

# Šumski rub i raznolikost trčaka (Coleoptera, Carabidae) dinarskih bukovo-jelovih šuma

---

**Pospišil, Martina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:693766>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Martina Pospíšil

Šumski rub i raznolikost trčaka (Coleoptera, Carabidae)  
dinarskih bukovo-jelovih šuma

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj je rad izrađen na Zoologijskom zavodu biološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv. prof. dr.sc. Ivančice Ternjej i pomoćnim vodstvom dr. sc. Andreje Brigić. Predan je na ocjenu biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svima koji su pridonijeli izradi ovog diplomskog rada, posebice mentorici izv. prof. dr.sc. Ivančici Ternjej. Veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima na podršci tijekom svih godina moga studiranja. Najveće hvala pomoćnoj voditeljici dr. sc. Andreji Brigić, koja je uz mene bila od samog početka rada, hvala na velikoj pomoći i podršci pri izvođenju, svim savjetima i sugestijama, poticajima te ugodnim razgovorima.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### ŠUMSKI RUB I RAZNOLIKOST TRČAKA (COLEOPTERA, CARABIDAE) DINARSKIH BUKOVO-JELOVIH ŠUMA

**Martina Pospišil**

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Trčci (Coleoptera, Carabidae) istraživani su na području oštrog i sukcesijskog šumskog ruba, te u unutrašnjosti dinarske bukovo-jelove šume (as. *Omphalodo-Fagetum*) u blizini naselja Stara Sušica (Gorski kotar). Trčci su skupljani metodom lovnih posuda od svibnja do studenog 2010. godine. Ukupno je sakupljeno 9 789 jedinki predstavljenih s 52 vrste trčaka. Raznolikost trčaka značajno je veća na rubovima nego u unutrašnjosti šume, što je u skladu s klasičnom hipotezom ekotona. Obrnuti trend uočen je za brojnost jedinki trčaka. Veća brojnost jedinki u unutrašnjosti šume prvenstveno je uvjetovana dominacijom vrste *Nebria dahliei*. Zajednice trčaka unutrašnjosti šume i šumskih rubova pokazuje visok stupanj sličnosti. Vrijednosti indeksa srednje individualne biomase trčaka (MIB) bile su značajno veće na rubovima nego u unutrašnjosti šume, što je posljedica izražene dominacije velikih vrsta trčaka na šumskim rubovima.

(50 stranica, 21 slika, 6 tablica, 78 literaturnih navoda, jezik izvornika hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

**Ključne riječi:** Carabidae, ekoton, unutrašnjost šume, sukcesijski šumski rub, oštri šumski rub, indeks srednje individualne biomase

Voditelj:	dr. sc. Ivančica Ternjej, izv. prof.
Pomoćni voditelj:	dr. sc. Andreja Brigić
Ocjenitelji:	dr. sc. Ivančica Ternjej, izv. prof. dr. sc. Ines Radanović, izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković, izv. prof.

Rad prihvaćen: 08. lipnja 2016.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Division of Biology

Graduation thesis

### **FOREST EDGE AND CARABID BEETLE DIVERSITY (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN A DINARIC BEECH-FIR FOREST**

**Martina Pospíšil**

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) were studied at abrupt and gradual forest edges, and in the Dinaric beech-fir forest interior (as. *Omphalodo-Fagetum*) near the village Stara Sušica (Gorski kotar). Beetles were collected by pitfall traps from May to November 2010. A total of 9 789 specimens represented by 52 species were collected. Carabid beetle diversity was significantly higher at the forest edges than in the forest interior, which is in accordance with the classical ecotone hypothesis. The opposite trend was detected for carabid beetle activity density. High activity density in the forest interior was primarily caused by extremely high abundance of *Nebria dahlia*. Hierarchical cluster analysis reveals high similarity between carabid beetle assemblages of the forest interior and its edges. Mean individual biomass (MIB) was significantly higher at the edges than in the forest interior due to the dominance of large-sized carabid beetles at the forest edges.

(50 pages, 21 figures, 6 tables, 78 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

**Key words:** Carabidae, ecotone, forest interior, abrupt forest edge, gradual forest edge, mean individual biomass

Supervisor:	Dr. Ivančica Ternjej, Assoc. Prof.
Assistant Supervisor:	Dr. Andreja Brigić
Reviewers:	Dr. Ivančica Ternjej, Assoc. Prof. Dr. Ines Radanović, Assoc. Prof Dr. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof

Thesis accepted: 08. June 2016.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Šumski rub .....	1
1.1.1. Klasifikacija i funkcionalnost šumskih rubova .....	2
1.2. Opće značajke trčaka .....	3
1.2.1. Trčci kao model organizmi .....	4
1.2.2. Morfološka svojstva vrsta kao pokazatelj poremećaja na staništu .....	4
1.3. Ciljevi istraživanja .....	5
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....	6
3. MATERIJALI I METODE .....	9
3.1. Metoda lovnih posuda .....	9
3.2. Taksonomsko određivanja materijala .....	10
3.3. Statistička analiza .....	10
3.3.1. Učestalost (dominantnost) .....	10
3.3.2. Konstantnost (frekventnost) .....	11
3.3.3. Srednja individualna biomasa trčaka .....	12
3.3.4. Ostale statističke analize .....	12
4. REZULTATI .....	14
4.1. Fauna trčaka .....	14
4.2. Sastav i struktura zajednice trčaka .....	18
4.3. Dominantnost vrsta trčaka .....	23
4.4. Konstantnost vrsta trčaka .....	25
4.5. Sezonska dinamika dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka .....	28
4.6. Srednja individualna biomasa .....	32
5. RASPRAVA .....	37
5.1. Utjecaj šumskog ruba na sastav i strukturu zajednica trčaka .....	37
5.2. Biologija dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka .....	39
5.3. Srednja individualna biomasa (MIB) kao pokazatelj promjena na staništu .....	40
6. ZAKLJUČAK .....	42
7. LITERATURA .....	43
8. ŽIVOTOPIS .....	50

# 1. UVOD

## 1.1. Šumski rub

Šumski rubovi su ekotoni ili prijelazne zone između zatvorenog šumskog staništa i otvorenih staništa te su najčešće vidljivi kao diskontinuiteti u klimi, strukturi vegetacije ili tipu tla (SARLÖV HERLIN 2001). Većinom su nastali kao rezultat tradicijskog korištenja krajolika i dinamičnih svojstava rubne vegetacije. Osnovicu prirodne klimazonalne vegetacije Hrvatske izgrađuju šume. Šume su se tijekom povijesti krčile zbog stvaranja obradivih površina, ogrjeva, izgradnje prometnica, naselja i sl. te su pri tome stvoreni rubovi.

Klasična hipoteza ekotona ističe da su ekotoni područja ili zone povećane raznolikosti i produktivnosti (CLEMENTS 1905). Na istim područjima dolazi do pojave rubnog efekta, tj. promjena u abiotičkim i biotičkim čimbenicima. Abiotičke promjene koje se javljaju na šumskim rubovima uključuju povećanje temperature, količine svjetlosti, zračnih strujanja, te niže vrijednosti vlage (KAPOS i sur. 1997). Promjene u biotičkim čimbenicima uključuju niz promjena u sastavu i strukturi zajednica u blizini i/ili na rubu, ali isto tako utječu i na zajednice u unutrašnjosti susjednih matriksa (LINDENMAYER i FISCHER 2006).

Rubni efekt ima značajan utjecaj na: raznolikost biljnih i životinjskih vrsta, dinamiku njihovih populacija i strukturu zajednica, interakcije među vrstama, te na funkcionalnost ekosustava u cjelini (LAURANCE i sur. 2007). Intenzitet rubnog utjecaja ovisi o površini šumskog ruba (LINDENMAYER i FISCHER 2006), starosti šumskoga ruba i o matriksu koji okružuje šumski rub (MATLACK 1994), te o kontrastu između susjednih staništa, ekspoziciji ruba, kao i o veličini i obliku matriksa (fragmenata) (RIES i sur. 2004). Utjecaj rubnog efekta izraženiji je na oštrim šumskim rubovima, nedavno nastalim uslijed antropogenog utjecaja, nego li na sukcesijski i uklopljenim šumskim rubovima starim više od stotinjak godina (MATLACK 1994).

Zajednica šumskog ruba sastoji se od vrsta koje naseljavaju oba susjedna staništa (FARINA 2006, KOTZE i SAMWAYS 1999). Tako šumski rubovi služe kao barijere ili koridori između populacija. Za pojedine vrste predstavljaju pogodno stanište dok istodobno mogu biti i nepovoljni za druge vrste (HOLLAND i sur. 1991). Primjerice, rubna staništa mogu biti izrazito nepovoljna za šumske specijaliste koji preferiraju unutrašnjost šumskog staništa (NIEMELÄ i sur. 2007). Naime, fragmentacija šumskih staništa značajno utječe na povećanje površine ruba i smanjenje površine fragmenata (SAUNDERS i sur. 1991), što drastično utječe na smanjenje brojnih životinjskih vrsta (HILTY i sur. 2006) pa tako i trčaka (RAINIO i NIEMELÄ 2003). Trčci



šumski specijalisti su osobito osjetljivi na takve promjene, te mogu u potpunosti nestati iz malih šumskih fragmenata (NIEMELÄ i sur. 1988). Zbog sve većeg antropogenog pritiska na šumska staništa širom svijeta, razumijevanje uloge šumskih rubova u krajoliku je osobito značajno (LAURANCE i sur. 2007, NIEMELÄ i sur. 2007).

### **1.1.1. Klasifikacija i funkcionalnost šumskih rubova**

Prema porijeklu šumski rubovi se dijele na prirodne i antropogene, odnosno inducirane. Antropogeni šumski rubovi nastali su ponajprije uslijed procesa fragmentacije (FARINA 2006). Temeljna posljedica procesa fragmentacije jesu promjene u veličini i strukturi staništa koje utječu na smanjenje unutrašnje površine staništa i povećanje površine ruba. Prirodni rubovi nastali su uslijed različitih prirodnih poremećaja, npr. požara ili vjetra. Antropogeni šumski rubovi nastali su na mjestima gdje je šuma sječena ili paljena, ali i u područjima gdje su otvorene površine pošumljavane (HILTY i sur. 2006).

Šumske rubove možemo podijeliti i na sukcesijske i oštre. Među njima postoje značajne razlike u strukturi vegetacije (LINDENMAYER i FISCHER 2006). Sukcesijske rubove karakterizira blagi prijelaz u vegetaciji, a nastaju uslijed procesa sukcesije. Oštri rubovi su najčešće nastali djelovanjem čovjeka. Također, prijelazna zona između šume i otvorenog staništa dijeli se prema obliku na ravnu i zakrivljenu i prema rezoluciji na oštru i meku. Oštri i ravni šumski rubovi nastaju uslijed izgradnje autocesta, dalekovoda, naftovoda i naselja. Dok su zakrivljeni i meki rubovi vidljivi primjerice između pašnjaka i šume, pri čemu je prijelazna zona široka i u njoj dominira sloj grmlja (SARLÖV HERLIN 2001).

Važna funkcionalna značajka ruba je permeabilnost koja utječe na kretanje organizama kroz rub na način da inhibira ili povećava kretanje (DUELLI i sur. 1990). Na permeabilnost šumskog ruba utječu: struktura, odnosno gustoća vegetacijskih slojeva i gustoća stabala (KOLASA i ZALEWSKI 1995), brojnost jedinki određene vrste u susjednim staništima (SARLÖV HERLIN 2001) i kontrast između dvaju susjednih staništa (RIES i sur. 2004). Na rubna kretanja utječe i udaljenost koju organizam mora prijeći. Tako rubovi djeluju kao filteri ili barijere za biljne i životinjske organizme (FORMAN i MOORE 1992). Za agrikulturu je osobito značajna permeabilnost šumskih rubova koji se nalaze u okruženju poljoprivrednih površina jer omogućuje imigraciju predatorskih šumskih vrsta na poljoprivredne površine (ROUME i sur. 2011).

## 1.2. Opće značajke trčaka

Trčci (Carabidae) s preko 40 000 opisanih vrsta čine jednu od najbrojnijih porodica reda kornjaša (Coleoptera) (LÖVEI i SUNDERLAND 1996). Rasprostranjeni su u gotovo svim kopnenim staništima, osim pustinja (LÖVEI i SUNDERLAND 1996). U Hrvatskoj prema preliminarnom popisu (VUJČIĆ-KARLO i BRIGIĆ, neobjavljeni podaci) dolazi oko 820 vrsta i podvrsta trčaka. Trčci su većinom predatori koji se hrane različitim plijenom ovisno o njihovoj veličini i makromorfološkim prilagodbama za lov (Slika 1). Najčešći plijen trčaka su gujavice, puževi, skokunci i ličinke kukaca. Mnoge karnivorne vrste u pojedinim fazama razvoja hrane se sjemenkama, peludom ili drugim dijelovima biljaka. Značajni su u hranidbenoj mreži unutar postojećih ekosustava jer se hrane različitim stadijima gospodarski štetnih vrsta, a i predstavljaju važan izvor hrane za ptice i sisavce (THIELE 1977, TRAUTNER i GEIGENMULLER 1987). U odraslom i ličinačkom stadiju trčci su edafski organizmi te nastanjuju različite slojeve tla. Obično se kreću trčanjem po površini tla, a kroz slojeve mogu brzo napredovati već postojećim tunelima koje su iskopale neke druge edafske životinje.



Slika 1. Vrsta *Carabus violaceus* u bukovo-jelovoj šumi.

U razvoj trčaka uključen je i stadij kukuljice, što znači da je njihov razvoj holometabolan. Prema vremenu razmnožavanja trčke dijelimo na proljetne, jesenske i biomodalne. Proljetne vrste se razmnožavaju u proljeće i rano ljeto, te prezimljuju kao odrasli, a jesenske vrste se razmnožavaju u jesen i prezimljuju u stadiju ličinke. Bimodalne vrste se

razmnožavaju u proljeće i u jesen, te prezimljuju u oba oblika (THIELE 1977). Vrijeme razmnožavanja se može promijeniti ovisno o nadmorskoj visini i zemljopisnoj širini. (BRANDMAYR 1981).

### **1.2.1. Trčci kao model organizmi**

Trčci se koriste u brojnim ekološkim istraživanjima i prikladna su skupina za istraživanje poremećaja na staništu jer su osjetljivi na promjene u okolišnim čimbenicima i na promjene na staništu (DESENDER i TURIN 1989, EYRE i RUSHTON 1989). Oni su brojni u različitim tipovima staništa, njihova taksonomija je dobro poznata i sistematika relativno stabilna (LÖVEI i SUNDERLAND 1996). Najvažniji čimbenici koji utječu na njihovo rasprostranjenje na staništu su vlažnost tla, temperatura tla i zasjenjenost (HALOPAINEN i sur. 1995, THIELE 1977). Obzirom da su osjetljivi na promjene abiotičkih čimbenika, vrste, ali i cjelokupna zajednica, uspješno se koriste kao ekološki i okolišni indikatori (KOIVULA 2011).

Trčci pokazuju promjene u sastavu i strukturi zajednice uslijed procesa fragmentacije, promjena na staništu i načinu korištenja zemljišta (FOURNIER i LOREAU 2001, LÖVEI i SUNDERLAND 1996). Narušavanje šumskih sustava, kao što je izgradnja cesta i sječa stabala, uzrokuje djelomično ili potpuno uklanjanje krošnji. Budući da krošnje djeluju kao zaštita od vjetra i kao izvor sjene te određuju uvjete na šumskom tlu, uklanjanje krošnji rezultira povećanom insolacijom, većim temperaturnim promjenama, sušim mikroklimatskim prilikama te većoj izloženosti vjetru (CHEN i sur. 1993, JIGUAN i sur. 1998). Zasjenjenost sklopa izuzetno je važna za šumske vrste trčaka, kao i struktura vegetacije jer prije svega utječe na prezimljavanje pojedinih vrsta (HOLLAND 2002, THOMAS i sur. 2002).

### **1.2.2. Morfološka svojstva vrsta kao pokazatelj poremećaja na staništu**

Poremećaj na staništu može se detektirati i preko morfoloških svojstava, a općenito u fauni trčaka, na staništima gdje je zabilježen poremećaj dominiraju trčci manje dužine tijela (SZYSZKO 1983, ŠUSTEK 1987), dok u stabilnijim staništima, poput unutrašnjosti šume, prevladavaju velike vrste trčaka (RIBERA i sur. 2001). SZYSZKO (1983) je preko indeksa srednje individualne biomase pokušao detektirati sukcesijske promjene u borovim šumama u fauni tla. Postavio je hipotezu prema kojoj smanjenje poremećaja na staništu podržava veću srednju dužinu tijela. Također, s dužinom tijela najčešće je povezana i sposobnost leta, pa su mali i

srednje veliki trčci makropterni i mogu letjeti (BLAKE i sur. 1994, RIBERA i sur. 2001), dok je mogućnost rasprostiranja velikih brahiopternih vrsta znatno manja te nastanjuju ekosustave u kasnijim fazama sukcesije (DEN BOER 1990).

