SAPROKSILNI KORNJAŠI KAO INDIKATORI OČUVANOSTI ŠUMSKIH EKOSUSTAVA

Šag, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:652535

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski sveučilišni znanstveni studij biologije

Matej Šag

SAPROKSILNI KORNJAŠI KAO INDIKATORI OČUVANOSTI ŠUMSKIH EKOSUSTAVA

Diplomski rad

OSIJEK, 2015.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**

Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni znanstveni studij biologije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

SAPROKSILNI KORNJAŠI KAO INDIKATORI OČUVANOSTI ŠUMSKIH EKOSUSTAVA

Matej Šag

Rad je izrađen na Zavodu za zoologiju, Laboratorij za entomologiju

Mentor: dr. sc. Enrih Merdić, izvanredni profesor

Neposredni voditelj: dr. sc. Nataša Turić, viši asistent

Kratak sažetak diplomskog rada:

Istraživanje saproksilnih kornjaša, kukaca usko vezanih uz mrtvo drvo, provedeno je po prvi put na području Parka prirode Kopački rit od travnja do kolovoza 2014. godine. Za uzorkovanje saproksilnih kornjaša korištene su tri metode, na tri različite šumske zajednice u Kopačkom ritu. Ukupno su bile postavljene 72 klopke. Uzorkovano je 1088 jedinki svrstane u14 porodica i 64 vrste saproksilnih kornjaša. Najbrojnije porodice bile su Cerambycidae, Cetoniidae i Lucanide te vrste *Cetonia aurata*, *Dorcus parallelipipedus* i *Valgus hemipterus*. Najveći broj saproksilnih kornjaša utvrđen je u šumi hrasta lužnjaka s grabom gdje je bilo uzorkovano 620 jedinki, tj. 56,99% od ukupnog broja uzorkovanih jedinki. Najučinkovitija metoda uzorkovanja saproksilnih kornjaša bila je metoda prekinutog leta. Prema IUCN statusu gotovo ugrožene (NT) su tri vrste (*Cucujus cinnaberinus*, *Lucanus cervus*, *Gnorimus variabilis*) dok su tri nedovoljno poznate (DD) od kojih je zadnja i ugrožena vrsta (*Protaetia affinis, Omoglymmius germari, Rhysodes sulcatus*).

Broj stranica:73

Broj slika: 23

Broj tablica: 6

Broj literaturnih navoda: 130

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: mrtvo drvo, saproksilni kornjaši, Kopački rit, metoda prekinutog leta, *Cucujus cinnaberinus*.

Datum obrane: 2. srpnja 2015.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. doc. dr. sc. Mirta Sudarić Bogojević
2. izv. prof. dr. sc. Enrih Merdić
3. prof. dr. sc. Stjepan Krčmar
4. doc. dr. sc. Dubravka Čerba

Rad je pohranjen u:

knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu u elektroničkom obliku te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek **MS thesis**

Department of Biology

Graduate Study of Biology

Scientific Area: Natural sciences

Science Field: Biology

SAPROXYLIC BEETLES (COLEPTERA) – INDICATORS OF FOREST ECOSYSTEM CONSERVATION

Matej Šag

Thesis performed at the Subdepartment of Zoology – Laboratory of Entomology

Supervisor: Ph.D. Enrih Merdić, Associate Professor

Assistant in charge: Ph.D. Nataša Turić, Senior Assistant

Short abstract:

Researching of saproxylic coleopteras, a dead wood associated beetles, has been conducted for the first time in Kopački rit Nature park from April to October, 2014. For sampling of saproxylic beetles there were used three methods within three different forest communities in Kopački rit. A total of 72 traps were set during this research. A total of 1088 individuals of saproxylic beetles were caught included within 14 families and 64 species. The most abundant families were Cerambycidae, Cetoniidae and Lucanidae with the most common species *Cetonia aurata*, *Dorcus parallelipipedus* and *Valgus hemipterus*. The most abundant assembleges of saproxylic beetles were found in oak wood forest where 620 individuals or 56,99% of the total number of specimens were caught. The most efficient sampling method was cross-vanes window flight trap.According IUCN Red Liststatus, three species were near threatened (NT) (*Cucujus cinnaberinus*, *Lucanus cervus*, *Gnorimus variabilis*) and three were data deficientspecies (DD) of which last one is also endangered species (*Protaetia affinis, Omoglymmius germari, Rhysodes sulcatus*).

Number of pages: 73

Number of figures: 23

Number of tables: 6

Number of references: 130

Original in: Croatian

Key words: dead wood, saproxylic beetles, Kopački rit,flight intercept method,*Cucujus cinnaberinus*.

Date of the thesis defence: July 2nd, 2015.

Reviewers:

1. Ph.D. Mirta Sudarić Bogojević, Assistant Professor
2. Ph.D. Enrih Merdić, Associate Professor
3. Ph.D. Stjepan Krčmar, Full Professor
4. Ph.D. Dubravka Čerba, Assistant Professor

Thesis deposited in

Library of Department of Biology, University of J. J. Strossmayer in Osijek and in National and University Library in Zagreb in electronic form. It is also accesible on the web site of Department of Biology, University of J. J. Strossmayer in Osijek.

„...Kopački je rit za čovjeka neprocjenjiv laboratorij u kojem može istraživati život. Ujedno mu daje pouku o jedinstvenoj prirodi, o vrijednostima i nenadoknadivosti izgubljenih ekosustava te ga ispunjava ponosom na bogatstvo životnih oblika Zemlje i potiče na pravilan odnos prema prirodi.“

(D. GUCUNSKI)

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Enrihu Merdiću na korisnim i konstruktivnim savjetima tijekom izrade, pisanja te izradi završnog dijela diplomskog rada kao i na financijskoj potpori Odjela za biologiju pri ostvarivanju ovog diplomskog rada. Hvala što ste vjerovali u mene.

Neizmjerno veliko hvala mojoj neposrednoj voditeljici dr. sc. Nataši Turić, mojoj desnoj ruci tijekom cijele faze izrade ovog rada uz čiji je poticaj i došlo do odabira ove teme. Zahvaljujem se ponajprije na velikom strpljenju, na svakom Vašem vrijednom savjetu, pomoći pri terenskom radu, na podizanju morala. Hvala Vam za sve što ste učinili tijekom cijele izrade mog diplomskog rada te što ste me usmjerili i otvorili vrata sasvim novog svijeta kukaca. Hvala na velikoj prijateljskoj podršci i vjeri u mene.

Hvala cijeloj ekipi Laboratorija za entomologiju na posrednoj ili neposrednoj pomoći. Smisla za humor, vedrine, ali i ozbiljnosti nikad nije nedostajalo. Hvala što ste pretrpjeli sav smrad koji sam uvijek „rado" donosio s terena sa svojim saproksilcima.

Zahvaljujem se domarima Odjela za biologiju, prijateljima te kolegama studentima iz sekcije Kornjaši na pomoći pri izradi klopki za uzorkovanje mojih saproksilaca te terenskim izlascima.

Hvala mojim kolegama i prijateljima s kojima sam proveo najbolje studentske dane.

Veliko hvala ekipi iz Hrvatskog herpetološkog društva – HYLA. Borise, Toni, Mladene na Vašoj pomoći i gostoprimstvu sam neizmjerno zahvalan.

Hvala mojoj obitelji na strpljenju, razumijevanju, podršci i ljubavi tijekom studiranja. Znam da sam Vas uvijek volio iznenađivati, ali nadam se da sam na kraju sve to opravdao.

Najveća hvala mojoj Mariji, zaručnici, bez čije podrške i poticaja ne bih toliko ustrajao u izradi ovog rada. Hvala ti za terenske izlaske sa mnom, za sve pretrpljene strahove od napada divljih svinja te svaki ubod komaraca. Zahvaljujem ti na razumijevanju i kada je to bilo najteže. Hvala ti na korisnim savjetima i velikoj ljubavi.

Diplomski rad posvećujem svojim nećacima Šimunu i Klari.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. PREGLED LITERATURE 2

2.1. Biologija saproksilnih kornjaša 2

2.2. Rasprostranjenost saproksilnih kornjaša na području Europe 3

2.3. Status zaštite 6

2.4. Prijetnje ugroženosti saproksilnih kornjaša 7

2.5. Utjecaj okolišnih čimbenika 8

2.6. Indikatorske vrste 10

2.7. Pregled dosadašnjih istraživanja kornjaša u Hrvatskoj 12

2. 8. Cilj istraživanja 16

3. MATERIJAL I METODE 17

3.1. Područje istraživanja 17

3.2. Terenski dio istraživanja 19

3.2.1. Metode uzorkovanja 23

3.2.2. Rad u laboratoriju 25

3.3. Statistička analiza podataka 26

3.3.1. Dominantnost 26

3.3.2. Konstantnost 27

3.3.3. Indeks sličnosti 27

3.3.4. Indeksi raznolikosti 28

3.3.5. Nemetrijsko višedimenzijsko grupiranje 29

3.3.6. Neparametrijsko procjenjivanje ukupnog broja vrsta 29

4. REZULTATI 30

4.1. Sistematski popis vrsta 30

4.2. Brojnost, sastav i raznolikost saproksilnih kornjaša 34

4.3. Dominantnost i konstantnost porodica 38

4.4. Sezonska dinamika 42

4.5. Usporedba sličnosti faune uzorkovanih vrsta s obzirom na šumske zajednice 46

4.6. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja saproksilnih kornjaša 47

4.7. Rezultati multivarijantne analize sličnosti 49

4.8. Procjena ukupnog broja vrsta 50

4.9. Ugrožene vrste saproksilnih kornjaša 51

5. RASPRAVA 53

6. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČCI 62

7. LITERATURA 63

1. UVOD

Saproksilni kornjaši su kukci koji predstavljaju skupinu organizama koja je svojim životnim ciklusom vezana uz živo, ali i mrtvo ili umiruće stablo. Uključeni su u procese raspadanja drvne mase i ovisni o tom procesu te kao takvi imaju glavnu ulogu u dekompoziciji i recikliranju nutrijenata u prirodnim ekosustavima (Alexander, 2008). Saproksilni kornjaši nemaju definiranu taksonomsku zajednicu već predstavljaju ekološku skupinu koja za sada obuhvaća 21 porodicu (Nieto i Alexander, 2010) kornjaša na području Europe.Taj broj nije konačan s obzirom na veliku neistraženost ove ekološke skupine kornjaša kao i veliku tendenciju povećanja istraživanja.

Mrtva i propadajuća stabla pružaju široki spektar potencijalnih mikrostaništa te se tako saproksilni kornjaši odvajaju prostorno s obzirom na vrstu drveća, tkiva i položaja u stablu. Osim prostorne, vremenska je odvojenost također uključena s obzirom na procese sukcesije za vrijeme raspadanja drvne mase kao i određeni stadij preobrazbe. Bogatstvo saproksilnih vrsta ovisi o kvantiteti i kvaliteti raspoložive mrtve drvne mase u šumi te također o veličini same šume, njenoj fragmentaciji i upravljanju (Nieto i Alexander, 2010). Plodišta gljiva, supstrat od mrtvog drveća, lišća i izmeta kukaca organske su komponente pogodne za daljnju razgradnju i kruženje tvari u prirodi te predstavljaju idealno stanište za saproksilne kornjaše (Atay i sur., 2012).

U većini europskih zemalja gospodarenje šumama izuzetno je teško kontrolirati. Sanitarna sječa, čišćenje i uklanjanje starih i trulih stabala i panjeva dovode do uništavanja staništa saproksilnih kornjaša. Iz svega ovoga proizlazi i sama ugroženost ove skupine organizama.

Saproksilni kornjaši koji će biti predmet ovog diplomskog rada usko su vezani kako uz živu tako i uz mrtvu drvnu masu raznih šumskih zajednica. Kao takve izuzetno ih je bitno istražiti, a osobito zbog toga što postaju sve više ugroženi, a areali fragmentirani (Ranius, 2002; Nieto i Alexander, 2010) te je stoga veliki broj saproksilnih kornjaša pod zaštitom. Na području Parka prirode Kopački rit već se duži niz godina istražuju kukci. Iako su do sada već istražene neke skupine i porodice kornjaša, ovo će biti prvo istraživanje saproksilne zajednice kornjaša. Kao takvi, prikupljeni će podaci biti korisni za prvo popisivanje faune te temelj na kojemu će se moći graditi daljnja istraživanja ove ekološke skupine kornjaša.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Biologija saproksilnih kornjaša

S brojnošću od 400 000 opisanih vrsta (New, 2010) kornjaši (tvrdokrilci, Coleoptera) su red kukaca koji se smatra najbrojnijim u životinjskom carstvu (Liebherr i McHugh, 2003). Kao i u ostalih kukaca tijelo im je podijeljeno u tri dijela, a to su glava, prsa i zadak. Naziv tvrdokrilci nose zbog tvrdog egzoskeleta, vanjskog oklopa izgrađenog iz hitina i pokrilja (elitri) koje prekrivaju zadak. Elitre im generalno ne služe za letenje, ali pokrivaju veliki dio tijela kao i drugi par krila. Red Coleoptera dijeli se u četiri podreda, a to su Adephaga (grabežljivci), Polyphaga (raznojedi), Myxophaga i Archostemata. Podred Adephaga čini oko 30 000 vrsta dok je najbrojniji podred Polyphaga s oko 370 000 vrsta. Myxophaga je do sada nedovoljno opisan podred, a vrste su utvrđene samo za područje Sjeverne Amerike. S najmanjim brojem od 50 vrsta podred Archostemata obuhvaća isključivo kopnene vrste velike evolucijske starosti.

Kornjaši prolaze proces potpune preobrazbe koji uključuje jaje, nakon kojega slijedi ličinački stadij koji izgledom nije sličan odrasloj jedinki kornjaša. U ličinačkom stadiju konstantno se hrane, presvlače nekoliko puta te zakukulje kada je ličinka stvorila dovoljne zalihe potrebne za sljedeći stadij metamorfoze u odraslu spolno zrelu jedinku (imago). Ličinački stadiji kornjaša se osim morfološkog izgleda od odraslih jedinki razlikuju po tipu mikrostaništa koja zauzimaju s obzirom na stupanj preobrazbe. Tako su ličinke jelenka (*Lucanus cervus*, Linnaeus 1758) usko vezane uz mrtvu drvnu masu dok se odrasle jedinke hrane biljnim sokovima, a aktivne su uglavnom u sumrak (Vrezec, 2008). S obzirom na tip staništa i hranidbene navike unutar zajednice saproksilnih kornjaša može se razlikovati šest hranidbenih skupina (Buse i sur., 2008):

- ksilofagi – vrste koje se hrane drvnim tkivom,
- micetofagi – vrste koje se hrane gljivama i plijesnima koje inficiraju,
- nekrofagi – vrste koje se hrane uginulim životinjskim ostacima,
- sukcofagi – vrste koje se hrane biljnim sokovima,
- zoofagi – predatori, vrste koje aktivno love životinjski plijen i
- polifagi – svejedi, vrste čija je ishrana biljnog i životinjskog podrijetla.

Ova skupina kornjaša svakako sudjeluje u interakciji s drugim skupinama živih organizama koji su vrlo važni za dobrobit i očuvanje ekosustava. Neki od tih organizama su grinje, oblići, bakterije i gljive koje kornjaši mogu nositi sa sobom od stabla do stabla te im na taj način

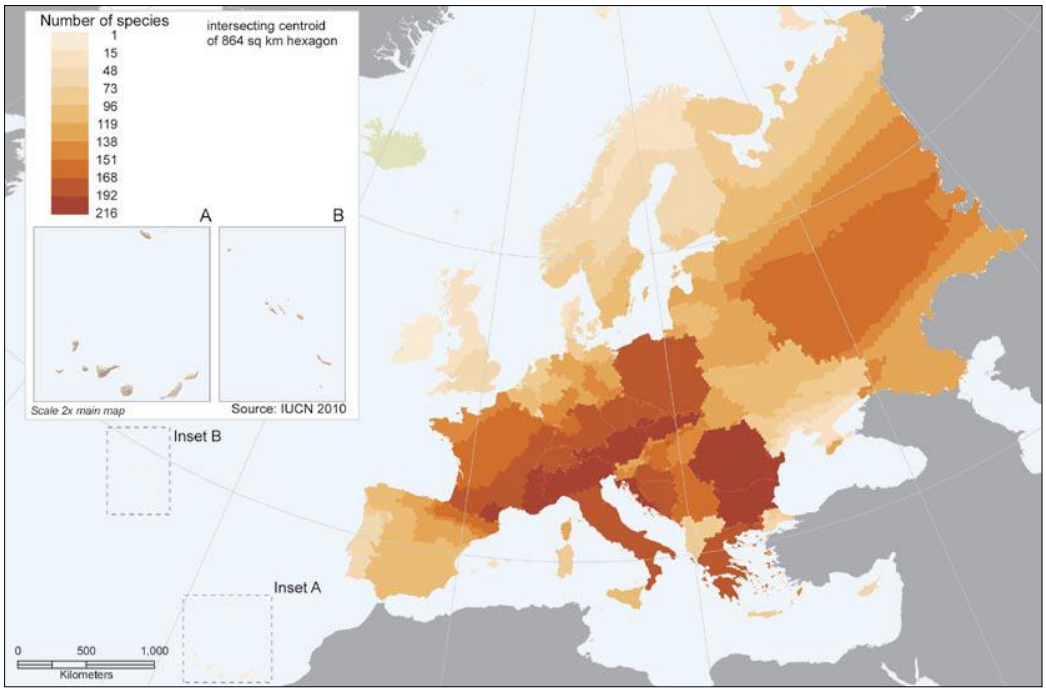
omogućavaju širenje po različitim staništima. Mnogi su također uključeni u procese oprašivanja (Nieto i Alexander, 2010).

2.2. Rasprostranjenost saproksilnih kornjaša na području Europe

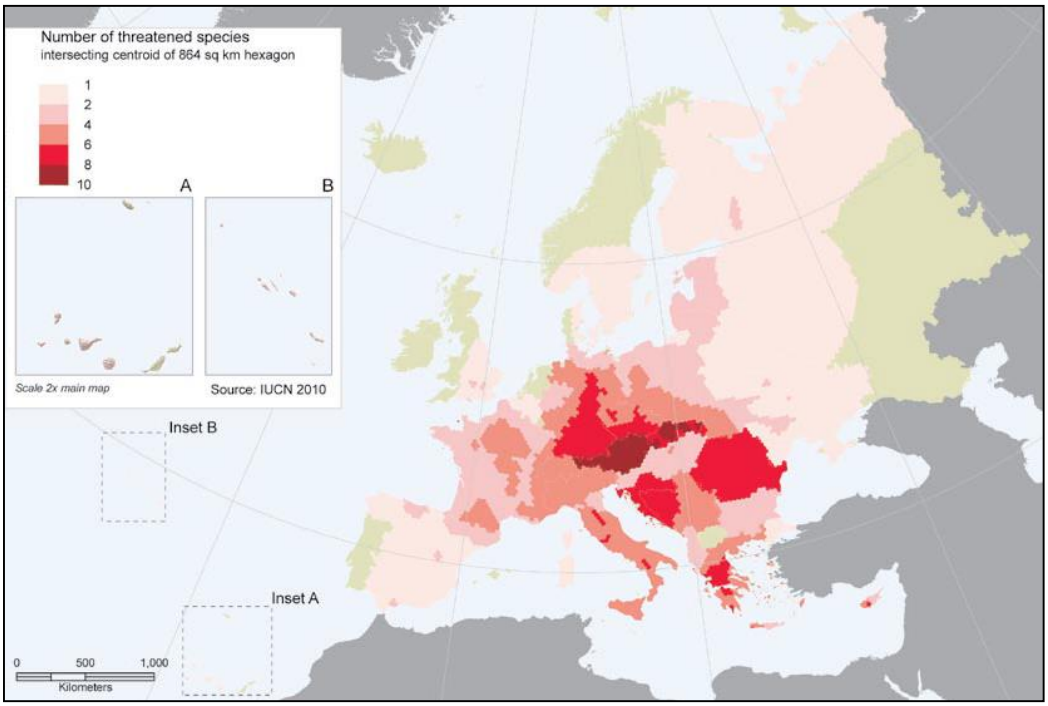
Saproksilni kukci i ostali beskralježnjaci čine značajan udio u ukupnom dijelu raznolikosti ugroženih vrsta te čine glavnu komponentu bioraznolikosti staro – rastućih stanišnih tipova šuma (Andersson i sur., 2014). Ukupan broj saproksilnih kornjaša trenutno nije poznat, ali se procjenjuje da je izrazito velik. Primjerice, na području Velike Britanije, 7% svih autohtonih životinja su saproksilne, a gotovo pola su kukci (700 vrsta) (Alexander, 2002). Središnja Europa (Francuska, Njemačka, Slovačka) kao i područje južne Europe jasno se ističe kao područje velikog bogatstva saproksilnih kornjaša, a Balkanski se poluotok također izdvaja kao *žarišna točka* velike raznolikosti kukaca (Nieto i Alexander, 2010) (Slika 1).

Rasprostranjenost ugroženih saproksilnih vrsta u Europi predstavlja drugačiji prikaz od onoga u slučaju raznolikosti i bogatstva vrsta (Slika 2). Najveća koncentracija ugroženih vrsta saproksilnih kornjaša nalazi se u središnjoj i istočnoj Europi koja uključuje i Republiku Hrvatsku, kao i talijanski poluotok, Grčku i Cipar koji su također obilježeni kao područja s visokom zastupljenošću ugroženih vrsta (Nieto i Alexander, 2010).

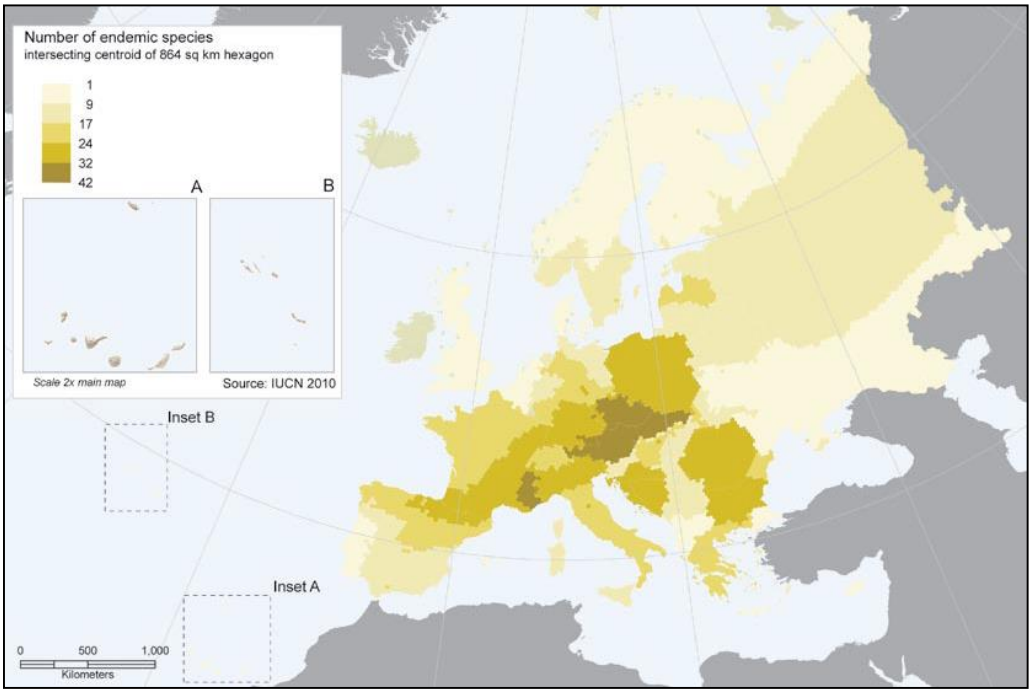
Endemizam saproksilnih vrsta značajno je visok u središnjoj i istočnoj Europi. Područje Pireneja i južne Europe također pokazuje veliku zastupljenost endema. Mediteranski otoci i otoci Makronezije imaju mnoge prostorno – ograničene vrste endemski saproksilnih kornjaša iako se ta područja nužno ne pojavljuju na kartama koje prikazuju bogatstvo ovih vrsta jer uobičajeno svaki zaseban otok ima jednu ili nekoliko endemskih vrsta (Nieto i Alexander, 2010) (Slika 3).



