Klimatska obilježja Općine Brela

Općina Brela pripada mediteranskom tipu klime. Takvu klimu karakterizira toplo, suho i sunčano ljeto te kratke, kišovite i blaga zime s kišovitijom i toplijom jeseni od proljeća. Kao najhladniji mjesec izdvaja se siječanj u kojem su temperature uglavnom između 7 °C i 8 °C, dok je najtopliji srpanj s prosječnom temperaturom od 24,7 °C. Relativno visoke godišnje i dnevne temperature uvjetuje i broj sunčanih sati godišnje koji iznosi 2700 sati s dnevnim prosjekom od 7,3 sunčana sata (zima 4,2; proljeće 7,4; ljeto 11,3 i jesen 6,4 sunčana sata). Tijekom godine brojimo i do 46 dana kada temperatura prelazi 30 °C i samo sedam dana kada temperatura seže ispod nule. Zbog svega navedenog prosjek godišnje temperature mora iznosi 17,5 °C (ljeti iznosi 22,6 °C). Česti maestrali koji dosežu veću snagu u hvarskom i bračkom kanalu kao etezijska zračna struja ublažavaju ljetne vrućine, a vruljska bura koja puše iz smjera Zagore preko Dubca znatno snižava jesenske i zimske temperature.

Najveći dio padalina na području Općine Brela javlja se tijekom jeseni i zime s maksimumom od sto kišnih dana u godini, dok su proljeća i ljeta uglavnom suha. Prosječne padaline na području Općine Brela iznose 809 mm. Snijeg je iznimno rijetka pojava s godišnjim prosjekom od nekoliko dana, dok ožujak karakterizira magla.

Najučestaliji su vjetrovi na području Općine Brela jugo (smjer jugoistok), koji uglavnom donosi kišu, te bura (sjeveroistočnjak) koja puše tijekom cijele godine, a naročito za vrijeme zimskih mjeseci. U prosjeku je vjetrovito 275 dana. Jak se vjetar javlja otprilike 106 dana godišnje, a njegova brzina prelazi 12 m/s. Olujnih je dana u prosjeku 34 dana godišnje kada vjetrovi dosežu brzinu preko 18 m/s i uglavnom se javljaju u kasnu jesen ili zimu. Zbog jake se bure tijekom zime javlja i mraz, većinom u prosincu i siječnju (URL 3).

3.2.2. Vegetacijska obilježja Općine Brela

Općina Brela nalazi se na jugu Republike Hrvatske i samim time u mediteransko-litoralnom pojasu koji karakteriziraju vazdazelene šume hrasta crnike (*Quercus ilex*) i šume alepskoga i crnoga dalmatinskog bora (*Pinus halepensis* i *Pinus nigra* subsp. *dalmatica*). Na

dijelovima gdje se javljaju kratkotrajni mrazovi i jaka bura može se razviti i šuma hrasta medunca (*Quercus pubescens*). Antropološki utjecaji kroz povijest na području hrvatskog Jadrana i dalje su vidljivi, stoga preostala šumska vegetacija zauzima vrlo mali dio ukupne vegetacije Hrvatske. Češći oblici na koje nailazimo su makije (degradirani stadij šume hrasta crnike), garige (degradirani stadij makije), kamenjari i kamenjarski pašnjaci (URL 3).

3.2.3. Šume alepskog bora

Alepski bor (*Pinus halepensis*) pionirska je i zimzelena vrsta iz porodice borovki (*Pinaceae*). Raste na tlima s vrlo malo vode, dubine do nekoliko centimetara. Okriljene sjemenke su vrlo lagane i zbog toga se lako prenose vjetrom (anemohoroija). To svojstvo omogućuje mu lako zaposjedanje novih, otvorenih područja koja često na početku nalikuju na gole, kamenite pustinje. Da bi niknuo, alepskom je boru dovoljna i mala nakupljena količina tla koja se nalazi u malim pukotinama stijena ili ispod kamenite površine. Budući da alepski bor nije zahtjevan za pošumljavanje i uzgoj, često se koristi za pošumljavanje golih površina. Problem kod šuma alepskog bora izražen je ljeti kada su učestaliji požari, a stablo alepskoga bora sadrži velike količine smole (Alegro 2000).

U šumama alepskog bora možemo, osim alepskog bora, pronaći i neke vrste divlje masline (*Olea oleaster*), rogač (*Ceratonia siliqua*), tršlju (*Pistacia lentiscusi*), mirtu (*Myrtus communis*), tetiviku (*Smilax aspera*), borovicu (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus macrocarpa*), sparožinu (*Asparagus acutifolius*) i drugo (Alegro 2000).



Slika 6: Šuma alepskog bora (*Pinus halepensis*)

(Izvor: http://prirodahrvatske.com/wp-content/uploads/2019/08/MG_9405_DxO-1-768x512.jpg.)

4. MATERIJALI I METODE

4.1. Uzorkovanje i determinacija potkornjaka

Terenski obilasci započeli su 30. studenoga 2018. te su trajali do 18. prosinca 2019. na području Općine Brela. Uzorci su skupljeni pomoću klopke WitaPrall modela Kreuzbarrierenfalle (vidi Sliku 7) (Hrašovec 2019). Prva od četiriju montaže klopke s feromonima započinje 3. ožujka 2019. Korišteni su kairomoni/feromoni za taj pokus Erosowit Tube i Gallopro-Pinowit te se njihova zamjena obavljala prema potrebi, odnosno s obzirom na stanje tekućine u ampuli. Ulov se sakupljao na tjednoj bazi, a taj je proces započeo 11. ožujka 2019. i trajao do 14. studenoga 2019. U tom je periodu prikupljeno 36 tjednih kompletnih uzoraka, što je iznosilo 144 ulova lovnih posuda. Svi sakupljeni kukci čuvani su u propilen-glikolu kao konzervansu (Hrašovec 2019).