Promjene na staništu općenito utječu na promjenu sastava vrsta i brojnosti jedinki, te na smanjenje brojnosti velikih i slabije pokretnih vrsta trčaka i povećanje brojnosti manjih vrsta koje mogu letjeti. Klasifikacija vrsta u određene funkcionalne skupine pokazuju stupanj specijalizacije različitih vrsta. Više specijalizirane vrste su osjetljivije na promjene u staništu, nego li vrste koje imaju širu ekološku valenciju (RAINIO i NIEMALÄ 2003).

### **1.3. Ciljevi istraživanja**

Ciljevi ovog istraživanja su:

- odrediti razlike u sastavu i strukturi zajednice trčaka između oštrog i sukcesijskog šumskog ruba i unutrašnjosti šume.
- testirati hipotezu povećanja prosječne duljine tijela trčaka.
- odrediti sezonski dinamiku dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na području Gorskog kotara, u blizini naselja Stara Sušica, na 945 m nadmorske visine (Slika 2). Njime su obuhvaćena tri tipa staništa: unutrašnjost dinarsko bukovo-jelove šume, sukcesijski šumski rub i oštri šumski rub. Šumski rubovi nastali su uslijed antropogenih aktivnosti, poput izgradnje autoceste Zagreb-Rijeka, izgradnje Jadranskog naftovoda i dalekovoda, te procesom sukcesije. Isti rubovi se razlikuju u vremenu nastanka, te sastavu i strukturi vegetacije i tla.



Slika 2. Geografski položaj područja istraživanja (Stara Sušica, Gorski kotar).

Dinarske bukovo-jelove šume pripadaju biljnoj zajednici *Omphalodo-Fagetum*/ TREGUBOV 1957/ MARINČEK i sur. 1993. Bukva (*Fagus sylvatica* L.) i jela (*Abies alba* Mill) su bile dominantne vrste u sloju drveća i grmlja. Uz njih, u sloju drveća dolaze i gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), smreka (*Picea abies* (L.) Karsten) i planinska oskoruša (*Sorbus aucuparia* L.) (Slika 3). Prizemni sloj je bogat, te u njemu dominiraju zeljaste biljke, poput proljetnog mišjeg uha (*Omphalodes verna* Moench), mirisne lazarkinje (*Galium odoratum* (L.) Scop.), šumskog cecelja (*Oxalis acetosella* L.) i bijele šumarice (*Anemone nemorosa* L.). Zajednice ovih šuma rastu na dolomitnoj i karbonatnoj geološkoj podlozi, na lesiviranim tlima, smeđim

karbonatnim tlima i karbonatnim crnicama. U arealu ovih šuma prosječna godišnja temperatura zraka iznosi 6 do 8°C, a prosječna godišnja količina oborina između 1 200 i 2 350 mm (VUKELIĆ i sur. 2008).



Slika 3. Prikaz u unutrašnjost bukovo-jelove šume u blizini naselja Stara Sušica, Gorski kotar.

Oštri šumski rubovi relativno su nedavnog postanka, tj. stari su manje od 5 godina. Oštri rub obuhvaćao je postaje iznad Jadranskog naftovoda i autoceste Zagreb-Rijeka (Slika 4). Visina vegetacije na oštrom šumskom rubu kretala se od 18 do 26 m, gustoća sklopa je mala. Ovi rubovi su tijekom većeg dijela dana u potpunosti izloženi suncu. U sloju drveća i grmlja dominira smreka (*P. abies*), a mjestimično se pojavljuje bukva (*F. sylvatica*), jela (*A. alba*) i gorski javor (*A. pseudoplatanus*). Sloj grmlja je izuzetno bogat i dominira veći broj biljnih vrsta, poput obične lijeske (*Corylus avellana* L.), maline (*Rubus idaeus* L.), obične borovnice (*Vaccinium myrtillus* L.), oštrodlake kupine (*Rubus hirtus* Waldst. et Kit.) i mnogih drugih. U prizemnom dominira mišje uho (*O. verna*), šumska kostrika (*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv.) i konopljuša (*Eupatorium cannabinum* L.). Tlo je smeđi kalkokambisol na vapnencu (MARTINOVIĆ 1997). Ono je znatno pliće i skeletnije od unutrašnjosti šume što je posljedica građevinskih radova.



Slika 4. Oštri šumski rub iznad Jadranskog naftovoda u blizini naselja Stara Sušica.

Sukcesijski šumski rub predstavlja postupan prijelaz prema unutrašnjosti šume (Slika 5). Nalazio se ispod dalekovoda, a formiran je kroz više od tri desetljeća. Visina vegetacije kretala se u rasponu od 4 do 12 m, a gustoća sklopa je velika. Najveći broj biljnih vrsta zabilježen je upravo na sukcesijskom rubu ispod dalekovoda. U sloju drveća i grmlja dominiraju smreka (*P. abies*), vrba iva (*Salix caprea* L.) i obična lijeska (*C. avellana*). U prizemnom sloju nalaze se brojne biljne vrste, a dominira proljetno mišje uho (*O. verna*). Formiran je veći broj horizonta tla nego li na oštrim šumskim rubovima te je tlo iznad vapnenačke podloge dublje.



Slika 5. Sukcesijski šumski rub ispod dalekovoda u blizini naselja Stara Sušica.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Metoda lovnih posuda

Uzorci su sakupljeni metodom lovnih posuda. Lovne posude najčešće su korištena metoda za uzorkovanje faune tla te je ova metoda primjenjiva u gotovo svim tipovima terestričkih staništa (SALGADO i ORTUNO 1998). WOODCOCK (2005) ističe ovu metodu kao najznačajniju metodu za istraživanje kvalitativnih i kvantitativnih odnosa trčaka u različitim zajednicama. Lovne posude su zakopane u tlu na način da je njihov rub u ravnini s površinom tla tako da predstavnici faune tla, koji se aktivno kreću, upadaju u posudu i ostanu zarobljeni u njoj (Slika 6). Obzirom da metoda izravno ovisi o aktivnosti trčaka na površini tla, HEYDEMANN (1956) uvodi pojam '*aktivna gustoća*' (engl. *activity density*). Najveća prednost ove metode je što omogućuje kontinuirano sakupljanje faune trčaka i na taj način maksimizira vjerojatnost ulova vrsta koje imaju kratku vremensku aktivnost (LUFF 2002) i vrsta koje imaju manju gustoću populacija (MELBOURNE 1999), te se njenom primjenom postiže veliki ulov (EKSCHMITT i sur. 1997). Lovne posude su jeftine, jednostavne za nošenje i relativno se brzo mogu postaviti na teren. No, postoje i problemi u primjeni ove metode i interpretaciji rezultata. Primjerice, veličina ulova ovisi o aktivnosti vrste, pa su manje pokretne vrste podzastupljene u ulovu. Pojedine vrste u potpunosti izostaju, npr. vrste trčaka koje više lete (vrste iz roda *Cicindela* Linné, 1758) (BRAID i PANIZZI 1994). Male vrste trčaka mogu pobjeći iz lovnih posuda (vrste iz roda *Bembidion* Latreille, 1802) (THIELE 1977) itd. WOODCOCK (2005) ističe kako svaka metoda sakupljanja ima nedostataka, što je najčešće uvjetovano ponašanjem pojedine vrste. Iako će pojedine vrste biti podzastupljene, većina ostalih vrsta biti će ulovljena u frekvencijama koje reflektiraju njihovu pravu relativnu gustoću na staništu.



Slika 6. Lovna posuda natkrivena krovićem.



Fauna trčaka sustavno je istraživana na 16 postaja (4 postaje u unutrašnjosti šume, 6 postaja na oštrm šumskom rubu i 6 postaja na sukcesijskom šumskom rubu). Na svakoj postaji postavljeno je 5 lovnih posuda, što čini ukupno 80 lovnih posuda. Lovne posude ispunjene su otopinom vinskog octa, vode i 75% etanola u omjeru 1:1:1. Kako bi se smanjila površinska napetost otopine dodana je kap deterdženta neutralnog mirisa. Iznad svake lovne posude postavljen je tamno obojeni krovčić kako bi se posude zaštitile od oborina i listinca (BRAID i PANIZZI 1994) te bile što manje uočljive drugim životinjama, posebice kralješnjacima. Uzorci su skupljani jednom mjesečno od svibnja do studenog 2010. godine. Tijekom izlaska na teren uzorci su skupljeni tako da se sadržaj svake lovne posude procijedio i spremio u plastičnu vrećicu. Tako spremljenom uzorku dodijeljena je odgovarajuća oznaka. Oznaka je uključivala podatke o lokaciji, imenu postaje, broju lovne posude i datumu sakupljanja. Nakon toga svi su uzorci bili zaleđeni u škrinji.

### **3.2. Taksonomsko određivanje materijala**

Ulov lovnih posuda analiziran je u laboratoriju. Materijal je odleđen, a zatim su izolirani trčci. Jedinke su determinirane na temelju vanjskog izgleda i genitalija pomoću nekoliko determinacijskih ključeva (FREUDE i sur. 2006, LUFF 2007, TRAUTNER i GEIGENMÜLLER 1987, TURIN i sur. 2003).

### **3.3. Statistička analiza**

#### **3.3.1. Učestalost (dominantnost)**

Udio vrsta u cjelokupnoj zajednici trčaka značajan je čimbenik za razumijevanje funkcioniranja određene zajednice. Brojnost jedinki različitih vrsta trčaka je međusobno različita na različitim staništima.

Dominantnost se izračunava prema Smithovoj jednadžbi:

$$D_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} 100$$

Gdje su:

$D_i$  - učestalost (dominantnost) odraslih jedinki (imaga)

$a_i$  - broj odraslih jedinki (imaga) vrste  $i$

$\sum_{i=1}^n a_i$  - ukupni broj odraslih jedinki (imaga) na jednoj postaji

Prema dominantnosti vrste su podijeljene u četiri skupine (TIETZE 1973):

Dominantne vrste	> 5%
Subdominantne vrste	1 - 4,99%
Recendentne vrste	0,5 - 0,99%
Subrecendentne vrste	0,01 - 0,49%

### 3.3.2. Konstantnost (frekventnost)

Konstantnost (frekventnost) vrste na staništu označava omjer posuda u kojima je neka vrsta ulovljena u odnosu na broj postavljenih posuda. Izračunava se prema izrazu:

$$C_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} 100$$

Gdje su:

$C_i$  - indeks konstantnosti za  $i$ -tu vrstu

$a_i$  - broj posuda u kojima je  $i$ -ta vrsta prisutna

$\sum_{i=1}^n a_i$  - ukupan broj posuda

Prema konstantnosti vrste se dijele na (DROVENIK 1978, TISCHLER 1949):

Eukonstantne	75 - 100%
Konstantne	50 - 75%
Akcesorne	25 - 50%
Akcidentalne	0,1 - 25%

### 3.3.3. Srednja individualna biomasa trčaka

Srednja individualna biomasa ili skraćeno MIB (engl. *Mean Individual Biomass*) je indikatorska metoda koja se sve učestalije primjenjuje za praćenje sukcesijskih promjena na staništu (SZYSZKO 1983). MIB se izračunava na temelju sljedeće jednadžbe:

$$\ln y = - 8.50956394 + 2.55549621 * \ln x$$

$\ln y$  - procjena biomase (žive jedinice/jedinica)

$x$  - duljina tijela

Jednadžba opisuje odnos između duljine tijela pojedine jedinice trčaka ( $x$ ) i njene biomase ( $y$ ) (SZYSZKO 1983). Potom se ukupna biomasa svih jedinica trčaka na istraživanom staništu podijeli s ukupnim brojem jedinica trčaka na istom staništu. Primjenom gore navedene jednadžbe dobiju se vrijednosti MIB-a u gramima. Dužina tijela trčaka preuzeta je iz FREUDE i sur. (2006), pri čemu su korištene srednje vrijednosti dužine tijela.

### 3.3.4. Ostale statističke analize

U prikazu podataka korištene su standardne statističke mjere, kao što su srednja vrijednost, standardna devijacija, standardna pogreška, minimum i maksimum.

Raznolikost zajednica trčaka određena je pomoću Shannonova ( $H'$ ) i Simpsonova ( $1-\lambda$ ) indeksa raznolikosti, a jednolikost pomoću Pieulovog indeksa jednolikosti ( $J'$ ).

Simpsonov indeks ( $1-\lambda'$ ) se temelji na vjerojatnosti da će prilikom slučajnog odabira iz uzorka, dvije izabrane jedinice pripadati istoj vrsti. Izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$1 - \lambda' = 1 - (\sum p_i^2)$$

Gdje je:

$1-\lambda'$  - Simpsonov indeks

$P_i$  - udio vrste  $i$  u zajednici

Shannon indeks raznolikosti ( $H'$ ) koristi se kada se zna konačan broj vrsta odabranih nasumice iz velike zajednice (KREBS 1989). Iznos indeksa se povećava s brojem vrsta u zajednici, a izračunava se prema sljedećem izrazu:

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

Gdje je:

$H'$  - indeks raznolikosti vrsta

$s$  - broj vrsta

$p_i$  - udio svih uzoraka  $i$ -te vrste

Pielouovim indeksom koji je zapravo omjer Shannonovog indeksa raznolikosti ( $H'$ ) i maksimalnog mogućeg indeksa raznolikosti ( $H'_{max}$ ):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Gdje je:

$J'$  - Pielouov indeks raznolikosti

$H'$  - Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti

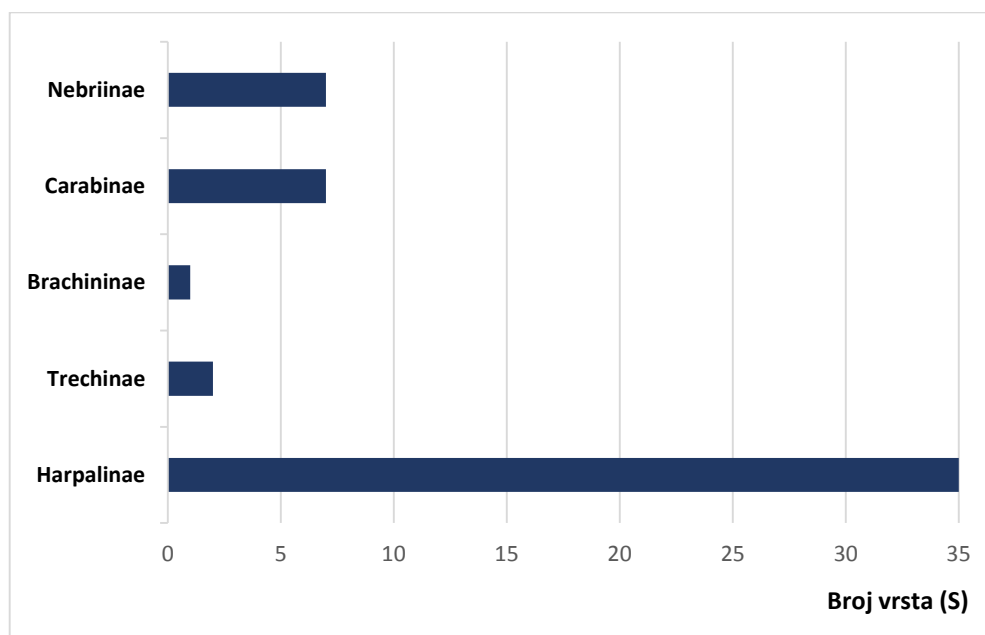
$H'_{max}$  - maksimalna raznolikost

Razlike između broja vrsta, brojnosti jedinki, raznolikosti i jednolikosti zajednice trčaka i postaja testirane su analizom varijance (1-way ANOVA i unequal N HSD *post-hoc* testom). Kao neparametarska alternativa korišten je Kruskal-Wallis H test i test multiple usporedbe. Međusobna sličnost zajednica testirana je analizom hijerarhijskog klasteriranja (engl. *hierarchical clustering*) i nemetričkim multidimenzionalnim skaliranjem, NMDS analizom (engl. *non-metric multidimensional scaling*) pri čemu će se kao mjera sličnosti koristio Bray-Curtisov indeks sličnosti. Podaci su transformirani četvrtim korijenom. Analize indeksa raznolikosti i jednolikosti, kao i analiza hijerarhijskog klasteriranja i NMDS analiza rađene su pomoću računalnog paketa PRIMER 6.0 (CLARKE i GORLEY 2006, CLARKE i WARWICK 2001).