Slika 1. Bogatstvo vrsta saproksilnih kornjaša na području Europe
(slika preuzeta iz Nieto i Alexander, 2010)



Slika 2. Rasprostranjenost ugroženih vrsta saproksilnih kornjaša na području Europe
(slika preuzeta iz Nieto i Alexander, 2010)



Slika 3. Rasprostranjenost endemskih vrsta saproksilnih kornjaša na području Europe (slika preuzeta iz Nieto i Alexander, 2010)

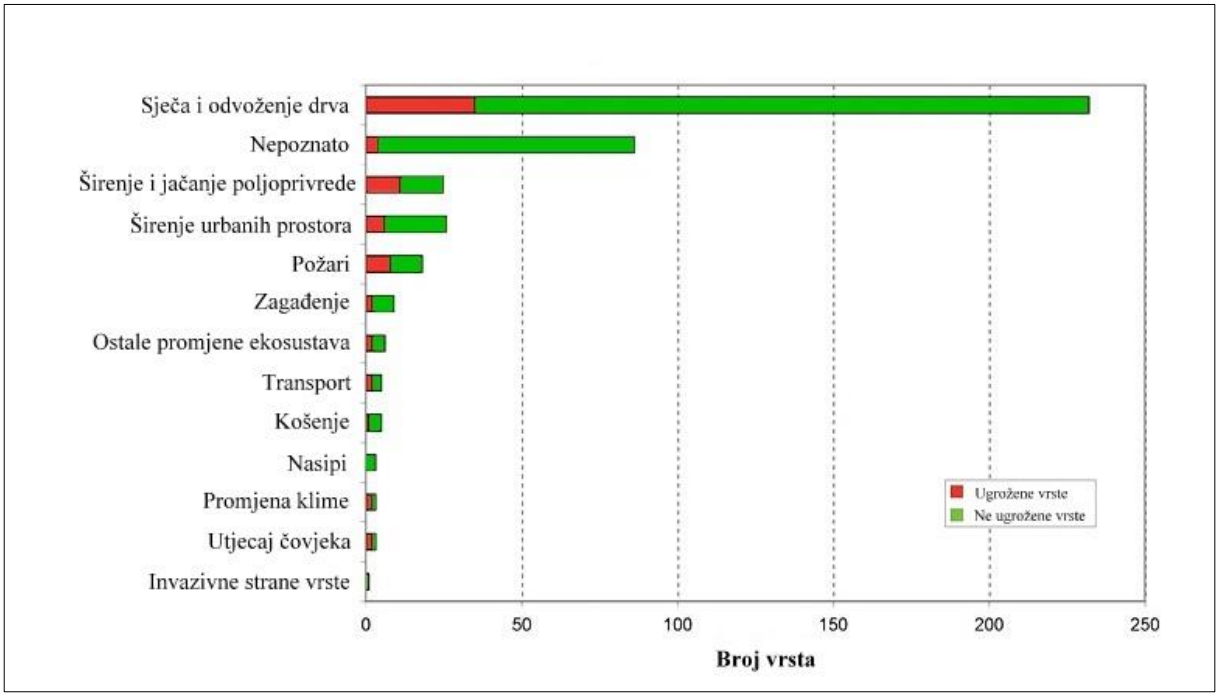
2.3. Status zaštite

Status saproksilnih kornjaša procijenjen je na europskoj razini te na razini 28 članica EU. Na europskoj razini 10.7% smatra se ugroženima od čega su 0.5% kritično ugrožene, 6.3% ugrožene, a 3.9% osjetljive vrste. Postotnim udjelom od 13% (56 vrsta) zastupljene su vrste blizu ugroženosti. Puno veći udio ugroženih vrsta nalazi se na području 28 članica EU (14% vrsta je ugroženo od čega 0.7% kritično ugroženo, 7.9% ugroženo i 5.4% osjetljivo) s 14% vrsta koje su blizu ugroženosti. Za više od jednu četvrtinu vrsta u Europi (122 vrste – 28%) ne postoji dovoljno podataka iz znanstvenih radova kako bi se utvrdio stupanj ugroženosti tih vrsta te su one obilježene kao nedovoljno poznate (Nieto i Alexander, 2010).

U prilogu II Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (Council Directive 92/43/EEC) Europske unije, gotovo su trećina kornjaša saproksilne vrste, staništa im se sve više fragmentiraju i uništavaju što ukazuje na njihovu ugroženost i potrebu za zaštitom. Provedba ove Direktive odvija se kroz uspostavu ekološke mreže NATURA 2000 sastavljene od područja važnih za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova Europske unije. Njezin je cilj očuvati ili ponovno uspostaviti povoljno stanje više od tisuću ugroženih i rijetkih vrsta te oko 230 prirodnih i poluprirodnih stanišnih tipova. Dosad je u ovu ekološku mrežu uključeno oko 30 000 područja na gotovo 20% teritorija EU što je čini najvećim sustavom očuvanih područja u svijetu (web 1). Europska Crvena lista sastoji se od 436 vrsta saproksilnih kukaca autohtonih za područje Europe ili utvrđenih na tom području (Nieto i Alexander, 2010). Jedna od osnovnih obaveza svake države članice potpisnice Direktive je i sustavno praćenje (monitoring) svih NATURA 2000 vrsta. Članak 17. Direktive o staništima obvezuje države da svakih šest godina podnose izvješća s rezultatima praćenja NATURA 2000 vrsta.

2.4. Prijetnje ugroženosti saproksilnih kornjaša

Nekontrolirano gospodarenje šumama u pogledu sve veće sječe i odvoženja stabala radi povećane potrebe u industriji razlozi su koji dovode do fragmentacije areala i ekosustava saproksilnih kornjaša. Upravo sječa i odvoženje stabala imaju najveći utjecaj kako na ugrožene tako i na one koji nisu ugroženi i imaju utjecaj na 35 od 75 ugroženih vrsta, tj. na ukupno 232 vrste. Proširivanje poljoprivrednih površina, jačanje poljoprivrede kao i širenje urbanih prostora također izrazito prijeti brojnosti i raznolikosti ove skupine organizama i negativno se odražavaju na 25 od 26 saproksilnih vrsta. Ostale značajne prijetnje uključuju šumske požare i sprječavanje požara (Nieto i Alexander, 2010). Od izuzetne je važnosti nedostatno poznavanje, razumijevanje i razmatranje preferiranih staništa saproksilnih vrsta jer ona ovise o dinamici starenja stabala i procesima raspadanja drvne mase. Većinom se stara i trula stabla kao i panjevi suviše brzo uklanjaju te ne može doći do prirodnog stvaranja šupljina i duplji u stablima. Drvna masa unutar šupljina se u hrastova počinje stvarati kada su stabla dostigla starost od oko 150–200 godina (Ranius, 2002). Veliku važnost ima gospodarenje zemljištem i šumama koje apsolutno ograničava bilo kakav oblik intervencije ili pak uključuje minimalne intervencije. Prijetnje za 86 saproksilnih vrsta za sada ostaju nepoznate (Slika 4).



Slika 4. Glavne prijetnje za ugroženost saproksilnih kornjaša na području Europe (modificirano prema Nieto i Alexander, 2010)

2.5. Utjecaj okolišnih čimbenika

Istraživanja saproksilnih kornjaša uključuju praćenje različitih okolišnih čimbenika koji mogu direktno ili indirektno utjecati na njihovu brojnost i sastav zajednice određenog područja. Promjer drveta jedna je od varijabli koja se u većini istraživanja uzima u obzir. Na visini od 150 cm od tla računa se promjer stabla. Ovaj podatak nam također govori o potencijalnoj starosti drveta. Uz promjer u obzir se uzima i visina na kojoj se nalazi šupljina unutar stabla. Ovisno o visini može se utvrditi letna aktivnost kukca, kako onog koji boravi pri dnu drveta, tako i onog koji svoje stanište može pronaći u šupljinama na visini većoj i od 200 cm.

Istraživanjem su se utvrdile dvije početne varijable, pokrivenost krošnjom i ponovni rast šume. Svaka od ove dvije varijable još su dodatno bile određene sa sedam varijabli koje bi mogle utjecati na krajnji rezultat. Korištene varijable bile su udio drvne mase, područje ulaska u šupljinu, okolna pokrivenost krošnjom, smjer ulaska s obzirom na osunčanost, smjer prema gore – ako je ulaz više ili manje vertikalno ili horizontalno, visina ulaska iznad tla te promjer debla (Ranius i Jansson, 2000). Pokrivenost krošnjom kao i osunčanost određenih postaja također su uzeti u obzir u istraživanju (Vodka i sur., 2009).

Učinkovitost uzorkovanja može biti i pod utjecajem i činjenicom da aktivnost kukaca ovisi o mikroklimi staništa. Ova bi se varijabla mogla koristiti pri uspoređivanju rezultata uzorkovanja kukaca na sunčano izloženim i zasjenjenim stablima. Istraživanja saproksilnih kornjaša hrastove šume pokazala su utjecaj vertikalne pokrivenosti krošnje u okolini (Ranius i Jansson, 2002). Hrastova stabla bila su podijeljena u tri skupine: izložena stabla (10 – 30 % pokrivenosti), poluizložena stabla (30 – 70 % pokrivenosti) i zasjenjena stabla (70 – 90 % pokrivenosti). Rezultati su pokazali da je više vrsta i jedinki uzorkovano u izloženih stabala što je posljedica toplije mikroklime i osunčanosti što dovodi do povećanja bogatstva vrsta. S obzirom na tip mikrostaništa u stablu koji nastanjuju, razlikovale su se grupe: (1) ROT, truli sadržaj u bilo kojem dijelu debla, (2) HOLLOW, truli sadržaj u deblu isključivo iznutra u šupljinama, (3) NEST, životinjska gnijezda u šupljinama, (4) FUNGI, plodišta saproksilnih gljiva, (5) DRY, mrtvo i suho drvo u stablu te (5) BRANCH, grane starih hrastova. Najveći broj saproksilnih vrsta uzorkovan je u trulom sadržaju šupljine debla (HOLLOW) te u trulom sadržaju bilo kojeg dijela debla (ROT).

Postoje dva temperaturna razreda, hladni (sa srednjom godišnjom temperaturom od 6.8°C) i topli (srednja godišnja temperatura od 8.4°C) na temelju čega je utvrđeno više indikatorskih saproksilnih vrsta (74) na toplijim područjima nego na hladnijim (28 vrsta) (Lachat i sur., 2012).

Količina mrtve drvne mase također je bila relevantan podatak za utvrđivanje sastava i broja saproksilnih kornjaša jer je to sasvim nova ekološka niša i stanište ove skupine kornjaša. Odabrana su stabla koja su sadržavala različite količine mrtve drvne mase i podijeljena u tri kategorije: mali udjeli drvne mase (< 30 m^3/ha), srednji udjeli drvne mase (≥ 30 do < 70 m^3/ha) i veliki udjeli drvne mase (≥ 70 m^3/ha). Utvrđena je veća prisutnost indikatorskih vrsta gdje je udio drvne mase bio veći.

Sastav ove ekološke zajednice također je pod utjecajem otvorenosti krošnje iznad postavljenih klopki, evaporacija vode iz cilindra vertikalno postavljenog uz svaku klopku, visina klopki od tla, kao i udaljenost klopki od najbližeg ruba šume te količina mrtve drvne mase. Uz ove varijable također se uzeo najviši promjer debla u visini prsa unutar kruga od 20 m oko svake klopke, zbroj promjera svih živih stabala, promjer debla (u visini prsa) u stabala gdje su bile obješene klopke, broj stabala s promjerom u visini prsa većim od 10 cm unutar 20 m, dužina ruba šume (unutar 20, 50 i 100 m) (Vodka i Cizek, 2013). Horizontalni gradijent koji uključuje rub šume pa sve do unutrašnjosti više utječe na distribuciju saproksilnih kornjaša nego vertikalni gradijent od donjeg sloja do krošnje. Utvrđen je veći broj vrsta na rubu šume (60%) u usporedbi s unutrašnjosti, a više ih je bilo u nižem sloju nego u krošnjama. Suprotno, u unutrašnjosti šume većina vrsta (80%) bila je utvrđena u višim slojevima krošnji. Distribucija saproksilnih kornjaša bila je pod utjecajem pokrivenosti krošnjom i dostupnošću svjetlosti.

2.6. Indikatorske vrste

Utvrđivanje, zaštita i monitoring ključnih područja i stanišnih tipova koji podržavaju veliki broj rijetkih ili ugroženih vrsta ključan je zadatak u procesu konzervacije, tj. zaštite određenih vrsta i skupine organizama (Myers i sur., 2000; Henle i sur., 2013). Indikatorske se vrste često koriste umjesto cijelih studija istraživanja kako bi se utvrdila područja s velikim bogatstvom vrsta i/ili konzervacijskom vrijednošću (Andersson i sur., 2014). Stoga je važno, kada se odabiru područja za zaštitu, znati koja su to područja koja imaju najveće bogatstvo vrsta ili pak najrjeđe vrste (Ratcliffe, 1977; Usher, 1986).

U dosadašnjim su se studijama kao indikatorske vrste koristile biljke te beskralježnjaci pretežito morskih i akvatičkih ekosustava, a recentnije se beskralježnjaci koriste i u terestričkim ekosustavima. Najznačajniji su korišteni modeli kao indikatori iz porodice Lepidoptera (leptiri) i Hymenoptera (Apidae – bumbari) osobito na otvorenim staništima poput travnjaka (Rosenberg i sur., 1986; Sparrow i sur., 1994; Nilsson i sur., 1995; McGeoch, 1998; Bazelet i Samways, 2011; Bazelet i Samways, 2012; Bommarco i sur., 2012; Gerlach i sur., 2013). Sa svojim usko vezanim šumskim mikrostaništima poput šupljina u deblima, beskralježnjaci se smatraju osobito korisnim pokazateljima u staništima sa starim zajednicama šuma (Gibbons i Lindenmayer, 1996).

Pouzdano utvrđeni indikatori od velike su važnosti kako bi se postigli kratkoročni ciljevi koji uključuju utvrđivanje i očuvanje ključnih staništa koja još uvijek pružaju veliki i raznoliki raspon vrsta. Kao dugoročne mjere treba se fokusirati na regeneraciju budućeg staro– rastućeg staništa, kako bi se proširili ili integrirali izolirani fragmenti staništa u veću mrežu unutar ekosustava (Margules i Pressey, 2000; Lindenmayer i sur., 2006).

Fauna saproksilnih kornjaša u istraživanjima predstavlja veliki izazov jer ih je teže uzorkovati, a obuhvaćaju veliku taksonomsku raznolikost što zahtijeva visoku razinu taksonomske stručnosti pri utvrđivanju i determinaciji (Horak i Chobot, 2011). Recentna istraživanja ukazala su na vrstu *Osmoderma eremita* koja bi mogla biti prikladna indikatorska vrsta unutar skupine (Ranius, 2002; Jansson i sur., 2009) te se naziva i krovna vrsta („umbrella species“) jer njen opstanak u staništu predstavlja nužnost za pravilno funkcioniranje ekosustava i očuvanje cijele zajednice beskralježnjaka vezanih uz šuplja stabla na europskoj razini (Ranius i sur., 2005; Jurc i sur., 2008).

Reprezentativna će raznolikost vrsta svakako biti bolji i više zadovoljavajući kriterij za određivanje mjesta od velike konzervacijske vrijednosti (Cousins, 1991; Webb, 1989). Ta strategija zahtijeva popis uobičajenih skupina vrsta za kombinacije staništa i ekoloških faktora

(Dufrêne i Legendre, 1997). Kao rezultat toga, ključni je korak odabiranje najboljih mogućih indikatorskih vrsta (Juutinen and Monkkonen, 2004), što je potrebno u područjima praćenja stanja i upravljanja (Dufrêne i Legendre, 1997). Unatoč tome što se zna koja je informacija potrebna, konzervatori su često suočeni s nezadovoljavajućom dosadašnjom praksom u očuvanju prirode, a osobito u beskralježnjaka. Unutar mreže NATURA 2000 samo je nekoliko vrsta kukaca određeno kao relevantno za ocjenjivanje vrijednosti očuvanja određenog područja, npr. u Njemačkoj je samo sedam vrsta saproksilnih kukaca na popisu. Osim toga, odabir tih vrsta temelji se samo na mišljenju stručnjaka, a ne na temelju sveobuhvatne analize skupova podataka. Prema tome postoji velika potreba za znanstveno-utemeljeni razvoj popisa indikatorskih vrsta za pojedina staništa.

Indikatorske se vrste mogu razvrstati u tri kategorije (McGeoch, 1998): okolišni, ekološki i indikatori bioraznolikosti. Ekološki se indikatori koriste za praćenje promjena u staništima kako bi se procijenio utjecaj poremećaja na ekosustav. Kako su ograničeni na jedan ili nekoliko stanišnih tipova, oni su bolji indikatori nego stanišni generalisti zbog njihove veće osjetljivosti na okolišne uvjete koji mogu dovesti do lokalnih ili regionalnih izumiranja (Carignan i Villard, 2002). Prema tome, mogu se smatrati indikatorskim vrstama (karakteristične vrste) ili specijaliziranim vrstama za određenu vrstu staništa.

Mrtva se drvna masa koristila kao indikator za prirodne europske bukove šume (Christensen i sur., 2005). U ovom istraživanju, fokusirali su se na saproksilne kornjaše kao indikatorske vrste u šumama gdje dominiraju bukve diljem Europe. Ova ekološka skupina predložena je kao pogodna za istraživanja bioraznolikosti na području ovih šuma (Brunet i sur., 2010). Koristili su nedavno uspostavljene statističke metode te smatrali temperaturu i količinu mrtvog drveta kao glavne varijable od značajnog utjecaja. Temperatura ima pozitivni učinak na bogatstvo vrsta kako je predloženo na temelju hipoteze o energiji vrsta (Wright, 1983). Količina mrtve drvne mase pozitivno je utjecala na količinu saproksilnih kornjaša (Müller i Bütler, 2010) te se također može povezati s temperaturom. Također su utvrdili vrijednost očuvanja određenih indikatorskih vrsta s obzirom na njihov konzervacijski status u različitim nacionalnim i europskim listama (npr. crvene liste).

2.7. Pregled dosadašnjih istraživanja kornjaša u Hrvatskoj

Istraživanja beskralježnjaka na području Parka prirode Kopački rit počela su 1943. godine istraživanjima u okviru biološke stanice Albertina, a kornjaši (Coleoptera) bili su istraživani od strane istraživača Szekessy (1944). Ispitivanja kukaca obuhvatila su predstavnike grizlica (Psocoptera) i kornjaša (Coleoptera) što ujedno predstavlja i prva istraživanja tih kukaca na navedenom području (Mihaljević i sur., 1999). Entomološka istraživanja skupine kornjaša obavljena su na području Kopačkog rita tijekom razdoblja 1983. – 1987. godine u šumskom pojasu Vrbik-Topolik, u hrastovoj šumi, na obalnom pojasu Sakadaškog jezera te okolnim livadama. Posebno su bili istraživani kornjaši koji žive u tlu (zemljišna entomofauna), odnosno na šumskom drveću i ostalom bilju. Na temelju tih istraživanja utvrđeno je 85 vrsta kornjaša iz 15 porodica među kojima se nalaze i neke saproksilne vrste kornjaša poput *Cerambyx cerdo* (Linnaeus, 1758) i *Elater ferrugineus* (Linnaeus, 1758). Najveći broj vrsta kornjaša iz porodice Carabidae utvrđen je u hrastovoj šumi Kopačkog rita (Mihaljević i sur., 1999). Poznavanju roda *Carabus*veliki doprinos je ostvario izrađeni pregled svih vrsta ovog roda na području Hrvatske s posebnim osvrtom na probleme u taksonomiji. Ovaj rod broji 132 vrste u Europi, dok su 32 vrste i 53 podvrste utvrđene na području Hrvatske (Šerić Jelaska i sur., 2004).

Fauna i sezonska dinamika vodenih kukaca (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha i Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophiloidea) također je bila istraživana na širem području Parka prirode Kopački rit te je utvrđena prisutnost 42 vrste vodenih kukaca (Merdić i sur., 2005). Istraživanjem na periodično poplavljenom području Specijalnog zoološkog rezervata te melioracijskim kanalima u okolici Kopačkog rita utvrđena je prisutnost 71 vrste (Turić i sur., 2012). Raznolikost vodenih kornjaša, faune Hydradephaga, istraživala se i na području Parka prirode Lonjsko. U privremenim lokvama tog područja uzorkovano je 29 vrsta Hydradephaga (Temunović i sur., 2007). Prisutnost 98 vrsta iz reda kornjaša također je utvrđena u Lonjskom polju (Durbešić i sur., 2000; Brigić i sur., 2003; Temunović i sur., 2007) od kojih se 46 vrsta pojavljuje i u Kopačkom ritu (Krčmar, 2014).

Dugogodišnja istraživanja kornjaša (Coleoptera) kao i ostalih skupina kukaca obavljena su u razdoblju od 2007. do 2014. godine u sklopu projekta *Entomofauna Kopačkog rita* financiranog od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske. Sveukupno su utvrđene 723 vrste od čega 95 vrsta trčaka (Carabidae) (Domić i sur., 2009) te 23 vrste iz porodice Scarabaeidae (Kulundžić i sur., 2014). Pregled prisutnih vrsta kukaca, baziran na literaturnim nalazima i neobjavljenim podacima, izrađen je na temelju starih, ali i recentnih istraživanja

entomofaune područja Kopačkog rita. Većina podataka korištena je iz raznih entomoloških časopisa, magistarskih radova, doktorskih disertacija, ekoloških studija te stručne literature. Cilj je bio prikupiti sve stare i recentne podatke kako bi se utvrdilo bogatstvo entomofaune Kopačkog rita (Krčmar, 2014). Utvrđeno je 895 vrsta kukaca, svrstanih u 8 redova, i 90 porodica. Red kornjaša (Coleoptera) je nakon reda leptira (Lepidoptera – 35,53%) imao najveći broj vrsta s udjelom od 29,38%. Dvije su vrste iz reda kornjaša (Coleoptera) osjetljive vrste (VU) prema IUCN-ovom Crvenom popisu, dok je 8 vrsta uvršteno na Dodatku II Bernske konvencije ili Dodatku II i/ili IV Direktive o europskim staništima. Utvrđeno je šest vrsta od europske važnosti iz reda kornjaša. Vrsta *Graphoderus bilineatus* (De Geer, 1774) je osjetljiva vrsta (VU) i nalazi se na Dodatku II Bernske konvencije i Dodatku II i IV EU Direktive o staništima. Vrsta *Cerambyx cerdo* je također na listi kao osjetljiva vrsta (VU) u svijetu, dok su vrste *Elater ferrugineus* i *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758) označene kao gotovo ugrožene (NT) na Europskoj crvenoj listi saproksilnih kornjaša. Najmanje zabrinjavajuće vrste (LC) su *Melanotus villosus* (Fourcroy, 1785) i *Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1785) (LC) na europskoj razini (Krčmar, 2014).

Zbog vrlo slabe istraženosti entomofaune na području Medvednice ukazala se potreba za prvim istraživanjem faunističke i zoogeografske rasprostranjenosti kornjaša na području šumskih zajednica ovog područja. Utvrđena je prisutnost 47 vrsta kornjaša svrstanih u 36 rodova i 17 porodica te u dva podreda Adephaga i Polyphaga. Također je utvrđeno da su prema vertikalnoj distribuciji to bile uglavnom montane vrste, a s obzirom na stanište bile su prisutne pretežito šumske vrste (Durbešić i sur., 1994). Sastav faune trčaka kao i zoogeografska pripadnost te status zaštite u šumskim zajednicama na području Parka prirode Učka bio je istraživan tijekom vegetacijske sezone u 2008. godini. Utvrđeno je 35 vrsta trčaka od čega 8 endemskih, a s obzirom na zoogeografsku rasprostranjenost pripadaju razmeđi mediteranske i eurosibirske-sjevernoameričke regije s prisutnim alpskim elementima. Četvrtina uzorkovanih vrsta nalazila se na Crvenom popisu trčaka Republike Hrvatske, dok je faunistički najznačajniji nalaz ugrožene vrste čvorastog trčka (*Carabus variolosus nodulosus*, Fabricius 1787) koji je na Crvenom popisu označen kao osjetljiva vrsta te se nalazi na Dodatku II i IV Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (DIRECTIVE 92/43/EEC) (Rukavina i sur., 2010).

Na području Hrvatske također se istraživala fauna krasnika (Buprestidae), a dva nova nalaza vrste *Anthaxia nigrojubata incognitana* (Bílý, 1974) predstavljaju vrijedan nalaz za faunu kornjaša ovih područja (Koren i sur., 2014). Istraživanjem faune božjih ovčica (Coccinellidae) provedenom od svibnja do listopada 2011. i 2012. godine u vinogradima u okolici Zadra

utvrdila se najveća brojnost na svim lokalitetima vrste *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (41,1 %) i Scymnus spp. (Kugelann, 1794) (23,8 %) (Franin i sur., 2014). Vrste listorožaca (Cetoniinae) također su bile predmet istraživanja. Na području grada Zagreba istražena je dinamika populacije zlatnih mara i ružičara te je utvrđena dominantnost vrste *Tropinota hirta* (Poda, 1761), slijede *Cetonia aurata aurata* (Linnaeus, 1761) i *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761), dok je *Protaetia cuprea obscura* (Fabricius, 1775) bila najmanje zastupljena (Pajač i sur., 2010).

Recentnija istraživanja skupine saproksilnih kornjaša vezana su uglavnom uz stare gradske parkove gdje je u Parku Maksimir uzorkovano 850 jedinki kornjaša svrstanih u 27 porodica. Strizibube (Cerambycidae) i zlatne mare (Cetoniidae) bile su porodice s najviše utvrđenih vrsta (Dražina i Temunović, 2011). U istom je Parku utvrđeno preko 60 različitih vrsta kornjaša, od kojih se 16 nalazi na Europskom crvenom popisu saproksilnih kornjaša.Ovim su istraživanjem također utvrđene potencijalno stabilne populacije dvije NATURA 2000 vrste kornjaša *Cerambyx cerdo* i *Lucanus cervus* (Dražina i sur., 2012). Porodica strizibuba istraživana je na tri lokaliteta središnje Istre gdje je zabilježeno 35 vrsta strizibuba, a vrste *Ergates faber* (Linnaeus, 1761) i *Prionus coriarius* (Linnaeus, 1758) prvi su put zabilježene u Istri. Faunistički je najznačajniji nalaz mrke strizibube (*Morimus asper funereus*, Mulsant 1862) koja se smatra ugroženom vrstom i nalazi se na Dodatku II Bernske konvencije (Koren, 2010). Tijekom 2009. godine uzorkovala se fauna trčaka (Carabidae), strizibuba (Cerambycidae) i natporodice Scarabaeoidea na jadranskim otocima Kornatu, Žutu i Lavci. Utvrđeno je 39 vrsta kornjaša, od čega je 35 njih po prvi puta zabilježeno na otocima. Uzorkovana je vrsta *Parmena bicincta* (Kuster, 1849) iz porodice strizibuba, endem Jadranske obale, dok ista na otoku Lavsi još nije zabilježena (Koren i sur., 2010). Fauna zlatnih mara (Cetoniidae) obrađivana je na području sjeverne Dalmacije tijekom 2005. – 2007. godine (Ražov i sur., 2009).

