

# Prezimljavanje smrekova pisara (*Ips typographus*) u smrekovim šumama sjevernoga Velebita

Boris Hrašovec, Luka Kasumović, Milivoj Franjević

## Nacrtač – Abstract

Istraživanjem mjesta i načina prezimljavanja smrekova pisara došlo se do novih spoznaja značajnih za šumarsku operativu u dijelu postupaka i zahvata usmjerenih na sanaciju žarišta i redukcije njegovih populacija u napadnutim smrekovim sastojinama. Na dojema pokusnim plohama koje su postavljene u proljeće 2008. godine na sjevernom Velebitu, metodom je eklektora utvrđeno da dio imaga smrekova pisara, osim kore napadnutih dubočih smreka, za prezimljavanje se koristi i šumskom steljom. Udio zimujuće populacije imaga u stelji na objema lokacijama istraživanja značajan je i iznosi do 40 % u Štirovači (1080 m n.v.) i do 50 % u blizini Zavižana (1404 m n.v.). Istraživanjem su također utvrđena i neka fenološka obilježja populacija potkornjaka u vršnoj zoni Velebita i u Štirovači, poput duljega trajanja prvoga proljetnoga rojenja u Štirovači (četiri tjedna) u odnosu na Zavižan (dva tjedna), te vremenskoga pomaka od dva tjedna u početku i vrhunjenju rojenja između tih dviju lokacija istraživanja. Poredbenom raščlambom izlazaka i aktivacije imaga potkornjaka na postavljenim eklektorima i ulovima obližnjih feromonskih klopki utvrđeno je da se prvi ulovi u feromonskim klopama pojavljuju tri tjedna nakon što su zabilježeni izlasci iz kore dubočih smreka i šumske stelje. Takav je odmak uočeni u Štirovači, dok je u vršnoj zoni Zavižana iznosio oko dva tjedna. Rezultati provedenih bioloških i fenoloških istraživanja omogućuju racionalniji pristup u sanaciji žarišta napada smrekova pisara maksimiziranjem napora u razdoblju prije početka jeseni, u vrijeme dok se još nije rasula populacija potkornjaka na dio koji ostaje pod smrekovom korom i dio koji se zavlači u četinjač. U situacijama kada to nije provedivo, može se očekivati povoljniji učinak ranih proljetnih mjera sanacije na terenima nižih nadmorskih visina gdje je manji udio populacije imaga potkornjaka koji se za prezimljavanje koriste šumskom steljom.

*Ključne riječi:* *Ips typographus*, prezimljavanje, proljetna generacija, suzbijanje

## 1. Uvod – Introduction

Tijesna povezanost šuma četinjača sjeverne hemisfere i posebne skupine ksilofaga – potkornjaka (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) dobro je poznata i dokumentirana u stručnoj i znanstvenoj publicistici (Raffa i dr. 2008). Jedna od novijih znanstvenih monografija (Lieutier i dr. 2004) detaljno je i sveobuhvatno raščlanila sve aspekte tih međuočnosa, s naglaskom na praktičnoj primjeni rezultata mnogobrojnih istraživanja. Dominantan potkornjak toga prostranoga područja, podjednako važan s ekološkoga i ekonomskoga stajališta, nedvojbeno je smrekov pisar (*Ips typographus* Linnaeus 1758) (Christiansen i Bakke 1988). Ta vrsta može dramatično uvećati uobi-

čajenu gustoću populacije na nekom području i iz tipičnoga sekundarnoga organizma poprimiti obilježja pravoga primarnoga štetnika (Christiansen i Bakke 1988). Takav eksponencijalni porast populacije redovito je povezan s promjenjivim čimbenicima staništa, klimatskim kolebanjima i dostupnošću zrelih smrekovih stabala (Wellenstein 1954, Turčani i dr. 2003, Hrašovec i dr. 2005, 2008, Anić i dr. 2009). Premda se uspješno može razvijati pod korom više vrsta iz rodova *Picea* i *Pinus* (Pfeffer 1995), smrekov je pisar uvjerljivo najopasniji štetnik obične smreke, kako u području njezine prirodne rasprostranjenosti, tako i u šumskim kulturama i umjetno podignutim smrekovim sastojinama. Redovit je član šumske entomofaune gdje god nalazimo običnu smreku.

Obična smreka (*Picea abies* Karst.) autohtona je četinjača koja u Hrvatskoj prirodno raste u gorskom i pretplaninskom vegetacijskom pojasu, uglavnom u mješovitim šumama s jelom i bukvom, ili u manjoj mjeri tvori monodominantne smrekove šume (Vučkelić i Rauš 1998). Po svojoj strukturi i načinu gospodarenja riječ je o prebornim šumama, vrlo produktivnim i stabilnim sastojinama pretežite stablimične strukture. Uzgojni su radovi objedinjeni u prostornom i vremenskom smislu i znače istodobnu provedbu njege, pomlađivanja, gospodarskoga iskorištavanja drva, ali i održavanje šumske higijene (Matić i Skenderović 1992). Osim u prirodnim šumama smreka u Hrvatskoj raste u šumskim kulturama četinjača na približno 750 000 ha (Matić i dr. 1992). U Lici, Banovini, Gorskom kotaru i ostatku hrvatskoga kontinentalnoga područja približno 55 % kultura tvori obična smreka, najčešće u kombinaciji s drugim četinjačama. Bitno je pritom naglasiti da je površina na kojoj se smreka uzgaja u šumskim kulturama razmjerno mala i da zauzima tek maleni segment u ukupnom gospodarenju smrekom kao vrijednom i važnom šumskom vrstom drveća. U svakom slučaju, poznavanje prirodnih okolnosti u kojima smreka pridolazi u Hrvatskoj, kao i načina uzgajanja i gospodarenja sastojinama u kojima raste od prirode ili ju je unio čovjek, važno je za bolje razumijevanje rezultata provedenoga istraživanja i njihovu moguću buduću primjenu u šumarskoj praksi. Ključan trenutak s uzgojno-gospodarskoga aspekta upravo je pojam održavanja šumske higijene i stabilnosti sastojine, a kod obične smreke jedan od dominantnih biotskih čimbenika koji narušavaju njezino zdravstveno stanje i opstanak jesu potkornjaci.

Provedeno istraživanje trebalo je osvijetliti neke od slabije poznatih detalja iz bioekologije smrekova pisara:

- ⇒ definirati udio prostornih niša zimujućih imaga koja sudjeluju u prvom, proljetnom rojenju i ubušivanju u dubeca smrekova stabla,
- ⇒ utvrditi eventualne razlike u fenologiji zimskih kohorti imaga koja pripadaju različitim prostornim nišama,
- ⇒ mogućnost povezanosti razmještaja zimujućih imaga u dostupnim prostornim nišama, a u svezi s visinskom distribucijom sastojina u kojima pridolaze.

Istraživanjem omjera zimujućih imaga smrekova pisara na dvjema poredbenim lokacijama u smrekovim šumama sjevernoga Velebita željelo se u našim uvjetima testirati spoznaju o zimujućoj populaciji u šumskoj stelji, njezinu udjelu u cjelokupnoj populaciji smrekova pisara i mogućnost da taj omjer u visinskom smislu odgovara gradijentu promjene prostorne niše



Slika 1. Položaj pokusnih ploha na sjevernom Velebitu  
 Fig. 1 Arrangement of experimental plots in the North Velebit area

koja je prijašnjim istraživanjima utvrđena u zonalnom smislu (na sjeveru Europe dominantna je niša šumska stelja).