Obrada uzoraka prikupljenih na terenima zasnivala se na taksonomskoj analizi, odnosno odvajanju jedinki kukaca i čišćenju od drugih organskih ulova (borove iglice) pomoću stereolupa Olympus SZX7. Zatim su se u postupku taksonomske analize pomoću raznih determinacijskih ključeva determinirale ulovljene vrste kukaca do razine vrste. Nakon determinacije ulova do razine vrste, započelo je prebrojavanje jedinki potkornjaka koje se radi ili ručno, pomoću pincete i povećala, ili pomoću menzure u mililitrima (Hrašovec 2019). Determinacijski ključ korišten prilikom obrade uzoraka jest Verlagov i Schaperov iz 1997.

4.1.1. Opis i način djelovanja naletno-barijerne feromonske klopke

Klopka se sastoji od poklopca sa špičastim vrhom, od dna s kvadratastim otvorom, od glavnog dijela (tijela) dužine otprilike 80 centimetara koje je sastavljeno od dvaju panela od kojih se kukci odbijaju, od izbušenih dijelova za sajlu pomoću koje okačimo klopku na željeno mjesto, od izbušenoga srednjeg dijela u koji polažemo feromon, od dodatka (adaptera) na koji se prikvači kontejner za ulov, od kontejnera za ulov, od jedne sajle za lakše postavljanje klopke te od četiriju plastičnih kukica koje služe za učvršćivanje dodatka (adaptera) (URL 4).

Navedena klopka privlači na dva načina ciljane vrste potkornjaka: posebno ciljanim feromonima (atraktantima) koji dolaze u specijalnim ampulama ili tubama (feromonski dispenzeri) te se vješa u otvor (vidi Sliku 8) i svojom siluetom zbunjuje kukce. Klopka privlači potkornjake

tako da za vrijeme leta odrasle jedinke koje su u potrazi za stablom bora kako bi se ubušile bivaju „prevarene“ te udaraju u stranice klopke. Zatim upadaju u lovnu posudu u kojoj se nalazi tekućina (konzervans). Ulov se skuplja u pravilnim razmacima koji su prethodno definirani, a zatim se određuje vrsta i broj. Prikupljenim i dobivenim podacima saznajemo točne podatke o vremenskom naletu i vrsti određenog potkornjaka koje motrimo na nekom području. Ovisno o jačini feromona klopka može imati učinak u razmaku od nekoliko desetaka pa do nekoliko stotina metara uokrug.



Slika 7: Klopka WitaPrall

(Izvor: https://www.witasek.com/shop/en/pheromone-traps-attractants/beetle-traps/425/witaprall-cross-vane-panel-trap.)


1
2
3
4
5

Slika 8: Dizajn i dijelovi klopke WitaPrall

1. Gornji poklopac – hvatište
2. Ukrštene vertikalne površine u koje nalijeću privučeni potkornjaci
3. Prozirne ampule u kojima se nalazi atraktant
4. Donji poklopac (lijevak) na koji se kači lovna posuda
5. Lovna posudica s tekućinom za konzerviranje ulova

(Izvor: https://www.witasek.com/shop/en/pheromone-traps-attractants/beetle-traps/425/witaprall-cross-vane-panel-trap.)

4.2. Analiza metoda sortiranja i prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka

U ovom istraživanju analizirale su se sljedeće metode:

- sortiranje komercijalnim sitom
- sortiranje pedološkim sitom
- prebrojavanje metodom volumetrijske izmjere
- prebrojavanje pomoću optičkog brojača sjemena
- sortiranje i prebrojavanje pomoću strojnog učenja.

4.2.1. Sortiranje komercijalnim sitom i prebrojavanje volumetrijskom metodom

Metoda se koristi na feromonskim ulovima koji su prethodno osušeni. Omjer ulova na kojem je napravljeno sortiranje iznosi 75 % mediteranskog potkornjaka i 25 % vrste potkornjaka *Hylurgus miklitzi*, što znači da od 1266 jedinki čak 950 otpada na mediteranskog potkornjaka, a njih 316 na vrstu *Hylurgus miklitzi*. Ideja je takvog načina sortiranja ubaciti ulov u cjedilo i lagano ga „prosijavati“ određeno vrijeme koje smo si prethodno zadali. Uzeo sam komad A4 bijelog papira i položio ga na pladanj. Obično kuhinjsko cjedilo marke *Fackelmann* postavio sam iznad papira koji se nalazio na pladnju. Ta je vrsta sita dostupna u svakom većem dućanu mješovite robe, što je ujedno i njegova prednost. Veličina oka sita iznosi otprilike 0,05 milimetara prema mojoj procjeni. Sadržaj sam posudice s ulovom istresao u cjedilo i pokretima lijevo-desno te gore-dolje lagano prosijavao sadržaj koji se nalazio u cjedilu. Zadano vrijeme jednog prosijavanja bilo je minuta te sam postupak ponovio deset puta. U početku sam prosijavao naglim pokretima, a kasnije sam postupno smanjivao brzinu jer je izgledalo kao da veći broj jedinki propada kroz rešetku sita. Tijekom svih deset mjerenja brojao sam samo čitave jedinke.