Literaturno je zanimljivo praćenje dviju azijskih vrsta strizibuba *Anoplophora chinensis* (Forster, 1971) i *A. glabripennis* (Motschulsky, 1853) koje su klasificirane kao invazivne vrste u šumama na području Hrvatske i karantenski su organizmi. Prijetnja su listopadnom drveću europskih parkova i šuma, a do sada su nađene samo u parkovima ili rasadnicima. U Hrvatskoj se provodi poseban nadzor za vrstu *A. chinensis* te se šume na određenim mjestima pregledavaju dva puta godišnje (Pernek, 2012).

Iako je vrlo rijetka vrsta, u Republici Hrvatskoj utvrđen je široki areal vrste *Osmoderma eremita* (Scopoli, 1763). Postoje podaci s 31 lokaliteta od 1892. do 2000. godine koji obuhvaćaju područja Istre, Primorja, otoka na Kvarneru, Gorskog kotra, Dalmacije, Zagorja i Prigorja te

Slavonije (Jankovac, 1916; Pleternica, 1906; Dilj, prije 1906.; Vinkovci, prije 1906; Padež, 2000). Do sada nisu provođena istraživanja bazirana na praćenju ove vrste (Ranius i sur., 2005).

Najnoviji nalazi istraživanja saproksilnih kornjaša na području ekološke mreže NATURA 2000 Strahinjščice i Ivanščice u Krapinsko–zagorskoj županiji pokazuju prisutnost 148 zabilježenih vrsta od čega je 27 na Crvenom popisu saproksilnih kornjaša Europe. Potvrđena je prisutnost četiri NATURA 2000 saproksilne vrste: obični jelenak (*Lucanus cervus*), velika hrastova strizibuba (*Cerambyx cerdo*), velika četveropjega cvilidreta (*Morimus funereus*) i alpska strizibuba (*Rosalia alpina*, Linnaeus 1758) (Lauš i Temunović, 2015).

2. 8. Cilj istraživanja

Cilj je ovog diplomskog rada utvrditi brojnost, raznolikost i sezonsku dinamiku saproksilnih kornjaša unutar različitih šumskih zajednica Parka prirode Kopački rit. Također će se utvrditi učinkovitost različitih metoda uzorkovanja koje se koriste za praćenje ove skupine te će se dati osvrt na ugrožene vrste saproksilnih kornjaša koje su od posebne važnosti za očuvanje.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Područje istraživanja

Smješten na sjeveroistoku Hrvatske, u kutu rijeka Drave i Dunava, Park prirode Kopački rit predstavlja jedno od najvećih fluvijalno–močvarnih nizina u Europi. Njegov geografski položaj nalazi se na 45°15'- 45°53' geografske širine i 16°06'- 16°41' geografske dužine, a površina parka iznosi 100 km². Ovalnog je oblika s 8 – 10 km dužine u smjeru zapad-istok i 7–9 km u smjeru sjever-jug (Mihaljević, 1999).

Kopački rit je odlukom Sabora Republike Hrvatske 1967. godine zbog svoje značajne ekološke vrijednosti proglašen Upravljanim prirodnim rezervatom na tadašnjoj površini od 17 730 ha (Narodne novine, 45/97), a bio je podijeljen na uže i šire područje. Na temelju Zakona o zaštiti prirode iz 1976. godine uže područje rezervata s površinom od 7 220 ha stavljeno je pod status Specijalnog zoološkog rezervata dok je šire područje od 10 510 ha proglašeno Parkom prirode (Narodne novine, 45/76). Specijalni je zoološki rezervat ponovno Zakonom o zaštiti prirode iz 1994. godine (Narodne novine, 30/94) preimenovan u Posebni zoološki rezervat u kojemu nisu dopuštene radnje koje bi mogle narušiti njegov status zaštite, a te radnje uključuju branje i uništavanje biljaka, uznemiravanje, hvatanje i ubijanje životinja, unošenje alohtonih vrsta, melioracijski zahvati te razni oblici gospodarskog i ostalog korištenja. Godine 1993. Kopački rit uvršten je na Popis međunarodno značajnih močvara („List of Wetlands of International Importance") sukladno *Konvenciji o močvarama koje su od međunarodnog značenja, osobito kao prebivališta ptica močvarica*, prihvaćenoj 1971. godine u Ramsaru (broj: 3HR002). Njegov izgled i struktura značajno ovise o vodnom režimu dvaju rijeka, Dunava i Drave, koji je izrazito specifičan, osobito u proljeće kad počinje otapanje snijega i leda u Alpama te s obzirom na topljenje raste vodostaj tih rijeka. Tok Dunava široko zavija po Srednjoj Europi i kada njegov vodni val stigne do ušća Drave njegovo korito ne može primiti novu količinu vode i počinje ulaziti sustavom kanala u Kopački rit uzrokujući sezonske poplave. Za održavanje čitavog poplavnog ekosustava vrlo je važna redovita pojava i trajanje poplava kao i održavanje određene razine vode. Kopački rit je zapravo retencijski prostor za prihvat izlivenih dunavskih voda, u kojem se određena količina vode zadrži nakon što se poplavne vode povuku u korito matične rijeke (Springer i sur., 2003). Početkom i sredinom ljeta stiže voda iz Dunava i poplavljuje cijelo područje rita, a prosječno trajanje poplava je oko 90 dana (Mikuška, 1979). Dio područja Parka prirode nalazi se iza obrambenih nasipa i u tom području režim voda definiran je odvodnim i melioracijskim kanalim.

Područje Parka prirode većim je dijelom godine u tzv. sušnom razdoblju odnosno u tom periodu vode jezera, bara i kanala otječu Hulovskim kanalom u Dunav, a kada je vodostaj ispod praga prestaje dotok površinske vode. Upravo u mjesecima najveće insolacije, a time i najveće evaporacije i evapotranspiracije dolazi do deficita vode. U sušnom razdoblju voda je uglavnom u postojećoj kanalnoj mreži i jezerima koja su dublja, kao što su Sakadaško i Kopačko jezero. Komunikacije voda uglavnom nema, a površine jezera i bara vidljivo se smanjuju. Biološka raznolikost, koja je na prostoru Kopačkog rita, izuzetno je velika i vrlo vrijedna što je izravna posljedica hidrološkog režima (Bonacci i sur., 2002).

Zahvaljujući razlikama u mikroreljefu, različita je dubina vode, visina i trajanje poplave što kao posljedicu ima razvoj različitih tipova vegetacije. S jedne strane to su različiti tipovi šuma, a s druge močvarna i vodena vegetacija. Šume i šumske površine posebne namjene zauzimaju 7 119 ha, odnosno 31% ukupnih površina Parka prirode. Šume hrasta lužnjaka s njegovim subasocijacijama nalaze se mozaično, prateći reljef terena.Tipična šuma jasena i brijesta prostorno je dominantna šumska zajednica na sjeverozapadnom dijelu Parka prirode, prisutna na sjevernom dijelu Parka, uz Dunav te neznatno uz rijeku Dravu gdje se miješa sa šumom bijele vrbe s kupinom. Površinom je najzastupljenija biljna zajednica kopnenog trščaka (As. *Phragmitemum australis*), koja je prisutna u svim dijelovima Parka prirode, osim sjeverozapadnog dijela gdje je nema. Zajednica visokih šaševa (As. *Caricetum elatae*) prisutna je najviše u dijelu posebnog zoološkog rezervata i to na lokaciji uz ribnjake (Nacionalna klasifikacija staništa RH, III. dopunjena verzija).

U Parku prirode razlikujemo četiri osnovne zajednice šuma (šume hrasta lužnjaka, šume brijesta i poljskog jasena, šume bijele i crne topole, šume bijele vrbe) s 10 podtipova koji se izdvajaju po karakterističnim vrstama drveća, grmlja i prizemnog raslinja. Na nekim sjevernim, uzdignutim dijelovima terena s kojih se plavna voda brže ocjeđuje, u vrijeme poplava tijekom godine nastaju uvjeti pogodni za rast vrbe, a u vrijeme sušnog razdoblja za rast hrasta lužnjaka. Promjenama režima vode u tlu prilagodila se i vegetacija pa su u nekad čiste lužnjakove šume u međuvremenu urasle hidrofilne vrste drveća: domaće topole, vrba, jasen i brijest (Springer i sur., 2003).

3.2. Terenski dio istraživanja

Terenski dio istraživanja bio je proveden kroz sedam mjeseci od 16.4. do 10.10.2014. godine. Odabrane tri postaje za ovo istraživanje nalazile su se na području Parka prirode Kopački rit (Slika 5):

A. Tikveš – šuma hrasta lužnjaka i graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*),
B. Pustara Tikveš – šuma bijele i crne topole (*Populetum nigro-albae*) i
C. Podunavski ribnjaci – fragment zajednice šume bijele vrbe s kupinom (*Rubeto-Salicetum albae*).

Slika 5. Karta istraživanog područja s označenim postajama uzorkovanja

Veliki dio Kopačkog rita kao i cijelog poplavnog područja Dunava, obrastao je različitim poplavnim šumama. Šikare rakite (*Salix purpurea*) pružaju se duž Novog kanala i na podnožju nasipa. Prizemni sloj ove zajednice potpuno je obrastao različitim biljkama poput vrsta: plava kupina (*Rubus caesius*), močvarna potočnica (*Myosotis scorpioides*), žuta perunika (*Iris pseudacorus*), (*Lythrum salicaria*), bjelkasta rosulja (*Agrostis stolonifera*), obična metiljka (*Lysimachia vulgaris*), močvarna i vrbolika mlječika (*Euphorbia palustris* i *E. salicina*) i druge vrste (Springer i sur., 2003).

Prva postaja (postaja A) bila je šuma hrasta lužnjaka i graba (As. *Carpino betuli-Quercetum roboris*) oko dvorca u Tikvešu koja je izvan utjecaja plavljena te je kao takva pokazatelj kopnenog staništa (Slika 6). U ovim šumama nalazimo bogat sloj grmlja: bijeli glog (*Crataegus monogyna*), bekovina (*Viburnum opulus*), klen (*Acer campestre*), lijeska (*Corylus avellana*), obična kalina (*Ligustrum vulgare*), ali i mnoge zeljaste biljke: gomoljasti gavez (*Symphytum tuberosum*), obični procjepak (*Scilla bifolia*), obična i dlakava dobričica (*Glechoma hederacea* i *G. hirsuta*), šarena srba (*Galeopsis speciosa*), mjehurica (*Physalis alkekengi*), šumski i pogrnuti ovrtnjak (*Carpesium abronatoides* i *C. cernuum*), đurđica (*Convallaria majalis*), bademolisna mlječika (*Euphorbia amygdaloides*), nedirak (*Impatiens noli-tangere*), velecvjetni jaglac (*Primula vulgaris*), šumska ljubica (*Viola reichenbachiana*) i druge biljne vrste (Springer i sur., 2003). Na temelju Nacionalne klasifikacije staništa RH (III. dopunjena verzija) mješovita šuma hrasta lužnjaka i običnog graba najznačajnija je šumska zajednica planarnog vegetacijskog pojasa koja se razvija izvan dohvata poplavnih voda. Uz lužnjak i grab u floističkom sastavu značajni su svi najvažniji karpinetalni i fagetalni elementi. Prosječna je razina podzemne vode izvan zone korijenovog sustava običnog graba, ali redovno unutar zone korijenovog sustava hrasta lužnjaka.

Pustara Tikveš bila je druga postaja (postaja B) koja je bila na višim položajima i činila šumu bijele i crne topole (As. *Populetum nigro-albae*) (Slika 7). Ove su šume na području Parka prirode vrlo rijetke te ih se može zapaziti na nekim gredama po karakterističnim nakupinama bijele topole (*Populus alba*) (Springer i sur., 2003). Ova šumska zajednica topola razvija se u onom dijelu poplavnog područja, u kojem poplave traju samo kraće vrijeme. U Hrvatskoj je poznata iz Podunavlja, ali se može mjestimično susresti i na više mjesta uz velike rijeke Savu i Dravu i izvan Podunavlja. U sloju drveća dominiraju crna topola (*Populus nigra*) i bijela topola (*Populus alba*), a dolaze još i brijest (*Ulmus laevis*) i jasen (*Fraxinusangustifolia*). U sloju grmlja ističu se crni glog (*Crataegus nigra*) i plava kupina (*Rubus caesius*), a u sloju niskog raslinja obična vučja noga (*Lycopus europaeus*), *Scrophularia alata*, paskvica (*Solanum*

dulcamara), šumska anđelika (*Angelica sylvestris*), ljetni drijemovac (*Leucojum aestivum*), hmelj (*Humulus lupulus*) i dr. (NKSRH, III- izdanje).

Treća postaja (postaja C) obuhvaćala je Podunavske ribnjake, tj. fragment zajednice šume bijele vrbe s kupinom (As. *Rubeto-Salicetum albae*). Ovo je područje zbog visokih temperatura tijekom sedam mjeseci istraživanja bilo presušeno ili djelomično plavljeno na strani ribnjaka (Slika 8).

Slika 6. Šuma hrasta lužnjaka i graba (As. *Carpino betuli-Quercetum roboris*)
(Foto: M. Šag)

Slika 7. Šuma bijele i crne topole (As. *Populetum nigro-albae*)
(Foto: M. Šag)

Slika 8. Podunavski ribnjaci – fragment zajednice šume bijele vrbe s kupinom (As. *Rubeto-Salicetum albae*) (Foto: N. Turić)

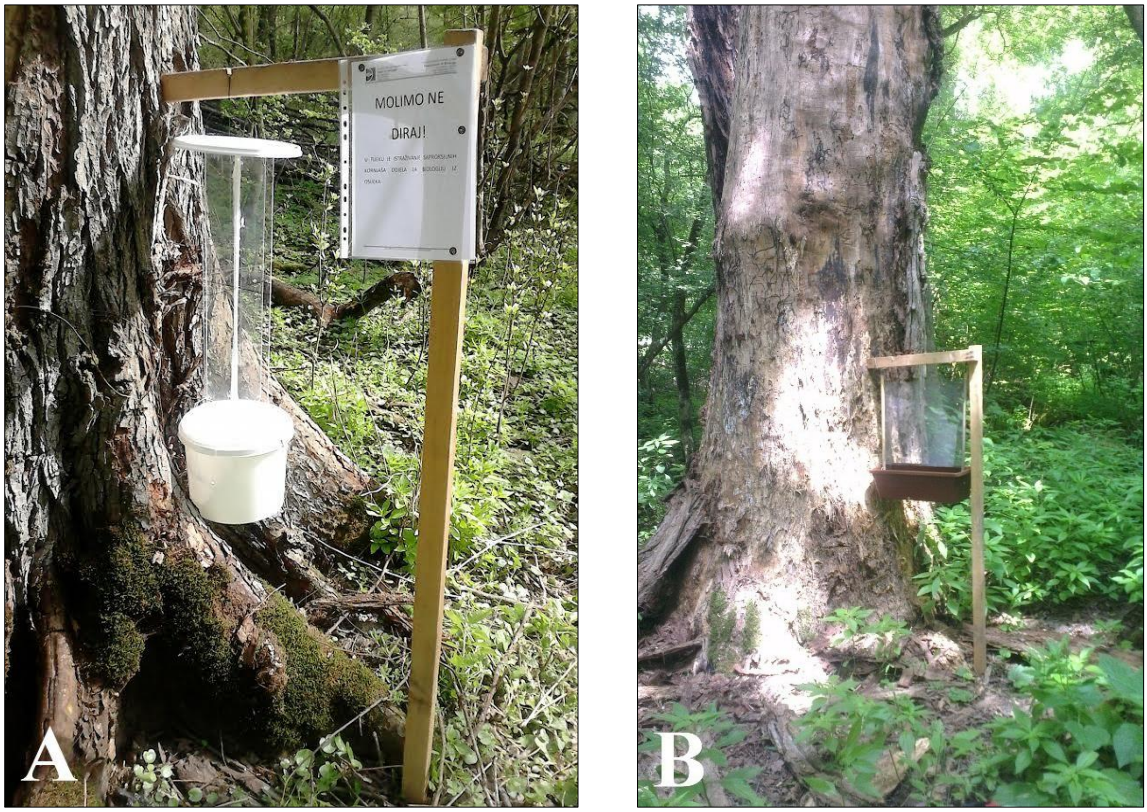
3.2.1. Metode uzorkovanja

Za uzorkovanje saproksilnih kornjaša koristile su se tri različite metode. Metoda prekinutog leta koristi se za saproksilne kornjaše koji su aktivni letači (Barbalat, 1995; Økland, 1996; Martikainen i sur., 1999; Grove, 2000). Za istraživanje učinkovitosti ove metode izradile su se klopke na dva različita načina. Prvi dizajn klopke modificiran je prema Bouget i sur. (2008) i Horwitz (2011), a sastojao se iz dvije prozirne ploče od pleksiglasa, izrezane u obliku pravokutnika 17 cm×49 cm (širina×visina) (Slika 9a). Svaka se ploča prorezala do pola kako bi se jedna u drugu mogle umetnuti te su tako formirale križni oblik. Ploče su se na gornjim stranama privezale za poklopac, a na donjim stranama bile su povezane kukicama od žice za kadicu. U kadice se kao konzervans stavila voda i etilni alkohol u omjeru 1:1. Cijela se konstrukcija dodatno privezala žicama za drvene nosače koji su se zabili u zemlju u neposrednoj blizini odabranog stabla, a klopka je bila na visini 150 cm od tla. Drugi dizajn klopke također je modificiran prema Bouget i sur. (2008). Letna je barijera izrađena od mreže za komarce veličine 46×40 cm (širina×visina) koja se učvrstila dvjema letvicama dimenzija 2 cm×45 cm (širina×visina) (Slika 9b). Letvice su na gornjim stranama bile privezane žicom za drveni nosač. Kadica je s unutrašnjih strana imala izrađene držače na koje su se povezale kukice na donjim stranama letvica. U kadici se nalazio konzervans koji su činili voda i etilni alkohol u omjeru 1:1. Klopka se postavila na drvene nosače koji su se zabili u zemlju neposredno uz odabrano stablo na visini 150 cm od tla. Oba su se tipa klopke na odabranim stablima usmjerila prema istočnoj strani svijeta. Na svakoj je klopki bio priložen papir A4 formata s oznakom *MOLIMO NE DIRAJ!* te kratkim opisom istraživanja na određenom području kako slučajni prolaznici ne bi dirali klopke.

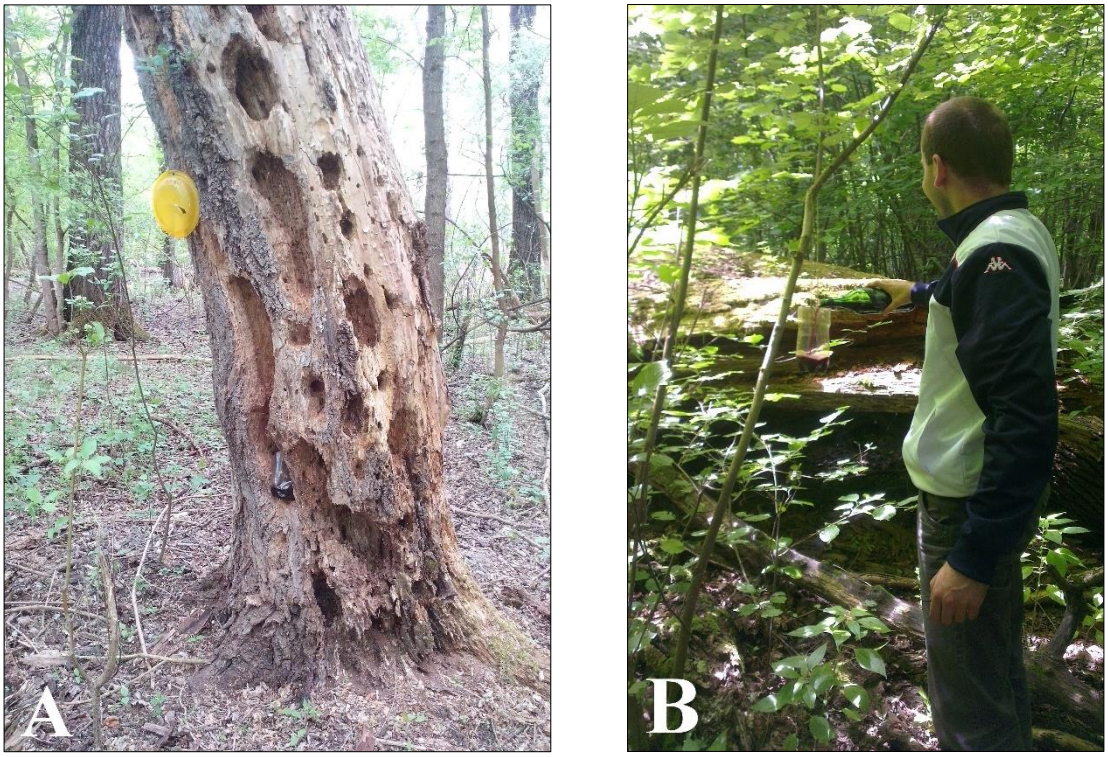
Lovne klopke u tlu sastojale su se od prerezane boce od 2 L u kojoj se nalazila otopina sadržana iz vode, vinskog octa i etilnog alkohola u omjeru 1:1:1 (Durbešić i sur., 1994; Rukavina i sur., 2010). Kako bi se spriječilo ulaženje raznih organizama koji ne uključuju kornjaše, ali i padalina, iznad boce postavio se žuti plastični tanjurić pričvršćen granom drveta u tlo. Lovne su se klopke postavljale u tlo u blizini drveta, panjeva ili šupljina u stablima (Slika 10a).

Zračna klopka s atraktantom modificirana je prema Horwitz (2011). Boce od 2 L prerezane su i izbušene po dvije rupe sa suprotnih strana kako bi se provukla špaga (Slika 10b). Klopka je bila obješena na okolno drveće na visini od 150 cm od tla. Atraktant u ovoj klopki bilo je crno vino.

Da bi kukci upali u klopke i zadržali se u njima za svaki tip klopke se u smjesu kapnulo par kapi detergenta kako bi se razbila površinska napetost tekućine. Obzirom da je bilo sušno razdoblje s visokim dnevnim temperaturama, pri svakom uzorkovanju se naknadno dosipavao konzervans u klopke. Klopke su se praznile svaka dva tjedna, a ukupno je bilo postavljeno 72 klopke, tj. 24 klopke po svakoj postaji. Postaje su bile označene slovima A (Tikveš), B (pustara Tikveš) i C (Podunavski ribnjaci), a svako mjesto uzorkovanja bilo je označeno brojevima od 1 do 6 koja su bila udaljena jedno od drugog oko 20 m. Na svakom mjestu uzorkovanja postavljalo se 4 tipa klopki, a jedna od druge bile su udaljene oko 10 m. Svaka se postaja geopozicionirala pomoću GPS-uređaja.



Slika 9. Metoda prekinutog leta s dva različita dizajna klopki: pleksiglas (A) i mreža (B) (Foto: M. Šag)



Slika 10. Metoda lovnih klopki (A) i zračna klopka s atraktantom (B).

(Foto: N. Turić)

3.2.2. Rad u laboratoriju

Nakon terenskog dijela istraživanja i uzorkovanja saproksilnih kornjaša slijedila je obrada prikupljenog materijala i statistička obrada podataka.

Uzorkovani kornjaši su se odmah na terenu pohranili u označene bočice sa 70%-tnim etilnim alkoholom kako bi se sačuvali do prepariranja. Za prepariranje su se koristile entomološke iglice različitih veličina (broj 0, 1, 2, 3 i 5), minucije za vrlo sitne kornjaše, igle za prepariranje, pinceta, organsko ljepilo za kukce, stiropor, male škare te etikete za označavanje. Veliki su kornjaši preparirani na način da se entomološka iglica probola s leđne strane kroz desni dio pokrilja, tako da izlazi s trbušne strane između drugog i trećeg para nogu. Važno je bilo dobro raširiti kukca kako bi svi dijelovi tijela bili dobro uočljivi, a osobito ticala, udovi, čeljusti i kraj zatka (uropigiji) koji su ključni dijelovi za determinaciju većine kornjaša. Manji su kornjaši lijepljeni na kartonske podloge raznih veličina, a sve ovisno o veličini kornjaša ili su probodeni s trbušne strane minucijom te se drugi dio iglice postavio na male stiropore. Preparirane jedinke bile su spremljene u entomološku kutiju, a svaka je imala oznaku s državom pronalaska, kratkim

opisom staništa, geografskim koordinatama, datumom uzorkovanja te osobom koja ju je prikupila. Sve entomološke kutije s uzorkovanim saproksilnim kornjašima nalaze se u Laboratoriju za entomologiju na Odjelu za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Saproksilni kornjaši bili su determinirani pomoću ključeva Freude i sur. (1969; 1971), Bense (1994; 1995), Mikšić (1965; 1970), Mikšić i sur. (1971; 1973; 1985), Baraud (1992), Sláma (2006), Ballerio i sur. (2010), Novak (2014). Za određivanje morfoloških karakteristika pri determinaciji vrsta koristila se binokularna lupa LEICA MZ6 povećanja 6.2 – 40x. Svi podaci o izlascima na teren, determiniranim vrstama i njihovoj brojnosti bili su bilježeni u laboratorijski dnevnik na temelju čega je izrađena baza podataka.

3.3. Statistička analiza podataka

Nakon izvršenog prepariranja i determinacije saproksilnih kornjaša pristupilo se statističkoj obradi podataka kroz brojnost, dominantnost, konstantnost i sezonsku dinamiku vrsta. Također će se utvrditi indeksi raznolikosti. Iz izrađene baze dobiveni podaci će se analizirati, usporediti i grafički prikazati u Microsoft Excel® i PRIMER v.6 programu.