## 2. Područje i metode istraživanja – Area and methods of research

Terenski pokus postavljen je na dvjema lokacijama u širem području sjevernoga Velebita. Odabrana su dva žarišta napada smrekova pisara, jedno u Štirovači i drugo u vršnom području Zavižana (slika 1). Na objema lokacijama u doba postavljanja pokusa (travanj 2008. godine) bile su skupine smrekovih stabala napadnutih ljeti 2007. godine. Provjera vremena napada obavljena je odlupljivanjem dijelova



**Slika 2.** Stožasti (A), pravokutni (B) i cilindrični (C) tip eklektora na pokusnoj plohi »Štirovača«. Detalj (D) prikazuje smrekova pisara na plastičnoj mreži eklektora  
**Fig. 2** Conical (A), rectangular (B) and cylindrical (C) eclector on the »Štirovača« experimental plot. Detail (D) shows eight toothed spruce bark beetle on the eclector plastic net

kore na donjim partijama smrekovih debala u kojoj su registrirana zimujuća imaga smrekova pisara. Pri odabiru pokusnih ploha odabrane su površine podjednako velikih žarišta i recentnih, prošlogodišnjih napada. Također su se nastojala pritom obuhvatiti dva različita visinska pojasa tako da je između niže plohe u Štirovači (područje Petrašice; 44°40'52,56" sjeverne geografske širine, 15°4'12,90" istočne geo-

grafske dužine, 1080 m n.v.) i više plohe na Zavižanu (područje Dešinovca; 44°49'18,23" sjeverne geografske širine, 14°58'10,81" istočne geografske dužine, 1404 m n.v.) izmjerena visinska razlika od 324 metra. Zračna udaljenost između pokusnih ploha iznosi približno 17,5 km. Na objema plohamo uspostavljen je identičan način promatranja izlaska zimujućih imaga s pomoću tri tipa mrežastih eklektora: pravokutnim

**Tablica 1.** Popis vrsta, broja i površine korištenih eklektora na pokusnim plohamo

**Table 1** List of type and number of electors and area covered by electors on experimental plots

Pokusna ploha <i>Experimental plot</i>	Vrsta eklektora <i>Eclector type</i>	Broj eklektora <i>No. of electors</i>	Vrsta materijala <i>Material type</i>	Ukupna površina ispod eklektora <i>Total area covered by eclector</i>
»Štirovača«	Pravokutni <i>Rectangular</i>	3	Četinjak <i>Spruce needle litter</i>	6 m <sup>2</sup>
	Pravokutni <i>Rectangular</i>	1	Četinjak s otpalom korom <i>Spruce needle litter with fallen bark</i>	2 m <sup>2</sup>
	Stožasti <i>Conical</i>	1	Kora skinuta s napadnutih smreka <i>Bark peeled from attacked spruces</i>	Nije primjenjivo <i>Not applicable</i>
	Cilindrični <i>Cylindrical</i>	1	Dubeća napadnuta smreka <i>Standing infested spruce</i>	1,3 m <sup>2</sup>
»Zavižan«	Stožasti <i>Conical</i>	2	Četinjak <i>Spruce needle litter</i>	1,3 m <sup>2</sup>
	Stožasti <i>Conical</i>	2	Četinjak s otpalom korom <i>Spruce needle litter with fallen bark</i>	1,3 m <sup>2</sup>
	Cilindrični <i>Cylindrical</i>	1	Dubeća napadnuta smreka <i>Standing infested spruce</i>	0,5 m <sup>2</sup>

(slika 2B) i stožastim eklektorima (slika 2A) namijenjenim prikupljanju imaga iz šumske stelje i tla i cilindričnim mrežastim eklektorima (slika 2C) namijenjenim prikupljanju imaga iz kore dubećih smreka. Na pokusnoj plohi »Štirovača« položena su 4 pravokutna eklektora dimenzija 100 × 200 × 15 cm, jedan stožasti eklektor visine 100 cm pokrovne površine oko 0,65 m<sup>2</sup> te jedan cilindrični eklektor u obliku mrežastoga plašta visine oko 1 m, približne površine prekrivene kore oko 1,3 m<sup>2</sup>. Na pokusnoj plohi »Zavižan« položena su 4 stožasta eklektora istih dimenzija, kao i na prvoj pokusnoj plohi, te jedan cilindrični eklektor u obliku mrežastoga plašta na odabranom smrekovu stablu visine oko 1 m i približne prekrivene površine kore od 0,5 m<sup>2</sup>. Na svim tipovima eklektora upotrijebljena je plastična mreža varenih niti gustoće oka od 2,5 mm (slika 2D).

Vrsta biološkoga materijala koji je prekrivan eklektorima varirala je od (a) prirodno formiranoga šumskoga četinjka ispod odumrlih smrekovih stabala, (b) četinjka s prirodno otpalom korom ispod smreka s kojih je tijekom zime kora otpadala na šumsko tlo i (c) kore na odumrlih smrekama koja se još čvrsto držala debla, a u kojoj je utvrđena prisutnost zimujućih imaga smrekova pisara. Jedini stožasti eklektor na lokaciji »Štirovača«, radi kontrole koncepta istraživanja i provjere djelotvornosti montiranih eklektora, napunjen je odlupljenom korom s prošlogodišnjih posječenih smrekovih stabala koja je obilovala zimujućim jedinkama smrekova pisara. Sabirne posude za prikupljanje izlazećih jedinki praznjene su u tjednim razmacima, a ulov pohranjen u etilnom alkoholu do konačne determinacije i brojenja jedinki. Pregledan prikaz bitnih obilježja postavljenih eklektora na pokusnim plohamo dan je u tablici 1. Pokusne plohe zbog zahtjevnosti posla i terenskih uvjeta (snijeg u višim područjima) nisu mogle biti uspostavljene istodobno. Ploha »Štirovača« stavljena je u funkciju 19. travnja, a ploha »Zavižan« 1. svibnja 2008. godine. Posljedično, razdoblje promatranja ranije je krenulo u Štirovači, ali usporedni rezultati feromonskoga monitoringa potkornjaka potvrđuju da ni na jednoj od dviju lokacija istraživanja nije propušten prvi, proljetni izlazak imaga smrekova pisara. U neposrednoj blizini obiju pokusnih ploha u funkciji su bile feromonske klopke tipa Theysohn® (THEYSOHN Kunststoff GmbH, J. F. Kennedy Straße 50, 38228 Salzgitter, Niedersachsen, Deutschland) opremljene feromonom Pheroprax® (BASF Aktiengesellschaft, Unternehmensbereich Pflanzenschutz, 67056 Ludwigshafen, Deutschland), kao dio već uhdanoga i uobičajenoga sustava monitoringa smrekova pisara u Hrvatskoj (Hrašovec 1995, Pernek 2000, Pernek i Hrašovec 2003, Hrašovec i dr. 2006). Ulov smrekova pisara na obližnjim feromonskim klopka-