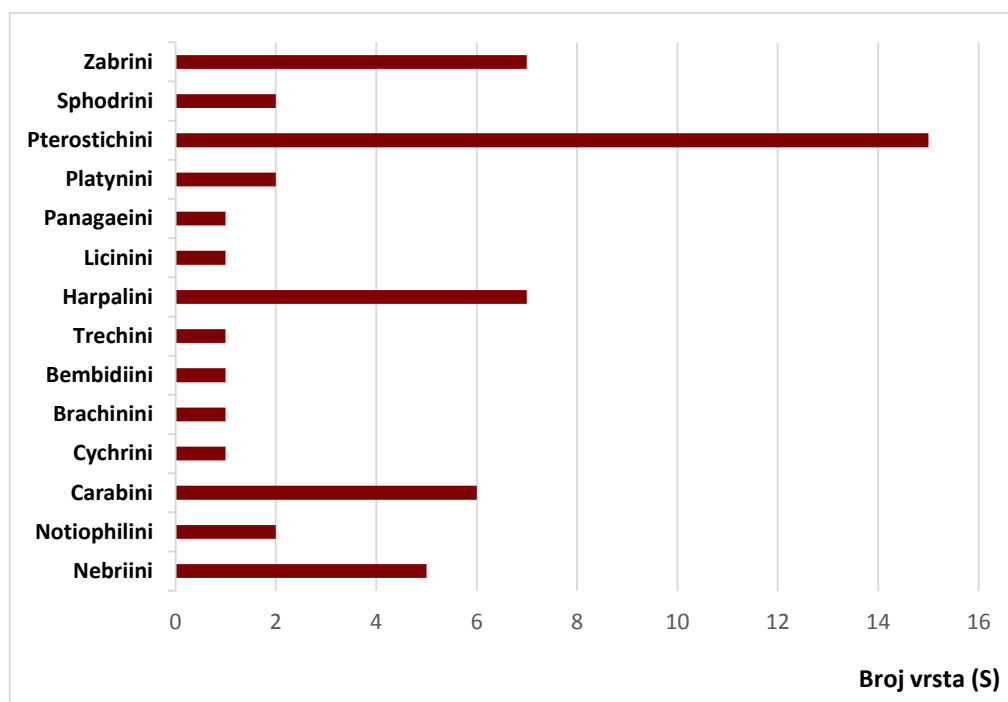
## 4. REZULTATI

### 4.1. Fauna trčaka

Tijekom jednogodišnjeg istraživanja na svim postajama ukopno su sakupljene 52 vrste trčaka iz 5 potporodica i 14 tribusa. Najveći broj vrsta pripada potporodici Harpalinae Bonelli, 1810 – 35 vrsta, a zatim slijede potporodice Carabinae Latreille, 1802 i Nebriinae Laporte, 1834 s po sedam vrsta (Slika 7, Tablica 1). Najbrojniji vrstama su tribusi Pterostichini Bonelli, 1810 s 15 vrsta, Harpalini Bonelli, 1810 sa sedam vrsta i Carabini Latreille, 1802 sa šest vrsta (Slika 8, Tablica 1). Ulovljene vrste pripadaju u 22 roda od kojih je najbrojniji rod *Amara* Bonelli, 1810 sa sedam vrsta, a potom slijede rodovi: *Carabus* Linné, 1758 sa šest vrsta i *Harpalus* Latreille, 1802 s pet vrsta.



Slika 7. Broj vrsta trčaka unutar potporodica na istraživanim staništima tijekom 2010. godine.



Slika 8. Broj vrsta trčaka unutar tribusa na istraživanim staništima tijekom 2010. godine.

Tablica 1. Sistematska pripadnost vrsta/podvrsta trčaka utvrđenih na istraživanom području.

**Porodica: Carabidae, Latreille 1802**

**Potporodica: Nebriinae Laporte, 1834**

Tribus: Nebriini Laporte, 1834

Rod	Vrsta/podvrsta
1. <i>Leistus</i> Frölich, 1799	<i>Leistus (Leistus) piceus piceus</i> Frölich, 1799
2.	<i>Leistus (Leistus) nitidus</i> Duftschmid, 1812
3.	<i>Leistus (Pogonophorus) rufomarginatus</i> Duftschmid, 1812
4.	<i>Leistus (Pogonophorus) spinibarbis rufipes</i> Chaudoir, 1843
5. <i>Nebria</i> Latreille, 1802	<i>Nebria (Alpaeus) dahlia dahlia</i> Duftschmid, 1812

Tribus: Notiophilini Motschulsky, 1850

6. <i>Notiophilus</i> Duméril, 1806	<i>Notiophilus biguttatus</i> Fabricius, 1779
7.	<i>Notiophilus palustris</i> Duftschmid, 1812

**Potporodica: Carabinae Latreille, 1802**

Tribus: Carabini Latreille, 1802

8. <i>Carabus</i> Linné, 1758	<i>Carabus (Eucarabus) catenulatus catenulatus</i> Scopoli, 1763
9.	<i>Carabus (Megodantus) croaticus croaticus</i> Dejean, 1826
10.	<i>Carabus (Megodantus) violaceus azureus</i> Dejean, 1826
11.	<i>Carabus (Platycarabus) irregularis irregularis</i> Fabricius, 1792
12.	<i>Carabus (Procrustes) coriaceus excavatus</i> Charpentier, 1825
13.	<i>Carabus (Tomocarabus) convexus convexus</i> Fabricius, 1775

Tribus: Cychrini Laporte, 1834	
14. <i>Cyhrus</i> Fabricius, 1794	<i>Cyhrus attenuatus attenuatus</i> Fabricius, 1792
<b>Potporodica: Brachininae Bonelli, 1810</b>	
Tribus: Brachinini Bonelli, 1810	
15. <i>Aptinus</i> Bonelli, 1810	<i>Aptinus bombardata</i> Illiger, 1800
<b>Potporodica: Trechinae Bonelli, 1810</b>	
Tribus: Bembidiini Stephens, 1827	
Subtribus: Bembidiina Stephens, 1827	
16. <i>Bembidion</i> Latreille, 1802	<i>Bembidion (Metallina) lampros</i> Herbst, 1784
Tribus: Trechini Bonelli, 1810	
17. <i>Trechus</i> Clairville, 1806	<i>Trechus (Trechus) croaticus</i> Dejean, 1831
<b>Potporodica: Harpalinae Bonelli, 1810</b>	
Tribus: Harpalini Bonelli, 1810	
Subtribus: Harpalina Bonelli, 1810	
18. <i>Harpalus</i> Latreille, 1802	<i>Harpalus (Harpalus) atratus</i> Latreille, 1804
19.	<i>Harpalus (Harpalus) caspius</i> Steven, 1806
20.	<i>Harpalus (Harpalus) latus</i> Linné, 1758
21.	<i>Harpalus (Harpalus) marginellus</i> Gyllenhal, 1827
22.	<i>Harpalus (Pseudophonus) rufipes</i> DeGeer, 1774
23. <i>Ophonus</i> Dejean, 1821	<i>Ophonus (Metophonus) puncticollis</i> Paykull, 1798
24. <i>Trichotichnus</i> A. Morawitz, 1863	<i>Trichotichnus (Trichotichnus) laevicollis laevicollis</i> Duftschmid, 1812
Tribus: Licinini Bonelli, 1810	
Subtribus: Licina Bonelli, 1810	
25. <i>Licinus</i> Latreille, 1802	<i>Licinus (Neorescius) hoffmannseggii</i> Panzer, 1803
Tribus: Panagaeini Bonelli, 1810	
26. <i>Panagaeus</i> Latreille, 1802	<i>Panagaeus (Panagaeus) bipustulatus</i> Fabricius, 1775
Tribus: Platynini Bonelli, 1810	
27. <i>Platynus</i> Bonelli, 1810	<i>Platynus (Batenus) scrobiculatus scrobiculatus</i> Fabricius, 1810
28.	<i>Oxypselaphus (Oxypselaphus) obscurus</i> Herbst, 1784
Tribus: Pterostichini Bonelli, 1810	
29. <i>Abax</i> Bonelli, 1810	<i>Abax (Abacopercus) carinatus carinatus</i> Duftschmid, 1812
30.	<i>Abax (Abax) ovalis</i> Duftschmid, 1812

31.	<i>Abax (Abax) parallelepipedus parallelepipedus</i> Piller & Mitterpacher, 1783
32. <i>Molops</i> Bonelli, 1810	<i>Molops (Molops) elatus elatus</i> Fabricius, 1801
33.	<i>Molops (Molops) ovipennis ovipennis</i> Chaudoir, 1847
34.	<i>Molops (Molops) piceus austriacus</i> Ganglbauer, 1889
35.	<i>Molops (Molops) striolatus</i> Fabricius, 1801
36. <i>Poecilus</i> Bonelli, 1810	<i>Poecilus (Poecilus) cupreus</i> Linné, 1758
37.	<i>Poecilus (Poecilus) lepidus lepidus</i> Leske, 1785
38. <i>Pterostichus</i> Bonelli, 1810	<i>Pterostichus (Cheporus) burmeisteri burmeisteri</i> Heer, 1838
39.	<i>Pterostichus (Parahaptoderus) brevis brevis</i> Duftschmid, 1812
40.	<i>Pterostichus (Phonias) ovoideus ovoideus</i> Sturm, 1824
41.	<i>Pterostichus (Pterostichus) fasciatopunctatus fasciatopunctatus</i> Creutzer, 1799
42. <i>Stomis</i> Clairville, 1806	<i>Stomis (Stomis) pumicatus pumicatus</i> Panzer, 1796
43.	<i>Stomis (Stomis) rostratus rostratus</i> Duftschmid, 1812

Tribus: Sphodrini Laporte, 1834

Subtribus: Calathina Laporte, 1834

44. <i>Calathus</i> Bonelli, 1810	<i>Calathus (Neochelatus) melanocephalus melanocephalus</i> Linné, 1758
-----------------------------------	---

Subtribus: Synuchina Lindroth, 1956

45. <i>Synuchus</i> Gyllenhal, 1810	<i>Synuchus (Synuchus) vivalis vivalis</i> Illiger, 1798
-------------------------------------	--

Tribus: Zabrini Bonelli, 1810

Subtribus: Amarina C. Zimmermann, 1831

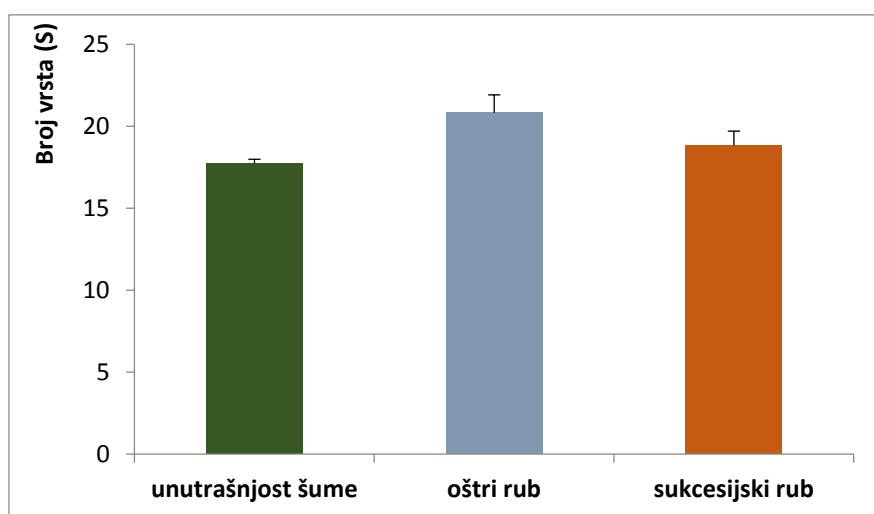
46. <i>Amara</i> Bonelli, 1810	<i>Amara (Amara) famelica</i> C. Zimmermann, 1832
47.	<i>Amara (Amara) montivaga</i> Sturm, 1825
48.	<i>Amara (Amara) nitida</i> Sturm, 1825
49.	<i>Amara (Amara) ovata</i> Fabricius, 1792
50.	<i>Amara (Amara) schimperi</i> Weneken, 1866
51.	<i>Amara (Curtonotus) aulica</i> Panzer, 1796
52.	<i>Amara (Percosia) equestris equestris</i> Duftschmid, 1812



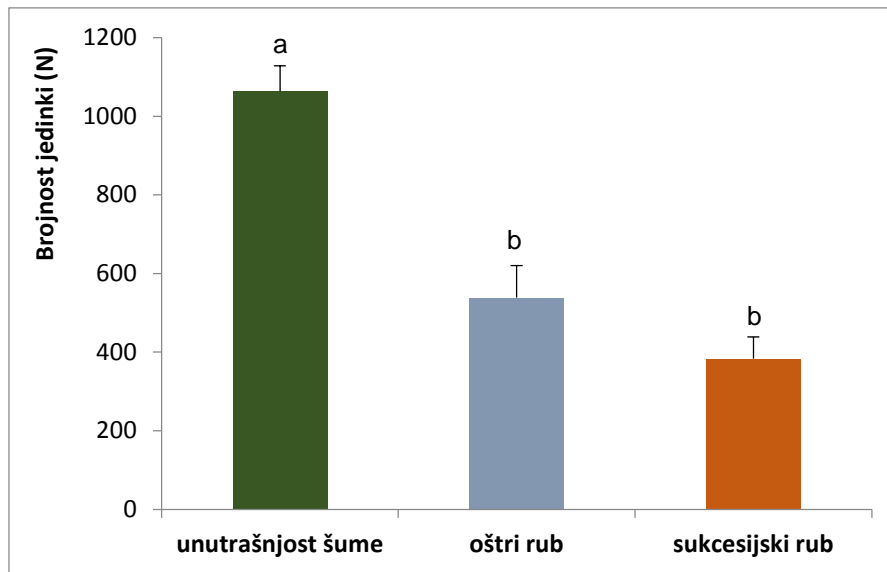
## 4.2. Sastav i struktura zajednice trčaka

U istraživanju je tijekom 2010. godine ukupno sakupljeno 9 789 jedinki i 52 vrste trčaka (Tablica 2). Najveći broj vrsta trčaka (41 vrsta) zabilježena je na oštrom šumskom rubu. Broj vrsta trčaka je manji na sukcesijskom šumskom rubu i iznosi 37. Najmanji broj vrsta trčaka (24 vrste) zabilježen je u unutrašnjosti šume (Slika 9, Tablica 2). Najveća brojnost jedinki trčaka zabilježena je u unutrašnjosti šume. Brojnost jedinki trčaka u unutrašnjosti šume je 4 257, na oštrom šumskom rubu 3 231, te na sukcesijskom šumskom rubu 2 301 jedinka trčaka (Slika 10, Tablica 2).

ANOVA je pokazala da nema statistički značajne razlike u broju vrsta (d.f.=2, F=2,784,  $p>0,05$ ) između istraživanih postaja, dok se brojnost jedinki trčaka statistički značajno razlikovala između istraživanih postaja (d.f.=2, F=22,090,  $p<0,001$ ). Brojnost jedinki trčaka u unutrašnjosti šume bila je statistički značajno veća nego li na sukcesijskom šumskom rubu (unequal N HSD *post-hoc* test,  $p<0,01$ ) i oštrom šumskom rubu ( $p<0,01$ ). Prema istom testu razlike u brojnosti jedinki između oštrog i sukcesijskog šumskog ruba nisu statistički značajne ( $p>0,05$ ).



Slika 9. Broj vrsta trčaka (srednja vrijednost  $\pm$  SE) u unutrašnjosti šume, na oštrom i sukcesijskom šumskom rubu.



Slika 10. Brojnost jedinki trčaka (srednja vrijednost  $\pm$  SE) u unutrašnjosti šume, na oštroj i sukcesijskom šumskom rubu. Različita slova označavaju statistički značajne razlike na temelju unequal N HSD *post-hoc* testa,  $p < 0,01$ .

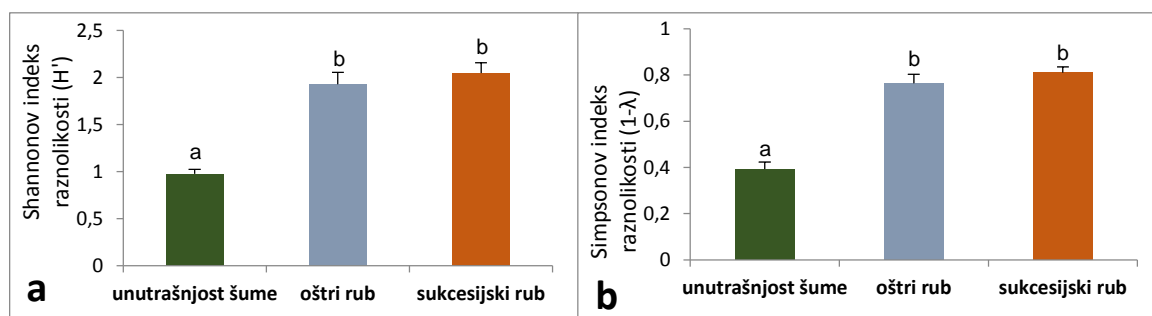
Tablica 2. Ukupna brojnost trčaka na istraživanim staništima tijekom 2010. godine. Legenda: S-broj vrsta, N-brojnost jedinki, %-udio u ukupnoj brojnosti.