3.3.1. Dominantnost

Dominantnost je postotni udio jedne vrste na jednom staništu. Računa se pomoću formule u kojoj se ukupan broj jedne vrste (ili skupine) na nekom staništu podijeli s ukupnim brojem jedinki na tom staništu, a kvocijent se pomnoži sa sto. Dominantnost vrsta određena je prema Bick (1989):

$$D(\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

gdje je D = dominantnost vrste,
n = broj jedinki vrste i
N = ukupan broj jedinki svih vrsta na određenoj postaji.

S obzirom na dobivene vrijednosti, vrste se dijele na sljedeće kategorije dominantnosti:

Eudominantne vrste	D>10%
Dominantne vrste	D=5-10%
Subdominante vrste	D=2-5%
Recedentne vrste	D=1-2%
Subrecedentne vrste	D<1%

3.3.2. Konstantnost

Konstantnost vrsta unutar biocenoze pokazuje povezanost neke vrste s određenim staništem, odnosno u kojem je broju uzoraka zastupljena određena vrsta. Konstantnost ovisi o brojnosti vrste, ali isto tako i o njezinoj prostornoj i vremenskoj distribuciji u staništu. Izračunava se prema formuli (Tischler, 1949):

$$K(\%) = \frac{c}{C} \times 100$$

gdje je K = konstantnost vrste,

c = broj uzoraka u kojima se pojavljuje vrsta na jednoj postaji i

C = ukupan broj prikupljenih uzoraka na jednoj postaji.

S obzirom na dobivene vrijednosti, vrste se dijele na sljedeće kategorije konstantnosti:

Eukonstantne vrste	C=75-100%
Konstantne vrste	C=50-75%
Akcesorne vrste	C=25-50%
Akcidentalne vrste	C=0-25%

3.3.3. Indeks sličnosti

Sørensenov indeks sličnosti jedan je od najšire korištenih indeksa sličnosti. Sørensen ga je zasnovao na pretpostavci da svaka vrsta ima iste teoretske šanse da bude prisutna na dva područja, tj. da se bilo koja vrsta može javiti u jednoj ili dvije zajednice kada se usporede. Tako ovaj koeficijent izražava odnos stvarnog broja zajedničkih vrsta i teoretski mogućih zajedničkih vrsta. Nadalje, Sørensenov indeks daje veću težinu zajedničkim vrstama u odnosu na vrste koje su jedinstvene za samo jedno od područja. Vrijednost indeksa varira od 0 do 1 gdje 0 označava da nema zajedničkih vrsta između zajednica, a 1 da su potpuno jednake vrste prisutne u obje zajednice. Računa se prema formuli (Krebs, 1999):

$$IS_s = \frac{2c}{A + B} \times 100$$

gdje je c = broj zajedničkih vrsta,

A = ukupan broj vrsta prisutnih u prvom uzorku i

B = ukupan broj vrsta prisutnih u drugom uzorku.

3.3.4. Indeksi raznolikosti

Za utvrđivanje raznolikosti između odabranih postaja na području Parka prirode Kopački rit korišteni su Margalefov indeks gustoće populacije (D), Pielouov indeks ujednačenosti (J'), Shannon-Weawerov indeks raznolikosti (H') i Simpsonov indeks raznolikosti (1-λ'). Shannon-Weaverov indeks osjetljiviji je na brojnost rijetkih vrsta dok je Simpsonov indeks osjetljiviji na brojnost dominantnih vrsta.

Margalefov indeks (D') pokazuje brojnost vrsta u određenom uzorku (Southwood, 1966), tj. pokazatelj je bogatstva vrsta. Izračunava se prema formuli:

$$D' = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

gdje je D' = Margalefov indeks raznolikosti,
S = ukupan broj vrsta i
N = ukupan broj jedinki u nekom uzorku.

Pielouov indeks (J') daje vrijednosti na temelju sličnosti broja jedinki u uzorcima, a izračunava se prema formuli (Pielou, 1966):

$$J' = \frac{H(s)}{H(\text{max.})}$$

gdje je J' = Pielouov indeks raznolikosti,
H (s) = vrijednost Shannon-Weaverovog indeksa i
H (max.) = teoretski postavljena maksimalna vrijednost za H(s) ako su sve vrste u uzorku jednake brojnosti.

Shannonov indeksraznolikosti (H') omogućuje usporedbu raznolikosti faune između različitih staništa (Clarke i Warwick, 2001). Uzima u obzir broj vrsta i distribuciju jedinki između vrsta, a označava heterogenost faune. To je uobičajeno korištena metoda koja se bazira na informacijskoj teoriji (H), a računa se prema Shannonovoj formuli (Shannon, 1948):

$$H'(S) = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

gdje je H' = Shannonov indeks raznolikosti,
S = broj nalazišta vrste i
p_i = udio nalazišta vrsta.

Simpsonov indeks raznolikosti (1-λ') mjera je raznolikosti koja uzima u obzir bogatstvo vrsta i ujednačenost vrsta na određenom području. Ovaj indeks mjeri vjerojatnost da dvije nasumce

odabrane jedinke određenog područja pripadaju istoj vrsti. Računa se prema formuli (Simpson,1949):

$$1 - \lambda' = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

gdje je $1-\lambda'$ = Simpsonov indeks raznolikosti,

n_i = broj nalazaka vrste i

N = ukupan broj pronalazaka.

3.3.5. Nemetrijsko višedimenzijsko grupiranje

Razlike u strukturi faune unutar istraživanog razdoblja analizirane su ovom ordinacijskom metodom (engl. *non-metric Multidimensional Scaling*, nMDS). Pri transformaciji podataka utvrđen je i najmanji *stres* koji predstavlja vjerojatnost pravilne orijentacije i interpretacije podataka (Clarke i Warwick, 2001). Mjera je za uspješnost ove metode koeficijent stresa pri čemu vrijednost koeficijenta manja od 0,05 odgovara odličnoj ordinaciji podataka bez ikakvih mogućnosti njihove pogrešne interpretacije. Vrijednost koeficijenta stresa manja od 0,1 značajka je dobro ordiniranih podataka bez realnih mogućnosti pogrešne interpretacije, dok razina stresa manja od 0,2 odgovara potencijalnom korisnom dvodimenzionalnom prikazu podataka. Ukoliko je dobivena razina stresa veća od 0,3 metoda nije uspješna.

3.3.6. Neparametrijsko procjenjivanje ukupnog broja vrsta

Za usporedbu i procjenu ukupnog broja vrsta korištene su akumulacijske krivulje. Procjena ukupnog broja vrsta u Parku prirode Kopački rit napravljena je pomoću učestalo korištenih estimatora (procjenitelja). Nedavne su procjene dokazale da su neparametrijski procjenitelji bolji od nekih drugih sličnih metoda (Krebs, 1998; Walther i Martin, 2001). Utvrđeni broj vrsta tijekom istraživanja (Sobs) usporedio se s najčešće korištenim procjeniteljima: Chao1, Chao2, Jacknife1, Jacknife2 i Bootstrap.

4. REZULTATI

4.1. Sistematski popis vrsta

Istraživanje saproksilnih kornjaša na području Parka prirode Kopački rit bilo je provedeno tijekom sedam mjeseci, od travnja do listopada 2014. godine na tri različita tipa šumskih zajednica. Od 64 zabilježene vrste, njih 20 nalazi se na Crvenom popisu saproksilnih kornjaša Europe te se svaka od njih nalazi u nekoj od kategorija ugroženosti prema IUCN-u (14 vrsta ima status LC – najmanje zabrinjavajuća vrsta, 3 ima status NT – gotovo ugrožena vrsta, a 3 ima status DD – nedovoljno poznata vrsta). Od uzorkovanih vrsta tri se nalaze u Prilogu II Direktive o staništima, a dvije u Prilogu II Bernske konvencije.

Sistematski popis vrsta izrađen je pomoću on-line baze www.faunaeur.org i Kataloga palearktičkih kornjaša prema Nilsson (2003), Muona (2007) i Nikitsky (2008). Utvrđene vrste saproksilnih kornjaša poredane su po abecednom redu porodica (Tablica 1).

Tablica 1. Popis utvrđenih vrsta saproksilnih kornjaša na području Parka prirode Kopački rit

Broj	Porodica i latinsko ime vrste	IUCN	EU D*	Bern**
APHODIIDAE				
1.	*Acrossus depressus* (Kugelann, 1792)			
2.	*Melinopterus prodromus* (Brahm, 1790)			
3.	*Phalacronothus biguttatus* (Germar, 1824)			
4.	*Volinus sticticus* (Panzer, 1798)			
CERAMBYCIDAE				
5.	*Aegosoma scabricorne* (Scopoli, 1763)	LC		
6.	*Agapanthia* sp. (Serville, 1835)			
7.	*Agapanthia violacea* (Fabricius, 1775)			
8.	*Alosterna tabacicolor* (De Geer, 1775)			
9.	*Anaglyptus mysticus* (Linnaeus, 1758)	LC		
10.	*Anoplodera sexguttata* (Fabricius, 1775)			
11.	*Aromia moschata* (Linnaeus, 1758)	LC		

Tablica 1. Nastavak

12.	*Callidium violaceum* (Linnaeus, 1758)	LC		
13.	*Cerambyx scopolii* (Fuessly, 1775)	LC		
14.	*Clytus arietis* (Linnaeus, 1758)	LC		
15.	*Dinoptera collaris* (Linnaeus, 1758)			
16.	*Grammoptera ruficornis* (Fabricius, 1781)			
17.	*Lamia textor* (Linnaeus, 1758)			
18.	*Leptura aurulenta* (Fabricius, 1792)			
19.	*Mesosa nebulosa* (Fabricius, 1781)			
20.	*Pedestredorcadion scopolii* (Herbst, 1784)			
21.	*Phymatodes testaceus* (Linnaeus, 1758)			
22.	*Phytoecia cylindrica* (Linnaeus, 1758)			
23.	*Pogonocherus hispidus* (Linnaeus, 1758)			
24.	*Pseudovadonia livida* (Fabricius, 1776)			
25.	*Rhagium sycophanta* (Schrank, 1781)			
26.	*Stenocorus meridianus* (Linnaeus, 1758)			
27.	*Stenurella nigra* (Linnaeus, 1758)			
28.	*Tetrops praeustus* (Linnaeus 1758)			
CETONIIDAE				
29.	*Cetonia aurata* (Linnaeus, 1761)			
30.	*Gnorimus variabilis* (Linnaeus, 1758)	NT		
31.	*Protaetia affinis* (Andersch, 1797)	DD		
32.	*Protaetia cuprea* (Fabricius, 1775)			
33.	*Protaetia lugubris* (Herbst, 1786)	LC		
34.	*Protaetia metallica* (Herbst, 1782)			
35.	*Tropinota hirta* (Poda, 1761)			
36.	*Valgus hemipterus* (Linnaeus, 1758)	LC		
CLERIDAE				
37.	*Clerus mutillarius* (Fabricius, 1775)			
38.	*Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758)			
39.	*Tillus elongatus* (Linnaeus, 1758)			

Tablica 1. Nastavak

CUCUJIDAE				
40.	*Cucujus cinnaberinus* (Scopoli, 1763)	NT	+	+
ENDOMYCHIDAE				
41.	*Mycetina cruciata* (Schaller, 1783)			
EROTYLIDAE				
42.	*Tritoma bipustulata* (Fabricius, 1775)	LC		
43.	*Triplax aenea* (Schaller, 1783)	LC		
44.	*Triplax russica* (Linnaeus, 1758)	LC		
45.	*Dacne bipustulata* (Thunberg, 1781)	LC		
GEOTRUPIDAE				
46.	Bolboceras armiger (Kirby, 1819)			
47.	*Geotrupes spiniger* (Marsham, 1802)			
LUCANIDAE				
48.	*Dorcus parallelipipedus* (Linnaeus, 1785)	LC		
49.	*Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758)	NT	+	+
MELOLONTHIDAE				
50.	*Omaloplia* sp. (Schonherr, 1817)			
51.	*Serica brunnea* (Linnaeus, 1758)			
PYROCHROIDAE				
52.	*Pyrochroa coccinea* (Linnaeus, 1761)			
53.	*Pyrochroa serraticornis* (Scopoli, 1763)			
RHYSODIDAE				
54.	*Omoglymmius germari* (Ganglbauer, 1891)	DD		
55.	*Rhysodes sulcatus* (Fabricius, 1787)	DD	+	
RUTELIDAE				
56.	*Anomala dubia* (Scopoli, 1763)			
TENEBRIONIDAE				
57.	*Bolitophagus interruptus* (Illiger, 1800)			
58.	*Diaperis boleti* (Linnaeus, 1758)			
59.	*Nalassus dermestoides* (Illiger, 1798)			
60.	*Prionychus ater* (Fabricius, 1775)			

Tablica 1. Nastavak

61.	*Pseudocistela ceramboides* (Linnaeus, 1761)			
62.	*Stenomax aeneus* (Scopoli, 1763)			
63.	*Tenebrio* sp. (Linnaeus, 1758)			
64.	*Uloma culinaris* (Linnaeus, 1758)			

Legenda:

U tablici su navedeni statusi prema Međunarodnoj uniji za zaštitu prirode (IUCN; LC – najmanje zabrinjavajuća vrsta, NT – gotovo ugrožena vrsta, DD – nedovoljno poznata vrsta), nalaze li se vrste u Prilogu II Direktive o zaštiti prirodnih staništa i dvilje faune i flore Europske unije (*EU D) te nalaze li se u Prilogu II Bernske konvencije (**Bern).

4.2. Brojnost, sastav i raznolikost saproksilnih kornjaša

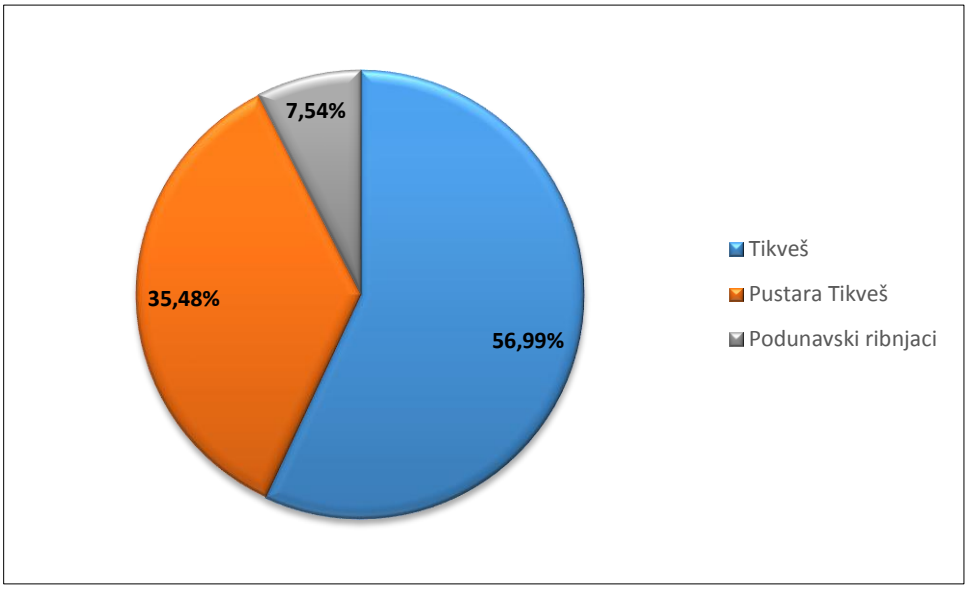
Tijekom sedam mjeseci istraživanja na području Parka prirode Kopački rit ukupno je uzorkovano i preparirano 10 347 jedinki kornjaša od čega je determinirano 1088 jedinki saproksilnih kornjaša. Od ukupno 64 određene vrste saproksilnih kornjaša, podred Adephaga (grabežljivci) zastupljen je s 24 vrste, tj. 126 jedinki unutar 1 porodice (Cerambycidae). Podred Polyphaga (raznojedi) zastupljen je s 40 vrsta i to 962 uzorkovane jedinke unutar 13 porodica (Aphodiidae, Cetoniidae, Cleridae, Cucujidae, Endomychidae, Erotylidae, Geotrupidae, Lucanidae, Melolonthidae, Pyrochroidae, Rhysodidae, Rutelidae i Tenebrionidae).

Najveća brojnost istraživanih jedinki bila je na postaji Tikveš (šuma hrasta lužnjaka i graba) i to 620 (56,99%) uzorkovanih jedinki. Nakon toga, na temelju rezultata slijedi pustara Tikveš (šuma bijele i crne topole) s 386 jedinki (postotni udio od 35,48%) te zadnja postaja podunavski ribnjaci (fragment zajednice šume bijele vrbe s kupinom) s najmanjim brojem od 82 uzorkovane jedinke tijekom svih sedam mjeseci uzorkovanja (7,54%) (Slika 11).

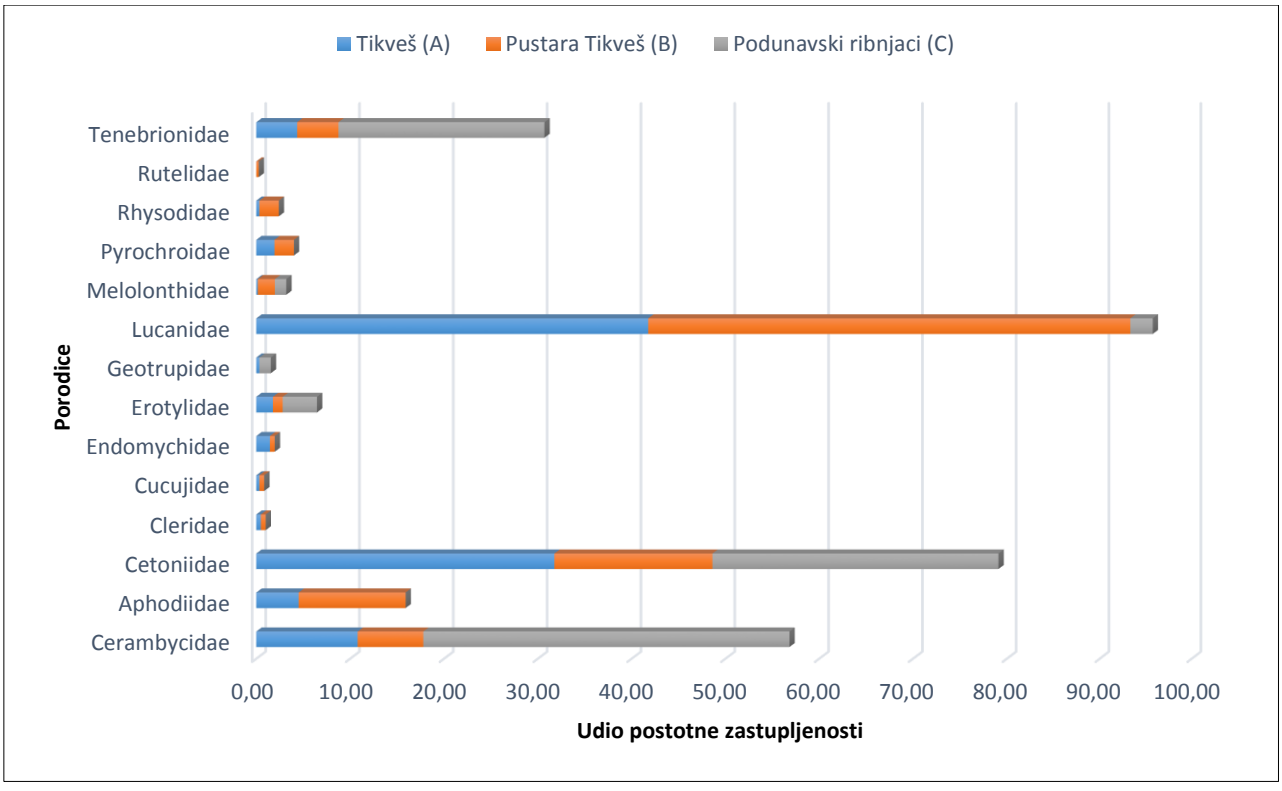
Na postaji Tikveš najbrojnija je bila porodica Lucanidae s 41,77% uzorkovanih jedinki te porodica Cetoniidae s 31,77% uzorkovanih jedinki na toj postaji. Zatim slijedi porodica Cerambycidae s 10,80% uzorkovanih jedinki. Ostale porodice bile su zastupljene u manjim postocima (Aphodiidae 4,51%, Tenebrionidae 4,35%, Pyrochroidae 1,93 % te Erotylidae s 1,77%) (Slika 12).

Porodica Lucanidae bila je najbrojnija na postaji pustare Tikveš s postotnom zastupljenošću od 51,55%, a potom slijedi porodica Cetoniidae s 16,83% uzorkovanih jedinki. Porodica Aphodiidae bila je zastupljena s 11,39%, a porodica Cerambycidae s 6,99% uzorkovanih jedinki. Porodica Tenebrionidae je na ovoj postaji bila zastupljena sa 4,40% uzorkovanih jedinki (Slika 12).

Na postaji Podunavski ribnjaci najveću brojnost imala je porodica Cerambycidae s 39,02%, a nakon nje porodica Cetoniidae s 30,48% uzorkovanih jedinki. Porodica Tenebrionidae bila je zastupljena s 21,95% uzorkovanih jedinki (Slika 12).

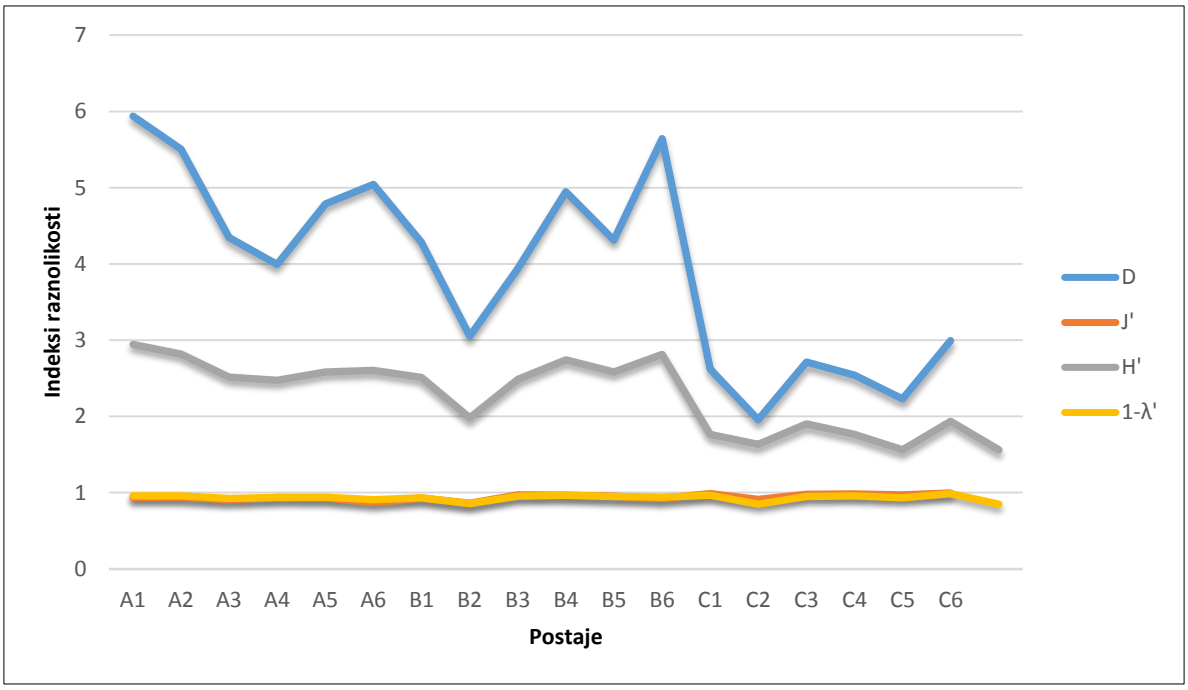


Slika 11. Postotna zastupljenost uzorkovanih jedinki saproksilnih kornjaša po postajama



Slika 12. Prikaz sastava uzorkovanih porodica i udjela postotne zastupljenosti na tri postaje

Na temelju brojnosti faune uzorkovanih saproksilnih kornjaša i obradom podataka dobiveni su indeksi raznolikosti. Za utvrđivanje raznolikosti između odabranih postaja na području Parka prirode Kopački rit utvrđeni su Margalefov indeks gustoće populacije (D), Pielouov indeks ujednačenosti (J'), Shannon-Weawerov indeks raznolikosti (H') i Simpsonov indeks raznolikosti (1-λ') (Slika 13). Vrijednost Shannon-Weaverovog indeksa raznolikosti iznosio je 1,561 na mjestu C5 dok je najveću vrijednost imao na A1 (2,943). Najmanja vrijednost Simpsonovog indeksa raznolikosti utvrđena je na postaji C (C2; 0,848), a najveća na mjestu uzorkovanja C6 (0,9877). Najmanja vrijednost Pielouovog indeksa ujednačenosti utvrđena je na postaji B (B2; 0,8614) dok je najveću vrijednost imala C postaja (C6; 0,9956). Vrijednosti Margalefovog indeksa gustoće populacije kretale su se od 1,958 na mjestu uzorkovanja C2 do 5,938 na A1 (Tablica 2).