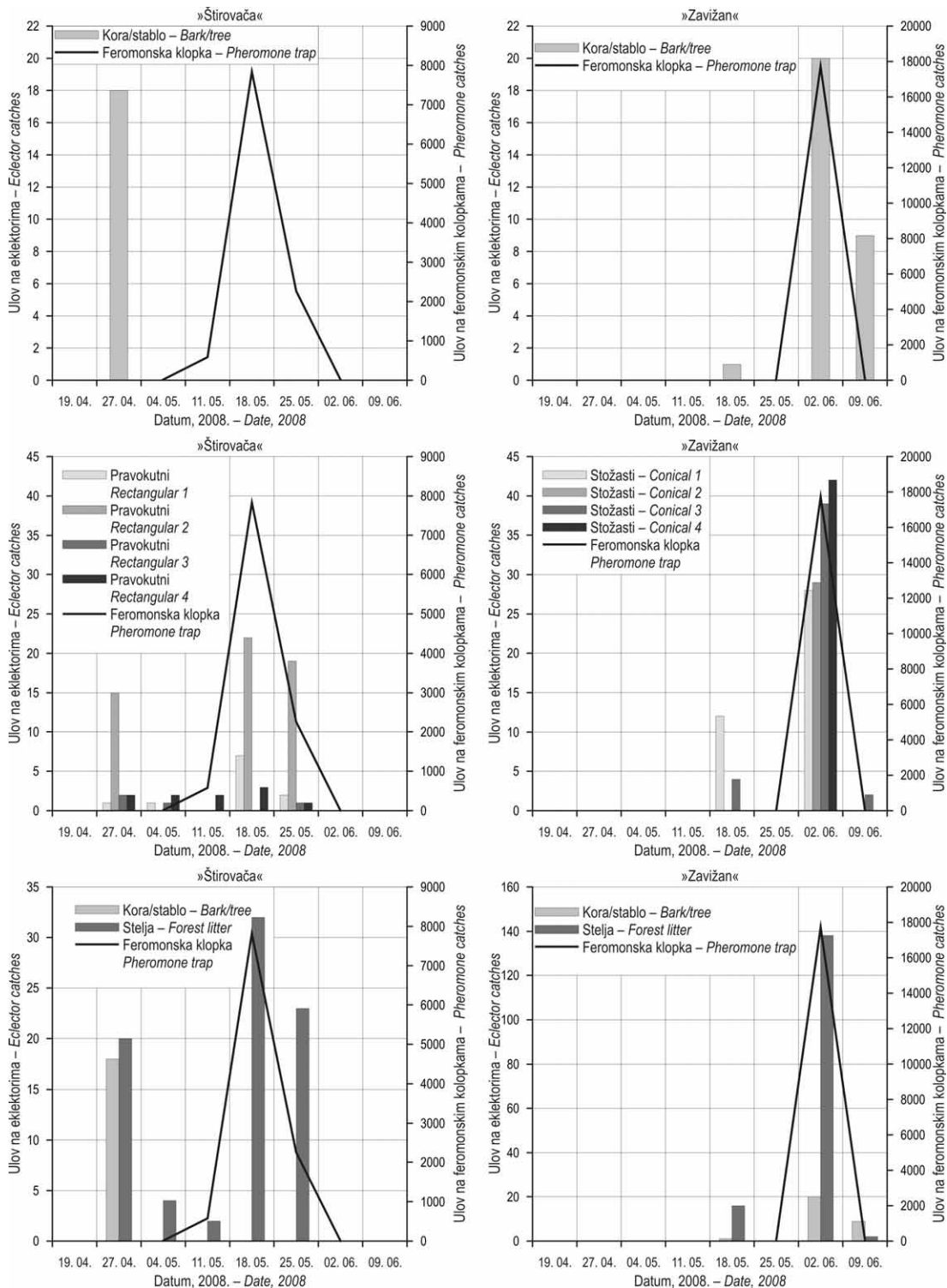
ma poslužio je kao poredbeni kontrolni podatak pri analizi izlaska imaga pisara na eklektorima radi boljšega razumijevanja dinamike pojave letećih imaga na objema pokusnim lokacijama. Pokusna ploha u prostoru Štirovače smještena je izvan granica Nacionalnoga parka »Sjeverni Velebit«, odnosno u neposrednoj blizini njegove južne granice (približno 2 km) dok je pokusna ploha u vršnoj zoni Zavižana smještena unutar granica Nacionalnoga parka. Radi vjerodostojnosti i upotrebljivosti podataka o naletu smrekova pisara na feromonskim klopka u provedenom istraživanju važno je napomenuti da unutar Nacionalnoga parka, ali i izvan njega postoji sustav feromonskoga monitoringa smrekovih potkornjaka utemeljen na istom tipu klopke i istim feromonskim pripravcima.

### 3. Rezultati istraživanja – Results of research

Tijekom 7 tjedana trajanja pokusa, od 19. travnja do 9. lipnja 2008. godine, na svim postavljenim eklektorima, ukupne prekrivene površine (kora na deblu i šumska stelja) 12,4 m<sup>2</sup>, prikupljeno je ukupno 285 izlazećih imaga smrekova pisara. Na pokusnoj plohi »Štirovača« na eklektorima (ukupne površine prekrivanja 9,3 m<sup>2</sup>) prikupljeno je 99 jedinki smrekova pisara, dok ih je na plohi »Zavižan« (ukupne površine prekrivene eklektorima od 3,1 m<sup>2</sup>) prikupljeno 186. Dodatno na pokusnoj plohi »Štirovača« 226 imaga prikupljeno je na jednom kontrolnom stožastom eklektoru s uhrpanom smrekovom korom prepunom zimujućih imaga. Istodobno u obližnjim feromonskim klopka, u Štirovači i na Zavižanu naletom imaga ulovljeno je ukupno 27 110 jedinki pisara. Tjedna dinamika izlaska na eklektorima i doleta imaga na feromonskim klopka na objema lokacijama tijekom proljetnoga rojenja smrekova pisara 2008. godine prikazana je na slici 3.

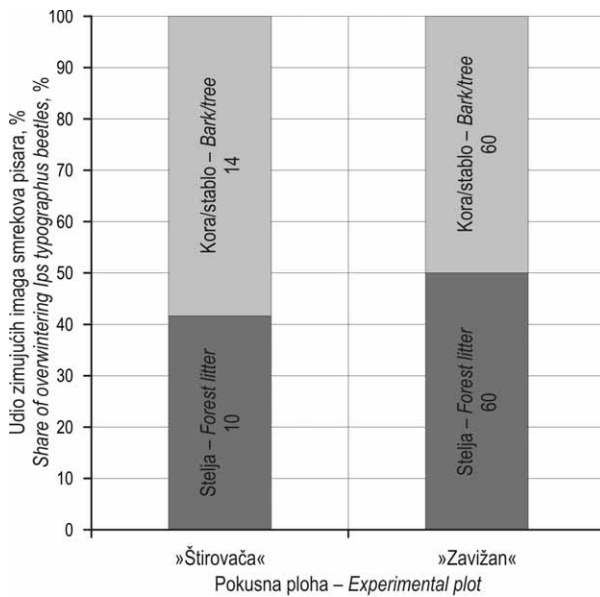
Na objema pokusnim plohamo utvrđeno je prezimljavanje u oba tipa istraživane prostorne niše: pod korom dubećih smreka napadnutih prethodne godine i četinjku s različitim udjelom otpale kore ispod krošanja odumrlih smreka. S obzirom na visinsku razliku pokusnih ploha utvrđena je mala razlika u omjerima zimujućih potkornjaka u tim dvjema prostornim nišama. Svedeno na jedinicu površine obuhvaćene eklektorima, na nižoj pokusnoj plohi »Štirovača« nešto je veći broj potkornjaka prezimio pod korom smreka u odnosu na broj potkornjaka koji je prezimio u četinjku ispod odumrlih smrekovih stabala. Na pokusnoj plohi »Zavižan« taj omjer prema rezultatima istraživanja iznosi točno 1 : 1 (slika 4).

U apsolutnom iznosu, na pokusnoj plohi »Štirovača«, na jednom cilindričnom eklektoru montira-



**Slika 3.** Ulovi smrekova pisara na pokusnim ploham »Štirovača« i »Zavižan« u razdoblju od 19. 4. 2008. do 9. 6. 2008. Stupcima su prikazani ulovi na eklektorima (lijeva y os), linijama su predstavljeni ulovi na feromonskim klopka (desna y os). Prvi red - ulovi na eklektorima postavljenim na dubećim smrekama (kora/stablo); drugi red - ulovi na eklektorima iznad šumske stelje; treći red - poredbeni zbirni ulovi svih tipova eklektora i feromonskih klopki na pokusnim lokacijama.