Vrsta	unutrašnjost šume	%	oštri rub	%	sukcesijski rub	%
<i>Abax carinatus</i>			35	1,08	34	1,48
<i>Abax ovalis</i>	267	6,27	420	13,00	136	5,91
<i>Abax parallelepipedus</i>	6	0,14	5	0,15		
<i>Amara aulica</i>			2	0,06		
<i>Amara equesetris</i>			4	0,12	2	0,09
<i>Amara famelica</i>			1	0,03		
<i>Amara montivaga</i>			5	0,15	3	0,13
<i>Amara nitida</i>			2	0,06	5	0,22
<i>Amara ovata</i>			2	0,06		
<i>Amara schimperi</i>					1	0,04
<i>Aptinus bombardia</i>	59	1,39	398	12,32		
<i>Bembidion lampros</i>			1	0,03		
<i>Calathus melanocephalus</i>			1	0,03		
<i>Carabus catenulatus</i>	1	0,02	1	0,03	2	0,09
<i>Carabus convexus</i>			4	0,12		
<i>Carabus coriaceus</i>	1	0,02	119	3,68	109	4,74
<i>Carabus croaticus</i>	30	0,70				
<i>Carabus irregularis</i>	1	0,02			5	0,22
<i>Carabus violaceus</i>	28	0,66	170	5,26	337	14,65
<i>Cychrus attenuatus</i>	117	2,75	446	13,03	339	14,73
<i>Harpalus atratus</i>			11	0,34	3	0,13
<i>Harpalus caspius</i>					1	0,04
<i>Harpalus latus</i>					8	0,35

<i>Harpalus marginellus</i>			35	1,08	36	1,56
<i>Harpalus rufipes</i>			2	0,06	1	0,04
<i>Leistus nitidus</i>	4	0,09	3	0,09	2	0,09
<i>Leistus piceus</i>	7	0,16	12	0,37	16	0,70
<i>Leistus rufomarginatus</i>			4	0,12	2	0,09
<i>Leistus spinibarbis</i>			3	0,09	1	0,04
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	13	0,31	24	0,74	21	0,91
<i>Molops elatus</i>	5	0,12	13	0,40	6	0,26
<i>Molops ovipennis</i>	27	0,63	28	0,87	5	0,22
<i>Molops piceus</i>	16	0,38	83	2,57	24	1,04
<i>Nebria dahlü</i>	3274	76,91	1049	32,47	704	30,60
<i>Notiophilus biguttatus</i>	1	0,02	5	0,15	2	0,09
<i>Notiophilus palustris</i>			1	0,03		
<i>Ophonus puncticollis</i>			1	0,03		
<i>Oxypselaphus obscurus</i>			1	0,03		
<i>Panagaeus bipustulatus</i>			1	0,03	3	0,13
<i>Platynus scrobiculatus</i>	25	0,59	26	0,80	20	0,87
<i>Poecilus cupreus</i>			1	0,03		
<i>Poecilus lepidus</i>			9	0,29	4	0,17
<i>Pterostichus brevis</i>	11	0,26				
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	332	7,80	187	5,79	273	11,86
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>					5	0,22
<i>Pterostichus ovoideus</i>					8	0,35
<i>Stomis pumicatus</i>					1	0,04
<i>Stomis rostratus</i>	5	0,12			2	0,09
<i>Synuchus vivalis</i>					17	0,74
<i>Trechus croaticus</i>	1	0,02	1	0,03	1	0,04
<i>Trichotichnus laevicollis</i>			4	0,12	16	0,70
<b>Broj vrsta (S)</b>	<b>24</b>		<b>41</b>		<b>37</b>	
<b>Brojnost jedinki (N)</b>	<b>4257</b>		<b>3231</b>		<b>2301</b>	

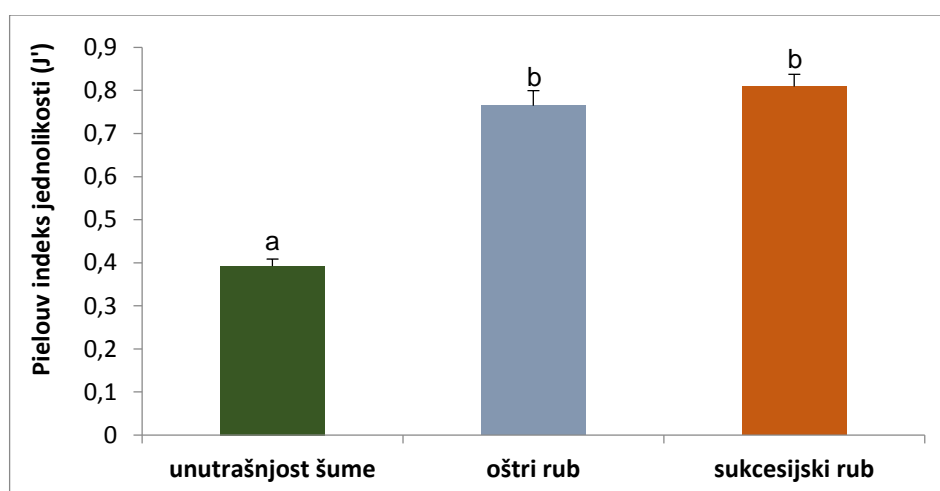
Shannonov indeks ( $H'$ ) i Simpsonov indeks ( $1-\lambda$ ) raznolikosti veći su na šumskim rubovima nego u unutrašnjosti šume (Slike 11a i b). Vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti kretale su se između 0,872 bit/jed. zabilježenih u unutrašnjosti šume do 2,469 bit/jed. zabilježenih na sukcesijskom rubu (Tablica 3). Vrijednosti Simpsonovog indeksa ( $1-\lambda$ ) kretale su se u rasponu od 0,323 u unutrašnjosti šume pa do 0,892 na sukcesijskom rubu (Tablica 3).

ANOVA je pokazala da postoje statistički značajne razlike između istraživanih staništa (d.f.=2,  $F=23,699$ ,  $p<0,001$ ). Prema *post-hoc* unequal N HSD testu vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti ( $H'$ ) su statistički značajno niže u unutrašnjosti šume u odnosu na oštri ( $p<0,001$ ) i sukcesijski rub ( $p<0,001$ ). Prema istom testu razlike u vrijednostima Shannonovog indeksa raznolikosti ( $H'$ ) između sukcesijskog i šumskog ruba nisu statistički značajne ( $p>0,05$ ). Vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ( $1-\lambda$ ) nemaju normalnu raspodjelu, a ista nije postignuta ni nakon provedenih transformacija pa je primijenjen neparametrijski test. Kruskal-Wallis H test je pokazao da postoje značajne razlike između postaja obzirom na vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ( $1-\lambda$ ) ( $H(2, N=16)=8,838$ ,  $p<0,05$ ). Prema testu multiple usporedbe vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ( $1-\lambda$ ) bile su značajno veće na sukcesijskom rubu nego u unutrašnjosti šume ( $p<0,05$ ), dok su se vrijednosti istog indeksa statistički granično razlikovale između unutrašnjosti šume i oštrog ruba ( $p=0,05$ ). Nisu zabilježene statistički značajne razlike između oštrog i sukcesijskog šumskog ruba ( $p>0,05$ ).



Slika 11. a) Shannonov indeks raznolikosti ( $H'$ ) (srednja vrijednost  $\pm$  SE) na istraživanim staništima; b) Simpsonov indeks raznolikosti ( $1-\lambda$ ) (srednja vrijednost  $\pm$  SE) na istraživanim staništima. Različita slova označavaju statistički značajne razlike na temelju unequal N HSD *post-hoc* testa i testa multiple usporedbe,  $p<0,001$ .

Pielouov indeks jednolikosti ( $J'$ ) bio je veći na rubovima nego u unutrašnjosti šume (Slika 12). Vrijednosti Pielouovog indeksa jednolikosti ( $J'$ ) kretale su se u rasponu od 0,302 u unutrašnjosti šume pa do 0,811 na sukcesijskom rubu (Tablica 3). Vrijednosti ovog indeksa statistički značajno su se razlikovale između istraživanih postaja ( $H(2, N=16) = 8,838$ ,  $p < 0,01$ ). Jednolikost je bila statistički značajno veća na sukcesijskom rubu u odnosu na unutrašnjost šume (test multiple usporedbe,  $p < 0,01$ ) i granično veća između unutrašnjosti šume i oštrog ruba ( $p = 0,05$ ). Razlike između sukcesijskog i oštrog ruba nisu statistički značajne ( $p > 0,05$ ).



Slika 12. Pielouov indeks jednolikosti ( $J'$ ) (srednja vrijednost  $\pm$  SE) na istraživanim staništima.

Tablica 3. Zbirni podaci indeksa raznolikosti i jednolikosti na istraživanim staništima tijekom 2010. godine. Crveno otisnute vrijednosti su minimumi, a plavo maksimumi opisne statistike.

unutrašnjost šume	Shannonov indeks ( $H'$ )/ bit/jed.	Simpsonov indeks ( $1-\lambda$ )	Pielouov indeks jednolikosti ( $J'$ )
Srednja vrijednost	0,975	0,393	0,339
Standardna devijacija	0,093	0,061	0,032
Minimum	<b>0,872</b>	<b>0,323</b>	<b>0,302</b>
Maksimum	1,091	0,465	0,377
Standardna pogreška	0,047	0,030	0,016
sukcesijski rub	Shannonov indeks ( $H'$ )/ bit/jed.	Simpsonov indeks ( $1-\lambda$ )	Pielouov indeks jednolikosti ( $J'$ )
Srednja vrijednost	2,048	0,809	0,697
Standardna devijacija	0,269	0,063	0,069
Minimum	1,783	0,741	0,629
Maksimum	<b>2,469</b>	<b>0,892</b>	<b>0,811</b>

Standardna pogreška	0,110	0,026	0,028
<b>oštri rub</b>	<b>Shannonov indeks(H')/ bit/jed.</b>	<b>Simpsonov indeks (1-λ)</b>	<b>Pielouov indeks jednolikosti (J')</b>
Srednja vrijednost	1,930	0,764	0,636
Standardna devijacija	0,306	0,096	0,087
Minimum	1,373	0,589	0,485
Maksimum	2,263	0,845	0,722
Standardna pogreška	0,125	0,039	0,036

### 4.3. Dominantnost vrsta trčaka

Najbrojnija vrsta koja dominira na svim područjima istraživanja s ukupno 5 027 sakupljenih jedinki je vrsta *Nebria dahlii*. Na oštrom šumskom rubu bila je zastupljena s 32,47%, na sukcesijskom rubu s 30,60%, a u unutrašnjosti šume sa čak 76,91% (Tablica 4). Vrsta *N. dahlii* je zajedno s još pet ostalih dominantnih vrsta (*Cychrus attenuatus*, *Abax ovalis*, *Aptinus bombardata*, *Pterostichus burmeisteri* i *Carabus violaceus*) činila 82,64% ukupnog ulova na oštrome šumskom rubu. Na sukcesijskom šumskom rubu osim vrste *N. dahlii* dominantne su i vrste: *C. attenuatus*, *C. violaceus*, *P. burmeisteri*, *Molops striolatus* i *A. ovalis* te su činile 84,31% ukupnog ulova. Uz vrstu *N. dahlii* kao dominantne vrste u unutrašnjosti šume dolaze još dvije vrste: *P. burmeisteri* sa 7,80% i *A. ovalis* sa 6,27%, te su činile su 90,98% ukupnog ulova.

Broj dominantnih vrsta je dvostruko veći na oštrom i sukcesijskom šumskom rubu (6 vrsta) nego u unutrašnjosti šume (3 vrste). Zanimljivo je istaknuti kako je brojnost dominantnih vrsta više ili manje izjednačena na šumskim rubovima, dok u unutrašnjosti šume izrazito dominira vrsta *N. dahlii*. Vrsta *A. bombardata* među dominantnim vrstama pojavljuje se samo na oštrome šumskome rubu. U unutrašnjosti šume zastupljena je među subdominantnim vrstama uz vrstu *C. attenuatus*, dok na sukcesijskom šumskom rubu nije uopće zastupljena. Na sukcesijskom šumskom rubu među dominantnim vrstama prisutna je vrsta *M. striolatus*, dok se na sukcesijskom šumskom rubu pojavljuje među subdominantnim vrstama. Broj subdominantnih vrsta na rubovima je veći nego u unutrašnjosti šume. Na oštrom šumskom rubu utvrđeno je pet vrsta, a na sukcesijskom četiri. Na oštrom šumskom rubu zabilježene su tri recedentne i 28 subrecedentnih vrsta. Na sukcesijskom šumskom rubu zabilježeno je pet recedentnih i 22 subrecedentne vrste. U unutrašnjosti šume zabilježene su četiri recedentne i 15 subrecedentnih vrsta.

Tablica 4. Dominantnost vrsta trčaka (%) na istraživanim staništima tijekom 2010. godine.

unutrašnjost šume		oštri rub		sukcesijski rub	
vrsta	%	vrsta	%	vrsta	%
<b>Dominantne vrste</b>					
<i>Nebria dahlia</i>	76,91	<i>Nebria dahlia</i>	32,47	<i>Nebria dahlia</i>	30,60
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	7,80	<i>Cychrus attenuatus</i>	13,80	<i>Cychrus attenuatus</i>	14,73
<i>Abax ovalis</i>	6,27	<i>Abax ovalis</i>	13,00	<i>Carabus violaceus</i>	14,65
		<i>Aptinus bombardarda</i>	12,32	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	11,86
		<i>Pterostichus burmeisteri</i>	5,79	<i>Molops striolatus</i>	6,56
		<i>Carabus violaceus</i>	5,26	<i>Abax ovalis</i>	5,91
<b>Subdominantne vrste</b>					
<i>Cychrus attenuatus</i>	2,75	<i>Carabus coriaceus</i>	3,68	<i>Carabus coriaceus</i>	4,74
<i>Aptinus bombardarda</i>	1,39	<i>Molops striolatus</i>	3,44	<i>Harpalus marginellus</i>	1,56
		<i>Molops piceus</i>	2,57	<i>Abax carinatus</i>	1,48
		<i>Abax carinatus</i>	1,08	<i>Molops piceus</i>	1,04
		<i>Harpalus marginellus</i>	1,08		
<b>Recedentne vrste</b>					
<i>Carabus croaticus</i>	0,70	<i>Molops ovipennis</i>	0,87	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	0,91
<i>Carabus violaceus</i>	0,66	<i>Platynus scrobiculatus</i>	0,80	<i>Platynus scrobiculatus</i>	0,87
<i>Molops ovipennis</i>	0,63	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	0,74	<i>Synuchus vivalis</i>	0,74
<i>Platynus scrobiculatus</i>	0,59			<i>Leistus piceus</i>	0,70
				<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0,70
<b>Subrecedentne</b>					
<i>Molops striolatus</i>	0,49	<i>Molops elatus</i>	0,40	<i>Harpalus latus</i>	0,35
<i>Molops piceus</i>	0,38	<i>Leistus piceus</i>	0,37	<i>Pterostichus ovoideus</i>	0,35
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	0,31	<i>Harpalus atratus</i>	0,34	<i>Molops elatus</i>	0,26
<i>Pterostichus brevis</i>	0,26	<i>Poecilus lepidus</i>	0,28	<i>Molops ovipennis</i>	0,22
<i>Leistus piceus</i>	0,16	<i>Abax parallelepipedus</i>	0,15	<i>Carabus irregularis</i>	0,22
<i>Abax parallelepipedus</i>	0,14	<i>Amara montivaga</i>	0,15	<i>Amara nitida</i>	0,22
<i>Molops elatus</i>	0,12	<i>Notiophilus biguttatus</i>	0,15	<i>Poecilus lepidus</i>	0,17
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	0,12	<i>Amara equesetris</i>	0,12	<i>Panagaeus bipustulatus</i>	0,13
<i>Synuchus vivalis</i>	0,12	<i>Carabus convexus</i>	0,12	<i>Harpalus atratus</i>	0,13
<i>Leistus nitidus</i>	0,09	<i>Leistus rufomarginatus</i>	0,12	<i>Amara montivaga</i>	0,13
<i>Carabus catenulatus</i>	0,02	<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0,12	<i>Stomis rostratus</i>	0,09
<i>Carabus coriacesu</i>	0,02	<i>Leistus nitidus</i>	0,09	<i>Notiophilus biguttatus</i>	0,09
<i>Carabus irregularis</i>	0,02	<i>Leistus spinibarbis</i>	0,09	<i>Leistus rufomarginatus</i>	0,09
<i>Notiophilus biguttatus</i>	0,02	<i>Amara aulica</i>	0,06	<i>Leistus nitidus</i>	0,09
<i>Trechus croaticus</i>	0,02	<i>Amara nitida</i>	0,06	<i>Carabus catenulatus</i>	0,09
		<i>Amara ovata</i>	0,06	<i>Amara equestris</i>	0,09
		<i>Harpalus rufipes</i>	0,06	<i>Trechus croaticus</i>	0,04
		<i>Leistus spinibarbis</i>	0,06	<i>Stomis pumicatus</i>	0,04
		<i>Amara famelica</i>	0,03	<i>Leistus spinibarbis</i>	0,04

<i>Bembidion lampros</i>	0,03	<i>Harpalus rufipes</i>	0,04
<i>Calathus melanocephalus</i>	0,03	<i>Harpalus caspius</i>	0,04
<i>Carabus catenulatus</i>	0,03	<i>Amara schimperi</i>	0,04
<i>Notiophilus palustris</i>	0,03		
<i>Ophonus puncticollis</i>	0,03		
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	0,03		
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	0,03		
<i>Poecilus cupreus</i>	0,03		
<i>Trechus croaticus</i>	0,03		

#### 4.4. Konstantnost vrsta trčaka

Na oštrom rubu i u unutrašnjosti šume zabilježeno je po šest eukonstantnih vrsta, a na sukcesijskome rubu sedam (Tablica 5). Oštri i sukcesijski rub su po sastavu eukonstantnih vrsta vrlo slični. Razlikuju se samo po vrsti *Molops striolatus* koja na oštrome rubu dolazi među konstantnim vrstama. Vrste koje se javljaju među eukonstantnim samo u unutrašnjosti šume su: *Carabus croaticus* i *Aptinus bombardaria*. Konstantne vrste najbrojnije su u unutrašnjosti šume (5 vrsta). Na oštrome rubu prisutne su dvije konstantne vrste, a na sukcesijskome rubu ih uopće nema. U kategorije eukonstantnih i konstantnih vrsta pripadaju najvećim dijelom dominantne i subdominantne vrste. Broj akcesornih vrsta u unutrašnjosti šume je 4, dok je oštrom i sukcesijskom šumskom rubu jednak broj (6 vrsta). Broj akcidentalnih vrsta je dvostruko veći na šumskim rubovima nego u unutrašnjosti šume.