Slika 13. Indeksi raznolikosti faune saproksilnih kornjaša (D – Margalefov indeks gustoće populacije, J' – Pielouov indeks ujednačenosti, H' – Shannon-Weawerov indeks raznolikosti, 1-λ' – Simpsonov indeks raznolikosti)

Tablica 2. Prikaz rezultata indeksa raznolikosti

Postaje/Mjesta uzorkovanja		S	N	**D**	**J'**	**H'**	**1-λ'**
Tikveš (A)	A1	23	41	**5,938**	0,9386	**2,943**	0,957
	A2	20	32	5,504	0,9401	2,816	0,957
	A3	16	32	4,346	0,9069	2,514	0,9258
	A4	14	26	3,993	0,9374	2,474	0,9381
	A5	16	23	4,785	0,9312	2,582	0,9426
	A6	20	43	5,043	0,8688	2,603	0,9056
Pustara Tikveš (B)	B1	15	26	4,284	0,9271	2,511	0,9325
	B2	10	19	3,052	**0,8614**	1,983	0,8555
	B3	13	21	3,938	0,9691	2,486	0,9552
	B4	17	25	4,946	0,9679	2,742	0,9668
	B5	15	26	4,313	0,9536	2,582	0,9491
	B6	21	35	5,642	0,9241	2,813	0,9421
Podunavski ribnjaci (C)	C1	6	7	2,622	0,9854	1,766	0,9671
	C2	6	13	**1,958**	0,912	1,634	**0,848**
	C3	7	9	2,711	0,9785	1,904	0,9483
	C4	6	7	2,542	0,985	1,765	0,9578
	C5	5	6	2,232	0,9697	**1,561**	0,9333
	C6	7	7	2,995	**0,9956**	1,937	**0,9877**

4.3. Dominantnost i konstantnost porodica

Eudominantna porodica na postaji Tikveš bila je porodica Lucanidae (259 jedinki) i porodice Cetoniidae sa 197 uzorkovanih jedinki. Dominantna porodica sa 67 uzorkovanih jedinki bila je porodica strizibuba (Cerambycidae) dok su subdominantne porodice bile Aphodiidae (28) i Tenebrionidae (27). Recedentne porodice bile su Pyrochroidae (12) i Erotylidae (11). Na postaji pustara Tikveš izdvaja se jedna eudominantna porodica Lucanidae (199 jedinki) dok je porodica Cetoniidae sa 65 jedinki u kategoriji dominantna porodica. Subdominantne porodice bile su Aphodiidae (44) i Cerambycidae (27). Recedentna porodica na ovoj postaji bila je Tenebrionidae sa 17 uzorkovanih jedinki. Na postaji Podunavski ribnjaci nije se izdvojila ni jedna eudominantna niti dominantna porodica. Izdvajaju se porodice Cerambycidae (32) i Cetoniidae (25) kao dominantne, dok je porodica Tenebrionidae recedentna s brojem od 18 uzorkovanih jedinki (Tablica 3).

S obzirom na mjesece uzorkovanja eudominantna je porodica Cetoniidae kroz svibanj sa 153 uzorkovane jedinke te porodica Lucanidae u kolovozu (186 jedinki). U kategoriju dominantnih porodica ulaze Cerambycidae u svibnju (74 jedinke), Cetoniidae u lipnju (69 jedinki), Lucanidae koje broje 96 jedinki u lipnju, 76 u srpnju te 59 jedinki u rujnu. Subdominantne porodice su Aphodiidae u travnju (24) i svibnju (37), Cetoniidae u travnju (34), Lucanidae u svibnju (37) te Tenebrionidae u svibnju (23) (Tablica 4).

Na temelju dobivenih podataka kategorija konstantnosti utvrđeno je da su tri vrste eukonstantne, a četiri su konstantne. Vrsta *Aromia moschata* je eukonstantna na postaji Podunavski ribnjaci (95,83%) dok je na ostalim postajama akcidentalna. Vrste *Alosterna tabacicolor* i *Valgus hemipterus* su eukonstantne vrste na postaji Tikveš s postocima od 90,57% odnosno 76,22%. Na postaji Tikveš izdvajaju se 4 konstante vrste, a to su *Cetonia aurata* (63,16%), *Protaetia cuprea* (69,57%), *Dorcus parallelipipedus* (72,73%) i *Lucanus cervus* (55,90%). Na postaji pustara Tikveš bile su prisutne akcesorne vrste *Dorcus parallelipipedus* (27,27%) i *Lucanus cervus* (43,65%) (Tablica 5).

Tablica 3. Brojnost i dominantnost porodica saproksilnih kornjaša po postajama s kategorijama dominantnosti

Porodica / postaja	**Tikveš (A)**	**Pustara Tikveš (B)**	**Podunavski ribnjaci (C)**	∑	**D %**
Cerambycidae	67	27	32	126	11,58
Aphodiidae	28	44	0	72	6,62
Cetoniidae	197	65	25	287	26,38
Cleridae	3	2	0	5	0,46
Cucujidae	2	2	0	4	0,37
Endomychidae	9	2	0	11	1,01
Erotylidae	11	4	3	18	1,65
Geotrupidae	2	0	1	3	0,28
Lucanidae	259	199	2	460	42,28
Melolonthidae	1	7	1	9	0,83
Pyrochroidae	12	8	0	20	1,84
Rhysodidae	2	8	0	10	0,92
Rutelidae	0	1	0	1	0,09
Tenebrionidae	27	17	18	62	5,70
∑	620	386	82	1088	

Eudominantne	> 10 %
Dominantne	5 - 10 %
Subdominantne	2 - 5 %
Recedentne	1 - 2 %
Subrecedentne	< 1 %

Tablica 4. Brojnost i dominantnost porodica saproksilnih kornjaša tijekom sedam mjeseci uzorkovanja

Porodica / mjesec	**travanj**	**svibanj**	**lipanj**	**srpanj**	**kolovoz**	**rujan**	**Listopad**	∑	**D %**
Cerambycidae	19	74	6	11	15	1	0	126	11,58
Aphodiidae	24	37	10	1	0	0	0	72	6,62
Cetoniidae	34	153	69	21	9	1	0	287	26,38
Cleridae	2	2	1	0	0	0	0	5	0,46
Cucujidae	4	0	0	0	0	0	0	4	0,37
Endomychidae	7	4	0	0	0	0	0	11	1,01
Erotylidae	4	11	3	0	0	0	0	18	1,65
Geotrupidae	0	1	0	1	0	1	0	3	0,28
Lucanidae	3	37	96	76	186	59	3	460	42,28
Melolonthidae	0	0	5	4	0	0	0	9	0,83
Pyrochroidae	11	9	0	0	0	0	0	20	1,84
Rhysodidae	1	8	1	0	0	0	0	10	0,92
Rutelidae	0	0	0	1	0	0	0	1	0,09
Tenebrionidae	18	23	6	13	1	1	0	62	5,70
∑	127	359	197	128	211	63	3	1088	

Eudominantne	> 10 %
Dominantne	5 - 10 %
Subdominantne	2 - 5 %
Recedentne	1 - 2 %
Subrecedentne	< 1 %

Tablica 5. Konstantnost vrsta saproksilnih kornjaša po postajama s kategorijama konstantnosti

Vrsta/postaja	**Tikveš**	**Pustara Tikveš**	**Podunavski ribnjaci**
Aromia moschata	0	4,17	95,83
Alosterna tabacicolor	90,57	9,43	0
Cetonia aurata	63,16	22,11	14,74
Protaetia cuprea	69,57	13,04	17,39
Valgus hemipterus	76,22	20,98	2,80
Dorcus parallelipipedus	72,73	27,27	0
Lucanus cervus	55,90	43,65	0,45

Eukonstantne vrste	75 – 100 %
Konstantne vrste	50 – 75 %
Akcesorne vrste	25 – 50 %
Akcidentalne vrste	0 – 25 %

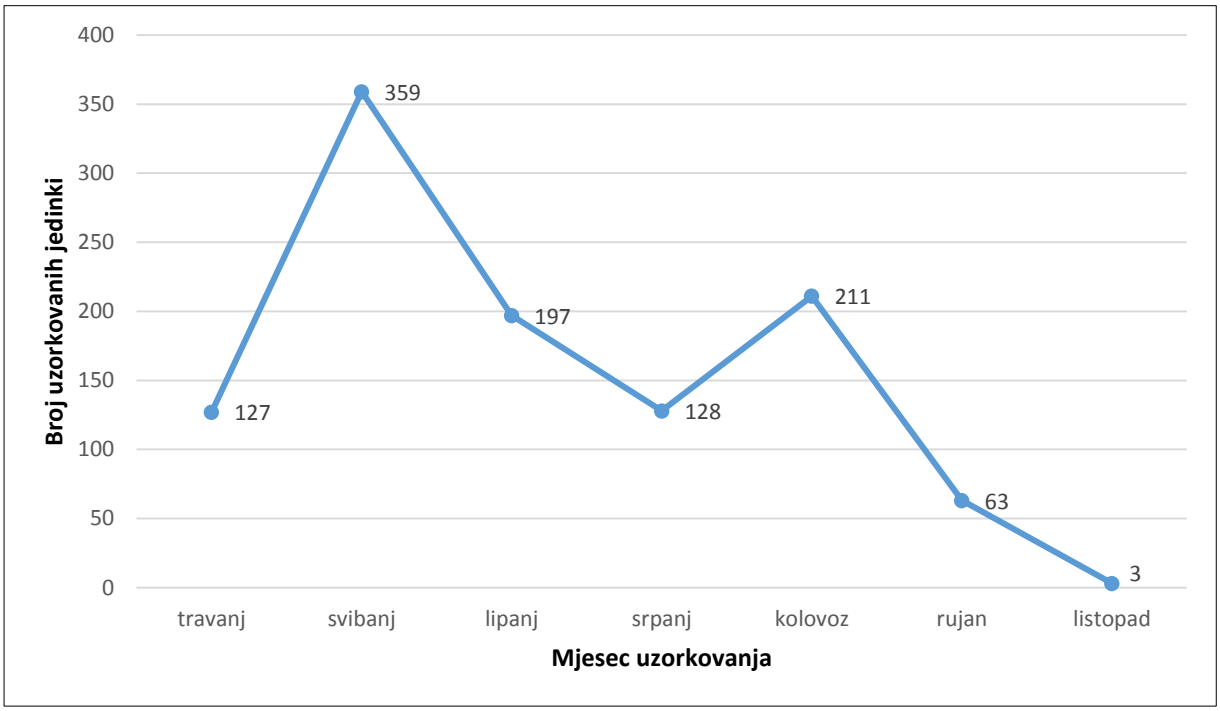
4.4. Sezonska dinamika

Sezonska dinamika saproksilnih kornjaša predstavlja aktivnost i prisutnost jedinki tijekom sedam mjeseci uzorkovanja od travnja do listopada 2014. godine. Na početku sezone u travnju ukupna je brojnost iznosila 127 jedinki. Na temelju grafičkog prikaza najveći pik brojnosti bio je tijekom svibnja (359 jedinki) koja potom opada u lipnju na 197 uzorkovanih jedinki, a u srpnju na 128 jedinki. Brojnost se zatim povećava u kolovozu na 211 uzorkovanih jedinki, dok se u rujnu smanjuje na 63 jedinke, a u listopadu ima minimalnu vrijednost s brojem od 3 uzorkovane jedinke (Slika 14).

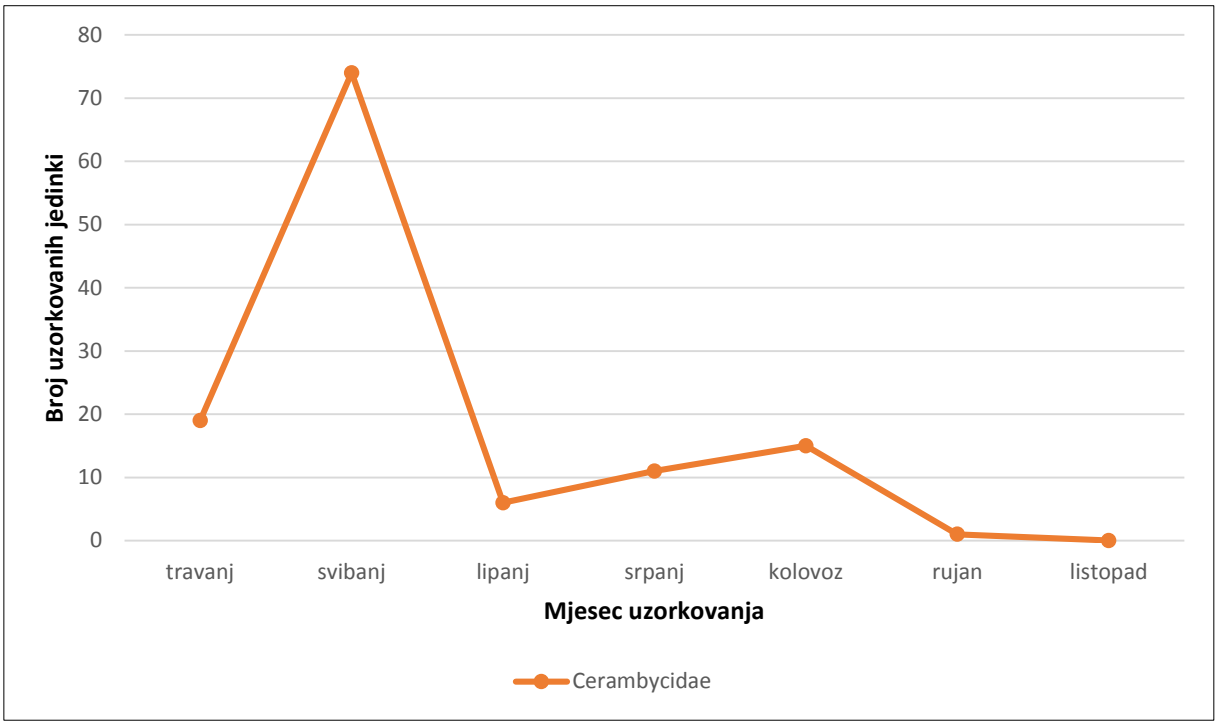
Uzorkovanim jedinkama iz porodice Cerambycidae prikazana je sezonska dinamika podreda Adephaga. Na početku sezone u travnju bilo je utvrđeno 19 jedinki, a u sljedećem mjesecu uslijedilo je povećanje uzorkovanih jedinki na maksimalnih 74 u svibnju. Nakon tog maksimuma broj opada na 6 uzorkovanih jedinki u lipnju, potom se broj povećava na 11 uzorkovanih jedinki u srpnju te 15 jedinki u kolovozu. U rujnu je uzorkovana samo 1 jedinka iz ove porodice, dok u listopadu nije uzorkovana niti jedna jedinka (Slika 15).

Na temelju uzorkovanih jedinki iz porodica Aphodiidae, Cetoniidae, Cleridae, Cucujidae, Endomychidae, Erotylidae, Geotrupidae, Lucanidae, Melolonthidae, Pyrochroidae, Rhysodidae, Rutelidae i Tenebrionidae slijedi grafički prikaz sezonske dinamike podreda Polyphaga. Od značajnijih porodica na temelju brojnosti izdvajaju se Aphodiidae, Cetoniidae, Cucujidae, Lucanidae, Pyrochroidae i Tenebrionidae. Porodica Aphodiidae tijekom travnja bila je zastupljena s 24 jedinke, dok tijekom svibnja ima najveću brojnost od 37 uzorkovanih jedinki. U lipnju broj opada na 10 jedinki, u srpnju je uzorkovana 1 jedinka te nakon tog mjeseca više nije uzorkovana niti jedna jedinka. Na temelju grafičkog prikaza za porodicu Cetoniidae u lipnju su uzorkovane 34 jedinke, a najveći se broj izdvaja u svibnju kada su uzorkovane 153 jedinke. U lipnju je broj iznosio 69, dok u srpnju 21 jedinka. U kolovozu je uzorkovano 9 jedinki, a u rujnu samo 1 jedinka. U listopadu nije uzorkovana niti jedna jedinka. Iz porodice Cucujidae uzorkovane su 4 jedinke samo tijekom mjeseca travnja, dok u ostalim mjesecima uzorkovanja više niti jedna jedinka nije bila prisutna. Porodica Lucanidae na početku sezone imala je manju brojnost s 3 uzorkovane jedinke u travnju. Broj od 37 jedinki uzorkovan je u svibnju, u lipnju je uzorkovano 96 jedinki, a u srpnju 76 jedinki. Na temelju grafičkog prikaza ova se porodica izdvaja sa 186 uzorkovanih jedinki tijekom kolovoza. U rujnu taj broj opada na 59 jedinki, dok je u listopadu iznosio 3. U porodici Pyrochroidae tijekom travnja bilo je uzorkovano 11 jedinki, u svibnju njih 9, a tijekom ostalih mjeseci uzorkovanja nije bila prisutna niti jedna jedinka.Porodica Rhysodidae tijekom istraživanja u travnju bila je zastupljena s 1

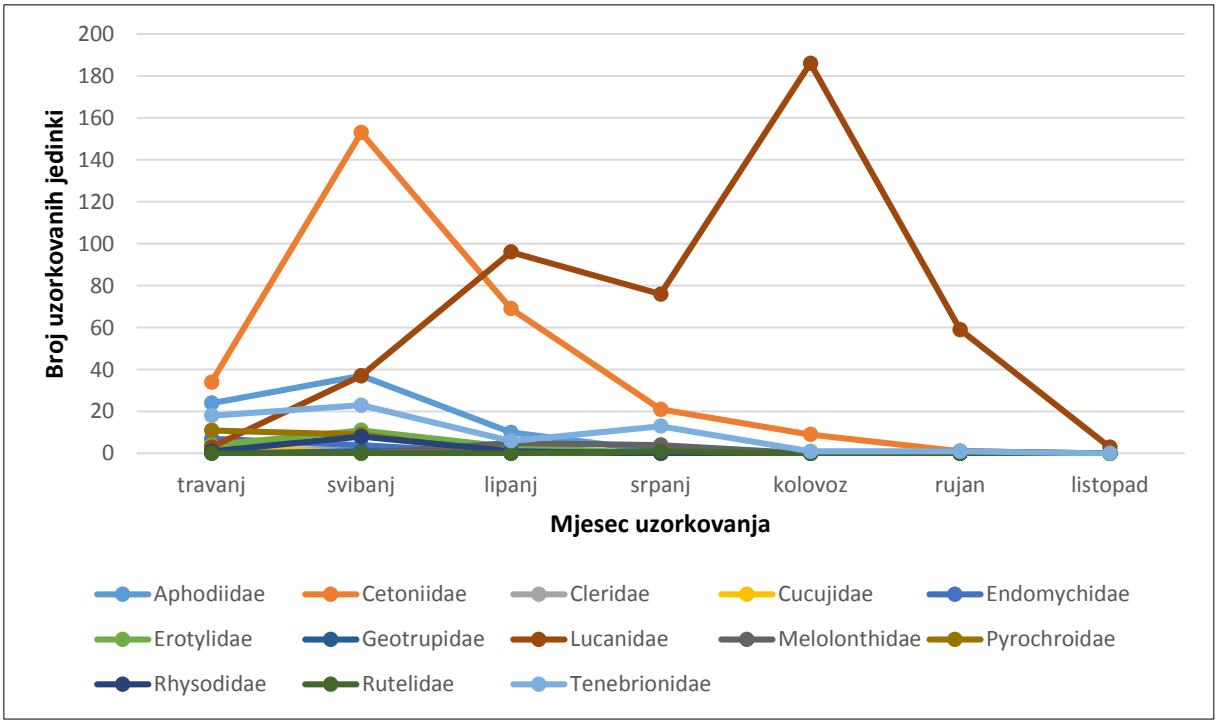
uzorkovanom jedinkom. Najveći broj uzorkovanih jedinki bio je tijekom svibnja kada je uzorkovano 8 jedinki, dok je zadnje uzorkovanje jedinki iz ove porodice bilo u lipnju s 1 uzorkovanom jedinkom. S brojem od 18 uzorkovanih jedinki u travnju, bila je zastupljena porodica Tenebrionidae. U svibnju je maksimalan broj uzorkovanih jedinki iznosio 23, a u lipnju 6. U srpnju je bilo prisutno 13 jedinki, dok kolovoz i rujan broje 1 uzorkovanu jedinku. U listopadu nije uzorkovana niti jedna jedinka (Slika 16).



Slika 14. Sezonska dinamika ukupne brojnosti jedinki saproksilnih kornjaša tijekom sedam mjeseci uzorkovanja



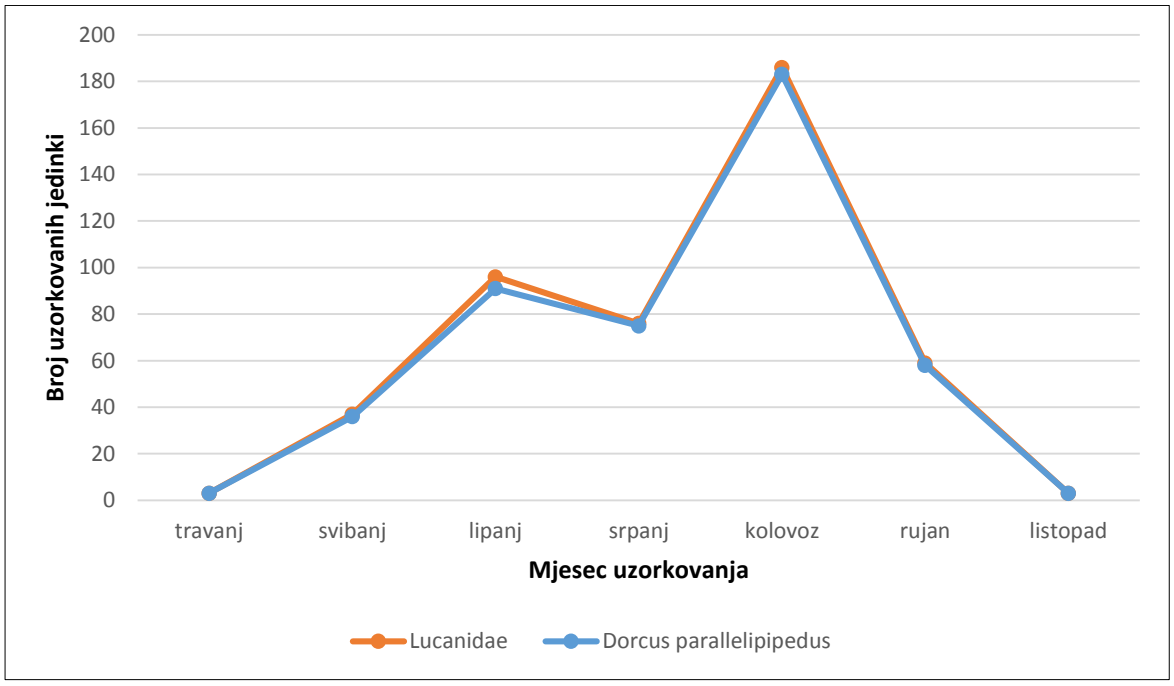
Slika 15. Sezonska dinamika podreda Adephaga tijekom sedam mjeseci uzorkovanja



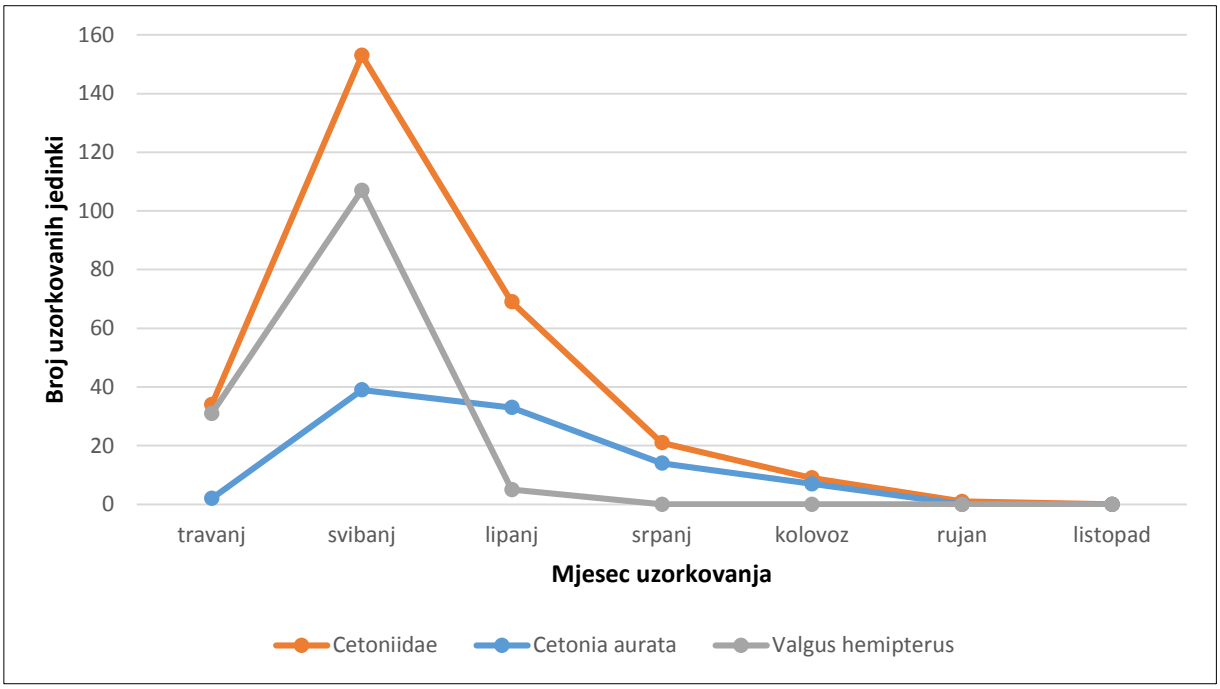
Slika 16. Sezonska dinamika podreda Polyphaga tijekom sedam mjeseci uzorkovanja

Eudominantna porodica tijekom istraživanja bila je porodica Lucanidae s najbrojnijom vrstom *Dorcus parallelipipedus* sa 499 jedinki. Na Slici 6. prikazana je usporedna sezonska dinamika navedene vrste u odnosu na porodicu Lucanidae. U travnju su bile uzorkovane 3 jedinke, a u svibnju 36 jedinki ove vrste. Ističe se brojnost od 91 jedinke tijekom lipnja dok se u srpnju broj smanjio na 75 uzorkovanih jedinki. Najveći pik brojnosti ove vrste bio je tijekom kolovoza sa 183 uzorkovane jedinke. Tijekom rujna bilo je uzorkovano 58 jedinki, a na kraju sezone u listopadu broj se smanjio na 3 jedinke (Slika 6).