Slika 9: Komercijalno sito (lijevo); rešetka komercijalnog sita (desno)

Autor: D. Šošić

4.2.2. Sortiranje pedološkim sitom i prebrojavanje volumetrijskom metodom

Metoda se koristi na feromonskim ulovima koji su prethodno osušeni te se upotrebljava uzorak od 1266 jedinki. Provedeno je osam mjerenja, od čega četiri mjerenja s uzorkom omjera 75 % vrste *Orthotomicus erosus* te 25 % vrste *Hylurgus miklitzi*. Preostala su četiri mjerenja napravljena u omjeru 75 % vrste *Hylurgus miklitzi* naprema 25 % vrste *Orthotomicus erosus.* To se specijalizirano cjedilo koristi za prosijavanje listinca, a mreža cjedila ima pore različitih veličina. U ovom je istraživanju korišteno sito veličine oka dva milimetra. Sastoji se od četiriju dijelova: gornje i donje posudice, kalupa koji dolazi između posudica i koji drži četvrti dio – cjedilo. Posudica je u potpunosti napravljena od nehrđajućega inoksova materijala. Prosijavanje se odvijalo ručno te se pri svakom ponavljanju sito pokušalo tresti jednakom brzinom. Zadano je vrijeme prosijavanja u spomenutoj metodi bilo pet sekundi. Tijekom svih osam mjerenja brojao sam samo čitave jedinke.



Slika 10: Pedološko sito

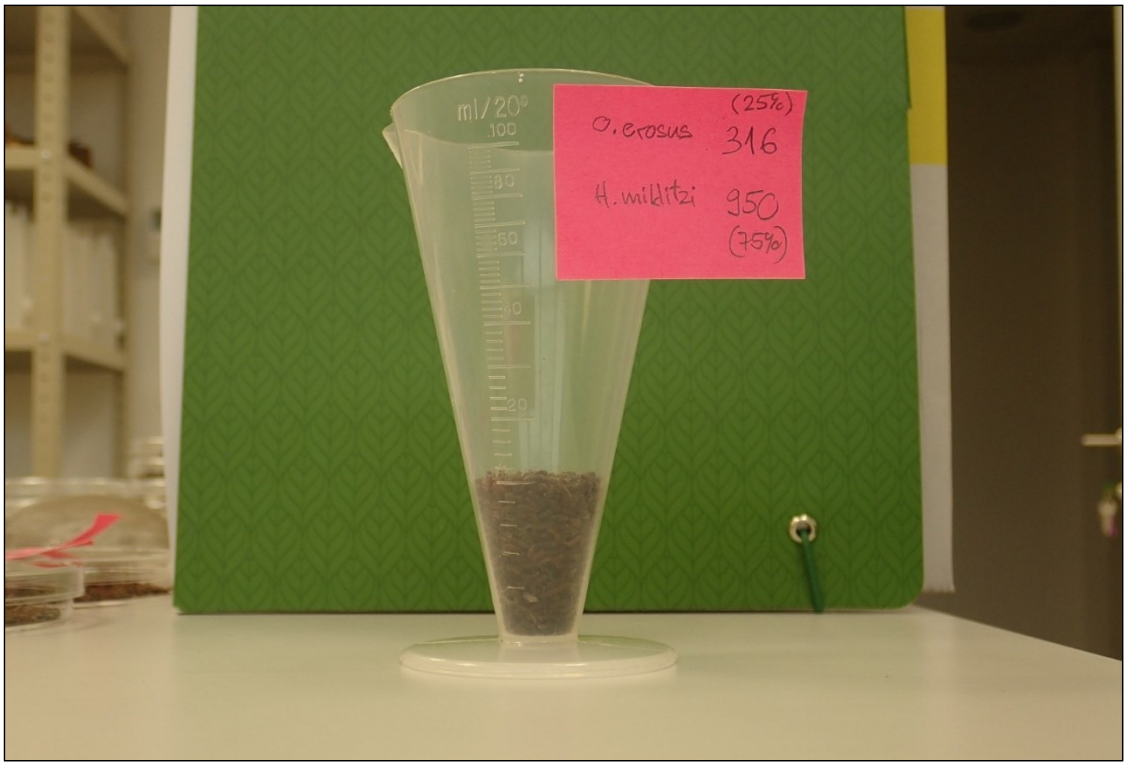
Autor: D. Šošić



Slika 11: Rešetka pedološkog sita

4.2.3. Prebrojavanje metodom volumetrijske izmjere

Prebrojavanje volumetrijskom metodom funkcionira na način da se ručno broji uzorak koji je zauzeo prostor od 10 milimetara kubičnih. Menzura kojom se koristimo stožastog je oblika. Uzimamo posudicu u kojoj se nalazi čista smjesa jedinki mediteranskog potkornjaka i lagano ih presipavamo u menzuru. Kada presipamo kukce, uzimamo menzuru i laganim udarcima o dno poravnavamo uzorke u menzuri kako bismo odoka što preciznije uspjeli dobiti masu od 10 milimetara kubičnih.



Slika 12: Menzura stožastog oblika

Autor: B. Hrašovec

4.2.4. Prebrojavanje pomoću optičkog brojača sjemena

Metoda prebrojavanja jedinki mediteranskog potkornjaka u feromonskim ulovima pomoću optičkog brojača sjemena ideja je koju je započeo doktor znanosti Milan Pernek. Provedeno testiranje uključivalo je smrekinog pisara i šesterozuboga smrekinog potkornjaka. Na samom početku postupkom volumetrije potkornjaka u 1 mililitru dobivene podatke uspoređuje s prethodnim podacima koje je dobio Pavlin godine 1991. Utvrđeno je da su u jednom mililitru dobivena 38 smrekina pisara te 530 šesterozubih potkornjaka te dolazi do zaključka kako je došlo do odstupanja u odnosu na Pavlinove rezultate zbog različitih načina usmrćivanja. S obzirom na to da kod šesterozuboga smrekinog potkornjaka nije bilo značajnih odstupanja, metoda prebrojavanja pomoću optičkog brojača sjemena primijenjena je i na smrekinom pisaru. Korišten je model čitača Contador 220V/50 Hz-Pfeuffer. Da bi taj stroj što manje griješio, uzorci su smrekinih pisara prethodno selektirani, odnosno izdvojeni od drugih kukaca pomoću sita veličine oka 3 milimetra. Dobiveni nam se rezultat prikazuje na ekranu optičkog brojača.