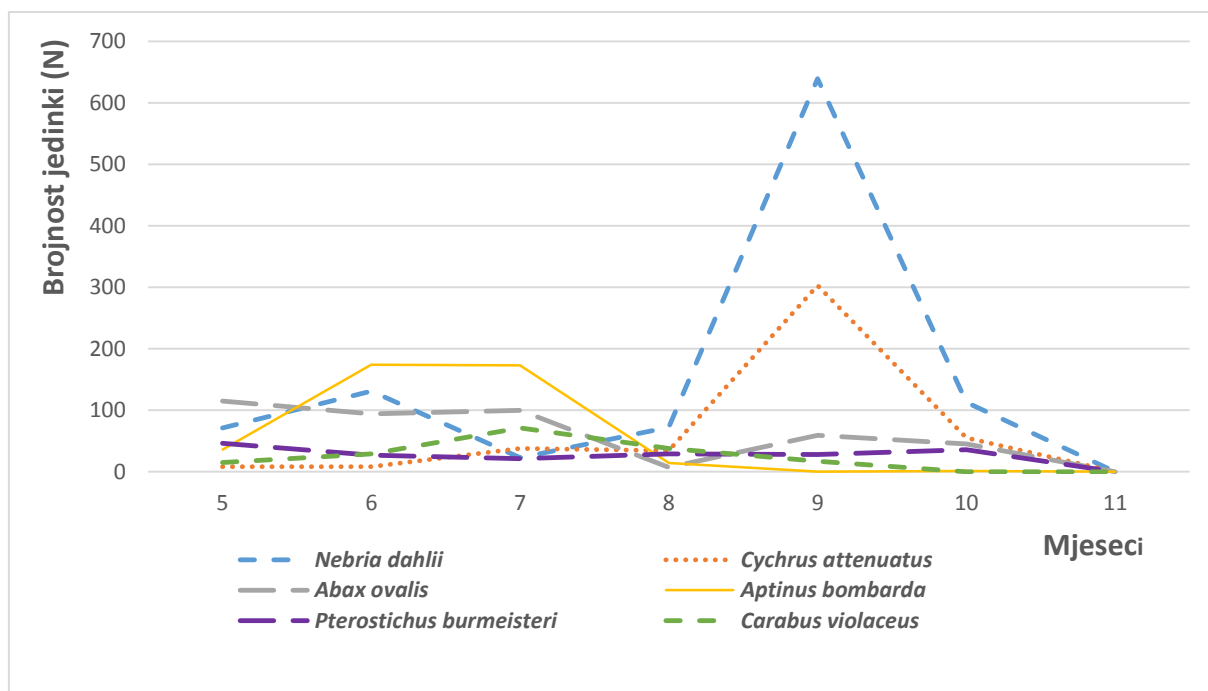
Tablica 5. Konstantnost vrsta trčaka (%) na istraživanim staništima tijekom 2010. godine.

unutrašnjost šume		oštri rub		sukcesijski rub	
vrsta	%	vrsta	%	vrsta	%
<b>Eukonstantne vrste</b>					
<i>Nebria dahlii</i>	100	<i>Carabus violaceus</i>	100	<i>Carabus violaceus</i>	94
<i>Abax ovalis</i>	100	<i>Nebria dahlii</i>	85	<i>Cychrus attenuatus</i>	91
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	100	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	82	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	91
<i>Cychrus attenuatus</i>	90	<i>Abax ovalis</i>	82	<i>Carabus coriaceus</i>	83
<i>Aptinus bombardarda</i>	80	<i>Carababus coriaceus</i>	79	<i>Molops striolatus</i>	83
<i>Carabus croaticus</i>	75	<i>Cychrus attenuatus</i>	76	<i>Abax ovalis</i>	80
				<i>Nebria dahlii</i>	80
<b>Konstantne</b>					
<i>Carabus violaceus</i>	65	<i>Molops striolatus</i>	71		
<i>Molops striolatus</i>	55	<i>Molops piceus</i>	59		
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	50				
<i>Molops ovipennis</i>	50				
<i>Platynus scrobiculatus</i>	50				
<b>Akcesorne</b>					
<i>Molops piceus</i>	40	<i>Aptinus bombardarda</i>	44	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	43
<i>Abax parallelepipedus</i>	30	<i>Molops ovipennis</i>	44	<i>Leistus piceus</i>	34
<i>Leistus piceus</i>	25	<i>Abax carinatus</i>	35	<i>Abax carinatus</i>	31
<i>Pterostichus brevis</i>	25	<i>Harpalus marginellus</i>	35	<i>Molops piceus</i>	31
		<i>Licinus hoffmannseggii</i>	32	<i>Platynus scrobiculatus</i>	31
		<i>Molops elatus</i>	32	<i>Trichotichnus laevicollis</i>	31
<b>Akcidentalne</b>					
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	20	<i>Leistus piceus</i>	21	<i>Harpalus marginellus</i>	17
<i>Leistus nitidus</i>	15	<i>Abax parallelepipedus</i>	15	<i>Carabus irregularis</i>	14
<i>Molops elatus</i>	15	<i>Notiophilus biguttatus</i>	15	<i>Molops ovipennis</i>	14
<i>Synuchus vivalis</i>	10	<i>Platynus scrobiculatus</i>	15	<i>Synuchus vivalis</i>	14
<i>Carabus catenulatus</i>	5	<i>Poecilus lepidus</i>	15	<i>Amara nitida</i>	11
<i>Carabus coriaceus</i>	5	<i>Harpalus atratus</i>	12	<i>Harpalus latus</i>	9
<i>Carabus irregularis</i>	5	<i>Carabus convexus</i>	12	<i>Molops elatus</i>	9
<i>Notiophilus biguttatus</i>	5	<i>Leistus nitidus</i>	9	<i>Pterostichus ovoideus</i>	9
<i>Trechus croaticus</i>	5	<i>Trichotichnus laevicollis</i>	9	<i>Amara montivaga</i>	6
		<i>Amara equestris</i>	6	<i>Carabus catenulatus</i>	6
		<i>Amara montivaga</i>	6	<i>Harpalus atratus</i>	6
		<i>Amara nitida</i>	6	<i>Leistus rufomarginatus</i>	6
		<i>Amara ovata</i>	6	<i>Notiophilus biguttatus</i>	6
		<i>Harpalus rufipes</i>	6	<i>Panagaeus bipustulatus</i>	6
		<i>Leistus rufomarginatus</i>	6	<i>Stomis rostratus</i>	6
		<i>Leistus spinibarbis</i>	6	<i>Amara equestris</i>	3
		<i>Amara aulica</i>	3	<i>Amara schimperi</i>	3
		<i>Amara famelica</i>	3	<i>Harpalus caspius</i>	3

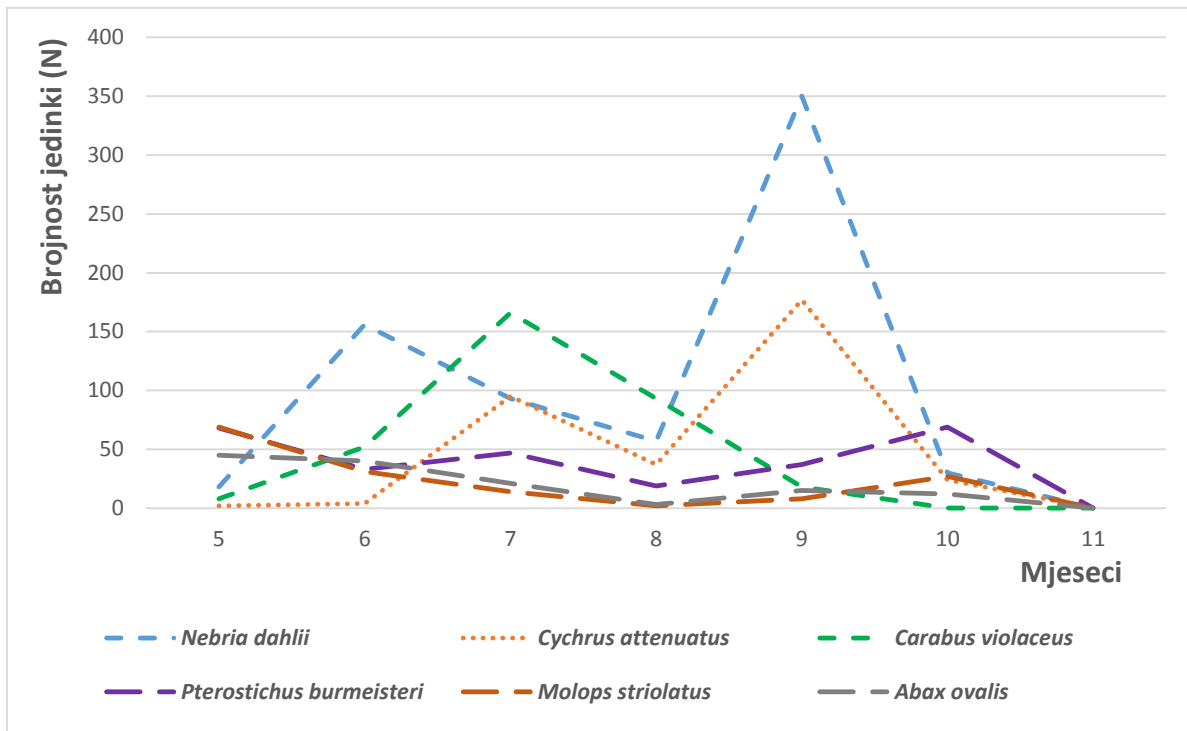
<i>Bembidion lampros</i>	3	<i>Harpalus rufipes</i>	3
<i>Calathus melanocephalus</i>	3	<i>Leistus nitidus</i>	3
<i>Carabus catenulatus</i>	3	<i>Leistus spinibarbis</i>	3
<i>Notiophilus palustris</i>	3	<i>Poecilus lepidus</i>	3
<i>Ophonus puncticollis</i>	3	<i>Stomis pumicatus</i>	3
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	3	<i>Trechus croaticus</i>	3
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	3		
<i>Poecilus cupreus</i>	3		
<i>Trechus croaticus</i>	3		

#### 4.5. Sezonska dinamika dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka

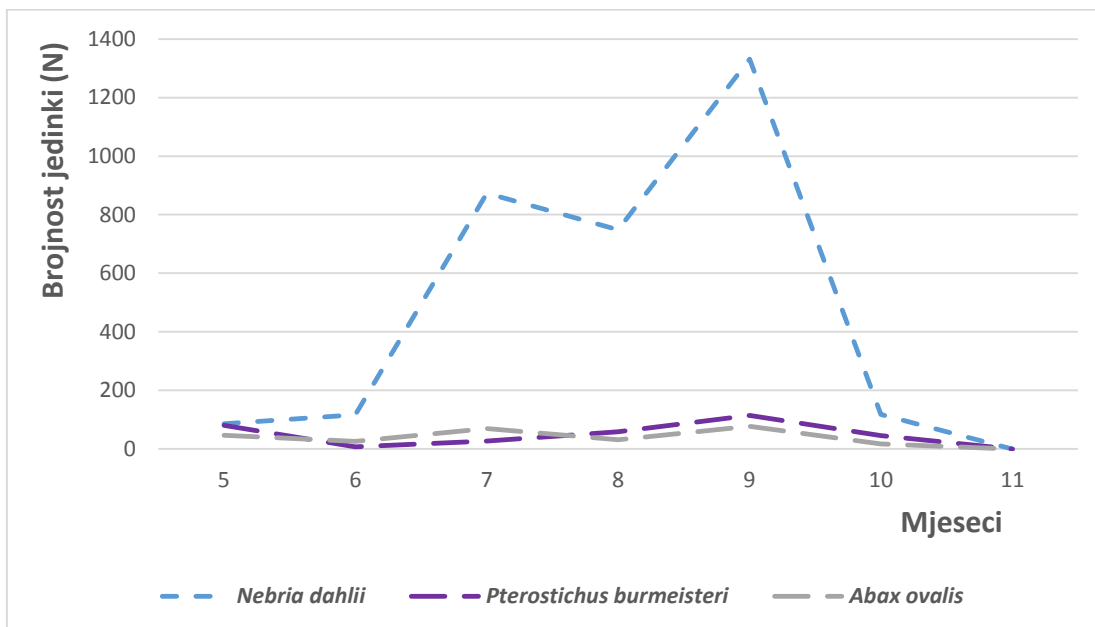
Sezonska dinamika dominantnih vrsta trčaka praćena je na oštroj i sukcesijskoj rubi te u unutrašnjosti šume. Sezonska aktivnost dominantnih vrsta: *Nebria dahlii*, *Abax ovalis*, *Pterostichus burmeisteri* pokazuju isti trend rasta i pada na svim istraživanim staništima (Slike 13, 14 i 15). Vrsta *N. dahlii* je najaktivnija u jesen te ima maksimum aktivnosti u mjesecu rujnu (Slike 13, 14 i 15). Vrsta *A. ovalis* ima dvije vršne vrijednosti sezonske aktivnosti, u proljeće i u jesen, pri čemu je na većini istraživanih staništa njena aktivnost veća u proljetnim mjesecima (Slike 13, 14 i 15). Dva maksimuma aktivnosti, proljetni i jesenski, pokazuje i vrsta *P. burmeisteri*. Vrsta *Cychrus attenuatus* na oštroj i sukcesijskoj šumskoj rubi najbrojnija je u jesen (Slike 13 i 14), dok je vrsta *Molops striolatus* na sukcesijskoj šumskoj rubi najaktivnija u proljeće (Slika 14).



Slika 13. Sezonska dinamika dominantnih vrsta trčaka na oštroj šumskoj rubi. Podaci brojnosti pojedine dominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama na oštroj šumskoj rubi.