Eudominantna je također bila i porodica Cetoniidae s najbrojnijom vrstom *Cetonia aurata* s 95 uzorkovanih jedinki i *Valgus hemipterus* sa 143 jedinke. Na početku sezone u travnju uzorkovane su 2 jedinke vrste *C. aurata*, a najveći je broj zabilježen u svibnju i to 39 jedinki nakon čega brojnost opada u lipnju na 33 jedinke, u srpnju je bilo 14 jedinki. Zadnja prisutnost ove vrste bila je u kolovozu i to 7 jedinki, a u rujnu i listopadu nije uzorkovana niti jedna jedinka. Vrsta *V. hemipterus* u travnju bila je prisutna s 31 jedinkom te u svibnju postiže maksimalni pik s brojem od 107 jedinki nakon čega pada na broj od 5 jedinki u lipnju te u sljedećim mjesecima nije bila uzorkovana niti jedna jedinka ove vrste.



Slika 17. Sezonska dinamika brojnosti eudominantne porodice Lucanidae i vrste *Dorcus parallelipipedus*



Slika 18. Sezonska dinamika brojnosti eudominantne porodice Cetoniidae i vrste *Cetonia aurata* i *Valgus hemipterus*

4.5. Usporedba sličnosti faune uzorkovanih vrsta s obzirom na šumske zajednice

Prema Sørensenovom indeksu, na temelju dobivenih podataka stupanj faunističke sličnosti između šume hrasta lužnjaka i graba te šume bijele i crne topole iznosi 67,44%, tj. zajedničkih je 29 vrsta. S 10 zajedničkih vrsta (32,78%) indeks sličnosti faune utvrđen je između šume hrasta lužnjaka i graba te fragmenta šume bijele vrbe s kupinom. Sørensenov indeks sličnosti za šumu bijele i crne topole te fragment šume bijele vrbe s kupinom iznosi 27,11% s 8 zajedničkih vrsta (Tablica 6).

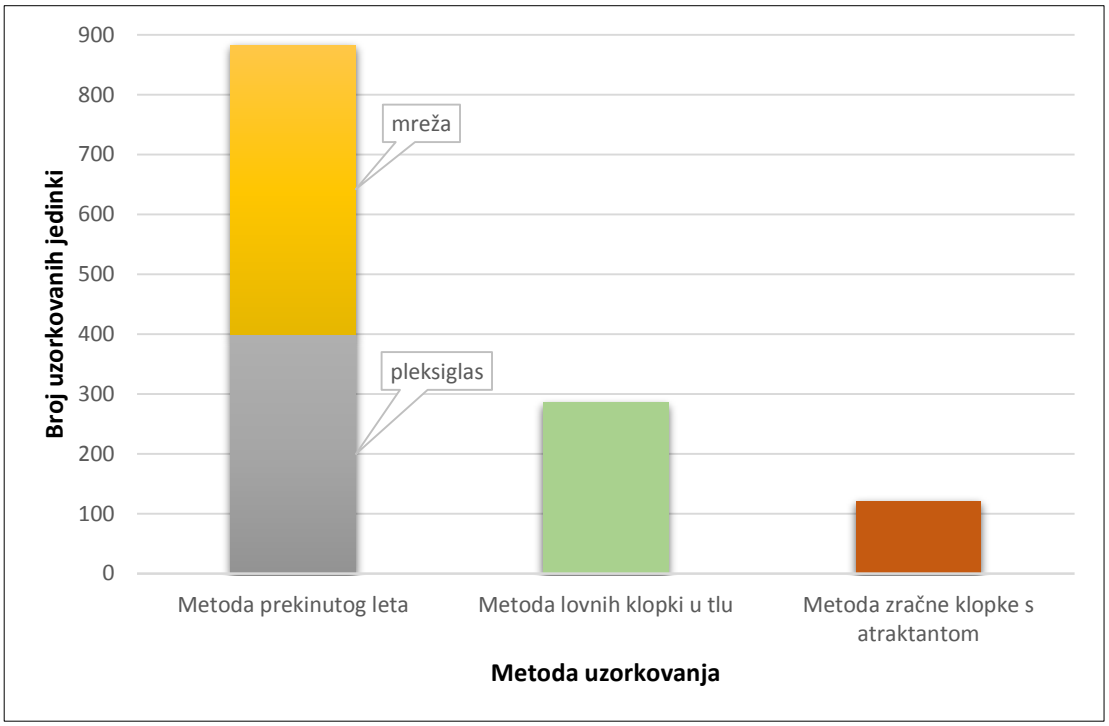
Tablica 6. Sørensenov indeks sličnosti vrsta saproksilnih kornjaša s obzirom na šumske zajednice

Šumska zajednica	Sørensenov indeks sličnosti (%)
Šuma hrasta lužnjaka i graba – Šuma bijele i crne topole	67,44
Šuma hrasta lužnjaka i graba – Fragment šume bijele vrbe s kupinom	32,78
Šuma bijele i crne topole – Fragment šume bijele vrbe s kupinom	27,11

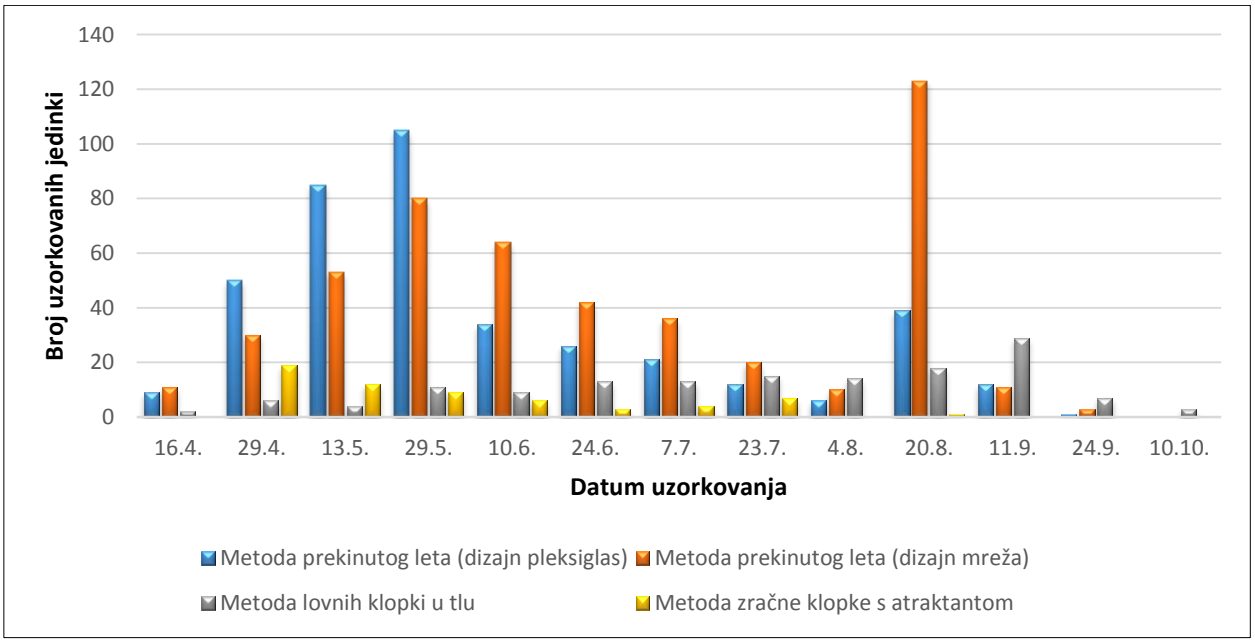
4.6. Usporedba učinkovitosti metoda uzorkovanja saproksilnih kornjaša

Za usporedbu učinkovitosti u ovom istraživanju, koristile su se tri metode uzorkovanja saproksilnih kornjaša i to metoda prekinutog leta, metoda lovnih klopki i metoda zračne klopke s atraktantom. Metodom prekinutog leta uzorkovano je 883 saproksilnih kornjaša od čega je 400 jedinki uzorkovano pomoću klopke s pleksiglasom, a 483 klopkom s mrežom. Ukupan broj od 286 jedinki uzorkovan je metodom lovnih klopki u tlu, dok je najmanji broj, 122 jedinke uzorkovano metodom zračne klopke s atraktantom (Slika 19).

Analizirana je i učinkovitost pojedinih metoda s obzirom na datum samog uzorkovanja ove ekološke skupine organizama. Tijekom travnja i svibnja najveći broj jedinki uzorkovan je metodom prekinutog leta (dizajn pleksiglas) i to 29.4. (50 jedinki), 13.5. (85 jedinki), 29.5. (105 jedinki). Od svibnja do početka srpnja najveći broj jedinki bio je uzorkovan metodom prekinutog leta (dizajn mreža) i to 13.5. (53 jedinke), 29.5. (80 jedinki), 10.6. (64 jedinke), 24.6. (42 jedinke) i 7.7. (36 jedinki). Istom je metodom najveći pik uzorkovanih jedinki i to 123 jedinke uzorkovano tijekom 20.8.2014. godine. Metodom lovnih klopki od travnja do kolovoza broj uzorkovanih jedinki rijetko je prelazio 10, dok je najveći broj uzorkovanih jedinki ovom metodom bio tijekom 11.9. s 29 uzorkovanih jedinki. Metodom zračnih klopki s atraktantom najveći broj uzorkovanih jedinki iznosio je 19 i to tijekom izlaska na teren 29.4. Izlaskom na teren 13.5. ovom metodom ukupno je uzorkovano 12 jedinki, a od tog se datuma brojnost značajno smanjuje.

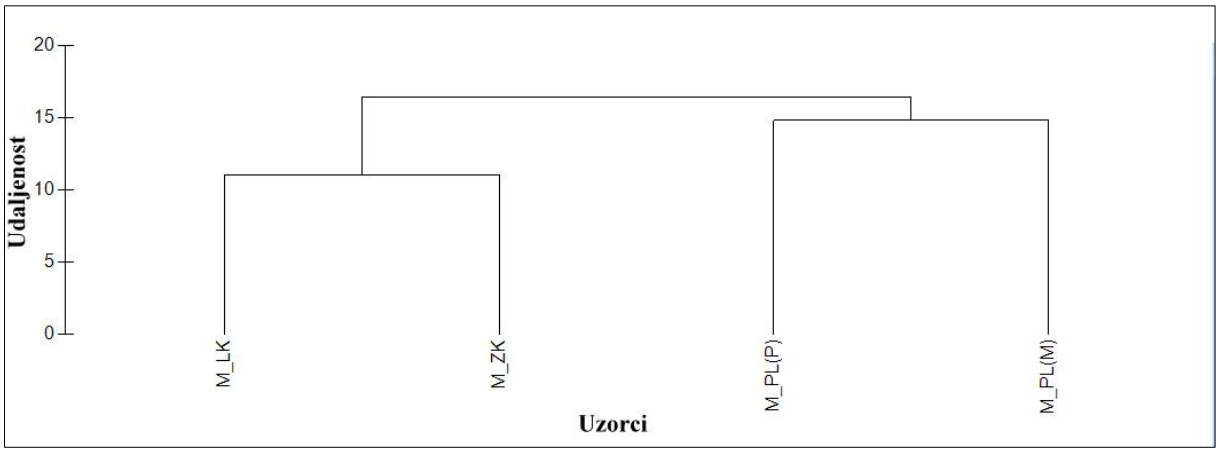


Slika 19. Usporedba brojnosti uzorkovanih jedinki s obzirom na metodu uzorkovanja



Slika 20. Usporedba učinkovitosti metoda s obzirom na datum uzorkovanja saproksilnih kornjaša

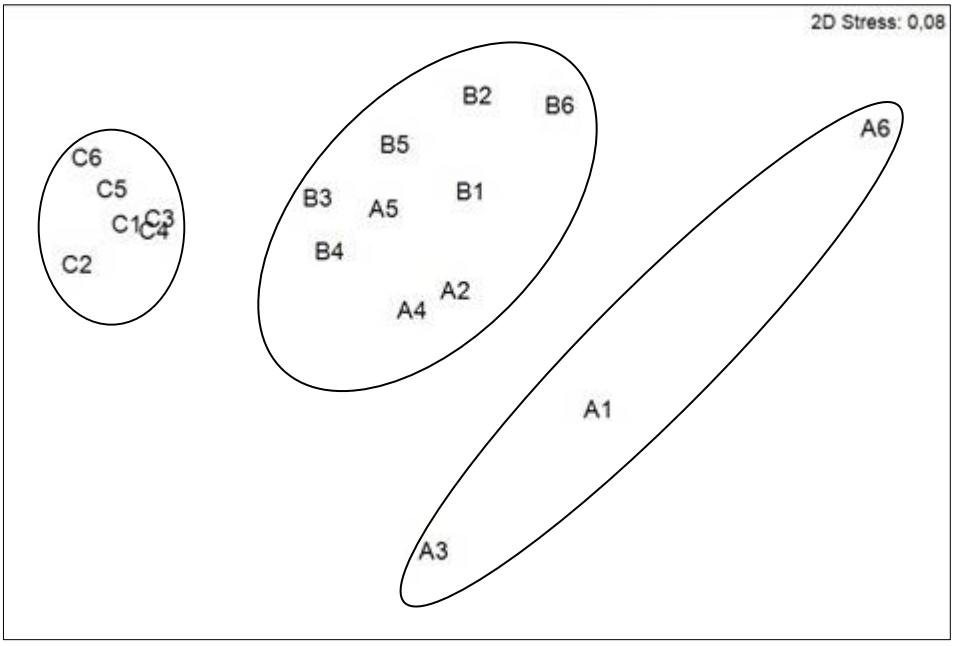
Na temelju tri metode uzorkovanja saproksilnih kornjaša jasno se grupiraju dva odvojena klastera. Klaster I: M-LK – M_ZK i klaster II: M-PL(P) – M_PL(M). Sličnost između ova dva klastera ne postoji s obzirom da su razdvojeni (Slika 21).



Slika 21. Klaster analiza sličnosti istraživanih metoda uzorkovanja na temelju brojnosti faune saproksilnih kornjaša

4.7. Rezultati multivarijantne analize sličnosti

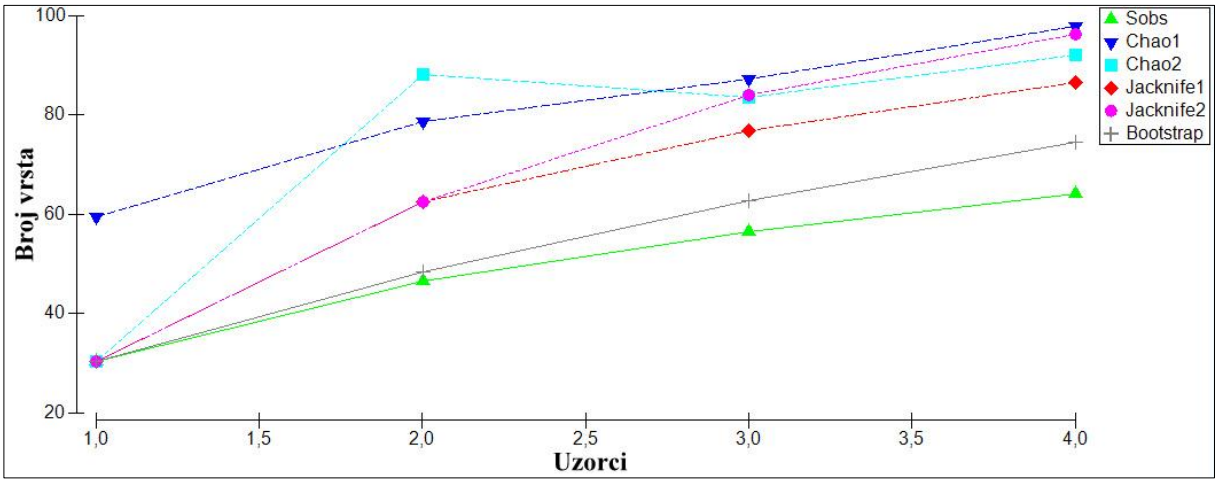
Analizom nemetrijskog višedimenzijskog grupiranja (nMDS) utvrđeno je jasno razdvajanje postaja s obzirom na brojnost jedinki. Vrijednost koeficijenta stresa od 0.08 značajka je dobro ordiniranih podataka bez realnih mogućnosti pogrešne interpretacije. Izdvajaju se tri klastera i to prvi klaster s lovnim mjestima A1, A3 i A6. Lovna mjesta A2, A4, A5 te sva mjesta na postaji B izdvajaju se kao drugi zaseban klaster. Mjesta postaje C također su izdvojena kao zaseban klaster (Slika 22).



Slika 22. Multivarijantna analiza (nMDS) sličnosti na temelju brojnosti uzorkovanih jedinki s obzirom na tip šumske zajednice

4.8. Procjena ukupnog broja vrsta

Korištenim procjeniteljima dobivene su vrijednosti koje predstavljaju procijenjeni broj vrsta koji bi se mogao pojavljivati na uzorkovanom području Parka prirode Kopački rit. Zelenom je linijom prikazano trenutno bogatstvo vrsta (Sobs) na uzorkovanom području, a taj broj iznosi oko 60-ak vrsta. Maksimalni procijenjeni broj vrsta prema Chao1 i Jacknife2 procjeniteljima ukazuje na 90-ak potencijalnih vrsta za uzorkovanje (Slika 23).



Slika 23. Akumulacijske krivulje usporedbe trenutnog bogatstva vrsta (Sobs) s drugim procjeniteljima (hao1, Chao2, Jacknife1, Jacknife2 i Bootstrap)

4.9. Ugrožene vrste saproksilnih kornjaša

S obzirom da je Republika Hrvatska označena kao područje s velikim brojem ugroženih vrsta saproksilnih kornjaša bilo je za očekivati takve pronalaske i na području istraživanja ovog diplomskog rada. Utvrđene i uzorkovane vrste od posebnog stupnja ugroženosti bile su: *Gnorimus variabilis*, *Protaetia affinis*, *Cucujus cinnaberinus*, *Lucanus cervus*, *Omoglymmius germari* i *Rhysodes sulcatus*.

Gnorimus variabilis

Tijekom sedam mjeseci istraživanja ukupno su uzorkovane 3 jedinke vrste *G. variabilis*. Sve su jedinke uzorkovane metodom prekinutog leta (dizajn mreža). Prvo uzorkovanje bilo je 10.6. u šumi bijele i crne topole (lovno mjesto br. 6), dok su sljedeće dvije jedinke svaka pojedinačno uzorkovane tijekom istog terenskog izlaska 24.6. u šumi hrasta lužnjaka s grabom na lovnom mjestu broj 3 i 4.

Protaetia affinis

Samo su 3 jedinke vrste *P. affinis* uzorkovane tijekom istraživanja i to 10.6. u šumi hrasta lužnjaka s grabom. Dvije jedinke uzorkovane su metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas (lovno mjesto br. 1), a 1 jedinka zračnom klopkom s atraktantom (lovno mjesto br. 2).

Cucujus cinnaberinus

Vrsta *Cucujus cinnaberinus* tijekom istraživanja od travnja do listopada 2014. godine uzorkovana je ukupno 4 puta. Prvi je put uzorkovana 1 jedinka 16.4. u šumi bijele i crne topole pomoću metode prekinutog leta, dizajn mreža (lovno mjesto br. 4). Sljedeće 3 jedinke uzorkovane su istog datuma 29.4. i to 2 jedinke u šumi hrasta lužnjaka s grabom metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas (lovno mjesto br. 1 i 6), dok je 1 jedinka uzorkovana u šumi bijele i crne topole pomoću metode prekinutog leta, dizajn pleksiglas (lovno mjesto br. 6).

Lucanus cervus

Tijekom istraživanja, uzorkovano je 11 jedinki vrste Lucanus cervus, 6 ženki i 5 mužjaka. Izlaskom na teren 29.5. uzorkovan je 1 mužjak u šumi bijele i crne topole pomoću metode prekinutog leta, dizajn pleksiglas (lovno mjesto br. 6). Sljedeća 2 mužjaka uzorkovana su 10.6. u šumi hrasta lužnjaka s grabom metodom prekinutog leta, dizajn mreža (lovno mjesto br. 4). Istog je datuma uzorkovana prva ženka, 1 jedinka metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas u šumi bijele i crne topole. Zadnja 2 mužjaka tijekom ovog istraživanja uzorkovana su 24.6. metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas (lovno mjesto br. 6). Lovne klopke u tlu uzorkovale su 1 ženku 7.7. (šuma hrasta lužnjaka s grabom, lovno mjesto br. 1), 1 ženku 4.8. (šuma bijele i crne topole, lovno mjesto br. 6) te 2 ženke 20.8. (šuma hrasta lužnjaka s grabom, lovno mjesto br. 1). Posljednje uzorkovanje ove vrste bila je 1 jedinka ženke 11.9. metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas (šuma hrasta lužnjaka s grabom, lovno mjesto br. 1).

Omoglymmius germari

Ova je vrsta tijekom istraživanja uzorkovana s brojem od 9 jedinki. Metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas, 29.5. uzorkovana je 1 jedinka u šumi hrasta lužnjaka s grabom (lovno mjesto br. 1) te 1 jedinka u šumi bijele i crne topole (lovno mjesto br. 6). Tijekom istog datuma metodom prekinutog leta, dizajn mreža, uzorkovano je 1 jedinka (lovno mjesto br. 1), 3 jedinke (lovno mj. br. 2) te 2 jedinke (lovno mj. br. 5). U istoj šumskoj zajednici, istom metodom i tipom klopke 24.6. uzorkovana je 1 jedinka na lovnom mjestu br. 2.

Rhysodes sulcatus

Vrsta *R. sulcatus* tijekom cijele sezone uzorkovanja od travnja do kolovoza uzorkovana je samo jednom i to 29.4. metodom prekinutog leta, dizajn pleksiglas na lovnom mjestu br. 4.

5. RASPRAVA

Entomološka istraživanja kornjaša (Coleoptera) do sada su se provodila na području Parka prirode Kopački rit (Szekessy, 1944; Merdić i sur., 2005; Domić i sur., 2009; Turić i sur., 2012; Krčmar, 2014; Kulundžić i sur., 2014), međutim, ekološka skupina saproksilnih kornjaša kao takva do sada nije bila istraživana u ovom dijelu Hrvatske. U svrhu prvog popisa faune i brojnosti ove skupine organizama na području Kopačkog rita provedeno je istraživanje u razdoblju od travnja do listopada 2014. godine. Uzorkovan je relativno veliki broj jedinki kornjaša, što ni ne čudi za odabrana područja s obzirom da su i sustavna istraživanja utvrdila prisutnost 723 vrste (projekt Entomofauna Kopačkog rita od 2007. do 2014. godine) kornjaša na području Kopačkog rita. Ovim je istraživanjem naposljetku determiniran dio faune saproksilnih kornjaša, odnosno kao relevantni podaci za ovo istraživanje uzete su isključivo jedinke koje su se na temelju dostupnih ključeva mogle determinirati do vrste. Pojedine jedinke iz roda *Agapanthia, Omaloplia* i *Tenebrio* determinirane su isključivo do roda. Istraživanjem je utvrđena veća zastupljenost podreda raznojeda (Polyphaga) i to 13 porodica u odnosu na podred grabežljivaca (Adephaga) koji je bio zastupljen sa samo jednom porodicom Cerambycidae. U prilog ovome ide činjenica da je podred Polyphaga općenito brojniji i procjenjuje se na 370 000 vrsta u usporedbi s 30 000 vrsta iz podreda grabežljivaca. Također, ekološke niše raznojeda više su ispunjene i zastupljene u šumskim ekosustavima, a osobito u slučaju ove ekološke skupine kornjaša koja svoja mikrostaništa pronalaze u šupljinama drveća, panjevima, plodištima gljiva, trulom lišću ili izmetu kukaca (Atay i sur., 2012).