4.2.5. Sortiranje i prebrojavanje pomoću strojnog učenja

Uz već postojeću metodu prosijavanja i volumetrijske izmjere, metoda koja se zasniva na strojnom učenju trenutno je samo u fazi ideje.

Metoda je zamišljena kako bi se olakšalo sortiranje i prebrojavanje sitnijih kukaca, u ovom slučaju mediteranskog potkornjaka. Temeljne su stavke navedene metode željeni kukci i aplikacija koja omogućava prepoznavanje na temelju zadanog parametra.

Postupak započinje skeniranjem kukaca pomoću skenera koji imaju nešto veću kvalitetu skeniranja. Zatim uzimamo kukce i raspoređujemo ih na prostor skena koji skenira do formata A4. Kukce je najbolje rasporediti na onaj način na koji ćemo ih i stavljati pri korištenju navedenog softvera, odnosno nasumično. Zatim lagano preklapamo poklopac skenera kako ne bismo zgnječili kukce. Potom skeniramo i dobivamo sken na računalu. Dobivene je kukce zatim potrebno postaviti u takozvane „bounding boxove“ u obliku pravokutnika kako bi algoritam koji trenira mogao prepoznati što se nalazi unutar pravokutnika. Za potrebe treniranja preporučuje se pedeset skeniranja zadanog kukca i trideset skeniranja zadanog kukca za testiranje. S obzirom na to da je

u ovom radu riječ o konkretnom problemu razlikovanja mediteranskog potkornjaka, preporučuje se još pedeset skeniranja vrste *Hylurgus miklitzi* zbog toga što je to najproblematičnija vrsta koja se javlja pri sortiranju u feromonskim ulovima (razlog tomu su slične fizičke karakteristike dviju vrsta potkornjaka).



Slika 13: Skenovi dobiveni MF734Cdw skenerom tvrtke Canon (kvaliteta rezolucije: 600 dpi)

Autor: D. Šošić

(Korišten je program *Labelbox*.)

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

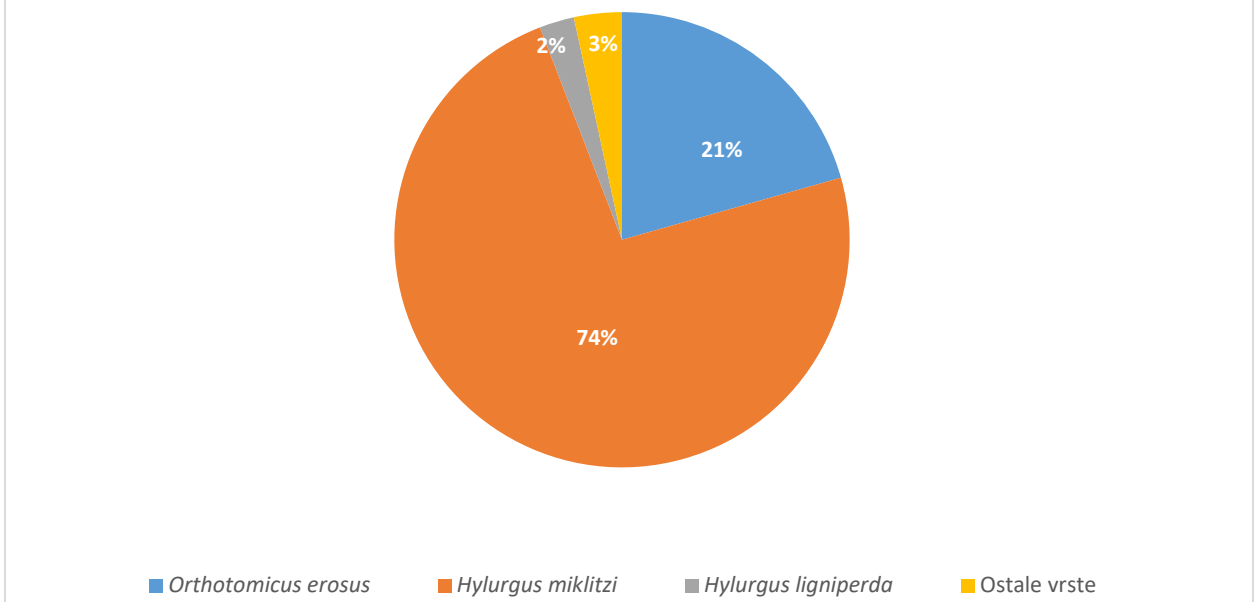
5.1. Utvrđene vrste potkornjaka u feromonskim ulovima