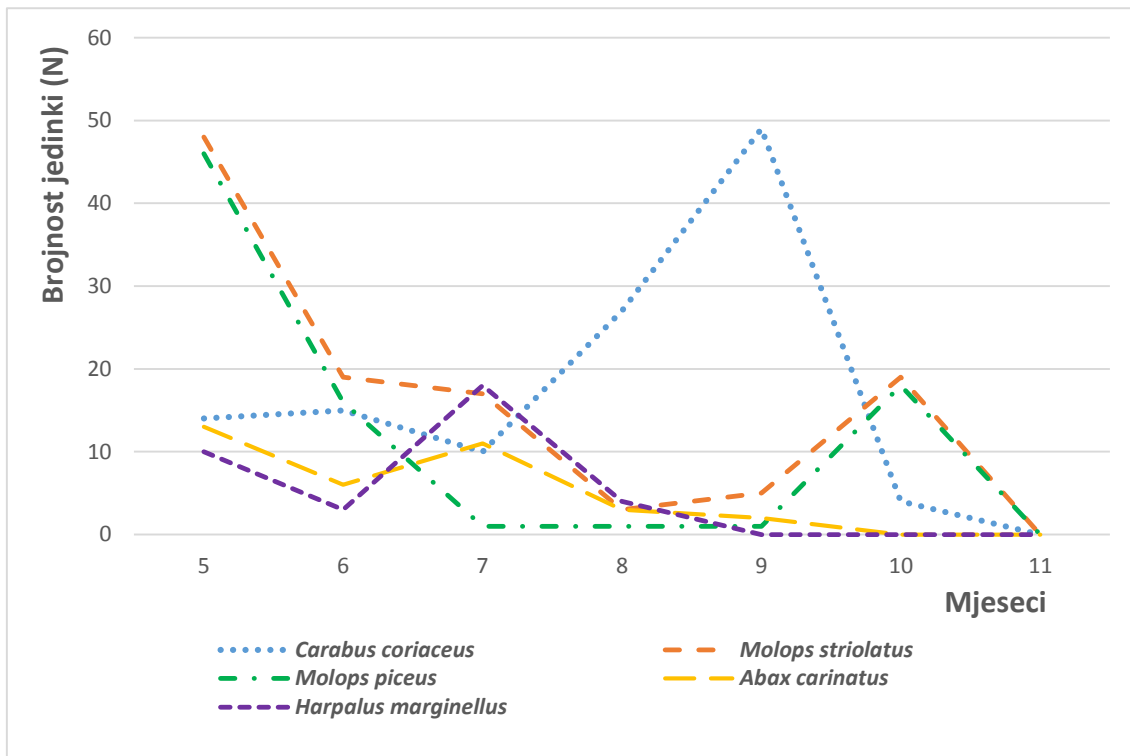


Slika 14. Sezonska dinamika dominantnih vrsta trčaka na sukcesijskom šumskom rubu. Podaci brojnosti pojedine dominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama na sukcesijskom šumskom rubu.

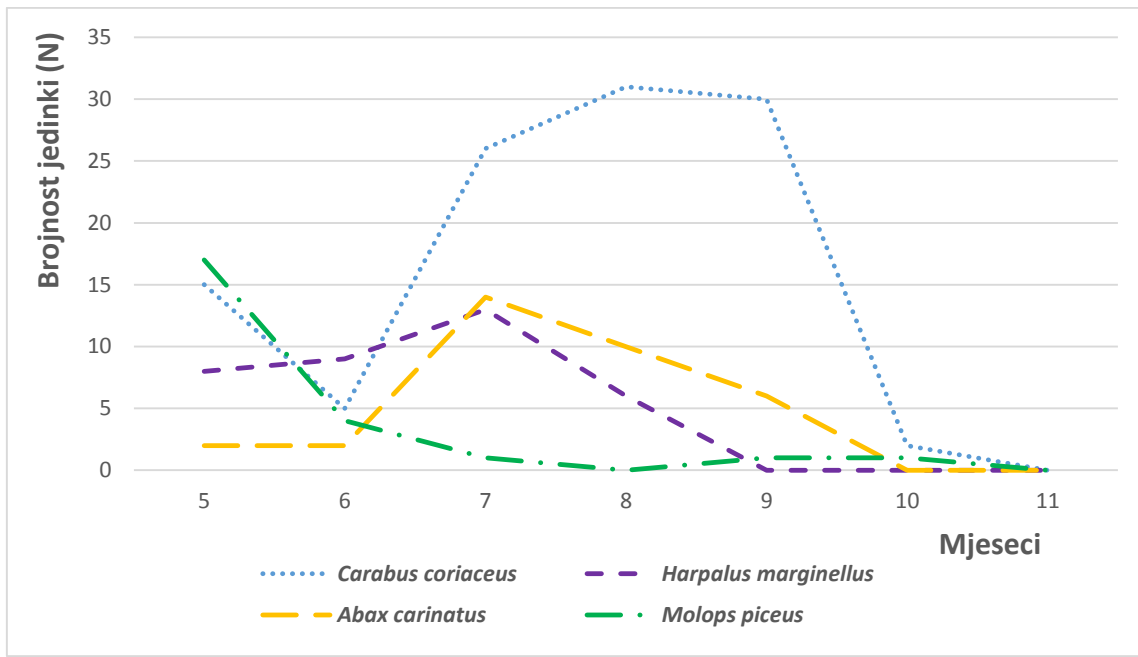


Slika 15. Sezonska dinamika dominantnih vrsta trčaka u unutrašnjosti šume. Podaci brojnosti pojedine dominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama u unutrašnjosti šume.

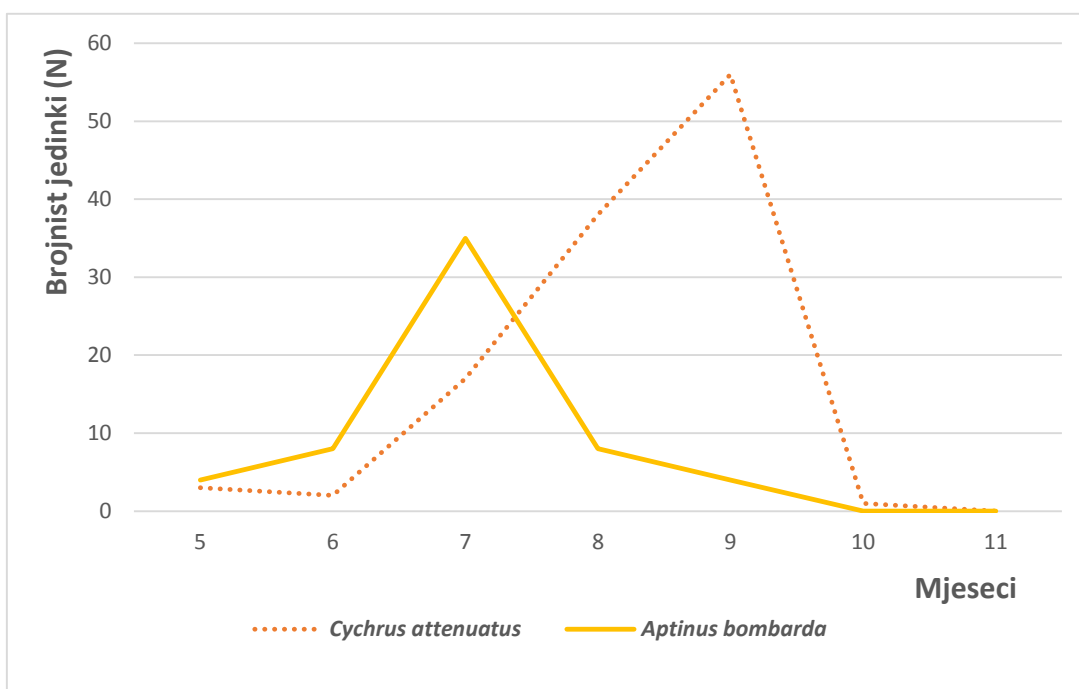
Sezonska aktivnost subdominantnih vrsta *Carabus coriaceus* i *Molops piceus* je slična na oba istraživana šumska ruba (Slike 16 i 17). Najveću aktivnost vrsta *C. coriaceus* pokazuje u jesen, dok je vrsta *M. piceus* najbrojnija u proljeće. U proljeće je najbrojnija i vrsta *M. striolatus* na oštrome šumskom rubu. Subdominantna vrsta *Cychrus attenuatus* u unutrašnjosti šume pokazuje najveću aktivnost u jesen (Slika 18).



Slika 16. Sezonska dinamika subdominantnih vrsta trčaka na oštrom šumskom rubu. Podaci brojnosti pojedine subdominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama na oštrom šumskom rubu.



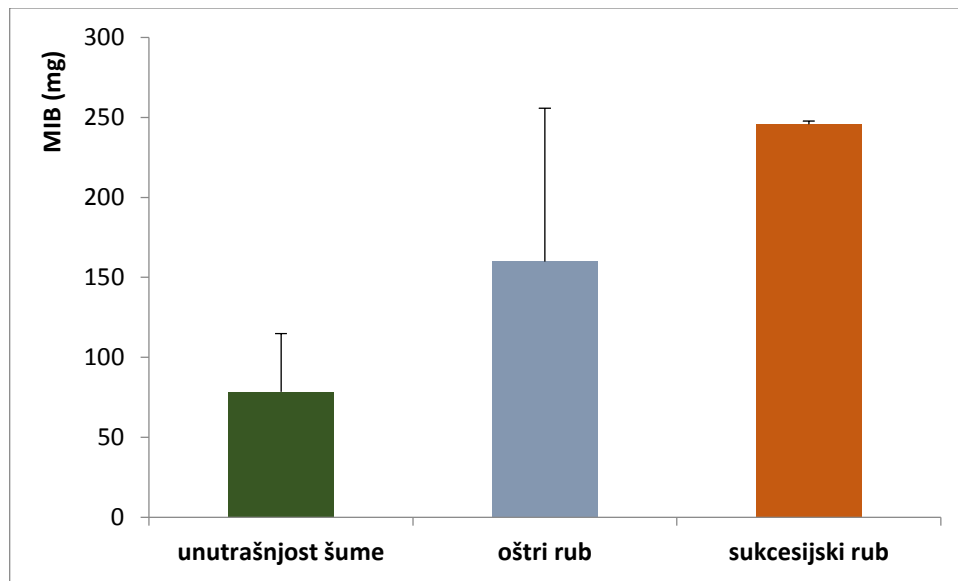
Slika 17. Sezonska dinamika subdominantnih vrsta trčaka na sukcesijskom šumskom rubu. Podaci brojnosti pojedine subdominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama na sukcesijskom šumskom rubu.



Slika 18. Sezonska dinamika subdominantnih vrsta trčaka u unutrašnjosti šume. Podaci brojnosti pojedine subdominantne vrste se temelje na ukupnoj brojnosti vrste na svim istraživanim postajama u unutrašnjosti šume.

#### 4.6. Srednja individualna biomasa

Vrijednosti srednje individualne biomase (MIB) razlikuju se na istraživanim staništima. Najveća srednja vrijednost MIB-a je na sukcesijskom šumskom rubu i iznosila je 245,77 mg, srednja vrijednost MIB-a na sukcesijskom šumskom rubu iznosila je 159,98 mg, dok je u unutrašnjosti šume iznosila 78,50 mg (Slika 19). Vrijednosti MIB-a na postajama na sukcesijskom šumskom rubu kretale su se u rasponu od 132,55 do 379,28 mg, na oštrom šumskom rubu od 120,49 do 215,12 mg, a u unutrašnjosti šume od 76,17 do 80,52 mg (Tablica 6).



Slika 19. Vrijednosti srednje individualne biomase (MIB) trčaka (mg) (srednja vrijednost  $\pm$  SE). Legenda: MIB – srednja individualna biomasa (engl. *Mean Individual Biomass*).

Tablica 6. Srednja dužina tijela (mm), procijenjena težina tijela (mg) i vrijednost srednje individualne mase trčaka (mg) na istraživanim staništima tijekom 2010. godine. Srednja dužina tijela trčaka izračunata je na temelju literaturnih podataka (FREUDE i sur. 2006). Težina tijela trčaka je procijenjena prema SZYSZKO (1983).

vrsta	geometrijska srednja dužina tijela (mm)	procijenjena težina tijela (mg)	unutrašnjost šume težina/mg	oštri rub težina/mg	sukcesijski rub težina/mg
<i>Abax carinatus</i>	15,30	141,21		4942,30	4801,09
<i>Abax ovalis</i>	12,85	90,36	24126,67	37952,07	12289,24
<i>Abax parallelopipedus</i>	18,33	224,19	1345,17	1120,97	
<i>Amara aulica</i>	12,55	85,15		170,29	
<i>Amara equesetris</i>	10,91	59,52		238,06	119,03
<i>Amara famelica</i>	7,94	26,41		26,41	
<i>Amara montivaga</i>	8,44	30,90		154,51	92,71
<i>Amara nitida</i>	7,94	26,41		52,81	132,03
<i>Amara ovata</i>	8,66	33,00		65,99	0,00
<i>Amara schimperi</i>	8,15	28,29			28,29
<i>Aptinus bombardia</i>	11,62	69,92	4125,55	27830,00	
<i>Bembidion lampros</i>	3,33	2,86		2,86	
<i>Calathus melanocephalus</i>	7,35	21,69		21,69	
<i>Carabus catenulatus</i>	27,75	646,86	646,86	646,86	1293,71
<i>Carabus convexus</i>	16,73	177,60		710,41	
<i>Carabus coriaceus</i>	36,66	1317,97	1317,97	156838,78	143659,05
<i>Carabus croaticus</i>	28,53	694,46	20833,70		
<i>Carabus irregularis</i>	25,10	500,56	500,56		2502,78
<i>Carabus violaceus</i>	26,46	572,69	16035,29	97357,14	192996,22
<i>Cychrus attenuatus</i>	13,67	106,03	12405,88	47290,77	35945,23
<i>Harpalus atratus</i>	11,47	67,68		744,51	203,05
<i>Harpalus caspius</i>	12,19	78,98			78,98
<i>Harpalus latus</i>	9,38	40,47			323,78
<i>Harpalus marginellus</i>	10,45	53,36		1867,49	1920,84
<i>Harpalus rufipes</i>	13,27	98,13		196,26	98,13
<i>Leistus nitidus</i>	7,35	21,69	86,74	65,06	43,37
<i>Leistus piceus</i>	7,23	20,79	145,54	249,50	332,66
<i>Leistus rufomarginatus</i>	8,44	30,90		123,61	61,80
<i>Leistus spinibarbis</i>	8,95	35,88		107,63	35,88
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	11,62	69,92	909,02	1678,19	1468,42
<i>Molops elatus</i>	14,70	127,48	637,40	1657,25	764,88
<i>Molops ovipennis</i>	11,96	75,26	2032,08	2107,34	376,31
<i>Molops piceus</i>	11,22	64,02	1024,39	5314,02	1536,58
<i>Molops striolatus</i>	17,75	206,45	4335,42	22915,79	31173,73
<i>Nebria dahli</i>	11,22	64,02	209615,51	67161,48	45073,10
<i>Notiophilus biguttatus</i>	4,39	5,80	5,80	29,02	11,61

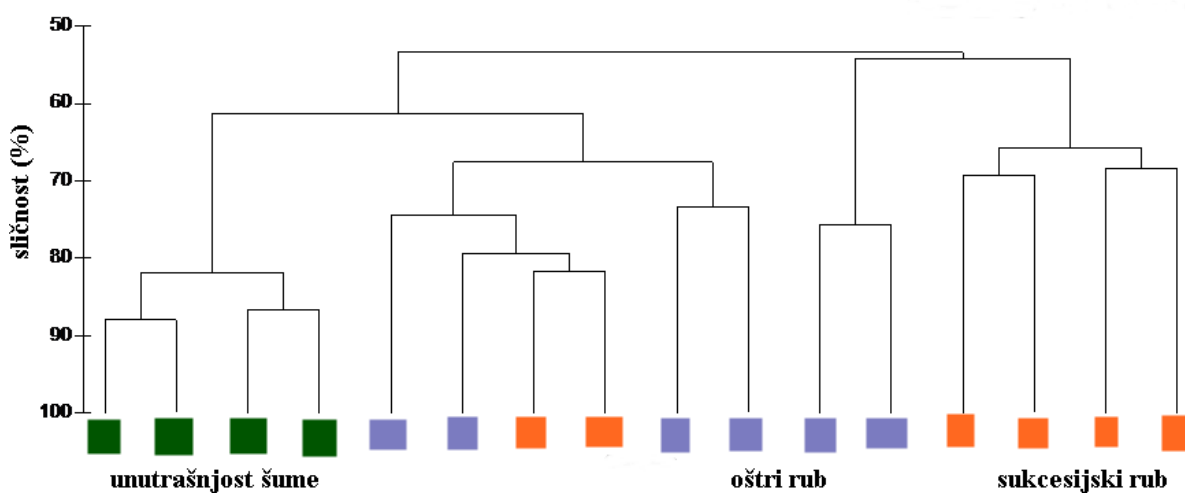


<i>Notiophilus palustris</i>	4,69	6,88		6,88	
<i>Ophonus puncticollis</i>	8,06	27,48		27,48	
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	5,59	10,76		10,76	
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	7,21	20,66		20,66	61,99
<i>Platynus scrobiculatus</i>	9,95	47,05	1176,14	1223,19	940,91
<i>Poecilus cupreus</i>	9,95	47,05		47,05	
<i>Poecilus lepidus</i>	11,83	73,25		659,26	293,00
<i>Pterostichus brevis</i>	7,46	22,51	247,66		
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	13,19	96,71	32106,72	18084,21	26401,01
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	13,96	111,86	559,32		
<i>Pterostichus ovoideus</i>	6,71	17,18			137,43
<i>Stomis pumicatus</i>	7,35	21,66			21,66
<i>Stomis rostratus</i>	7,71	24,55			49,09
<i>Synuchus vivalis</i>	7,22	20,77	103,83		353,02
<i>Trechus croaticus</i>	3,65	3,62	3,62	3,62	3,62
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	7,14	20,16		80,63	322,53