**Fig. 3** *Ips typographus* catches on experimental plots »Štirovača« and »Zavižan« in the period April 19 2008 - June 9 2008. Columns represent eclector catches (left y axis), lines represent pheromone catches (right y axis). First row - catches of tree mounted eclectors (bark/tree); second row - catches of forest litter eclectors; third row - comparative catches of all eclector types and nearby pheromone traps at the experimental plots



**Slika 4.** Udio zimujućih imaga smrekova pisara u šumskoj stelji i pod korom dubećih smreka na pokusnim ploham. Brojke unutar stupaca predstavljaju prosječni utvrđeni broj zimujućih potkornjaka po 1 m<sup>2</sup> eklektorima obuhvaćene šumske stelje odnosno kore smrekovih stabala. Ukupna obuhvaćena površina pod eklektorima iznosi za plohu »Štirovača« 9,3 m<sup>2</sup> (kora/stablo = 1,3 m<sup>2</sup>; stelja = 8 m<sup>2</sup>), a za plohu »Zavižan« 3,1 m<sup>2</sup> (kora/stablo = 0,5 m<sup>2</sup>; stelja = 2,6 m<sup>2</sup>).

**Fig. 4** Share of overwintering *Ips typographus* beetles in forest litter and bark of attacked spruces on experimental plots. Numbers in columns represent the average number of overwintering beetles per square meter of area covered by collectors. Total covered area is 9.3 m<sup>2</sup> (bark/tree=1.3 m<sup>2</sup>; forest litter=8 m<sup>2</sup>) for the »Štirovača« experimental plot and 3.1 m<sup>2</sup> (bark/tree=0.5 m<sup>2</sup>; forest litter=2.6 m<sup>2</sup>) for the »Zavižan« experimental plot

nom na dubećem stablu smreke (»produktivne« površine kore 1,3 m<sup>2</sup>) prikupljeno je ukupno 18 imaga smrekova pisara, dok ih je iz šumske stelje ukupno prikupljeno 81 (na 8 m<sup>2</sup>). Ulovi na plohi »Zavižan« značajno su veći i iznose 30 imaga na eklektoru na deblu (0,5 m<sup>2</sup> »produktivne« površine kore) i 156 imaga prikupljenih iz šumske stelje na 4 stožasta eklektora ukupne površine 2,6 m<sup>2</sup>. U fenološkom smislu utvrđena je razlika s obzirom na vrijeme izlaska potkornjaka iz njihovih zimskih skrovišta. Ona u konkretnom pokusu iznosi oko 2 tjedna (slika 3) pa tako prva imaga na eklektorima u Štirovači nalazimo 27. travnja, na Zavižanu (324 m više) tek 19. svibnja, dok se glavina pojavljuje 2. lipnja. Slična se dinamika iščitava i iz podataka feromonskih ulova na tim dvjema lokacijama istraživanja.

#### 4. Rasprava – Discussion

Tehnička zahtjevnost terenskoga dijela pokusa (pravodobna montaža i funkcionalnost eklektora) s jedne strane i prostorna nehomogenost same popu-

lacije potkornjaka u prostoru šume s druge strane značajno su ograničili intenzitet i opseg provedenoga istraživanja. Broj postavljenih replikacija bio je stoga limitiran resursima istraživačkoga projekta, dok je način njihova dizajna bio prilagođen naravi testiranoga biološkoga fenomena. Tako je, primjerice, na svakoj lokaciji odabrano samo jedno smrekovo stablo sa zimujućim adultima smrekova pisara jer nije bilo potrebno, ni konceptom istraživanja predviđeno, testirati varijabilnost njihova naseljavanja te prostorne niše na razini samih stabala. Dovoljno je bilo utvrditi vrijeme i dinamiku njihova izlaska iz kore te ovaj podatak u fenološkom i brojčanom smislu (broj jedinki po jedinici površine) usporediti s podacima prikupljenim iz nadziranoga dijela šumske prostirke. Ta druga prostorna niša, pretpostavlja se, daleko je nehomogenija što se tiče distribucije zimujućih potkornjaka, što je riješeno replikacijama u obliku pravokutnih i stožastih eklektora šumskoga četinjka. Unatoč biološkoj složenosti objekta istraživanja i tehničkim poteškoćama u provedbi samoga pokusa, rezultati su istraživanja vrlo zanimljivi ne samo sa znanstvenoga gledišta jer daju i vrlo korisne informacije šumarstvu u kontekstu složenih postupaka nadziranja i sanacije smrekovih sastojina napadnutih smrekovim pisarem. Radi preglednosti raspripravu smo sukladno naravi utvrđenih rezultata podijelili na tri dijela.

##### 4.1 Šumska stelja kao mjesto prezimljavanja smrekova pisara – Forest litter as an overwintering site for the eight toothed spruce bark beetle

Iako je poznato da imaga smrekova pisara prezimljuju pod korom smreka u kojoj su se razvili još tijekom kasnoga ljeta i jeseni, isto je tako nedvojbeno utvrđeno da dio populacije napušta deblo i da se zavlači u šumsku stelju (Biermann 1977, Botterweg 1982, Lieutieur i dr. 2004). Zaštićen debelim snježnim pokrivačem, na taj način imago pisara, s manje rizika od smrzavanja, može preživjeti duge zimske mjesece (Austarâ 1993). U pregledu dotadašnjih istraživanja Biermann (1977) navodi različite scenarije razdiobe imaga smrekova pisara prema mjestu njihova prezimljavanja za područje Njemačke i Švicarske. Povećani postotak prezimljavanja u šumskoj stelji povezuje s godinama njegove masovne prenamnoženosti. Načelno, smatra se da populacije smrekova pisara na sjeveru Europe uglavnom prezimljuju u šumskoj stelji jer jedino tako mogu preživjeti pod zaštitom snježnoga pokrivača s obzirom na ekstremno niske zimske temperature (Lieutieur i dr. 2004). U južnim dijelovima smrekova areala povećava se udio zimujućih jedinki na mjestu formiranja imaga, pod korom napadnutih smreka. U Hrvatskoj ova pojava nije ni-