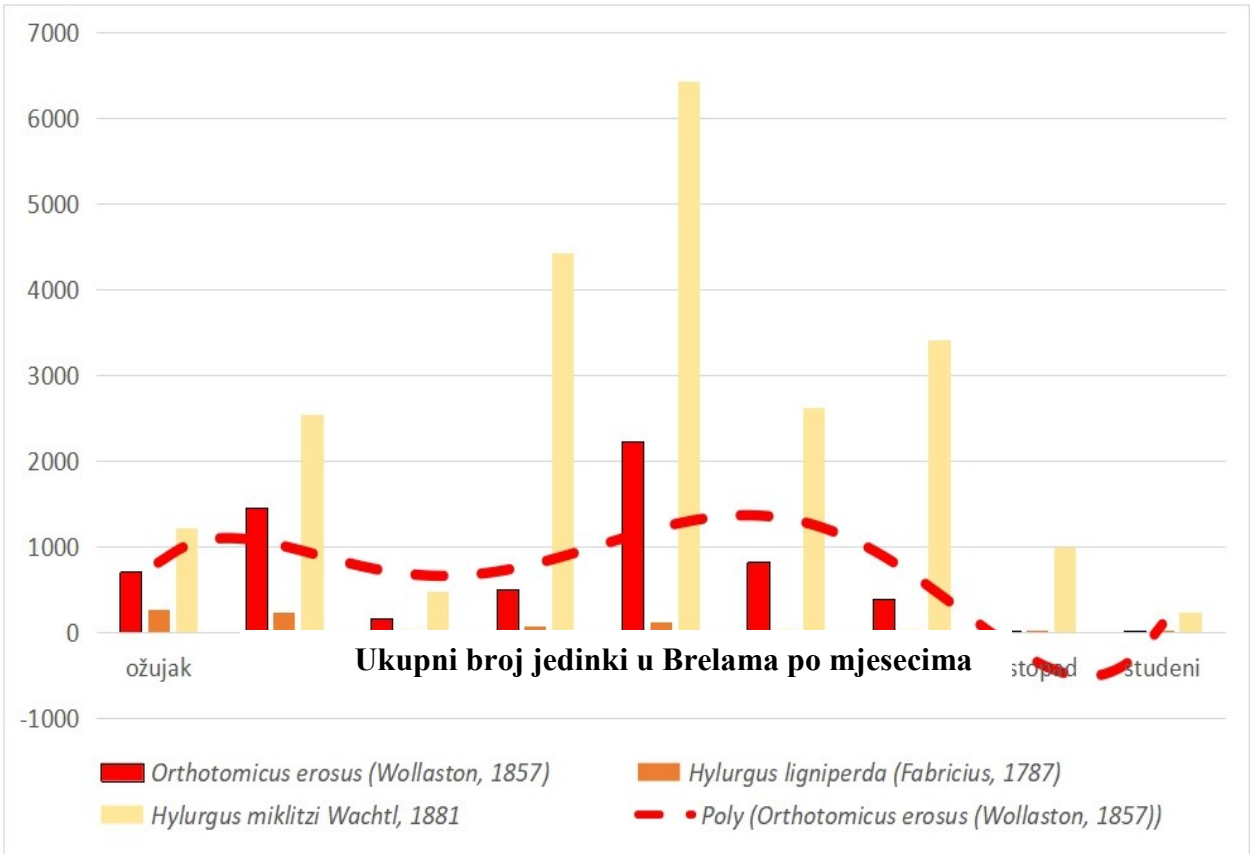
Na početku ovog istraživanja postavljene su četiri klopke za feromonski monitoring potkornjaka na četirima različitim mikrolokalitetima na području Općine Brela. Tijekom 36 tjednih ulova u svakoj od četiriju klopke broj od 144 lovne posudice nije realiziran jer je u šest tjedana na mikrolokalitetu „Brela 4“ lovna posudica ostala prazna. Stoga uzimamo broj od 138 lovnih posudica kao uzorak. Nakon detaljne obrade u laboratoriju uspješno je izdvojeno 30 451 jedinka potkornjaka. Izdvojeni potkornjaci svrstani su u sedam svojti do razine vrste, a preostale dvije svojte do razine roda (*Hylastes* i *Crypturgus*). Determinirane su vrste radi lakšeg pregleda prikazane u Tablici 1 (Hrašovec 2019).

Tablica 1: Broj ulovljenih jedinki potkornjaka po lokacijama

Vrsta potkornjaka	Brela 1	Brela 2	Brela 3	Brela 4	Ukupno
Orthotomicus erosus (Wollaston, 1857)	2201	2709	828	536	**6274**
Hylurgus miklitzi (Wachtl, 1881)	8940	11073	2207	169	**22 389**
Hylurgus ligniperda (Fabricius, 1787)	287	316	131	18	**752**
Ips sexdentatus (Börner, 1776)	234	334	112	48	**728**
Pityogenes calcaratus (Eichoff, 1878)	0	12	0	1	**13**
Pityogenes trepanatus (Nordlinger, 1848)	0	2	3	0	**5**
Xyleborus eurygraphus (Ratzeburg, 1837)	4	10	1	0	**15**
Hylastes sp.	17	16	12	12	**57**
Crypturgus sp.	86	93	35	4	**216**
UKUPNO					**30 451**

Broj ulovljenih jedinki potkornjaka po lokacijama





Ukupni broj jedinki u Brelama po mjesecima

Uvidom u Tablicu 1 možemo zaključiti da je *Hylurgus miklitzi* (Wachtl, 1881) s 22 389 ulovljenih primjeraka uvjerljivo najbrojnija vrsta hvatanog potkornjaka. Zatim slijedi ***Orthotomicus erosus***, koja je ujedno i središnja i ciljana vrsta provedenog monitoringa s 6274 primjerka, te ostale vrste koje vidljivo manje pridolaze u ulovima: *Hylurgus ligniperda* (752), *Ips sexdentatus* (728), *Xyleborus eurygraphus* (15), *Pityogenes calcaratus* (13), *Pityogenes trepanatus* (5) te vrste iz roda *Crypturgus* (218) i roda *Hylastes* (57).