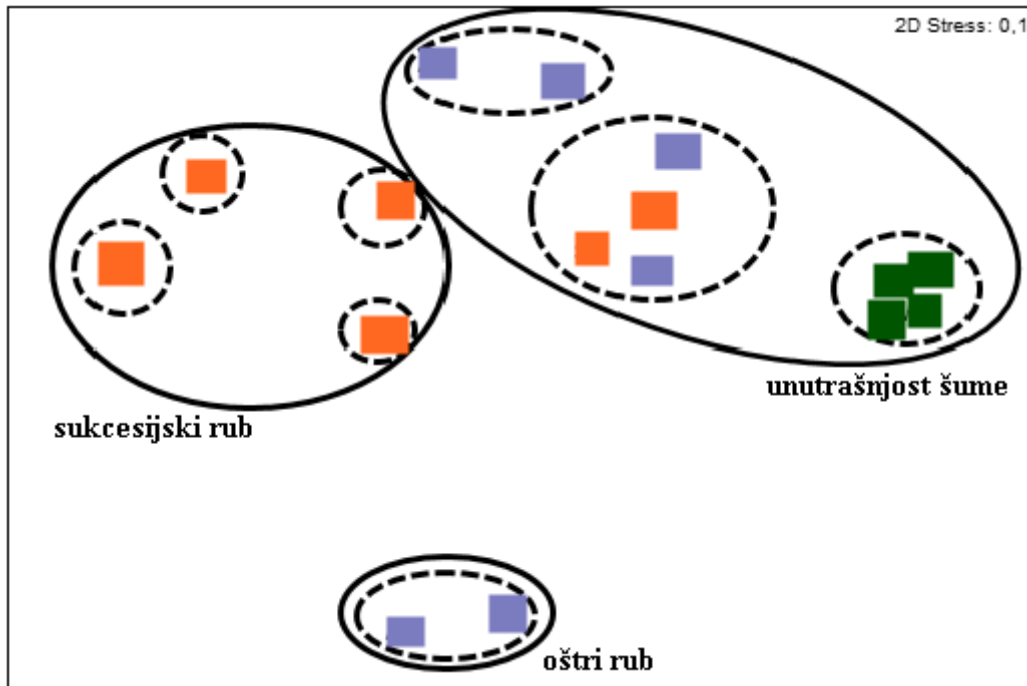
## 4.7. Sličnost zajednica trčaka na rubovima i u unutrašnjosti šume

Istraživana staništa su međusobno uspoređivana s obzirom na sličnost zajednice trčaka, upotrebom Bray Curtis-ovog koeficijenta sličnosti. Brojnost trčaka je transformirana (četvrti korijen) prije analize, a za formiranje klastera korištena je metoda *group average linking*.

Iz dendograma i rezultata primjene metode nemetričkog multidimenzijalnog skaliranja (NMDS analiza) vidljivo je kako je zajednica trčaka na oštrom i sukcesijskom rubu međusobno sličnija od zajednice u unutrašnjosti šume (Slike 20 i 21). Postaje u unutrašnjosti šume razdvajaju se od postaja na rubovima na 53% sličnosti, a međusobno pokazuju visok stupanj sličnosti (više od 80%), te tvore jasno definiranu grupu. Zanimljivo je istaknuti kako postoji međusobno miješanje oštarih i sukcesijskih rubova te nema jasno definiranog i oštrog odvajanja između njih (Slike 20 i 21).



Slika 20. Dendrogram klaster analize temeljen na Bray-Curtisovom koeficijentu sličnosti (*group average linking*) izračunat prema  $\sqrt{\sqrt{\cdot}}$  - transformiranim podacima brojnosti trčaka u unutrašnjosti šume, na oštrom i sukcesijskom rubu.



Slika 21. Prikaz rezultata nonmetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS) ( $\sqrt{\sqrt{\quad}}$  - transformirani podaci) uz superimponirane rezultate klaster analize temeljene na Bray-Curtisovom koeficijentu sličnosti (*group average linking*) u unutrašnjosti šume, na oštom i sukcesijskom rubu.

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Utjecaj šumskog ruba na sastav i strukturu zajednica trčaka

Istraživanje je pokazalo da je raznolikost trčaka statistički značajno veća na šumskim rubovima nego li u unutrašnjosti šume, čime je potvrđena klasična hipoteza ekotona (CLEMENTS 1905). Veća raznolikost uvjetovana je mikroklimatskim prilikama i prodorom vrsta otvorenih staništa na šumske rubove (vrste rodova *Amara* Bonelli, 1810, *Harpalus* Latreille, 1802, *Calathus* Bonelli, 1810 itd.). Mikroklimatske prilike na šumskim rubovima značajno se razlikuju od mikroklimatskih prilika u unutrašnjosti šume, te je primjerice temperatura tla viša, a zasjenjenost i vlaga tla su manje (BRIGIĆ 2012). Raznolikost je bila značajno veća i u drugim istraživanjima trčaka, npr. na sukcesijskim rubovima šume hrasta kitnjaka i bijelog graba u Mađarskoj (MAGURA 2002, MOLNÁR i sur. 2001) i sukcesijskim rubovima bukovih šuma u Rumunjskoj (MÁTHÉ 2006). Slični rezultati su zabilježeni i kod ostalih skupina životinja, npr. pauka na oštrim šumskim rubovima u Mađarskoj (GALLÉ i FEHÉR 2006) i malim sisavcima na prerijskom ekotonu u Kanadi (PASITSCHNIAK-ARTS i MESSIER 1998). Sličan trend, kao i raznolikost, pokazuje i broj vrsta (bogatstvo vrsta) te je na oštrom šumskom rubu zabilježen najveći broj vrsta (6,83 vrsta po postaji), zatim slijedi sukcesijski šumski rub sa 6,17 vrsta po postaji i unutrašnjost šume sa 6 vrsta po postaji. Iako broj vrsta raste od unutrašnjosti šume prema sukcesijskom i oštrom rubu, razlike između broja vrsta nisu statistički značajne. Sličan rezultat pokazuju istraživanja ekotona između borealne šume i područja čiste sječe, prema kojima je broj vrsta trčaka rastao od unutrašnjosti šume, ali se nije značajno razlikovao između unutrašnjosti šume i ekotona (HELIÖLÄ i sur. 2001). Nadalje, broj vrsta trčaka nije bio značajno veći ni na rubovima bukovih šuma i rubovima šume pirinejskog hrasta u Španjolskoj (TABOADA i sur. 2004), te na planinskim šumskim rubovima u Južnoj Africi (KOTZE i SAMWAYS 2001). Očito je da dosadašnja istraživanja ukazuju na idiosinkratične odgovore vrsta i zajednica na šumske rubove, što je vrlo vjerojatno uvjetovano orijentacijom šumskih rubova, kontrastu između susjednih staništa i tipom šumskog ruba.

Pieluov indeks jednolikosti ( $J'$ ) pokazao je da je veća jednolikost zajednice trčaka na rubovima nego u unutrašnjosti šume. Vrijednosti Pieluovog indeksa jednolikosti ( $J'$ ) na rubovima veće su prije svega zbog manje brojnosti jedinki vrste *Nebria dahlii*, dok ova vrsta s brojnošću jedinki ima izraženu dominaciju u unutrašnjosti šume. Dominantne vrste na šumskim rubovima imaju ujednačeniji postotak brojnosti jedinki za razliku od unutrašnjosti šume.

Brojnost jedinki trčaka bila je statistički značajno veća u unutrašnjosti šume nego na istraživanim šumskim rubovima. Velika brojnost jedinki u unutrašnjosti šume ponajprije je posljedica izuzetno velike brojnosti vrste *N. dahlii*. Vrsta *N. dahlii* u unutrašnjosti šume broji 3 274 jedinki (76,91% ukupnog ulova u unutrašnjosti šume), na oštrom rubu 1 049 jedinki (32,47% ukupnog ulova na oštrom rubu) i na sukcesijskom šumskom rubu 704 jedinke (30,60% ukupnog ulova na sukcesijskom rubu). Uniformni mikroklimatski uvjeti u unutrašnjosti bukovih šuma podržavaju nekolicinu vrsta trčaka čija je brojnost velika, a iste vrste preferiraju vlažne i hladnije uvjete (THIELE 1977). Vrsta *N. dahlii* je šumski specijalist koji preferira tamne, hladne i zasjenjene šume (BRANDMAYR 1981). Uzrok tako velikoj brojnosti je vrlo vjerojatno posljedica načina razmnožavanja. Vrste roda *Nebria* Latreille, 1802 su jesenske vrste koje estiviraju kao odrasli, a razvoj ličinke i sazrijevanje gonada odvija se u rano proljeće na niskim temperaturama (BRANDMAYR i ZETTO BRANDMAYR 1986). Prethodna istraživanja su pokazala kako ova vrsta postiže veliku gustoću populacija u sličnim šumskim sastojinama na području Hrvatske (DUBREŠIĆ 1982, VUJČIĆ-KARLO 1999). Budući da se okolišni čimbenici poput temperature tla i otvorenosti sklopa značajno razlikuju na oštrom i/ili sukcesijskom rubu u odnosu na unutrašnjost šume, takve razlike očigledno ne pogoduju ovoj vrsti (BRIGIĆ 2012).

Analiza hijerarhijskog klasteriranja pokazala je da zajednica trčaka na oštrom i sukcesijskom rubu pokazuje visok stupanj sličnosti (53 %) sa zajednicom trčaka u unutrašnjosti šume. To je ponajprije posljedica toga što pojedine šumske vrste, posebice šumski generalisti, poput vrsta *Abax ovalis* i *Pterostichus burmeisteri* mogu naseljavati i šumske rubove. Zanimljivo je istaknuti da ove vrste ne samo da se pojavljuju na šumskim rubovima, već na istim staništima imaju i stabilne populacije. Također, pojedine vrste šumskih specijalista, poput vrsta *N. dahlii*, *Cychnus attenuatus* i *Molops piceus* uspješno su naseljavale šumske rubove. Slično su pokazala istraživanja ekotona između borealne šume i područja čiste sječe (HELIÖLÄ i sur. 2001). Ista analiza pokazala je da postoji međusobno miješanje postaja na oštrim i sukcesijskim šumskim rubovima što je posljedica relativno velikog broja zajedničkih vrsta (28 vrsta), kao i prodora vrsta otvorenih staništa koje osvajaju rubna staništa. Naime, zanimljivo je istaknuti kako je broj akcidentalnih vrsta (većinom pripadaju vrstama otvorenih staništa) dvostruko veći na šumskim rubovima nego u unutrašnjosti šume. Vrste otvorenih staništa većinom su makropterne, male ili srednje velike, mogu letjeti, a nastanjuju različite tipove otvorenih staništa, primjerice vrste iz rodova *Amara*, *Bembidion* Latreille, 1802, *Harpalus*, *Poecilus* Bonelli 1810 i dr. (HÜRKA 1996, THIELE 1977, WACHMANN i sur. 1995). Dinarske bukovo-jelove šume kao i bukove šume u Španjolskoj (dolaze na nadmorskoj

visini od 1 250 do 1 433 m), te borealne šume u Finskoj odlikuju se nižim temperaturama, tamnije su i vlažnije nego li primjerice nizinske i brdske šume (BRIGIĆ 2012). Mikroklimatski uvjeti koji vladaju u takvim šumama su nepovoljni za vrste otvorenih staništa, koje su često heliofilne, te preferiraju više temperature tla (THIELE 1977). TUF i sur. (2012) su pokazali da temperatura tla značajno utječe na aktivnost vrsta otvorenih staništa. Fizionomija šumskog ruba je, također, vrlo vjerojatno utjecala na mogućnost imigracije vrsta otvorenih staništa u unutrašnjost šume (KOIVULA i sur. 2004). Primjerice, na otvorenim šumskim rubovima je utjecaj na mikroklimu i vegetaciju pet puta veći nego na zatvorenim, zasjenjenim i gustim rubovima (DIDHAM i LAWTON 1999). Međutim, vrste otvorenih staništa mogu biti izrazito uspješni kolonizatori, posebice malih šumskih fragmenata (NIEMELÄ i sur. 2007) koji imaju veću površinu ruba (USHER i sur. 1993) i čiji je rub više otvoren (NIEMELÄ i sur. 2007). Rezultati ovog istraživanja u skladu su s rezultatima NIEMELÄ i sur. (1988) u Finskim tajgama, njihovim rubovima i okolnom otvorenom staništu, koji su pokazali da je zajednica trčaka na rubu sličnija zajednici trčaka u unutrašnjosti šume nego zajednici trčaka otvorenih staništa.

## 5.2. Biologija dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka

Kretanje sezonske dinamike vrsta slično je na svim istraživanim staništima. Trčke prema vremenu razmnožavanja možemo podijeliti na proljetne vrste koje se razmnožavaju u proljeće i ljeto, te prezimljuju kao odrasle jedinke i na jesenske vrste koje se razmnožavaju u jesen i prezimljuju u stadiju ličinke. Prema istraživanju provedenom u Engleskoj na vrstama *Calathus melanocephalus*, *C. fuscipes* i *C. erratus* uočeno je da neke jesenske vrste ne prezimljuju samo u ličinačkom stadiju, već da značajan dio jedinki prezimi i kao odrasle jedinke, nakon čega će uslijediti period razmnožavanja (GILBERT 1956). Te vrste pripadaju u kategoriju biomodalnih vrsta koje se razmnožavaju u proljeće i jesen te prezimljuju u oba oblika (VUJČIĆ-KARLO 1999). Najbrojnija vrsta *Nebria dahlia* najaktivnija je u jesen te ima maksimum aktivnosti u mjesecu rujnu. Povećanu aktivnost pokazuje i u proljeće što možemo vidjeti po dvjema vršnim vrijednostima njezine aktivnosti. Možemo zaključiti da prema načinu razmnožavanja pripada bimodalnim vrstama. Vrste *Pterostichus burmeisteri*, *Abax ovalis* i *Molops piceus* također pokazuju bimodalni karakter (THIELLE 1977, VUJČIĆ-KARLO 1999). Vrste *Cychrus attenuatus*, *Pterostichus brevis*, *Leistus piceus* i *Carabus violaceus* pripadaju jesenskim vrstama. Njihova aktivnost najveća je u jesenskim mjesecima (TRAUTNER i GEIGENMÜLLER 1987, TURIN i sur 2003, THIELE 1977). U proljetne vrste pripadaju vrsta *Aptinus*

*bombarda* koja je aktivna od travnja do rujna i vrsta *M. striolatus* koja najveću aktivnost pokazuje u proljeće (HÜRKA 1996, THIELE 1977, WACHMANN i sur. 1995). Na temelju rezultata može se zaključiti da najveći broj dominantnih i subdominantnih vrsta pripada jesenskim i bimodalnim vrstama, a najmanji broj pripada proljetnim vrstama trčaka, što potvrđuje konstataciju da u šumskim staništima dominiraju jesenske vrste trčaka (THIELE i WEBER 1968).

### **5.3.Srednja individualna biomasa (MIB) kao pokazatelj promjena na staništu**

Vrijednosti srednje individualne biomase (MIB-a) značajno se razlikuju na istraživanim staništima. Srednja vrijednost MIB-a značajno je veća na rubovima nego u unutrašnjosti šume. Općenito, u starijim šumama velike vrste trčaka su dominantnije te smanjenje poremećaja na staništu uvjetuje veću srednju vrijednost individualne biomase (SZYZSKO 1983, LÖVEI i MAGURA 2006). Dobiveni rezultati nisu u skladu s ovakvim literaturnim navodom, ali ovakav rezultat može se vrlo lako objasniti. Naime, među dominantnim i subdominantnim vrstama trčaka na rubovima dolaze velike vrste iz rodova *Carabus* Linné, 1758 (*C. violaceus* i *C. coriaceus*) i *Cychrus* Fabricius, 1794 (*Cychrus attenuatus*). Budući da je vrsta *C. violaceus* na sukcesijskom rubu zastupljena sa 14,65%, a na oštrom s 5,26%, dok se u unutrašnjosti šume pojavljuje tek među recedentnim vrstama s 0,66%, za očekivati je da će vrijednosti MIB-a biti veće na šumskim rubovima. Isto tako je i s drugom velikom vrstom *C. coriaceus*. Na sukcesijskom rubu prisutna je sa 4,74%, na oštrom s 3,68%, a u unutrašnjosti šume zabilježena je tek jedna jedinka. Dakle, velike vrste trčaka na rubovima utjecale su na povećanje srednje individualne biomase. Njihova prisutnost na rubu moguće je uvjetovana povećanom količinom potencijalnog plijena na šumskim rubovima (primijećeno tijekom izolacije materijala, posebice veća brojnost jedinki skupina Gastropoda i Lumbricidae, koje su njihov plijen), povoljnijim mikroklimatskim uvjetima za razvoj ličinki (BRIGIĆ 2012), te ponašanjem vrste. Naime, istraživanja RIECKEN i RATHS (1996) pokazala su da velike vrste trčaka roda *Carabus* slijede linearne elemente u krajoliku. Istraživani šumski rubovi su upravo takvi, te je moguće da su se ove velike vrste lakše kretale na šumskim rubovima i pronalazile hranu.