Na području Švedske, Njemačke, Švicarske kao i Turske, veliki hrastovi (*Quercus robur*) predstavljaju najpogodnije stanište saproksilnih kornjaša (Palm, 1959; Ranius i Jansson, 2000; Ranius, 2002; Ranius i Jansson, 2002; Buse i sur., 2008; Atay i sur., 2012; Widerberg i sur., 2012; Andersson i sur., 2014), a veliki udio vrsta nalazi se na crvenim popisima pojedinih država. Ovim je istraživanjem potvrđena velika brojnost jedinki saproksilnih kornjaša (56,99% uzorkovanih jedinki) u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*). Na navedenoj postaji, u okolici dvorca Tikveš nema plavljenja, a u šumama koje okružuju ovo područje ostavljen je veliki broj starih i mrtvih stabala, trupaca i panjeva što je izuzetno dobra praksa za održivo gospodarenje šumama kako bi se očuvala faunistička raznolikost organizama prisutnih u ovim mikrostaništima. Većina starih i trulih stabala hrastova uočenih na postaji Tikveš imala je veliki opseg što ukazuje i na njihovu veliku starost, ali ista ta stabla nisu bila odvezena iz šumske zajednice nego ostavljena unutar šume. U gradskim se

parkovima, primjerice, starija stabla većinom ostavljaju radi estetske ili kulturne vrijednosti, a u toplijim mjesecima ona omogućuju hlad i zaštitu od sunca (Dražina i sur., 2012). Na takvim područjima stara, trula i napukla stabla koja su takva zbog raznih vremenskih nepogoda i prirodnog procesa starenja drvenastih biljaka, predstavljaju potencijalnu opasnost za građane koji u parkovima provode svoje slobodno vrijeme u odmaranju, rekreaciji ili zabavi. Ovdje je takva stabla potrebno redovito uklanjati kako ne bi došlo do neželjenih i nepotrebnih posljedica, jer u parkovima prioritet mora biti sigurnost osoba koje borave u njima. Ovaj tip gospodarenja trebao bi se svesti na optimalnu razinu jer je potrebno ostavljati dio starih stabala kako se u suprotnom ne bi u potpunosti izgubila mikrostaništa, a s njima i zajednice saproksilnih kornjaša. Na postaji pustara Tikveš gdje je šumska zajednica bijele i crne topole (*Populetum nigro-albae*) nije bilo prisutno trulih stabala koja su bila položena na tlo, ali je zajednica topola ondje velike starosti te je kao takva bila pogodna za istraživanja faune saproksilnih kornjaša (utvrđeno 386 jedinki). Faunistička brojnost na fragmentima zajednice šume bijele vrbe s kupinom (*Rubeto-Salicetum albae*) bila je izuzetno male brojnosti sa 7,54%-tnim udjelom od ukupnog broja uzorkovanih jedinki. Ova je postaja bila na otvorenom području travnjaka uz čiji je rub bio drvored bijelih vrba koje su kao takve bile izložene jakim udarima vjetrova kao i visokom stupnju osunčanosti. Iako je utvrđena veća brojnost i raznolikost saproksilnih kornjaša na područjima koja su više osunčana (Ranius i Jansson, 2002; Vodka i sur., 2009) i s većim temperaturnim razredom (Lachat i sur., 2012) kako je u skladu s hipotezom o energiji vrsta, (Wright, 1983; Storch i sur., 2005) koja govori da temperatura ima veći i pozitivni učinak na bogatstvo vrsta, ovim je istraživanjem na postaji Podunavski ribnjaci, gdje je drvored bijelih vrba bio direktno izložen sunčevom zračenju, uzorkovan najmanji broj jedinki (82).

Faunistička sličnost između tri različite postaje, ili šumske zajednice, utvrđena je Sørensenovim indeksom. Najveći stupanj sličnosti (67,44 %) utvrđen je između zajednice hrasta lužnjaka i graba i šume bijele i crne topole. Ove dvije šumske zajednice imaju vrlo stari sastav flore što je izuzetno dobar pokazatelj očuvanosti starih šumskih sastojina te predstavljaju pogodna staništa za saproksilne kornjaše. Između zajednice hrasta lužnjaka i graba te fragmenta šume bijele vrbe s kupinom utvrđeno je 10 zajedničkih vrsta, sa sličnošću od 32,78% ove dvije postaje. Vjerojatan faktor u sličnosti i brojnosti je taj što su ove zajednice na otvorenijem i osunčanijem području u usporedbi s postajom Tikveš na kojoj je pokrovnost krošnje s najvećim stupnjem. Šuma bijele i crne topole te fragment šume bijele vrbe s kupinom pokazuju najmanju sličnost (27,11%) što govori o značajno velikom odstupanju sličnosti i odvojenosti vrsta na te dvije postaje te je svakako vjerodostojan pokazatelj faunističke različitosti. Na temelju nemetrijskog

višedimenzijskog grupiranja (nMDS) jasno je vidljivo razdvajanje klastera s obzirom na šumske vegetacije istraživanog područja. Postaja C se klasterski izdvaja kao zasebna zbog svoje izrazito male brojnosti uzorkovanih jedinki te različitog sastava vrsta. U usporedbi, postaje A i B su vrlo slične što zbog vrsta koje su uzorkovane u obje šumske zajednice što zbog broja jedinki.

Bogatstvo faune kornjaša u velikoj mjeri odražava očuvanost, kvalitetu i raznolikost staništa te se često koristi kao indikator stanja ekosustava. Tako je utvrđena najveća raznolikost vrsta na postaji Tikveš na tri mjesta uzorkovanja gdje su utvrđeni najveći indeksi raznolikosti (Margalefov indeks gustoće populacije) koji pokazuju da je upravo ovdje prisutan najveći broj uzorkovanih vrsta kao i na postaji pustara Tikveš, ali su ondje najveće vrijednosti utvrđene samo na jednom mjestu uzorkovanja, broj 6. Shannon-Weawerov indeks raznolikosti također potvrđuje da je najviše vrsta, s najvišim vrijednostima indeksa, uzorkovano upravo na postaji Tikveš (mjesto uzorkovanja br. 1: 2,943). To je mjesto vrlo bogato vrstama s obzirom da je manje pokriveno okolnom krošnjom te je tom činjenicom više osunčano (Ranius i Jansson, 2002; Lachat i sur., 2012) od okolnih mjesta uzorkovanja na istoj postaji.

Od ukupno 14 uspješno određenih porodica, brojnošću se u ovom istraživanju izdvajaju porodice Cerambycidae, Cetoniidae i Lucanidae koje su na temelju kategorija dominantnosti eukonstantne s obzirom da njihov postotni udio prelazi vrijednost od 10%. U kategoriju dominatnih pripadaju porodice Aphodiidae i Tenebrionidae, dok su recedentne bile Endomychidae, Erotylidae i Pyrrochroidae. Porodica jelenaka (Lucanidae) je u kategoriji eudominantnosti na dvije postaje, a to su bile Tikveš i pustara Tikveš. U kolovozu su jelenci također eudominantna porodica. Istu kategoriju konstantnosti pokazuje i porodica zlatnih mara (Cetoniidae), ali isključivo na postaji Tikveš te tijekom mjeseca lipnja budući da se u šumskoj zajednici tog lokaliteta uz hrast lužnjak i grab u doba pune cvatnje ondje nalazi bogat sloj grmlja, kao i mnogih zeljastih biljaka (Springer i sur., 2003) koje ovoj skupini kukaca u odraslom stadiju omogućuju funkciju oprašivanja. Pojedine vrste ove porodice (*Protaetia lugubris*, *P. aeruginosa*) koriste duplje trulog drveća kao mikrostaništa za razvoj svojih ličinki. Porodica strizibuba (Cerambycidae) je, iako na temelju odnosa ukupne brojnosti na sve tri postaje eudominantna, na postaji Tikveš isključivo dominantna zbog prisutnosti biljnih zajednica koje su u sezoni pune cvatnje te kao takve pogodne za oprašivanje odraslim strizibubama. Ova je porodica u istoj kategoriji dominantnosti bila prisutna u svibnju.

Utjecaj sezonskih razdoblja na strukturu faune saproksilnih kornjaša može biti vrijedan podatak za praćenje i očuvanje vrsta. Na području sjeverne Europe najveća brojnost jedinki zabilježena

je u kasno proljeće i rane ljetne mjesece, a uzorkovanja se često obavljaju od travnja do listopada kako bi se obuhvatila glavnina razdoblja aktivnosti (Wermelinger i sur., 2002; Wikars i sur., 2005). Najveća aktivnost odraslih jedinki saproksilnih kornjaša u Kopačkom ritu zabilježena je od travnja do kolovoza s izraženim pikom u svibnju (359 jedinki). Suprotni rezultati dobiveni su istraživanjem ove skupine kornjaša u Švedskoj gdje je utvrđena izrazito niska aktivnost saproksilnih kornjaša sredinom svibnja i kolovoza (Ranius i Jansson, 2002). Krivulja sezonske dinamike u skladu je s podacima iz literature koji navode dva vrhunca pojavljivanja odraslih jedinki, prvi od svibnja do lipnja, a drugi između rujna i listopada (Hernández i sur., 2014). Ovaj je uzorak uglavnom potaknut sezonskim promjenama klime mediteranskih područja koja predstavlja kombinaciju toplih i suhih ljeta te hladnih i umjereno vlažnih zima što svakako utječe na dinamiku ekosustava (Blondel i sur., 2010). Utvrđivanje sezonske dinamike temelji se na aktivnosti odraslih jedinki saproksilnih kornjaša te je stoga važno uspostavljanje uzorkovanja u točno određeno vrijeme sezone, a procijenjeno na temelju literaturnih podataka. Na temelju prikupljenih podataka iz entomoloških kolekcija, pregleda radova i različitih istraživanja provedenih na području Slovenije u posljednjih 100 godina procijenjena je sezonska dinamika za četiri odabrane vrste (*Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Rosalia alpina*, *Morimus funereus*) (Vrezec, 2008). Raspon aktivnosti za vrstu *Lucanus cervus* utvrđen je od 19. ožujka do 19. rujna (pik aktivnosti 30. lipnja – 23. srpnja), dok je na temelju ovog istraživanja aktivnost utvrđena tek od kraja svibnja (29.5.) do rujna (11.9.), a najveći pik aktivnosti je također u 6 mjesecu. Zbog nedostatka podataka koji procjenjuju sezonsku dinamiku vrsta *Cucujus cinnaberinus* i *Rhysodes sulcatus* na području Slovenije, aktivnost ovih vrsta utvrđena je putem literaturne procjene i podataka iz ostalih dijelova Europe (Vrezec i sur., 2012). Za vrstu *Cucujus cinnaberinus* aktivnost je najveća od travnja do lipnja (pik aktivnosti od 15. travnja do 31. svibnja) (Bussler, 2002; Schlaghamersky i sur., 2008). Istraživanjem je aktivnost uzorkovanih jedinki ove vrste utvrđena samo u travnju. Vrsta *Rhysodes sulcatus* aktivna je od svibnja do rujna, dok vrhunac aktivnosti nije poznat (Burakowski, 1975). Tijekom ovog istraživanja u travnju je uzorkovana samo jedna jedinka te je na temelju tih podataka nemoguće utvrditi sezonsku aktivnost kao i pik aktivnosti ove vrste. Iz podreda Adephaga na temelju najveće brojnosti uzorkovanih jedinki sezonskom aktivnošću najviše se izdvajaju strizibube (Cerambycidae), a najveći pik aktivnosti utvrđen je u svibnju dok je u ostalim mjesecima aktivnost značajno smanjena. U podredu raznojeda (Polyphaga) aktivnošću se izdvajaju dvije porodice, Cetoniidae (pik aktivnosti u svibnju) i Lucanidae (prvi pik aktivnosti u lipnju te drugi najveći u kolovozu).

U svrhu što učinkovitijeg uzorkovanja saproksilnih kornjaša koriste se različite metode, ali sve uključuju najmanje dvije osnovne metode. Metoda prekinutog leta specifična je za uzorkovanje kornjaša koji su aktivni letači s obzirom da se klopke postavljaju iznad tla. Ova metoda koristila se u nekoliko studija (Kaila, 1993; Økland, 1996; Jansson i Lundberg, 2000; Ranius i Jansson, 2000; Ranius i Jansson, 2002; Martikainen i Kaila, 2004; Atay i sur., 2012; Lachat i sur., 2012; Widerberg i sur., 2012; Cocciufa, i sur., 2014) te se uvijek za svako pojedino istraživanje mogu modificirati prema potrebama terena kao što je bio slučaj i u ovom istraživanju gdje se metoda sastojala iz dva dizajna klopki, pleksiglas i mreža. Za razliku od metode prekinutog leta, u istraživanjima člankonožaca čiji su životni ciklus i aktivnost više vezani uz tlo široko se koristi metoda lovnih klopki u tlu (Baars, 1979; Greenslade, 1964; Spence i Niemelä, 1994; Rukavina, 2010; Kos i sur., 2010), dok recentnija istraživanja pokazuju da se koriste i u šupljim stablima pri kvantitativnim procjenama saproksilnih kornjaša (Ranius i Jansson, 2000; Ranius, 2001). Temeljem podataka dobivenih istraživanjem saproksilnih kornjaša na području Kopačkog rita utvrđena je bitna razlika u učinkovitosti korištenih metoda za uzorkovanje. S obzirom na broj uzorkovanih jedinki jasno se i analizom sličnosti istraživanih metoda izdvajaju dva klastera koji upućuju na sličnost između klopke s pleksiglasom i mrežom (metoda prekinutog leta), dok je poseban klaster koji ne pokazuje sličnost s prethodnim, klaster metode lovnih klopki u tlu i metoda zračne klopke s atraktantom. Brojnošću uzorkovanih jedinki nadasve se izdvaja metoda prekinutog leta, ali s većom vrijednošću izdvaja se ona izrađena iz mreže (483 jedinke) zbog veće površine koju zauzima što joj daje i povećanu učestalost upadanja saproksilnih kornjaša u takve klopke u usporedbi s dizajnom pleksiglas koji se ne izdvaja toliko širinom. Visina pleksiglas ploča ove klopke je varijabla koja toj metodi daje također veću učinkovitost uzorkovanja, ali i svakako postavljanje klopki tik uz stablo čime je povećana učestalost prolaska i naleta kornjaša u tom smjeru. Ova se metoda također u istraživanju na području Europe pokazala kao statistički značajnijom i pogodnijom s obzirom da su bile uzorkovane sve skupine saproksilnih kornjaša te je općenito najviše kukaca bilo uzorkovano ovom u usporedbi s drugim metodama (Økland, 1996; Ranius i Jansson, 2002; Martikainen i Kaila, 2004; Bouget i sur., 2008; Cocciufa, 2014).

Budući da ne postoji jedna metoda koja daje cjeloviti i objektivan uvid u prisutnost saproksilnih vrsta u istraživanjima je uvijek potrebno koristiti više njih kako bi se dobila bolja slika pojavnosti vrsta. Metodom lovnih klopki u ovom je istraživanju uzorkovan puno manji broj jedinki (286) što je slučaj i u europskim literaturnim nalazima koji su se bavili usporedbama učinkovitosti više različitih metoda uzorkovanja saproksilnih kornjaša (Økland, 1996; Ranius i

Jansson, 2002; Andersson i sur., 2014). Lovne klopke u tlu, šupljinama stabala i panjeva, puno su selektivnije jer kukac mora živjeti u šupljini ili se aktivno kretati prema njoj kako bi bio uzorkovan. Za usporedbu, značajno je za sve kornjaše uzorkovane metodom prekinutog leta da nisu i ne mora biti slučaj da su se razvili direktno u drvetu na kojemu se klopka nalazi jer mogu doletjeti s udaljenijih stabala, ili s udaljenijeg područja. Većini njih ni ne počinje životni ciklus u šupljini drveta, a i veliki dio njih nisu saproksilni kornjaši (Ranius i Jansson, 2002). Za uzorkovanje porodice trčaka (Carabidae) koriste se lovne klopke u tlu, ali je utvrđeno da je potrebno uključiti također i druge metode prikupljanja uz ovu te kroz duži period pratiti kako bi se dobile informacije o promjeni brojnosti faune trčaka (Kos i sur., 2010). Najmanji udio faune saproksilnih kornjaša uzorkovan je metodom zračne klopke s atraktantom (11,21% od ukupne brojnosti uzorkovanih jedinki). Veliki udio prikupljenih jedinki ovom metodom bili su potkornjaci (Scolytidae), koji ovim diplomskim radom nisu uvršteni u analiziranu faunu saproksilnih kornjaša, te je njihova brojnost korištena isključivo uz podatak vezan uz ukupan broj uzorkovanih i prepariranih jedinki (10 347). U literaturnim pregledima ova metoda nije zastupljena, ali je u ovom istraživanju korištena jer se fauna saproksilnih kornjaša na ovom području uzorkovala po prvi put. Stoga je važno uključiti što više tipova metoda kako bi se dobio i već uvid u ukupnu faunu.

Kako bi se uzorkovala što raznovrsnija fauna kornjaša u istraživanjima se koristi također i metoda sakupljanja mrtve drvne mase koja se kao posljedica razlaganja drveća nakuplja u šupljinama stabala ili panjevima (Ranius i Jansson, 2002). U posljednjem je desetljeću razvijeno uspješno uzorkovanje i praćenje raznolikosti kukaca bazirano na feromonima i sličnim semiokemikalijama baziranima na atraktivnosti (informacijske kemikalije). Monitoring pomoću feromona generalno je specifična metoda na razini vrste iako postoje atraktivnosti među saproksilnim kornjašima. Ta bi selektivnost bila korisna kako bi se fokusiralo na točno određene indikatorske vrste, ali tako se i ograničava raspon vrsta koje bi mogle biti pokrivene. Prvi utvrđeni feromon za uzorkovanje rijetkih i ugroženih vrsta kukaca bio je spolni feromon produciran od mužjaka vrste *Osmoderma eremita* (Larsson i sur., 2003) kukca čije je stanište usko vezano uz šupljine stabala. Ova je vrsta na temelju istraživanja utvrđena kao indikatorska vrsta saproksilne raznolikosti (Ranius, 2002; Jansson i sur., 2009; Andersson i sur., 2014). Recentnija su istraživanja pokazala da se rijetka vrsta klišnjaka *Elater ferrugineus* također može pratiti pomoću klopki sa spolnim feromonima vrste *O. eremita* (Svensson i sur., 2004).

S obzirom da su na istraživanom području determinirane 64 vrste, a temeljem procijenjenog broja vrsta akumulacijske krivulje (Chao 1 i Jacknife2), utvrđen je potencijalni broj od 90-ak

vrsta. Ovaj nam podatak ukazuje da je potrebno determinirati i odrediti do vrste i preostali dio uzorkovanih kornjaša, a za koje nisu bili dostupni ključevi za determinaciju. Broj koji na krivulji predstavlja vrijednost i veću od 90, ukazuje da se među nedeterminiranim jedinkama krije još 1/3 njih što je u sastavu vrsta izuzetno veliki procijenjeni broj čime bi se na još jednoj skupini organizama ukazalo na veliko bogatstvo ovog zaštićenog područja.

Od ciljnih NATURA 2000 vrsta saproksilnih kornjaša istraživanjem je zabilježena prisutnost vrste *Cucujus cinnaberinus* i *Lucanus cervus*. Plosnati potkornjak *C. cinnaberinus* jedna je od najrjeđih vrsta i ugrožena je vrsta kornjaša u Europi (Horák i sur., 2008), a pretpostavlja se da se smanjuju populacije u nekoliko europskih zemalja. Također, vrsta se smatra endemskom za područje Europe (Nieto i Alexander, 2010). Pretpostavlja se da je ova vrsta izumrla u Italiji, Španjolskoj i južnim dijelovima bivše Jugoslavije (Horák i sur., 2008), međutim nedavno je zabilježena kao učestalija i vjerojatno manje ugrožena u središnjoj Europi te je čak moguće da vrsta ide kroz fazu ekspanzije (Bussler, 2002; Schlaghamerský i sur., 2008). Ova se vrsta nalazi na Dodatku II Bernske konvencije i Dodatku II i IV 92/43 europske Direktive o staništima. Osim toga, navedena je kao gotovo ugrožena vrsta (NT) na IUCN-ovom crvenom popisu. Geografska rasprostranjenost pokriva Europu od skandinavskih zemalja do Bosne i Hercegovine, a recentniji su pronalasci zabilježeni u Bugarskoj. Zapadna granica seže do jugoistočne Bavarske dok neke južnije eksklave postoje u Italiji i sjeverozapadnoj Španjolskoj (Mazzei i sur., 2011). Pažljiva zapažanja pokazala su da ovaj kornjaš svoje mikrostanište pronalazi i u poplavnim nasadima topole kao i u miješanim planinskim šumama od niske do vrlo visoke kvalitete biotopa, a nekada i u prisutnosti vrlo male količine mrtve drvne mase (Bussler, 2002). Ova saproksilna vrsta zabilježena je u umjetnim i prirodnim šumama Bavarske, a istraživanje je bilo orijentirano na ličinačke stadije ove vrste čije su mnoge jedinke zabilježene ispod kore hibridnih vrsta topola *Salix alba, Acer platanoides, Ulmus* spp., *Quercus robur* i *Fagus sylvatica* (rijetko na crnogoričnom drveću) (Bussler, 2002). Tzv. *masovna pojava* ove vrste zabilježena je u Češkoj gdje su koristili klopke prekinutog leta u tri poplavne šume sa starim stablima hrasta lužnjaka i poljskog jasena. Ova metoda uzorkovanja također se pokazala uspješnom s obzirom da je u ovom istraživanju imala 100%-tnu učinkovitost, sve su 4 jedinke uzorkovane tim tipom klopke (Schlaghamerský i sur., 2008). S praćenjem aktivnosti ove vrste trebalo bi se krenuti ranije što govori i podatak da je većina odraslih kornjaša ove vrste bila uzorkovana tijekom veljače zbog blagih zima tijekom 2007. i 2008. godine, dok je prisutnost opala tijekom ljetnih mjeseci s obzirom da ugibaju nakon razmnožavanja (Horak i Chobot, 2011). Nakon izlaska iz stadija kukuljice, odrasle se jedinke sredinom srpnja mjesecima nalaze

skrivene u kori, a na stablima se pojavljuju nakon godinu dana i aktivno lete od druge polovice travnja do kraja svibnja (Schlaghamerský i sur., 2008) ili u lipnju (Bussler, 2002) što se poklapa i s našim uzorkovanjima sredinom i krajem mjeseca travnja. Ekologija je ove vrste slabo poznata, a definirana je kao potencijalna *krovna vrsta* u svrhu zaštite prirodnih staništa s velikom količinom mrtve drvne mase (Horák i sur., 2008; Mazzei i sur., 2011).

Jelenak *Lucanus cervus* je holoarktička vrsta, rasprostranjena po čitavom europskom kontinentu, od Pirinejskog poluotoka do Kavkaza te na sjeveru Europe, od južnih dijelova skandinavskih zemalja pa sve do juga Peloponeza. Aktivnost odraslih jedinki kreće od ožujka do kraja rujna kada se razmnožavaju i polažu jajašca u tlo u blizini starih panjeva i stabala (Vrezec i sur., 2012) što je utvrđeno i na temelju prikupljenih jedinki ovim istraživanjem gdje je prva jedinka uzorkovana krajem svibnja, a posljednji podatak o prisutnosti ove vrste bio je sredinom rujna. Razdoblje najveće aktivnosti i stoga najlakšeg opažanja uglavnom je tijekom druge polovice lipnja i prve polovice srpnja (Vrezec, 2008; Vrezec i sur., 2012), s obzirom na dnevni ritam vrhunac aktivnosti je uglavnom u sumrak dok tijekom dana miruju u krošnjama stabala. Jelenak je saproksilni kornjaš i kao takav u ličinačkom stadiju usko vezan i ovisan o trulom drvetu i stablima kojima se hrani. Pretpostavljalo se da se odrasle jedinke aktivno hrane biljnim sokovima, ali postoje i podaci koji ukazuju da se u odraslom stadiju uopće ne hrane (Harvey i sur., 2011). Vrsta je vezana uz šumska staništa gdje je najveći broj nalaza u Europi zabilježen u hrastovim šumama, nešto manje na bukvi, kestenu, brijestu, javoru, jasenu, i drugom širokolisnom drveću, ali i na igličastom drveću (npr. borovima) u manjem broju. Zabilježena je u različitim šumskim staništima, ali i u gradskim parkovima, voćnjacima, živicama i sl. (Harvey i sur., 2011). Jelenak se nalazi na Dodatku II Europske Direktive o staništima NATURA 2000. Nalazi se na IUCN Crvenoj listi (ver. 3.1) u kategoriji gotovo ugrožene (NT) za područje Europe te je zaštićen i Bernskom konvencijom (BC 82/72/EEC). U Hrvatskoj je jelenak zaštićen Zakonom o zaštiti prirode (NN80/13), Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim.

Iz cijelog roda *Omoglymmius*, isključivo se vrsta *Omoglymmius germari* (Ganglbauer, 1891) nalazi na području sjeverne i južne Europe. Ova vrlo rijetka vrsta svoja mikrostaništa pronalazi u starim, srušenim stablima listopadnog drveća. Smatra se reliktnom vrstom netaknutih šuma (Bussler i sur., 2005; Bekchiev, 2010). Velike je konzervacijske vrijednosti te je po prvi puta spomenuta kao vrsta kornjaša korisna za utvrđivanje šuma od međunarodne važnosti (Speight, 1989; Good i Speight, 1996). Na temelju IUCN-ove europske Crvene liste saproksilnih vrsta (Nieto i Alexander, 2010) označena je kao nedovoljno poznata vrsta (DD). S obzirom na

tablične i grafičke prikaze web stranice Fauna Europea ova je vrsta označena kao odsutna na području Hrvatske, međutim, ovim je istraživanjem utvrđena prisutnost 9 jedinki čija je aktivnost utvrđena od kraja svibnja do kraja lipnja 2014. godine. Uz *O. germari* uzorkovana vrsta naborani potkornjak, *Rhysodes sulcatus* također je reliktna vrsta netaknutih šuma te korisna u utvrđivanju šuma od međunarodne važnosti (Speight, 1989; Good i Speight, 1996; Bussler i sur., 2005), a na europskoj Crvenoj listi saproksilnih vrsta označena je kao nedovoljno poznata (DD). Izuzetno je rijetka i vrsta kojoj prijeti izumiranje te ne iznenađuje činjenica da je tijekom ovog istraživanja uzorkovana samo jedna jedinka i to krajem travnja. Ima najveće zahtjeve za tradicionalnim biotopima i očuvanim šumama, a staništa su joj u prirodnim i vrlo starim većinom listopadnim i miješanim šumama. U zapadnom i središnjem dijelu Europe dokumentirana je povijest izumiranja ove vrste (Speight, 1989). *R. sulcatus* se nalazi na Dodatku II europske Direktive o staništima.

Prema kategoriji ugroženosti vrsta *Gnorimus variabilis* utvrđena je kao gotovo ugrožena (NT) (Nieto i Alexander, 2010). Ova vrsta iz porodice zlatnih mara (Cetoniidae) široko je rasprostranjena na području srednje i južne Europe kao i Male Azije, ali je svugdje vrlo rijetka. Staništa su joj u kvalitetnim i starim šumama te parkovima čija se zajednica sastoji iz hrastove i bukove šume. Tijekom istraživanja utvrđena je prisutnost nedovoljno poznate vrste na temelju europske crvene liste, iz porodice zlatnih mara, *Protaetia affinis*. Iako je u statusu nedovoljno poznate, vrlo je česta vrsta, ali je tijekom ovog istraživanja uzorkovano samo 3 jedinke. Međutim, sve su jedinke uzorkovane u šumi hrasta lužnjaka s grabom.