5.2. Rezultati analize metode sortiranja i prebrojavanja uzorka

5.2.1. Sortiranje komercijalnim sitom

Prilikom sortiranja uzorka uporabom komercijalnog sita proizvođača u svih deset ponavljanja na površini sita ostalo je otprilike 95 % neprosijanih kukaca te ih je oko 5 % propalo kroz oka sita na površinu papira. Uzorak koji je propao kroz sito nije bio čist te je dolazio s primjesama ostataka potkornjaka: glave, zadaci, krila. Uzorci koji su propali kroz oka sita ručno su prebrojani pomoću pincete, svjetiljke i ručne lupe (vidi Sliku 15).

Tablica 2: Rezultati sortiranja uzoraka metodom komercijalnog sita

Vrsta	**Broj jedinki po prosijavanju**									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Orthotomicus erosus (Wollaston, 1857)	36	34	36	40	51	56	39	41	38	46
Hylurgus miklitzi (Wachtl, 1881)	1	0	0	2	1	2	3	0	3	0
Ukupno	37	34	36	42	52	58	42	41	41	46

5.2.2. Sortiranje pedološkim sitom

Tijekom sortiranja uzoraka pedološkim sitom širine oka 2 milimetra korištene su dvije vrste uzoraka. U prvoj smo se koristili uzorkom od 1266 potkornjaka gdje je 75 % smjese činila vrsta *Orthotomicus erosus* (950) i 25 % vrsta *Hylurgus miklitzi* (316), a u drugoj smo se koristili uzorkom obrnutih vrijednosti, što znači da je u smjesi od 1266 potkornjaka 75 % smjese činila vrsta *H. miklitzi* (950) te 25 % vrsta *O. erosus* (316). Također, uzorak koji je propao kroz pedološko sito dolazio je s primjesama ostataka potkornjaka: glave, zadci i krila. Prosijani uzorci brojani su ručno pincetom te su po potrebi korišteni svjetiljka i ručna lupa. Brojevi jedinki po prosijavanju prikazani su u Tablicama 3 i 4.

Tablica 3: Rezultati sortiranja uzorka gdje je većinski udio vrste *Orthotomicus erosus* metodom pedološkog sita

Vrsta	**Broj jedinki po prosijavanju**			
	1.	2.	3.	4.
Orthotomicus erosus (Wollaston, 1857)	201	212	247	227
Hylurgus miklitzi (Wachtl, 1881)	57	57	73	71
Ukupno	258	269	320	298

Tablica 4: Rezultati sortiranja uzorka gdje je većinski udio vrste *Hylurgus miklitzi* metodom pedološkog sita

Vrsta	**Broj jedinki po prosijavanju**			
	1.	2.	3.	4.
Orthotomicus erosus (Wollaston, 1857)	111	108	97	127
Hylurgus miklitzi (Wachtl, 1881)	223	208	198	226
Ukupno	334	316	295	353

5.2.3. Prebrojavanje metodom volumetrijske izmjere

Nakon primjene metoda komercijalnog i pedološkog sita na vrsti *Orthotomicus erosus* provedeno je i prebrojavanje jedinki metodom volumetrijske izmjere. Korišteni je uzorak bila čista smjesa potkornjaka *Orthotomicus erosus*. Dobiveni su rezultati prikazani u Tablici 5.

Tablica 5: Rezultati prebrojavanja uzorka vrste *Orthotomicus erosus* metodom volumetrijske izmjere

Vrsta	**Broj jedinki dobiven po izmjeri u 10 ml**				
	1.	2.	3.	4.	5.
Orthotomicus erosus (Wollaston, 1857)	1610	1651	1673	1551	1608