kad do sada bila dokumentirana ni znanstveno obrađena. Rezultati su osobito zanimljivi i u kontekstu nekih europskih istraživanja koja upućuju na mogućnost prilagodbe smrekova pisara na iznimno niske zimske temperature na sjeveru areala obične smreke odabirom šumske stelje kao povoljnijega zimovališta (Austarå 1993) te povećanja udjela populacije koja zimuje u kori na jugu smrekova areala (Lieutieur i dr. 2004). Rezultati provedenoga istraživanja (slika 4) nedvojbeno su ukazali na činjenicu da smrekov pisar, osim pod korom napadnutih smreka, doista prezimljuje i u šumskoj stelji, i to u posve značajnom omjeru. Promatramo li poredbeno rezultate eklodiranih imaga po jedinici obuhvaćene površine na dvjema pokusnim plohama (slika 3), osim činjenice da je na objema lokacijama zabilježen značajan broj imaga iz šumske stelje (40 – 50 %), razvidna je i razlika u korist odabira »kore na stablu« kao mjesta prezimljavanja na 324 m nižoj lokaciji u Štirovači. Iako se radi o razmjerno maloj razlici i malom broju replikacija, taj se rezultat uklapa u širi kontekst europskih istraživanja gdje bismo zonalni učinak mogli zamijeniti posljedicom visinskoga slojanja, pojavom koja je široko poznata kod ekologije kukaca i u biologiji uopće, a posebice je intenzivno proučavana kod nekih kukaca u kontekstu klimatskih promjena (Robinet i dr. 2007). Rezultati provedenoga istraživanja upućuju dakle na činjenicu da se udio zimujućih imaga smrekova pisara mijenja s nadmorskom visinom sastojine, odnosno da je u svezi sa zimskim temperaturnim profilom staništa. Pritom držimo da je podatak o nadmorskoj visini i/ili geografskoj širini smrekove sastojine tek okvirni preduvjet za procjenu razdiobe dijela zimujućih imaga lokalne populacije smrekova pisara. Mnogo je važnije poznavanje zimskih prilika (učestalost i trajanje niskih temperatura te visina i trajanje snježnoga pokrivača), što u uvjetima našega kraškoga reljefa (temperaturne inverzije) može značajnije utjecati na strategiju prezimljavanja lokalnih populacija potkornjaka. Dodatna okolnost koja u našim uvjetima zasigurno ima utjecaja na strukturu i odabir staništa zimujućih imaga nekoga područja jest i njihova genetska struktura. Znanstveno je potvrđena činjenica da populacije pisara na sjeveru Europe imaju užu genetsku varijabilnost od onih na jugu (Stauffer i dr. 1999). To se objašnjava njihovim nestankom za vrijeme posljednje oledbe i naknadnom rekolonizacijom tijekom postglacijala iz refugija s juga Europe (Stauffer 2004). Kako su upravo naše populacije pisara evolucijski najstarije (Stauffer i dr. 1999), može se zaključiti i da su u genetskom, a onda i u ekološkom smislu najplastičnije te da se lako mogu prilagođavati vrlo raznolikim uvjetima niskih temperatura zimi. Ta prilagodljivost zasigurno vrijedi u prostornom, ali i u vremenskom smislu,

tj. »pogrešan« odabir strategije prezimljavanja neke lokalne generacije pisara poništava se proljetnom imigracijom jedinki s područja na kojem je strategija odabira mjesta prezimljavanja bila u potpunosti u skladu sa zimskim temperaturnim režimom. Ostala bioekološka obilježja njihove »strategije održanja populacije«, poput evolucijski razvijene tzv. »dispersivne faze leta« svježe eklodiranih imaga (Sauvard 2004), dodatno omogućuju vrlo brze prilagodbe i potrajnost populacija cjelovitoga geografskoga područja. U uvjetima vrlo razvedenoga reljefa i značajnih mikroklimatskih razlika svojstvenih smrekovim sastojinama emigracijsko-imigracijski učinak (Duelli i dr. 1997, Pernek i dr. 2001) može u značajnoj mjeri djelovati i na odabir prostorne niše za prezimljavanje.

#### 4.2 Fenološke razlike – *Phenological differences*

Drugi važan niz rezultata provedenoga istraživanja definira međuovisnost prostorne niše zimujućih jedinki smrekova pisara i pripadne fenologije rojenja imaga prve proljetne generacije. Rezultati prikazani na slici 3 ukazuju vrlo jasno na fenološke razlike između dviju kohorti istih lokalnih populacija smrekova pisara i razlike između dviju različitih populacija (udaljenih međusobno preko 17 km) na pokusnim plohama na kojima je provedeno istraživanje.

Prvo što se uočava jest vremenski pomak u postizanju maksimuma rojenja na objema lokacijama od približno dva tjedna. Na nižoj lokaciji »Štirovača« najveći je ulov postignut u tjednu između 11. i 18. svibnja, dok je na lokaciji »Zavižan« maksimum postignut u posljednjim danima svibnja. Važno je pritom istaknuti da je mogućnost »propuštanja« samoga početka naleta feromonskom klopkom isključena s obzirom na to da su obje feromonske klopke stavljene u funkciju s vremenskim odmakom do prvih ulova od približno jednoga tjedna (»Štirovača« 5. svibnja i »Zavižan« 12. svibnja). Ista pravilnost pomaka od dva tjedna vrijedi i za sam početak naleta na feromonske klopke (»Štirovača« 11. svibnja, »Zavižan« 19. svibnja 2 jedinke i 26. svibnja 45 jedinki). Različit je međutim intenzitet i trajanje naleta potkornjaka na pokusnim plohama. Na nižoj lokaciji u Štirovači prvo rojenje i nalet imaga na feromonsku klopku proteglo se kroz četiri tjedna u svibnju. Na tristotinjak metara višoj lokaciji, na Zavižanu, čitavo razdoblje trajanja naleta prve generacije svelo se na dva tjedna početka lipnja iste godine. Tako uočljiva razlika mogla je biti u vezi sa specifičnom topografijom okolnoga terena odnosno dinamikom nestanka snježnoga pokrivača i posljedično aktivacijom zimujućih imaga. Postoji mogućnost i da je ona povezana s razlikama u proporciji imaga u šumskoj stelji u odnosu na nižu nadmorsku visinu, no provedenim pokusom nije se prikupilo dovoljno podataka za

dokazivanje prirode te veze. Što se vremenskoga pomaka rojenja u visinskom smislu tiče, on je poznat u znanstvenoj literaturi, ali i praksi srednjoeuropskoga šumarstva (Lieutieur i dr. 2004). Štoviše, u najnovije vrijeme bilježe se i značajni pomaci u modeliranju fenologije rojenja smrekova pisara u odnosu na temperaturni profil staništa kao posljedice nadmorske visine, inklinacije i ekspozicije (Baier i dr. 2007). S obzirom na temperaturu potrebnu za aktivaciju zimujućih imaga pisara jasno je da u smrekovim sastojinama na razini čitave Hrvatske taj vremenski pomak može biti i veći, kako to već dulji niz godina na feromonskim klopnama bilježe hrvatski šumari (usmena komunikacija Hrvatske šume d.o.o. i Šumarski institut).

Druga jasno uočljiva fenološka pojava koja izlazi iz dobivenih rezultata jest razlika u razdoblju aktivacije i dinamike izlaska zimujućih imaga u dvije istraživane prostorne niše. Na objema lokacijama istodobno su se na ekletorima pojavile jedinice smrekova pisara izišle iz kore dubeće napadnute smreke i one izišle iz četinjka. Razlike, na svakoj lokaciji posebice, pokazale su se u dinamici izlaska tih dviju kohorta istih lokalnih populacija. Dok su na pokusnoj plohi »Štirovača« sve jedinice prikupljene na izlasku iz kore izišle u prvom tjednu provedbe pokusa (skupljanje 27. travnja), na pokusnoj plohi »Zavižan« prvo imago (jedna jedinka!) zabilježen je u drugom tjednu trajanja pokusa (19. svibnja), dok je izlazak ostatka prikupljenih jedinki iz kore izolirane smreke izlazio iduća tri tjedna (posljednje jedinice 9. lipnja). Objašnjenje te pojave na temelju rezultata istraživanja nije razvidno. Jedna od mogućnosti jest da je na nižoj lokaciji propušten sam početak izlaska imaga iz kore smreke na koju je montiran cilindrični ekletor (slika 2C) pa nedostaje dio stupaca s lijeve strane grafikona (slika 3, prvi red lijevo). Značajno različiti temperaturni režim na razini jednoga stabla s obzirom na temperaturu kore osunčanoga i neosunčanoga dijela u uvjetima različite okolne temperature zraka mogao bi s druge strane biti uzrokom različite dinamike izlaska zimujućih imaga kakav je zabilježen na pokusnoj plohi »Zavižan«, no za tako nešto potrebno bi bilo detaljnije utvrditi iz kojih točno dijelova kore i kada u proljeće izlaze imaga pisara. Svakako, zanimljiva je tema za buduće istraživanje, osobito u kontekstu odabira dijela kore (s obzirom na strane svijeta) u doba pripreme za zimsku dijapauzu pod konac ljeta ili početkom jeseni prethodne godine. Jedna očigledna činjenica, vidljiva iz dobivenih rezultata izlaska potkornjaka iz kore dubećega stabla i feromonskih ulova, jest utvrđena vremenska diskrepancija između izlaska potkornjaka iz kore dubeće smreke i početka i tijeka ulova na feromonskim klopnama (slika 3, prvi red). Očito je iz