Fragmentacija šumskih staništa značajno utječe na povećanje površine ruba i smanjenje površine fragmenata (SAUNDERS i sur. 1991). Trčci šumski specijalisti su osobito osjetljivi na takve promjene, te mogu u potpunosti nestati iz malih šumskih fragmenata (NIEMELÄ i sur.

1988). Međutim, treba imati na umu da su istraživani šumski rubovi sastavnice kontinuiranog šumskog matriksa dinarskih bukovo-jelovih šuma, te da iste šume nisu fragmentirane.

Očito je da rubovi imaju značajan utjecaj na raznolikost vrsta, sastav i strukturu zajednice trčaka, što su pokazala i dosadašnja istraživanja trčaka na rubovima (MAGURA 2002, MOLNÁR i sur. 2001, MÁTHÉ 2006). Prema MATLACK (1994), jačina rubnog efekta se smanjuje s napredovanjem sukcesije (odnosno vremenom regeneracije) i manjim kontrastom između staništa (npr. visina vegetacije). Dakle, očito je da promjene u vegetaciji utječu na mikroklimatske uvjete na staništu, a posredno i na faunu trčaka koja obitava na šumskim rubovima. Razumijevanje funkcionalne uloge šumskih rubova u krajoliku je od velikog značaja zbog sve većeg antropogenog pritiska na šumska staništa širom svijeta.



## 6. ZAKLJUČAK

- Rubni efekt detektiran je na oštrom i sukcesijskom šumskom rubu na razini zajednice trčaka, što je vrlo vjerojatno uvjetovano mikroklimatskim prilikama i prodorom vrsta otvorenih staniša.
  - Raznolikost trčaka je značajno veća na oštrom i sukcesijskom šumskom rubu nego li u unutrašnjosti šume čime je potvrđena klasična hipoteza ekotona. Brojnost jedinki trčaka je značajno je veća u unutrašnjosti šume nego na rubovima, što je prvenstveno uvjetovano dominacijom vrste *Nebria dahlia* koja u ovim šumama ima guste populacije.
  - Šumski rubovi nisu imali negativan utjecaj na šumske generaliste koji su uspješno uspostavili stabilne populacije na istim rubovima.
  - Stupanj sličnosti između unutrašnjosti šume i šumskih rubova je visok što ukazuje na stabilnost zajednica trčaka u unutrašnjosti šume, te njihovoj mogućnosti da šumske vrste (posebice generalisti) naseljavaju cjelokupni šumski matriks, uključujući i same rubove.
  - Dominantne i subdominantne vrste trčaka, prema tipu razmnožavanja, pripadaju jesenskim i bimodalnim vrstama što je vrlo vjerojatno uvjetovano klimatskim prilikama i nadmorskom visinom.
  - Srednja individualna biomasa trčaka bila je veća na šumskim rubovima nego li u unutrašnjosti šume što je posljedica dominacije velikih vrsta trčaka (*Carabus violaceus* i *C. coriaceus*) na šumskim rubovima.

## 7. LITERATURA

Blake S., Foster G. N., Eyre M. D., Luff M. L. (1994): Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia* **38**: 502-512.

Braid M. R., Panizzi K. T. C. (1994): The pitfall trap: a review of types and their uses for invertebrate collection. *Journal of the Alabama Academy of Science* **65**(3): 171-191.

Brandmayr P. (1981): The main axes of the coenocline continuum from macroptery to brachyptery in carabid communities of the temperate zone. U: Brandmayr P., Den Boer P. J., Weber F. (ur.) *Ecology of carabids: the synthesis of field study and laboratory experiment*. University of Münster, Westphalia, str. 147-169.

Brandmayr P., Zetto Brandmayr T. (1986): Phenology of ground beetles and its ecological significance in some of the main habitat types of Southern Europe. U: Den Boer P. J., Mossakowski D., Luff M. L., Weber F. (ur.) *Carabids beetles: their adaptations and dynamics*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, str. 195-220.

Brigić A. (2012): *Struktura zajednice trčaka (Coleoptera, Carabidae) ekotona šume bukve i jele i otvorenih staništa Dinarida Hrvatske*. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

Chen J., Franklin J. F., Spies T. A. (1993): Contrasting microclimate among clear cut, edge and interior of old growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology* **63**: 219-237.

Clarke K. R., Warwick R. M. (2001): *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, ed. 2. PRIMER-E, Plymouth.

Clarke K. R., Gorley R. N. (2006): *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.

Clements F. E. (1905): *Research methods in ecology*. University Publishing Company, Lincoln.

Den Boer P. J. (1990): Density limits and survival of local populations in 64 carabid species with different powers of dispersal. *Journal of Evolutionary Biology* **3**: 19-48.

Desender K., Turin H. (1989): Loss of habitats and changes in the composition of the ground and tiger beetle fauna in four West-European countries since 1950 (Coleoptera, Carabidae, Cicindelidae). *Biological Conservation* **48**: 277-294.

Didham R. K., Lawton J. H. (1999): Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* **31**: 17-30.

Drovenik B. (1978): Cenotske, ekološke i fenološke raziskave karabidov (Carabidae-Coleoptera) v nekaterih mraziščih Trnovskega gozda (Smrečje, Smrekova draga). Doktorska naloga, Univerza v Ljubljani, VTOZD za biologijo Biotehniške Fakultete, Ljubljana.

Duelli P., Studer M., Marchand I., Jakob S. (1990): Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* **54**: 193-207.

Durbešić P. (1982): Fauna kornjaša (Coleoptera) šumskih zajednica Gorskog kotara. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Ekschmitt K., Wolters V., Weber M. (1997): Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods. U: Benckiser G. (ur.) *Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production*. Marcel Dekker, New York, str. 307-362.

Eyre M. D., Rushton S. P. (1989): Quantification of conservation criteria using invertebrates. *Journal of Applied Ecology* **26**: 159-171.

Farina A. (2006): *Principles and methods in landscape ecology. Towards a science of the landscape*. Springer, Dordrecht.

Forman R. T. T., Moore P. N. (1992): Theoretical foundations for understanding boundaries in landscape mosaics. U: Hansen A. J., di Castri F. (ur.) *Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows (Ecological studies 92)*. Springer, New York, str. 236-258.

- Fournier E., Loreau M. (2001): Respective roles of recent hedges and forest patch remnants in the maintenance of ground-beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in an agricultural landscape. *Landscape Ecology* **16**: 17-32.
- Freude H., Harde K-W., Lohse G. A., Klausnitzer B. (2006): Die Käfer Mitteleuropas, Band 2 Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer). Spektrum Verlag, Heidelberg-Berlin.
- Gallé R., Fehler B. (2006): Edge effect on spider assemblages. *Tiscia* **35**: 37-40.
- Gilbert O. (1956): The natural histories of four species of *Calathus* (Coleoptera, Carabidae) living on sand dunes in Anglesey, North Wales. *Oikos*. **7**, 22-47.
- Holopainen J. K., Bergman T., Hautala E-L., Oksanen J. (1995): The ground beetle fauna (Coleoptera: Carabidae) in relation to soil properties and foliar fluoride content in spring cereals. *Pedobiologia* **39**: 193-206.
- Heliölä J., Koivula M., Niemelä J. (2001): Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone. *Conservation Biology* **15**: 370-377.
- Heydemann B. (1956): Über die Bedeutung der "Formalinfallen" für die zoologische Landesforschung. *Faunistische Mitteilungen aus Norddeutschland* **6**: 19-24.
- Hilty J. A., Lidicker W. Z. Jr., Merenlender A. M. (2006): Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, Washington D.C.
- Holland M. M., Risser P. G., Naiman R. J. (1991): Ecotones. The role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments. Chapman and Hall, London.
- Holland J. M. (2002): Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. U: Holland J. M. (ur.) The agroecology of carabid beetles. Interceot Ltd., Andover, str. 1-40.
- Hürka K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín.
- Jiguan C., Franklin J. F., Spies T. A. (1998): Microclimatic pattern and basic biological response at the clearcut edges of old growth Douglas-fir stands. *Northwest Environmental Journal* **7**: 222-223.

Kapos V., Wandelli E., Camargo J. L., Ganade G. (1997): Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. U: Laurance W. F., Bierregaard R.O. Jr. (ur.) Tropical forest remnants. The University of Chicago Press, Chicago, str. 33-44.

Koivula M. J., Hyyrylainen V., Soininen E. (2004): Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) at forest-farmland edges in southern Finland. *Journal of Insect Conservation* **8**: 297-309.

Koivula M. J. (2011): Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. U: Kotze D. J., Assmann T., Noordijk J., Turin H., Vermeulen R. (ur.) Carabid beetles as bioindicators: biogeographical, ecological and environmental studies. *ZooKeys* 100. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, str. 287-317.

Kolasa J., Zalewski M. (1995): Notes on ecotone attributes and functions. *Hydrobiologia* **303**: 1-7.

Kotze D. J., Samways M. J. (1999): Invertebrate conversation at the interface between the grassland matrix and natural Afromontane forest fragments. *Biodiversity and Conservation* **8**: 1339-1363.

Kotze D. J., Samways M. J. (2001): No general edge effects for invertebrates at Afromontane forest/grassland ecotones. *Biodiversity and Conservation* **10**: 443-466.

Krebs C. J. (1989): *Ecological Methodology*. Harper and Row., New York, USA.

Laurance W. F., Nascimento H. E. M., Laurance S. G., Andrade A., Ewers R. M., Harms K. E., Luiza R. C. C., Ribeiro J. E. (2007): Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. *PLoS ONE* **2**(10): e1017.

Lindenmayer D. B., Fischer J. (2006): *Habitat fragmentation and landscape change, an ecological and conversation synthesis*. Island Press, Washington D.C.

Lövei G. L., Sunderland K. D. (1996): Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* **31**: 231-256.

Lövei G. L., Magura T. (2006): Body size changes in ground beetles assemblages – a reanalysis of Braun et al. (2004)' s data. *Ecological Entomology* **31**: 411-414.

Luff M. L. (2002): Carabid assemblage organization and species composition. In: Holland J. M. (ur.) The agroecology of carabid beetles. Intercept Ltd., Andover, str. 41-80.

Luff M. L. (2007): The Carabidae (ground beetles) of Britain and Ireland. Handbooks for the identification of British Insects. Royal Entomological Society, St. Albans.

Magura T. (2002): Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management* **157**: 23-37.

Martinović J. (1997): Tloznanstvo u zaštiti okoliša, priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb.

Matlack G. R. (1994): Vegetation dynamics of the forest edge-trends in space and successional time. *Journal of Ecology* **82**: 113-123.

Máthé I. (2006): Forest edge and carabid diversity in a Carpathian beech forest. *Community Ecology* **7**: 91-97.

Melbourne B. A. (1999): Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: an experimental evaluation. *Australian Journal of Ecology* **24**: 228-239.

Molnár T., Magura T., Tóthmérész B., Elek Z. (2001): Ground beetles (Carabidae) and edge effect in oak-hornbeam forest and grassland transects. *European Journal of Soil Biology* **37**: 297-300.

Niemelä J., Haila Y., Halme E., Lahti T., Pajunen T., Punttila P. (1988): The distribution of carabid beetles in fragments of old coniferous tajga and adjancet managed forest. *Annales Zoologici Fennici* **25**: 107-119.

Niemelä J., Koivula M., Kotze D. J., (2007): The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in boreal forests. *Journal of Insect Conservation* **11**: 5-18.

Pasitschniak-Arts M., Messier F. (1998): Effects of edges and habitats on small mammals in a prairie ecosystem. *Canadian Journal of Zoology* **76**: 2020-2025.

Rainio J., Niemelä J. (2003): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* **12**: 487-506.

- Ribera I., Doledec S., Downie I. S., Foster G. N. (2001): Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology* **82**: 1112-1129.
- Riecken U., Raths U. (1996): Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Annales Zoologici Fennici* **33**: 109-116.
- Ries L., Fletcher R. J. Jr., Battin J., Sisk T. D. (2004): Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **35**: 491-522.
- Roume A., Deconchat M., Raison L., Balent G., Ouin A. (2011): Edge effects on ground beetles at the woodlot-field interface are short-range and symmetrical. *Agricultural and Forest Entomology* **13**: 395-403.
- Salgado J. M., Ortuo V. M. (1998): Two new cave-dwelling beetle species (Coleoptera: Carabidae: Trechinae) of the Cantabrian karst (Spain). *The Coleopterists Bulletin* **52**(4): 351-362.
- Sarlöv Herlin I. (2001): Approaches to forest edges as dynamic structures and functional concepts. *Landscape Research* **26**: 27-43.
- Saunders D. A., Hobbs R. J., Margules C. R. (1991): Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* **5**: 18-32.
- Silvar S. (2015): Fauna trčaka (Coleoptera, Carabidae) bukovo-jelovih šuma Dinarida Hrvatske. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Szyzsko J. (1983): Methods of macrofauna investigations. U: Szujecki A., Szyzsko J., Mazurs S., Perliński S. (ur.) The process of forest soil macrofauna formation after afforestation of farmland. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, str. 10-16.
- Šustek Z. (1987): Changes in body size structure of carabid communities (Coleoptera, Carabidae) along an urbanisation gradient. *Biologia* **42**: 145-156.
- Taboada A., Kotze D. J., Salgado J. M. (2004): Carabid beetle occurrence at the edges of oak and beech forests in NW Spain. *European Journal of Entomology* **101**: 555-563.
- Thiele H. U., Weber F. (1968): Tagerythmen der Aktivitat bei Carabiden. *Oecologia* **1**: 315-355.

- Thiele H. U. (1977): Carabid beetles in their environments. Springer-Verlag, Berlin.
- Thomas C. F. G., Holland J. M., Brown N. J. (2002): The spatial distribution of carabid beetles in agricultural landscapes. U: Holland J. M. (ur.) The agroecology of carabid beetles. Intercept Ltd., Andover, str. 305-344.
- Tietze F. (1973): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laukäfer (Coleoptera, Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR II, 2. Teil: Die diagnostisch wichtigen Carabidenarten des untersuchten Grünlandes und ihre Verbreitungsschwerpunkte. *Hercynia* **10**: 111-126.
- Tischler W. (1949): Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Vieweg, Braunschweig.
- Trautner J., Geigenmüller K. (1987): Tiger beetle and ground beetles, illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Josef Margraf, Aichtal.
- Tuf I. H., Dedek P., Veselý M. (2012): Does the diurnal activity pattern of carabid beetles depend on season, ground temperature and habitat? *Archives of Biological Sciences Belgrade*, **64**(2): 721-732.
- Turin H., Penev I., Casale A. (2003): The genus *Carabus* in Europe. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Usher M. B., Field J. P., Bedford S. E. (1993): Biogeography and diversity of ground-dwelling arthropods in farm woodlands. *Biodiversity Letters* **1**: 54-62.
- Vujčić – Karlo S. (1999): Faunističko – ekološka istraživanja trčaka (Carabidae) u različitim šumskim zajednicama Hrvatske. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Vukelić J., Mikac S., Baričević D., Bakšić D., Posavec R. (2008): Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj, Nacionalna ekološka mreža. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Wachmann E., Platen R., Brandt D. (1995): Laufkäfer – Beobachtung, Lebensweise. Naturbuch Verlag, Augsburg.
- Woodcock B. A. (2005): Pitfall trapping in ecological studies. U: Leather S. (ur.) Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Publishers, Oxford, str. 37-57.



## 8. ŽIVOTOPIS

### OSNOVNI PODACI:

**Ime i prezime:** Martina Pospišil

**Adresa:** Venje 10, 34340 Kutjevo

**Elektronička pošta:** [martinapospisil02051992@gmail.com](mailto:martinapospisil02051992@gmail.com)

**Datum rođenja:** 02.05.1992.

### OBRAZOVANJE:

1999. - 2 007.	Osnovna škola Zdenka Turkovića, Kutjevo
2007. - 2011.	Opća gimnazija, Požega
2011. - 2016.	Prirodoslovno-matematički fakultet Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije

### OSOBNJE VJEŠTINE:

Jezici:

Engleski	Razumijevanje: odlično
	Pisanje: vrlo dobro
	Govor: vrlo dobro

**Računalne sposobnosti:** Aktivno i svakodnevno korištenje Microsoft Office paketa