Slika 144: Ručna lupa

Autor: D. Šošić

6. RASPRAVA

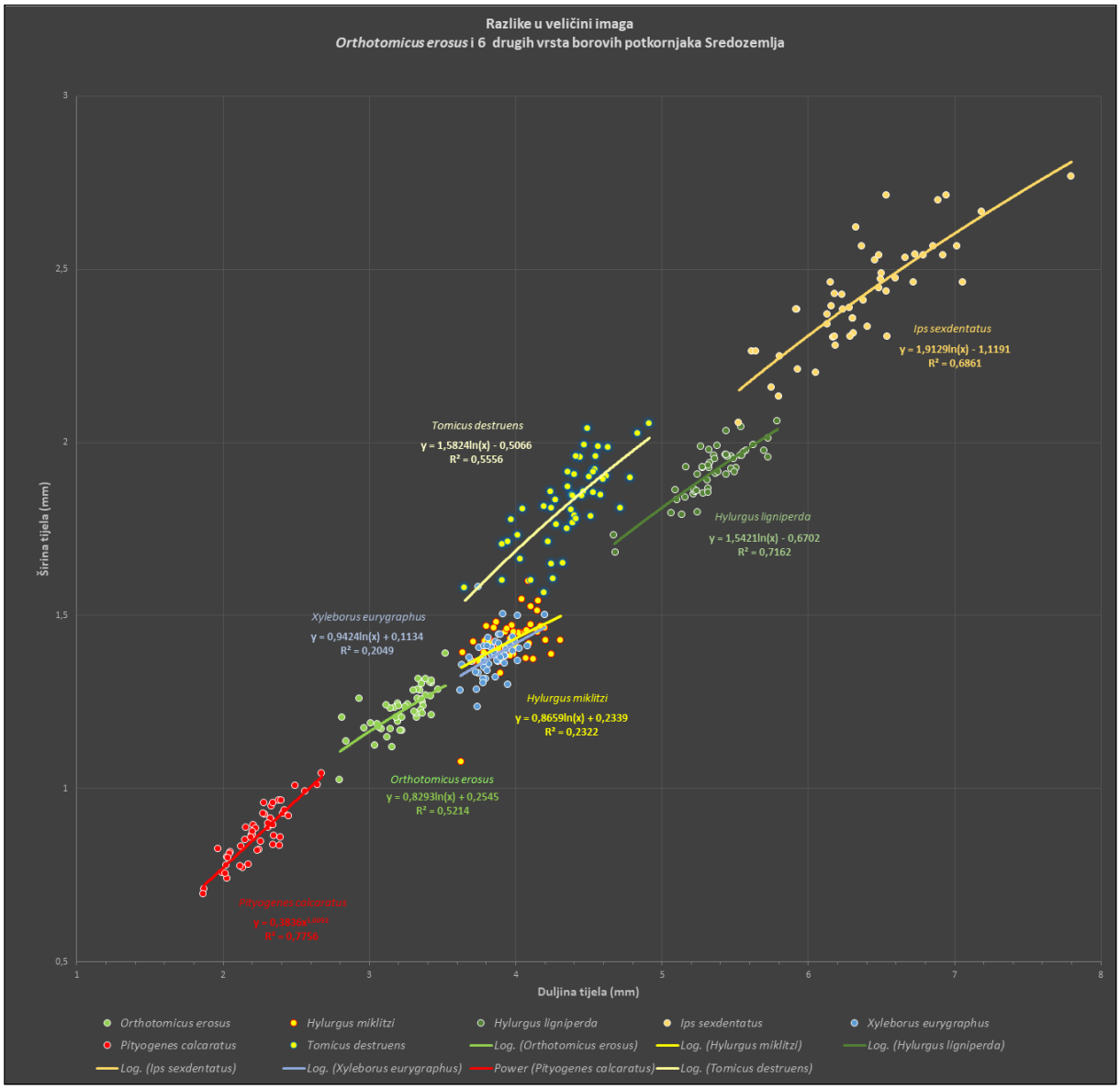
Mali broj kukaca koji je prošao kroz oka komercijalnog sita najvjerojatnije je rezultat tanke žice od koje je rešetka sita načinjena. Rešetka je napravljena od tanke metalne žice i samim je time otežano prosijavanja kukaca kojima su nožice nakon uginuća ostale ispružene ili kojima su se krila malo ili više otvorila. Budući da je sito malog promjera oka, kukci nisu baš niti zapinjali previše u oka sita kao primjerice prilikom metode sortiranja pedološkim sitom. Tijekom prosijavanja u četirima slučajevima nijedna jedinka vrste *Hylurgus miklitzi* nije propala, što iznosi 40 %. U preostalim je slučajevima raspon propadanja od jedne do tri jedinke. Uzevši u obzir dobivene brojke, zaključujemo da otprilike na 33 propale jedinke vrste *Orthotomicus erosus* propada jedna jedinka vrste *H. miklitzi*.

Broj kukaca koji je prošao kroz oka pedološkog sita vjerojatno je rezultat materijala od kojeg je sito načinjeno te debljine žice od koje je rešetka sita napravljena. Rešetka je sita minimalno dvaput deblja od rešetke komercijalnog sita korištene u prethodnoj metodi. Samim time što je pedološko sito napravljeno od nehrđajućeg materijala, odnosno inoksa, zaključujemo da je površina svake žice glatka. Uzevši u obzir prethodnu činjenicu i debljinu žice od koje je rešetka sita načinjena, zaključujemo da prilikom korištenja te metode potkornjaci puno lakše propadaju kroz oka sita jer je uvelike smanjena mogućnost zapinjanja sitnih nogu ili krila potkornjaka za žicu rešetke. Iako je propadanje olakšano, puno više potkornjaka zapinje na tom situ zbog veličine okna, dok u prethodnoj metodi jedino uspravno položen kukac može propasti.

Uvidom u rezultate dobivene primjenom metode volumetrijske izmjere zaključeno je da nema velikih razlika u broju jedinki između pojedinih mjerenja, a prosječan broj jedinki u 10 mililitara iznosi 1618. Pomoću te metode može se puno brže i jednostavnije odrediti broj jedinki mediteranskog potkornjaka kada imamo velik broj potkornjaka općenito, što olakšava posao nakon provedenog istraživanja. Skraćivanje vremena potrebnog za prebrojavanje mediteranskog potkornjaka glavna je prednost spomenute metode. Glavni je nedostatak metode to što i pri minimalnim pogreškama doziranja u menzuri možemo dobiti značajne razlike u broju jedinki mjerene vrste.

Problemi koji se javljaju u procesu sortiranja komercijalnim ili pedološkim sitom te prebrojavanja volumetrijskom metodom najviše ovise o dimenzije potkornjaka na kojima je

testiranje izvršeno. Dimenzije traženih vrsta, *O.erosus* i *H.* veoma su slične i samim je time otežan je proces određivanja optimalne metode sortiranja i prebrojavanja. Kao što možemo vidjeti na slici 15, samo se na jednom mjestu u krivulji dimenzije tih dvaju spomenutih potkornjaka preklapaju i prema tome dolazimo do zaključka da ipak možemo temeljit metode sortiranja i prebrojavanja na parametru dužine i širine tijela potkornjaka.



Slika 155:

Razlike u veličini imaga *Orthotomicus erosus* i 6 drugih vrsta borovih potkornjaka Sredozemlja (Izvor: Jakobašić 2020.)

7. ZAKLJUČAK

Nakon jednogodišnjeg istraživanja provedenog na području Općine Brela (2019. – 2020.), kojem je glavni cilj bio monitoring vrste *Orthotomicus erosus*, možemo zaključiti sljedeće:

- Iako je potkornjak u Hrvatskoj veoma čest, štete koje čini *O. erosus* još uvijek nisu kritične. Do tog zaključka dolazimo na temelju dobre, opće stabilnosti i vitalnosti sastojina alepskog bora koje možemo pronaći na području Općine Brela.