poredbenih rezultata tih ulova na plohi »Štirovača« da je riječ o pojavi tipičnoga disperzijskoga leta prvih, najranije aktiviranih proljetnih imaga. Od izlaska prvih imaga iz kore napadnute smreke (na toj su plohi oni jasno prethodili izlasku imaga iz šumske stelje) pa do prvih značajnijih feromonskih ulova utvrđeno je kašnjenje od tri tjedna. Može se zaključiti da je barem dio toga kašnjenja uzrokovan prostornom disperzijom izišlih potkornjaka i njihovom naknadnom reakcijom na semiokemikalije putokaze u obliku agregacijskih feromona (Byers 2004). Na višoj pokusnoj lokaciji na Zavižanu ta pojava nije uočena. Mogući razlog mogla bi biti imigracija olfaktorno aktivnih imaga iz nižih i toplijih visinskih pojava koja je koincidirala s aktivacijom lokalnih imaga iz kore i onih iz šumskoga četinjka na ovim visinama i ekspozicijama.

Raščlamba grafikona na slici 3 upućuje još i na činjenicu da su svi ekletori na šumskoj stelji, bez obzira na njezin sastav (čisti četinjak, četinjak s otpalom korom), imali ulove. Također, na lokaciji »Zavižan« vidljiva je i razmjerna ujednačenost izlaska, kako terminski (u tjednu 26. svibnja – 2. lipnja), tako i brojčano (ulovi 2. lipnja u stožastim ekletorima iznosili su redom: 28, 29, 39, 42). Pritom su stožac 1 i 2 postavljeni na četinjak bez otpale kore, a 3 i 4 na četinjak s prirodno otpalom smrekovom korom. Na objema lokacijama na isti je način obavljena montaža ekletora, tj. u neposrednoj blizini napadnutih smreka. Utvrđena značajna razlika u brojčanom iznosu ulova svedenom na jedinicu površine na dvjema pokusnim ploham (60 : 10 potkornjaka na 1 m<sup>2</sup>, odnosno šesterostruko veća gustoća zimujućih imaga pisara u stelji plohe »Zavižan« u odnosu na »Štirovaču«) vjerojatno je u svezi s različitim uvjetima ulaska u zimsku dijapauzu koji vladaju na tako različitim staništima. Druga je mogućnost da je zimujuća populacija na Zavižanu u godini istraživanja doista i bila značajno veća od one u Štirovači, što se može vidjeti iz omjera broja ulovljenih jedinki smrekova pisara izišlih iz smrekove kore i svedenih na jedinicu površine. Taj je omjer gotovo identičan prethodno spomenutomu omjeru (60 : 14 potkornjaka na 1 m<sup>2</sup> u korist plohe »Zavižan«).

#### 4.3 Odjek dobivenih rezultata na mogućnost suzbijanja ljetnih žarišta napada smrekova pisara – *Implications of research results on suppression efficiency of summer outbreak foci of eight toothed spruce bark beetles*

Utvrđena biološka obilježja načina prezimljavanja smrekova pisara te fenološke odlike prve proljetne generacije imaju važan odjek na učinkovitost poduzetih mjera zaštite. Praktična korist i smisao provedenoga istraživanja očituje se u posljedicama koje



nastaju na temelju jednoga ili drugoga dominirajućega načina prezimljavanja. U slučaju dominantnoga prezimljavanja pod korom napadnutih smreka smisljena je i korisna metoda ranoga uklanjanja napadnutih smrekovih stabala prije proljetnoga izljetanja nove generacije kornjaša, kada je to praktično izvedivo na određenom terenu. U suprotnom slučaju, tj. dominantnoga prezimljavanja u šumskoj stelji, ta metoda integriranoga pristupa postaje besmislena.

Jedna od najstarijih i najučinkovitijih mehaničkih mjera kurativne zaštite (nakon što je do ubušivanja potkornjaka već došlo) pravodobno je otkoravanje napadnutih smreka, čime se uspješno mogu uništiti njegovi predadultni stadiji (jaje, ličinka, kukuljica). Sam postupak otkoravanja moguće je danas provesti na više načina, ali ključ je uspjeha da se uspije provesti u vremenskom tjesnacu do pojave prvih razvijenih kornjaša nakon čega otkoravanje gubi smisao. Druga mogućnost, u našim uvjetima danas češće korištena, također je pravodobna sječa i trenutačni izvoz napadnutih debala smreke izvan šume, najčešće na udaljena stovarišta ili konačne destinacije primarne drvne obrade. Ne ulazeći dalje u brojne ostale kulturalne, mehaničke, kemijske, biotehničke i biološke mjere zaštite smreke od napada potkornjaka i suzbijanja njihova napada (Wermelinger 2004), osvrnut ćemo se ovdje samo na postupak sanacije ljetnih žarišta napada smrekova pisara. Uz uvjet da je napad uočen na vrijeme i postupak sanacije započet prije dovršetka razvoja potkornjaka u kori napadnutih smreka, rezultat će ovisiti samo o kvaliteti obavljenoga posla. U slučaju da je žarište propušteno sanirati do konca tekuće godine, pa se pristupa njegovoj sanaciji na proljeće iduće, rezultat i učinkovitost može značajno podbaciti. Čak i kad se proljetna sanacija provodi dovoljno rano (prije početka rojenja prve generacije potkornjaka), ostaje činjenica da je uspješnost ovisna o tome koji dio populacije zimujućih imaga uništavamo otkoravanjem odnosno iznosimo iz sastojine. Kako su rezultati provedenoga istraživanja pokazali, nedvojbeno je da dio populacije koji zimu provede u šumskoj stelji ostaje u potpunosti izvan svih postupaka proljetne sanacije i proporcija imaga koja zimuju u stelji može na nekim staništima (nadmorskim visinama) biti značajna, što kod visokih gustoća populacija i godina gradacija potkornjaka može biti golem potencijal nastavka i širenja gradacije te potpunoga umanjenja učinaka provedenih mjera sanacije žarišta. Stoga je preporučljiva što ranija provedba sanacije ljetnih žarišta smrekova pisara, svakako prije početka kukuljenja koncem ljeta. U praksi je to razdoblje kolovoza i rujna, kada je na terenu moguće identificirati žarišta druge generacije pisara po vanjskim simptomima napada. Ponekad je to teško provedivo jer ne dolazi

do jasne vizualne manifestacije simptoma, praktično sve do zimskih mjeseci iduće kalendarske godine (krošnja zelena, kora otpada). U takvim okolnostima ostaje naknadna sanacija propuštenih žarišta uz anticipiranje mogućnosti da jedan značajan dio populacije imaga zaostaje u stelji i da može ponovno u proljeće napasti.