Zbog dugog životnog ciklusa većine saproksilnih kornjaša potrebno je provesti istraživanja kroz duži niz godina kako bi se sa sigurnošću utvrdile vrste ili kako bi se sa sigurnošću mogao konstatirati njihov izostanak (Dražina i Temunović, 2011). Ovim istraživanjem utvrđena je velika zastupljenost vrsta koje se nalaze na Crvenom popisu saproksilnih kornjaša Europe što je izuzetno bitno za istraživano područje – Park prirode Kopački rit. Veliki broj rijetkih i ugroženih vrsta direktno podiže vrijednost i bogatstvo na utvrđenim područjima pronalaska te je stoga bitno u svrhu praćenja nastaviti s istraživanjem ove ekološke skupine kornjaša kako bi se u budućnosti mogao napraviti i katalog ugroženih vrsta na području Hrvatske. Važno je sačuvati i održati vrijednost starih šumskih sastojina, čime se indirektno konzervira i faunistička raznolikost velike većine beskralježnjaka koji svoje stanište i mikrostanište pronalaze u starim, mrtvim ili umirućim stablima.

6. GLAVNI REZULTATI I ZAKLJUČCI

Na osnovi provedenih istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Ovim znanstvenim istraživanjem na području Parka prirode Kopački rit provedenom od travnja do listopada 2014. godine ukupno su uzorkovane 64 vrste; tj. 1088 jedinki saproksilnih kornjaša.
- Najveća brojnost uzorkovanih jedinki bila je na postaji Tikveš (620 jedinki) u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i graba (As. Carpino betuli-Quercetum roboris).
- Najveća pojavnost saproksilnih kornjaša utvrđena je tijekom svibnja (359 jedinki) te tijekom kolovoza (211 jedinki).
- Eudominantna porodica bila je Lucanidae s najbrojnijom vrstom *Dorcus parallelipipedus* (499 jedinki) te porodica Cetoniidae s najbrojnijim vrstama *Valgus hemipterus* (143 jedinke) te *Cetonia aurata* (95 jedinki).
- Prema Sørensenovom indeksu, najveća faunistička sličnost je utvrđena između šumske zajednice hrasta lužnjaka i graba te šumske zajednice bijele i crne topole te ona iznosi 67,44%, tj. zajedničkih je 29 vrsta.
- Od istraživanih metoda, metoda prekinutog leta je najučinkovitija za uzorkovanje saproksilnih kornjaša (883 jedinke) od čega je 400 jedinki uzorkovano klopkom gdje je dizajn pleksiglas, a 483 klopkom s dizajnom mreža.
- Istraživanjem su utvrđene ugrožene vrste *Gnorimus variabilis*, *Protaetia affinis*, *Cucujus cinnaberinus*, *Lucanus cervus*, *Omoglymmius germari* i *Rhysodes sulcatus*.

7. LITERATURA

Alexander KNA. 2002. *The invertebrates of living and decaying timber in Britain and Ireland - a provisional annotated checklist*. English Nature Research Reports, 467 pp.

Alexander KNA. 2008. Tree biology and saproxylic Coleoptera: issues of definitions and conservation language. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)* 63:1-5.

Andersson K, Bergman KO, Andersson F, Hedenström E, Jansson N, Burman J, Winde I, Larsson MC, Milberg P. 2014. High-accuracy sampling of saproxylic diversity indicators at regional scales with pheromones: The case of *Elater ferrugineus* (Coleoptera, Elateridae). *Biological Conservation* 171:156-166.

Atay E, Jansson N, Gürkan T. 2012. Saproxylic beetles on old hollow oaks (*Quercus* spp.) in a small isolated area in southern Turkey. *Zoology in the Middle East* 57:105-114.

Baars MA. 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia* 41:25–46.

Ballerio A, Rey A, Uliana M, Rastelli M, Rastelli S, Romano M, Colacurcio L. 2010. Coleotteri scarabeoidei d'italia. Tarantola. Brescia. [dvd]

Baraud J. 1992. *Coléoptères Scarabaeoidea d'Europe*. Faune de France et Régions Limitrophes 78. Lyon, Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles et Société linnéenne de Lyon.

Barbalat S. 1995. Efficacité comparée de quelques méthodes de piégeage sur certains coléoptčres et influence de l'anthophilie sur le résultat des captures. *Bull Soc Neuchât Sci Nat* 118:39-52.

Bazelet CS, Samways MJ. 2011. Identifying grasshopper bioindicators for habitat quality assessment of ecological networks. *Ecological Indicators* 11:1259-1269.

Bazelet CS, Samways MJ. 2012. Grasshopper and butterfly local congruency in grassland remnants. *J Insect Conserv* 16:71-85.

Bekchiev R. 2010. New data for *Omoglymmius germari* (Ganglbauer, 1892) (Rhysodidae: Coleoptera) in Bulgaria. *ZooNotes* 11:1-3.

Bense, U. 1994. *Longhorn beetles. Illustrated Key to the Cerambycidae of Europe*. Verlag Josef Margraf, 513 pp.

Bense, U. 1995. Longhorn beetles. Illustrated Key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe. Margraf Publishers, GmbH.

Bick, H. 1989. *Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte*, 327. pp.

Blondel J, Aronson J, Bodiou JY, Boeuf G. 2010. *The Mediterranean region: biological diversity in space and time*. Oxford University Press, New York.

Bommarco R, Lundin O, Smith HG, Rundlöf M. 2012. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proc Roy Soc B – Biol Sci* 279:309-315.

Bonacci O. 2002. *Development of catchment area in karst as a result of natural and anthropogenical factors*. In: F. Gabrovšek (ed.) Evolution of karst: from prekarst to cessation. Institut za Raziskovanje Krasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana, 359-365 pp.

Bouget C, Brustel H, Brin A, Noblecourt T. 2008. Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights. *Rev Écol (Terre Vie)* 63:13-24.

Brigić A, Vujčić-Karlo S, Stančić Z. 2003. Carabidae fauna in different terrestrial habitats of Krapje Đol. *Nature Park Bulletin* 5:13-26.

Brunet J, Fritz Ö, Richnau G. 2010. Biodiversity in European beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecol Bull* 53:77–94.

Burakowski B. 1975. Descriptions of larva and pupa of *Rhysodes sulcatus* (F.) (Coleoptera, Rhysodidae) and notes on the bionomy of this species. *Annales Zoologici* 32(12):271-287.

Buse J, Ranius T, Assmann T. 2008. An endangered longhorn beetle associated with old oaks and its possible role as an ecosystem engineer. *Conservation Biology* 22(2):329-337.

Bussler H. 2002. Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie von *Cucujus cinnaberinus* (Scop., 1793) in Bayern (Coleoptera: Cucujidae). *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen* 51:42–60.

Bussler H, Müller J, Dorka V. 2005. European natural heritage: the saproxylic beetles in the proposed National Park Defileul Jiului. *Anale ICAS* 48(1):55-71.

Carignan V, Villard MA. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environ Monit Assess* 78:45–61.

Christensen M, Hahn K, Mountford EP, Odor P, Standovar T, Rozenbergar D, Diaci J, Wijdeven S, Meyer P, Winter S, Vrska T. 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecol Manag* 210:267–282.

Clarke KR, Warwick RM. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd edition. PRIMERE-E, Plymouth.

Cocciufa C, Gerth W, Luiselli L, De Zan LR, Cerretti P, Carpaneto GM. 2014. Survey of saproxylic beetle assemblages at different forest plots in central Italy. *Bulletin of Insectology* 67(2):295-306.

Cousins SH. 1991. Species-diversity measurement – choosing the right index. *Trends Ecol Evol* 6:190–192.

Domić D, Šerić Jelaska L, Merdić E. 2009. Značajke trčaka (Coleoptera Carabidae) u poplavnim staništima Kopačkog rita. *Zbornik sažetaka 10. Hrvatski biološki kongres, poster*. Osijek.

Dražina T, Temunović M. 2011. Istraživanja ciljnih Natura 2000 vrsta kornjaša u parku Maksimir. *Konačni izvještaj*. 24 pp.

Dražina T, Temunović M, Šerić Jelaska L. 2012. Saproksilna zajednica kornjaša starih gradskih parkova: primjer iz parka Maksimir (Zagreb, Hrvatska). *11. Hrvatski biološki kongres,kongresno priopćenje*. Šibenik.

Dufrêne M, Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol Monogr* 67:345–366.

Durbešić P, Vujčić-Karlo S, Bukvić I. 1994. Faunističko i zoogeografsko istraživanje kornjaša (Coleoptera-Insecta) šumskih zajednica Medvednice. *Šumarski list* CXVIII, 85.

Durbešić P, Vujčić-Karlo S, Šerić L. 2000. *The ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of some of the forest communities of Lonjsko Polje*. In: Limnological Reports. 33th International Association of Danube Research Conference (Ed. J. Horvatić). Grafika, Osijek, 547 pp.

Franin K, Barić B, Kuštera G. 2014. Fauna of ladybugs (Coleoptera: Coccinellidae) in the vineyard agroecosystem. *Entomologia Croatica* 18(1-2): 13-16.

Freude H, Harde KW, Lohse GA. 1969. *Die Käfer Mitteleurons, Band 8. Teredilia, Heteromera, Lamellicornia*. Goecke & Evers Verlag, Krefeld. Germany.

Freude H, Harde KW, Lohse GA. 1971. *Die Käfer Mitteleurons, Band 3. Adephaga2, Palpicornia, Histeroidea, Staphylinoidea 1*. Goecke & Evers Verlag, Krefeld. Germany.

Gerlach J, Samways M, Pryke J. 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *J Insect Conserv* 17:831-850.

Gibbons P, Lindenmayer DB. 1996. A review of issues associated with the retention of trees with hollows in wood production forests in New South Wales. *Forest Ecology Management* 83:245–279.

Good JA, Speight MCD. 1996. Saproxylic invertebrates and their conservation through Europe. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, *Council of Europe*, 58 pp.

Greenslade PJM. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology* 33:301–310.

Grove SJ. 2000. Trunk window trapping: an effective technique for sampling tropical saproxylic beetles. *Mem Queensland Mus* 46:149-160.

Harvey DJ, Hawes CJ, Gange AC, Finch P, Chesmore D, Farr I. 2011. Development of non-invasive monitoring methods for larvae and adults of the stag beetle, *Lucanus cervus*. *Insect Conserv Divers* 4:4–14.

Henle K, Bauch B, Auliya M, Külvik M, Pe'er G, Schmeller DS, Framstad E. 2013. Priorities for biodiversity monitoring in Europe: a review of supranational policies and a novel scheme for integrative prioritization. *Ecological Indicators* 33:5-18.

Hernández AR, Micó E, Galante E. 2014. Temporal variation in saproxylic beetle assemblages in a Mediterranean ecosystem. *J Insect Conserv* 18:993-1007.

Horák J, Chobot K, Kohutka A, Gebauer R. 2008. Possible factors influencing the distribution of a threatened saproxylic beetle C*ucujus cinnaberinus* (Scopoli 1763) (Coleoptera: Cucujidae). *The Coleopterists Bulletin* 62:437–440.

Horák J, Chobot K. 2011. Phenology and notes on the behaviour of *Cucujus cinnaberinus*: points for understanding the conservation of the saproxylic beetle. *North-Western Journal of Zoology* 7(2):352-355.

Horwitz M. 2011. Saproxylic Coleoptera on oak trees (Quercus spp.) in the county of Norrtälje. *Degree project in biology*, Upsalla University. 37 pp.

Jansson N, Lundberg S. 2000. Beetles in hollow broadleaved deciduous trees – Two species new to Sweden and the staphylinid beetles (Coleoptera: Staphylinidae) Hypnogyra glabra and Meliceria tragardhi found again in Sweden. *Entomologisk tidskrift* 121:93-97.

Jansson N, Bergman KO, Jonsell M, Milberg P. 2009. An indicator system for identification of sites of high conservation value for saproxylic oak (*Quercus* spp.) beetles in southern Sweden. *J Insect Conserv* 13:399–412.

Jurc M, Ogris N, Pavlin R, Borkovic D. 2008. Forest as habitat of saproxylic beetles on NATURA 2000 sites in Slovenia. *Rev Ecol (Terre Vie)* 63:53-66.

Juutinen A, Monkkonen M. 2004. Testing alternative indicators for biodiversity conservation in old-growth boreal forests: ecology and economics. *Ecol Econ* 50:35–48.

Kaila L. 1993. A new method for collecting quantitative samples of insects associated with decaying wood or wood fungi. *Entomologica Fennica* 4:21-23.

Koren T. 2010. Longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in Central Istria. *Entomologia Croatica* 14:77-84.

Koren T, Burić I, Lauš B, Rojko I, Svoboda P, Šerić Jelaska L. 2010. Carabidae, Cerambicidae and Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) fauna of Kornat, Lavsa and Žut Islands, Croatia. *Entomologia Croatica* 14:53-62.

Koren T, Praprotnik E, Zdešar M. 2014. A contribution to the knowledge about the distribution of *Anthaxia nigrojubata incognita* (Coleoptera: Buprestidae) in Croatia. *Entomologia Croatica* 18(1-2): 13-16.

Kos T, Bažok R, Kozina A, Šipraga J, Dragić S, Tičinović A. 2010. Ground beetle (Carabidae) fauna at untreated and treated barley fileds in Croatia. *Pesticides and Beneficial Organisms* 55:79-84.

Krčmar S. 2014. List of Insect fauna (Insecta) of Kopački rit Nature Park (NE Croatia). *Türkiye entomoloji bülteni* 4(1):15-39.

Krebs CJ. 1998. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park, 419-422 pp.

Krebs CJ. 1999. *Ecological methodology*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, SAD, 620 pp.

Kulundžić K, Turić N, Vignjević G, Merdić E. 2014. Research into scarab beetles (Scarabaeoidea) in Kopački rit Nature Park. *Entomologia Croatica* 18(1-2):37-47.

Lachat T, Wermelinger B, Gossner MM, Bussler H, Isacsson G, Müller J. 2012. Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests. *Ecological Indicators* 23:323-331.

Larsson MC, Hedin J, Svensson GP, Tolasch T, Francke W. 2003. Characteristic odor of *Osmoderma eremita* identified as a male-released pheromone. *J Chem Ecol* 29:575–587.

Lauš B, Temunović M. 2015. Istraživanje saproksilnih kornjaša na području ekološke mreže Natura 2000 Strahinjščice i Ivanščice u Krapinsko – zagorskoj županiji. *Konačni izvještaj*. 44 pp.

Liebherr JK, McHugh JV. 2003. Coleoptera (Beetles, Weevils, Fireflies). In: Resh, V.H. and Cardé R.T. (eds). *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego.

Lindenmayer DB, Franklin JF, Fischer J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* 131:433–445.

Margules CR, Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243–253.

Martikainen P, Siitonen J, Kaila L, Punttila P, Rauh J. 1999. Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Forest EcologyManagement* 116:233-245.

Martikainen P, Kaila L. 2004. Sampling saproxylic beetles: lessons from a 10-year monitoring study. *Biological Conservation* 120:171-181.

Mazzei A, Bonacci T, Contarini E, Zetto T, Brandmayr P. 2011. Rediscovering the 'umbrella species' candidate *Cucujus cinnaberinus* (Scopoli, 1763) in Southern Italy (Coleoptera Cucujidae), and notes on bionomy. *Italian Journal of Zoology* 78(2):264-270.

McGeoch MA. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol Rev* 73:181-201.

Merdić E, Keža N, Csabai Z. 2005. Aquatic insects in Kopački rit Nature Park (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha and Coleoptera: Hydradephaga, Hydrophiloidea). *Natura Croatica* 14(4):263–272.

Mihaljević M, Getz D, Tadić Z, Živanović B, Gucunski D, Topić J, Kalinović I, Mikuska J. 1999. *Zaštita Kopačkog rita. Kopački rit – pregled istraživanja i bibliografija* (ur. J. Martinčić), 133-139, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Osijek, 188 pp.

Mikšić R. 1965. Scarabaeidae Jugoslavije. III. Naučno Društvo Bosne i Hercegovine, Sarajevo. 25(6):1–265.

Mikšić R. 1970. Katalog der Lamellicornia Jugoslawiens (Insecta-Coleoptera). Sarajevo, Institut za šumarstvo.

Mikšić R, Georgijević E. 1971. Cerambycidae Jugoslavije I. dio, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Knjiga 3.

Mikšić R, Georgijević E. 1973. Cerambycidae Jugoslavije II. dio, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Knjiga 4.

Mikšić R, Korpič M. 1985. Cerambycidae Jugoslavije III. dio, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Knjiga 5.

Mikuška J. 1979. Ekološke osobine i zaštita specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit s posebnim osvrtom na ekologiju kralježnjaka. *Disertacija,* Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 17-47.

Müller J, Bütler R. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *Eur J Forest Res* 129:981–992.

Muona J. 2007. *Eucnemidae,* pp. 81-87. - In I. Löbl & A. Smetana (ed.): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera,* Vol. 4. Stenstrup: Apollo Books, 935 pp.

Myers N, Mittermeler RA, Mittermeler CG, Da Fonseca, GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

New TR. 2010. *Beetles in Conservation*. Wiley-Blackwell, West Sussex, 237 pp.

Nieto A, Alexander KNA. 2010. *European Red List of Saproxylic Beetles*. Publications office of the European Union, Luxembourg, 46 pp.

Nikitsky NB. 2008. *Mycetophagidae,* pp. 51-55. - In I. Löbl & A. Smetana (ed.): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera,* Vol. 5. Stenstrup: Apollo Books, 670 pp.

Nilsson SG, Arup U, Baranowski R, Ekman S. 1995. Tree-dependent lichens and beetles as indicators in conservation forests. *Conserv Biol* 9:1208-1215.

Nilsson AN. 2003. *Dytiscidae*, pp. 35-78 – In: I. Lobl & A. Smetana (editors): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Vol. 1. Stenstrup: Apollo Books, 819 pp.

Novak V. 2014. *Beetles of the family Tenebrionidae of Central Europe*. Academia, Prague, 418 pp.

Økland B. 1996. Unlogged forests: important sitesfor preserving the diversity of Mycetophilids (Diptera: Sciaroidea). *Biological Conservation* 76:297–310.

Pajač I, Barić B, Božičević M, Piljek D, Pintar S. 2010. Cetoniinae beetles from Zagreb. *Entomologia Croatica* 14(3-4): 33-44.

Palm, T. 1959. Die Holz- und Rindenkäfer der Süd- und Mittelschwedischen Laubbäume [The wood and bark Coleoptera of deciduous trees in southern and central Sweden] (in German, English Summary). *Opuscula Entomologica Supplementum* 16:1-374.

Pernek M. 2012. Praćenje dviju azijskih strizibuba (*Anoplophora chinensis* i *A. glabripennis*) u šumama Hrvatske. *Radovi (Hrvat šumar inst)* 44(2):135-142.

Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol* 13:131-144.

Ranius T, Jansson N. 2000. The influence of forest regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. *Biological Conservation* 95:85-94.

Ranius T. 2001. Constancy and asynchrony of populations of a beetle, *Osmoderma eremita* living in tree hollows. *Oecologia* 126:208–215.

Ranius T. 2002. Population ecology and conservation of beetles and pseudoscorpions living in hollow oaks in Sweden. *Animal Biodiversity and Conservation* 25.1:53–68.

Ranius T, Jansson N. 2002. A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. *Biodivers Conserv* 11:1759–1771.

Ranius T, Aguado LO, Antonsson K, Audisio P, Ballerio A, Carpaneto GM, Chobot K, Gjurašin B, Hanssen O, Huijbregts H, Lakatos F, Martin O, Neculiseanu Z, Nikitsky NB, Paill W, Pirnat A, Rizun V, Ruicnescu A, Stegner J, Süda I, Szwako P, Tamutis V, Telnov D, Tsinkevich V, Versteirt V, Vignon V, Vögeli M, Zach P. 2005. *Osmoderma eremita* (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) in Europe. *Animal Biodiversity and Conservation* 28.1:1-44.

Ratcliffe DA. 1977. *A nature conservation review*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ražov J, Barić B, Dutto M. 2009. Fauna of the Cetoniid beetles (Coleoptera: Cetoniidae) and their damages on peach fruits in orchards of northern Dalmatia, Croatia. *Entomologia Croatica* 13:7-20.

Rosenberg DM, Danks HV, Lehmkuhl DM. 1986. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management* 10:773-783.

Rukavina I, Mrazović A, Kučinić M, Šerić Jelaska L. 2010. Assemblage, zoogeography and endangered status of Carabid beetles in forest habitats of the Učka Nature Park. *Entomologia Croatica* 14:121–134.

Schlaghamerský J, Maňák V, Čechovský P. 2008. On the mass occurrence of two rare saproxylic beetles, *Cucujus cinnaberinus* (Cucujidae) and *Dircaea australis* (Melandryidae), in South Moravian floodplain forests. *Revue d'Ecologie* (*la Terre et la Vie*) 63:107–113.burakow

Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Sist Techn J* 27:379-423.

Simpson EH. 1949. Measurment of diversity. *Nature* 163:433-471.

Sláma M. 2006. *Coleoptera: Cerambycidae, Icones Insectorum Europae Centralis*. Folia Heyrovskyana, 4:1-40.

Southwood TRE. 1966. Ecological methods. Methuen and Co., London, 391 pp.

Sparrow HR, Sisk TD, Ehrlich PR, Murphy DD. 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. *Conservation Biology* 8:800-809.

Speight, MCD. 1989. Saproxylic invertebrates and their conservation. *Council of Europe. Nature and Environment* 42, 79 pp.

Spence JR, Niemelä JK. 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Canadian Entomologist* 126:881–894.

Springer OP, Mihaljević M, Getz D, Božičević S, Bognar A, Topić J, Merdić E, Krčmar S. 2003. Kopački rit - Park prirode: ekološki turistički vodič. Barbat. Zagreb. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Barbat, Zagreb, 89 pp.

Storch D, Evans KL, Gaston KJ. 2005. The species-area-energy relationship. *Ecology Letters* 8:487-492.

Svensson GP, Larsson MC, Hedin J. 2004. Attraction of the larval predator *Elater ferrugineus* to the sex pheromone of its prey, *Osmoderma eremita*, and its implication for conservation biology. *J Chem Ecol* 30:353–363.

Szekessy V. 1944. Die Fauna der Storchnester. *Albertina* 1:155-174.

Šerić Jelaska L, Vujčić-Karlo S, Durbešić P. 2004. Notes on the taxonomy of the the Genus *Carabus* L. (Coleoptera: Carabidae) in Croatia. *Acta entomologica slovenica* 12(1):129-138.

Temunović M, Šerić Jelaska L, Durbešić P. 2007. Diversity of water beetles (Hydradephaga, Coleoptera) in temporary ponds of Lonjsko polje Nature park, Croatia. *Entomologia Croatica* 11(1-2):13-24.

Tischler W, 1949. *Grundzuge der terrestrischen Tierokologe*. Vieweg, Braunschweig, 219 pp.

Turić N, Merdić E, Hackenberger KB, Jeličić Ž, Vignjević G, Csabai Z. 2012. Structure of aquatic assemblages of Coleoptera and Heteroptera in relation to habitat type and flood dynamic structure. *Aquatic Insects* 34:189-205.

Usher MB. 1986. *Wildlife Conservation Evaluation*. Chapman & Hall, London.

Vodka S, Konvicka M, Cizek L. 2009. Habitat preferences of oak-feeding xylophagous beetles in a temperate woodland: implications for forest history and management. *J Insect Conserv* 13: 553-562.

Vodka S, Cizek L. 2013. The effects of edge-interior and understorey-canopy gradients on the distribution of saproxylic beetles in a temperate lowland forest. *Forest Ecology and Management* 304:33-41.

Vrezec A. 2008. Phenological estimation of imagos occurrence in four saproxylic beetle species of conservation importance in Slovenia: *Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Rosaliaalpina*, *Morinus funereus* (Coleoptera: Lucanidae, Cerambycidae). *Acta entomologica slovenica* 16 (2):117- 126.

Vrezec A, Ambrožič Š, Kapla A. 2012. An overview of sampling methods tests for monitoring schemes of saproxylic beetles in the scope of NATURA 2000 in Slovenia. *Saproxylic beetles in Europe: monitoring, biology and conservation* 79-90.

Walther BA, Martin JL. 2001. Species richness estimation of bird communities: How to control for sampling effort? *Ibis* 143:413-419.

Webb NR. 1989. Studies on the invertebrate fauna of fragmented heathland in Dorset, UK, and the implications for conservation. *Biol Conserv* 47:153–165.

Wermelinger B, Duelli P, Obrist MK. 2002. Dynamics of saproxylophagous beetles (Coleoptera) in windthrow areas in alpine spruce forests. *For Snow Landsc Res* 77:133–148.

Widerberg MK, Ranius T, Drobyshev I, Nillson U, Lindbladh M. 2012. Increased oppenes around retained oak increases species richness of saproxylic beetles. *Biodivers Conserv* DOI 10.1007/s10531-012-0353-8.

Wikars LO, Sahlin E, Ranius T. 2005. A comparison of three methods to estimate species richness of saproxylic beetles (Coleoptera) in logs and high stumps of Norway spruce. *Can Entomol* 137:304–324.

Wright DH. 1983. Species-energy theory – an extension of species-area theory. *Oikos* 41:496-506.

WEB – Izvori:

http://www.dzzp.hr/ekoloska-mreza/natura-2000/natura-2000-340.html , 19. travnja 2015. godine