- Ustanovljena je populacija potkornjaka vrlo niska te nema naznaka da bi se situacija mogla pogoršati. To zaključujemo na osnovi temeljitog i cjelogodišnjeg pregleda tijekom 2019.

- Tri vrste koje bih izdvojio su: *Orthotomicus erosus* (mediteranski potkornjak)*, Hylurgus miklitzi* te *Tomicus destruens* (primorski borov srčikar).

- Metode koje su korištene u sortiranju vrsta *O. erosus* i *H. miklitzi* su:

  a) Prosijavanje komercijalnim sitom – sortiranje pomoću te metode pokazalo se kao trenutno najbolja metoda odvajanja spomenutih dviju vrsta potkornjaka. Prosječna je dužina vrste *O. erosus* tri milimetra, dok je *H. miklitzi* dug četiri milimetra. Širina im je gotovo identična te je zbog toga promjer oka sita od otprilike 0,05 milimetara polučio najbolje rezultate.

  b) Prosijavanje pedološkim sitom – tom su metodom dobiveni lošiji rezultati u odnosu na prethodnu metodu. Ako usporedimo tu i prethodnu metodu, širina oka sita od dva milimetra, materijal sita i debljina rešetke uvelike utječe na postupak prosijavanja tijekom kojeg u znatno većem broju propada veća vrsta (*H. miklitzi*) naspram manje (*O. erosus*).

- Metoda volumetrijske izmjere, korištena za potrebe određivanja brojnosti vrste *O. erosus*, pokazala se konzistentnom. Odstupanja koja se pojavljuju tijekom pet mjerenja svode se na oko sto jedinki spomenute vrste.

- Strojno je učenje relativno nova grana umjetne inteligencije i koristi se u mnoge svrhe. Metoda sortiranja i prebrojavanja koja uključuje strojno učenje definitivno je neizbježan dio budućnosti. U istraživanju koje sam proveo vezano za izradu računalnog programa za determinaciju i prebrojavanje vrste *O. erosus* došao sam do sljedećih zaključaka:

    1) Skener kojim se koristimo za potrebe izrade skenova zadanog kukca trebao bi imati minimalnu rezoluciju 1200 dpi (dots per inch).

    2) Poklopac skenera gnječi kukce, stoga treba pomoću nekog predmetom spriječiti potpuno zatvaranje poklopca iako se tada javlja problem sjene. Problem sjene otežava označavanje objekta za treniranje, odnosno kukca u ovom slučaju.

    3) Takav način sortiranja i prebrojavanja vjerojatno moguć, ali su potrebna detaljnija istraživanja i novčana sredstva kako bi se izradilo specijalizirano sredstvo za sortiranje i prebrojavanje kukaca.

LITERATURA

1. Alegro, A. 2000: Vegetacija Hrvatske. Zagreb: Interna skripta, Botanički zavod PMF-a.
2. Gomez, D. F. i Martinez, G. 2013: Bark Beetles in Pine Tree Plantations in Uruguay: First Record of *Orthotomicus erosus* Wollaston. The Coleopterists Bulletin 67(4): 470–472. URL: https://doi.org/10.1649/0010-065X-67.4.470.
3. Hrašovec, B. 2019: Elaborat Brela: Monitoring borovih potkornjaka.
4. Jakobašić, T. 2020: Morfometrijska i volumetrijska obilježja najvažnijih vrsta sredozemnih potkornjaka hrvatskog priobalja. Završni rad. Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 32 str.
5. Jurić, N. 2009: Šumarska entomologija: pregled najznačajnijih vrsta kukaca i njihova osnovna biološka obilježja. Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
6. Korotyaev, B. A., Konstantinov, A. S., Lingafelter, S. W., Mandelshtam, M. Y. i Volkovitsh, M. G. 2005: Gall-inducing Coleoptera u: Biology, Ecology, and Evolution of Gall-inducing Arthropods (ur. A. Raman, C. W. Schaefer i T. M. Withers). Enfield/Plymouth: Science Publishers, Inc. Str. 239–271.
7. Lieutier, F., Mendel, Z. i Faccoli, M. 2016: Bark Beetles of Mediterranean Conifers u: Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems (ur. T. D. Paine i F. Lieutier). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24744-1_6. Str. 105–197.
8. Maceljski, M. 1999: Poljoprivredna entomologija. Čakovec: Zrinski, d.d.
9. Pernek, M. 2001: Analiza biološke učinkovitosti feromonskih pripravaka i tipova klopki namijenjenih lovu potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. u smrekovim kulturama Zapadnog Papuka i Trakošćana. Magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
10. Sauvard, D. 2004: General Biology of Bark Beetles u: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis (ur. F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J. C. Grégoire i H. F. Evans). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers. Str. 63–88.

URL 1: CABI. Invasive Species Compendium. https://www.cabi.org/isc/datasheet/37954. Pristup 29. kolovoza 2020.

URL 2: Općina Brela. O Brelima. https://www.opcina-brela.hr/o-brelima/. Pristup 15. rujna 2020.

URL 3: Općina Brela. Prostorni plan uređenja. 2008. https://www.opcina-brela.hr/wp-content/uploads/2014/06/PPUOBrela_UP-2008_01-obrazlozenje.pdf. Pristup 18. rujna 2020.

URL 4: WitaPrallov prospekt. 2018. https://www.witasek.com/shop/en/pheromone-traps-attractants/beetle-traps/425/witaprall-cross-vane-panel-trap. Pristup: 20. rujna 2020.