Druga važna praktična spoznaja povezana je s primjenom feromonske klopke u monitoringu smrekova pisara i interpretaciji ulova u sustavu integrirane zaštite. Poredbena raščlamba feromonskih ulova i izlazaka imaga na ekletorima pokazuje njihov vremenski odmak. U uvjetima niže pokusne plohe u provedenom istraživanju on je iznosio oko tri tjedna (slika 3), što znači da se s ranim proljećem u šumi pojavljuju imaga pisara prije nego što ih utvrdimo na feromonskim klopama. Donekle to je u skladu s već prije komentiranim biološkim odlikama disperzne faze rojenja potkornjaka, ali moramo uzeti u obzir i mogućnost da se dio potkornjaka u okolnoj šumi već ubušuje u vrijeme kad bilježimo prve nalete na feromonskoj klopki. Nedvojbeno je da prvi feromonski ulovi potkornjaka zapravo predstavljaju imaga aktivirana nakon uspješnoga prezimljavanja, a rezultati istraživanja potvrđuju da je zapravo na početku riječ uglavnom o jedinkama koje su prezimjele pod korom dubećih stabala. To nadalje znači da se nakon bilježenja prvih feromonskih ulova na nekom terenu može smatrati da je sanacija prošlogodišnjih ljetnih žarišta od sekundarnoga značenja, tj. potpuno beznačajna sa zaštitno-preventivnoga aspekta. Učinkovitije je tada resurse preusmjeriti na polaganje lovnih stabala, čime se rojeća imaga preusmjeravaju na nadzirani objekt njihova napada.

## 5. Zaključci – Conclusions

Istraživanjem prezimljavanja smrekova pisara provedenim u prirodnim smrekovim sastojinama sjevernoga Velebita utvrđeno je sljedeće:

- ⇒ potvrđeno je da smrekov pisar, osim pod korom dubećih smreka, uspješno prezimljuje i u okolnoj šumskoj stelji,
- ⇒ proporcija imaga zimujućih u kori i šumskoj stelji promjenjiva je i istraživanjem dobivene vrijednosti iznosile su 1 : 1 u vršnoj zoni sjevernoga Velebita odnosno 6 : 4 u korist imaga pod korom u zoni Štirovače,
- ⇒ rezultati upućuju na zaključak da se u nižim i zimi toplijim uvjetima proporcija imaga zimujućih pod korom ljeti napadnutih smreka povećava,
- ⇒ utvrđena je vremenska razlika između stvarne pojave imaga u šumi i registracije njihove

pojave feromonskom klopkom; taj je pomak iznosio na nižoj lokaciji u Štirovači oko tri tjedna, dok je u vršnoj zoni Zavižana iznosio oko dva tjedna,

- ⇒ praktične posljedice utvrđenih bioloških obilježja smrekova pisara značajne su za provedbu zaštite i pružaju jasno znanstveno uporište za njihovu trenutačnu praktičnu implementaciju u dijelu postupaka i metoda koji se odnose na sanaciju žarišta napada smrekova pisara,
- ⇒ nastavak istraživanja omogućit će daljnje dopune i poboljšanja učinkovitosti represivnih mjera zaštite u dijelu koji je povezan s još neistraženim biološkim aspektima drugoga ljetnoga rojenja smrekovih potkornjaka i njihove pripreme za zimsku dijapauzu.

### Zahvala – Acknowledgements

Istraživanje je provedeno u sklopu znanstveno-istraživačkoga projekta Hrvatskih šuma d.o.o., Kontrola i suzbijanje jelovih i smrekovih potkornjaka. Autori zahvaljuju djelatnicima UŠP Senj i UŠP Gospić, Šumarija Krasno i Perušić na višegodišnjoj pomoći i besprijekornoj suradnji te djelatnicima NP »Sjeverni Velebit« na ukazanoj pomoći i trudu pri terenskom postavljanju i održavanju dijela pokusa u vršnoj zoni Zavižana.

### 6. Literatura – References

Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 138 (3–4): 135–144.

Austarå, Ø., F. Midtgaard, T. Saether, 1993: Densities of hibernating *Ips typographus* in the forest litter around attacked and killed spruce trees, with records of spring emergence and flight patterns. *Medd Nor Skogforsoekses*, 46 (12): 1–12.

Baier, P., J. Pennerstorfer, A. Schopf, 2007: PHENIPS-A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249 (3): 171–186.

Biermann, G., 1977: Zur Überwinterung des Buchdruckers, *Ips typographus* (L.), in der Bodenstreu (Col., Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 84 (1–4): 59–74.

Botterweg, P. F., 1982: Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 94 (1–5): 466–489.

Byers, J. A., 2004: Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. U: F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, H. F. Evans (ur.), *Bark and wood*

boring insects in living trees in Europe, a synthesis, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, str. 89–134.

Christiansen, E., A. Bakke, 1988: The spruce bark beetle of Eurasia. U: A. A. Berryman (ur.), *Dynamics of Forest Insect Populations; Patterns, Causes, Implications*, Plenum Press, New York – London, str. 479–503.

Duelli, P., P. Zahradnik, M. Knizek, B. Kalinova, 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *Journal of Applied Entomology*, 121 (1–5): 297–303.

Hrašovec, B., 1995: Feromonske klopke – suvremena biotehnička metoda u integralnoj zaštiti šuma od potkornjaka. *Šumarski list*, 109 (1–2): 27–31.

Hrašovec, B., M. Pernek, D. Diminić, I. Pilaš, 2005: The uprise of xylophagous insect populations in Croatia as a consequence of climatic changes. U: T. Priwitzer *et al.* (ur.), *Climate Change – Forest Ecosystems & Landscape*, Forest Research Institute, Zvolen, str. 31–33.

Hrašovec, B., M. Pernek, D. Matošević, 2006: Rezultati jednogodišnjega motrenja populacija potkornjaka na širem području Risnjačkoga masiva sustavom feromonskih klopki. *Glas. šum. pokuse*, pos. izd., 5: 337–354.

Hrašovec, B., M. Pernek, D. Matošević, 2008: Spruce, Fir and Pine Bark Beetle Outbreak Development and Gypsy Moth Situation in Croatia in 2007. *Forstschutz Aktuell*, 44: 12–13.

Lieutier, F., K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, H. F. Evans (ur.), 2004: *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 569 str.

Matić, J., J. Skenderović, 1992: Uzgajanje šuma. U: Đ. Rauš (ur.), *Šume u Hrvatskoj*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP »Hrvatske šume« p.o., Zagreb, str. 81–95.

Matić, S., A. Dokuš, S. Orlić, 1992: Šumske kulture i plantaže. U: Đ. Rauš (ur.), *Šume u Hrvatskoj*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP »Hrvatske šume« p.o., Zagreb, str. 105–108.

Pernek, M., 2000: Feromonske klopke u integralnoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka. *Radovi – Šumarski institut Jastrebarsko*, 35 (2): 89–100.

Pernek, M., B. Hrašovec, 2003: Istraživanje selektivnosti feromonskih pripravaka i Theysohn® klopki namijenjenih ulovu smrekovih potkornjaka. *Radovi – Šumarski institut Jastrebarsko*, 38 (1): 5–21.

Pernek, M., B. Hrašovec, M. Županić, 2001: Analiza prostornog odziva označenih jedinki smrekova pisara (*Ips typographus* L.) na izvor sintetičkog agregacijskog feromona. *Radovi – Šumarski institut Jastrebarsko*, 36 (2): 123–137.

Pfeffer, A., 1995: *Zentral – und westpaläarktische Borken – und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae)*. Pro Entomologia, c/o Naturhistorisches Museum Basel, 310 str.

Raffa, K. F., B. H. Aukema, B. J. Bentz, A. L. Carroll, J. A. Hicke, M. G. Turner, W. H. Romme, 2008: Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. *BioScience*. 58 (6): 501–517.

Robinet, C., P. Baier, J. Pennerstorfer, A. Schopf, A. Roques, 2007: Modelling the effects of climate change on the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* L.) expansion in France. *Global Ecology and Biogeography*, 16 (4): 460–471.

Sauvard, D., 2004: General biology of bark beetles. U: F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, H. F. Evans (ur.), *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, str. 63–88.

Stauffer, C., 2004: Genetic tools in scolytid research. U: F. Lieutier, K. R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, H. F. Evans (ur.), *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, str. 55–61.

Stauffer, C., F. Lakatos, G. M. Hewitt, 1999: Phylogeography and postglacial colonization routes of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Molecular Ecology*, 8 (5): 763–773.

Turčani, M., W. Grodzki, P. Fleischer, J. Novotny, B. Hrašovec, 2003: Can air pollution influence spruce bark beetle populations in the Central European mountains? *Ekologia (Bratislava)*, 22 (Suppl. 1): 371–382.

Vukelić, J., Đ. Rauš, 1988: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 310 str.

Wellenstein, G., 1954: Die große Borkenkäferkalamität in Südwestdeutschland 1944–1951. *Berichte und Studien zur Lebensweise, Epidemiologie und Bekämpfung der rindenbrütenden Käfer an Fichte und Tanne*. Forstschutzstelle Südwest, Ringingen, Deutschland, 496 str.

Wermelinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202 (1–3): 67–82.

---

## Abstract

---

### Overwintering of Eight Toothed Spruce Bark Beetle (*Ips typographus*) in Spruce Forests of North Velebit

*The eight toothed spruce bark beetle (Ips typographus) plays an important role in spruce forests of Croatia, in the same way as it does in the rest of Europe wherever spruce grows. The size and intensity of its outbreaks is considerably lower though, and compared with the majority of countries scoring huge timber losses, Croatian forestry in general is much less affected, both economically and ecologically, by this bark beetle. Mixed tree species composition, natural origin and uneven age structure of spruce stands surely adds to the less pronounced and sporadic outbreaks in the Croatian territory. The recent rise of bark beetle populations in general, and above than average attacks of this bark beetle in the central parts of Dinaric mountain chain, initiated some new, targeted research projects.*

*In the northern part of the Velebit Mountain, in the spring of 2008, a field trial was set up aimed at investigating the overwintering strategy of the eight toothed spruce bark beetle on two experimental plots in different elevation zones. The core idea was to test the already described phenomenon of different hibernation niche choice within the northern dwelling populations (predominantly choosing forest litter) and southern populations (staying within their growing niche, under the spruce bark). The general objective of the research and the expected outcomes fall within the area of sanitation felling and mechanical procedures in a wider concept of integrated bark beetle suppression tactics that could be used by Croatian foresters.*

*Each experimental plot was characterized by the freshly attacked group of spruce trees (last summer – second generation of spruce bark beetle). The aerial distance between the lower »Štirovača« plot (1080 meters a.s.l.) and the higher »Zavižan« plot (1404 meters a.s.l.) was 17.5 kilometers ensuring that the two were well separated in space. The altitudinal difference of 324 meters might not seem striking but climatic conditions in the area of experimental plots are quite different, notably in terms of temperature profile and height and duration of snow cover. On each experimental plot a set of forest floor eclectors was set up within the vicinity of standing spruces hit by the last summer bark beetle attack. Also, on each of the plots, one tree-mounted cylindrical eclector was wrapped around the lower tree trunk of a standing spruce, collecting beetles emerging from the bark (details in Table 1, Fig. 2). In the close vicinity of the plots a pheromone trap was installed (commonly used Theysohn® type trap baited with Pheroprax® aggregation lure). The total area under the eclectors varied on the plots and the results of the collected beetles were interpreted accordingly, per unit of covered area. Beetles emerging in the eclectors and those trapped in the pheromone traps were collected on a weekly basis and counted in the laboratory. The trial started on April 19 and ended on June 9 covering fully the flight of the first, spring generation of spruce bark beetle. This statement is backed up by the parallel pheromone monitoring network data, which clearly confirm the onset and decline of the beetles spring swarm.*

*The obtained results confirmed that the eight toothed spruce bark beetle does overwinter in the forest litter. The ratio between adults staying in their developmental sites (spruce bark) and those that entered forest litter varied in the two plots. In the higher plot the ratio was 50:50. The lower plot revealed a ratio of 60:40 in favor of beetles using*

bark instead of litter as an overwintering niche (Fig. 4). Assuming the altitudinal to zonal conversion concept, at least on a trend level, the obtained results correspond with the described tendency of south–north preference shift towards the forest litter as an overwintering niche. More importantly, the mere fact that after their full development in late summer/early fall, tenure adults of eight toothed spruce bark beetle enter litter, as confirmed by this research in a typical Croatian forest where spruce grows naturally, sheds new light on the efficiency of sanitation felling. The guidance tactics derived by this research dictate early logging operations, before the end of summer and in the period when beetles are still under the bark. This is especially important when stands are at higher elevations or grow in very harsh winter conditions in terms of temperature. Lower elevations, on the other hand, leave more time to sanitation logging, provided that the operations (removal of attacked trees) are finished before the onset of the beetle spring swarming. The efficiency of sanitation logging, as a part of the integrated bark beetle management, therefore, strongly depends on the proportion of the beetles overwintering in the forest litter. This might help to better understand the various efficiency and uneven impact of sanitation felling on bark beetle outbreak foci in the past in the Croatian spruce forests.

Phenological data derived from the temporal analysis of bark beetle appearances in eclectors and pheromone lures (Fig. 3) also give some interesting and useful biological and forestry data. The recorded time lag of roughly two weeks between the start of emergence and peak pheromone trapped beetles on the two plots fits within the concept of the known zonal/altitudinal phenological shift. The practical value lies in the fact that it has been firstly recorded in more detail in one of the Croatian most important spruce growing region. Also, the documented time lag between the first emergers (both bark and forest litter) and first pheromone trapped beetles illustrates the known phenomenon of the first flight phase of the spruce bark beetle – the dispersal flight. The reason why this time lag was longer in the lower plot and shorter in the higher plot is explained by the possible immigration of earlier emerged beetles in the lower elevations lured to the pheromone trap in the higher elevated plot. Also, the duration and dynamics of beetle emergence on both plots varies significantly and is related to climatic regime in the plot area, which was measured (temperature, dew point, absolute and relative humidity) but not presented in this paper. What is evident from the pheromone trap catches (Fig. 3) is the narrower curve of the flying period of the first generation beetles in the higher plot versus lengthier swarming period in the lower plot (two weeks versus two weeks).

In our opinion the most important outcome of this research for the Croatian forestry practice is the confirmation that forest litter is an overwintering niche of the eight toothed spruce bark beetle. In spite of the geographical position, i.e. the south part of the common spruce and spruce bark beetle distribution, the Croatian forestry must take into account that a significant part of beetle population can be missed by early fall or spring during sanitation operations, consequently enabling the beetle outbreaks to continue at an unacceptable pace. From the entomological point of view, it would be interesting to continue the research deeper in terms of within–the–species variability of Croatian spruce bark beetle populations. Assuming the fact that these populations are genetically old and wide in ecological plasticity, it is reasonable to expect that they can easily adapt to changing climatic conditions, escaping the winter mortal subzero temperatures by shift in ratio of cohorts of beetles choosing bark or litter as their overwintering niche.

*Keywords:* *Ips typographus*, overwintering, spring generation, suppression

---

**Adresa autorâ – Authors' address:**

Prof. dr. sc. Boris Hrašovec  
e-pošta: hrasovec@sumfak.hr  
Milivoj Franjević, dipl. inž. šum.  
e-pošta: franjevic@yahoo.com  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarjenje  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
Luka Kasumović, dipl. inž. šum.  
e-pošta: kasum5@net.hr  
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb  
Uprava šuma podružnica Gospić  
Budačka 23  
53 000 Gospić  
HRVATSKA