

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

Maja Križanec

**Gradacija smrekinih potkornjaka na
Sjevernom Velebitu u razdoblju od 2005.
do 2012. godine i okolnosti njena
nastanka**

Zagreb, 2013.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za zaštitu šuma i lovno gospodarenje pod vodstvom prof. dr. sc. Borisa Hrašovca i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2012./2013.

Sadržaj rada:

1. Uvod	4
1.1. Dominantne vrste potkornjaka.....	4
1.1.1. <i>Ips typographus</i> L. – biologija i ekologija	5
1.1.2. <i>Pityogenes chalcographus</i> L. – biologija i ekologija.....	6
1.2. Osjetljivost smreke i gradacija potkornjaka	7
2. Hipoteza	8
3. Područje istraživanja	9
4. Materijal i metode	11
4.1. Višegodišnji monitoring potkornjaka u NP „Sjeverni Velebit“	11
4.2. Prikupljanje podataka izmjere šuma na području Sjevernog Velebita i njihova digitalizacija	15
5. Rezultati	15
6. Rasprava	36
7. Zaključci.....	38
8. Zahvale	38
9. Popis literature.....	38
10. Sažetak	43
11. Summary	43

1. Uvod

Od 2005. godine na području Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“ zabilježen je dramatičan porast broja potkornjaka na običnoj smreci (*Picea abies* L.). Ova je pojava prenamnoženja, kao što je to uobičajeno na području Europe (Christiansen i Bakke 1988), bila najizraženijom kod dvije najpoznatije i najčešće europske vrste: smrekinog pisara (*Ips typographus* L.) i malog šestozubog smrekinog potkornjaka (*Pityogenes chalcographus* L.). Interakcija biljaka i kukaca određuje polovicu svih ekoloških odnosa, ali prirodni uvjeti, poput ekstremnih temperatura i manjka ili viška padalina mogu dovesti do naglog porasta populacije. Pretpostavlja se da je rizik napada povezan s ekspozicijom, starošću, mogućnošću opskrbe stabla hranjivima i vodom, a dinamika napada ovisi o zastupljenosti kukaca, vremenskim uvjetima i antropogenim čimbenicima odnosno aktivnosti čovjeka (Christiansen i Bakke 1988, Wermelinger 2004). Da bismo bolje razumjeli pojavu gradacije, osim biologije potkornjaka potrebno je analizirati i čimbenike koji utječu na osjetljivost sastojine smreke.

Ekstremno sušna i vruća 2003. godina poznata je u čitavom području Srednje Europe kao značajna godina porasta i početka problema koji su povezani sa populacijama potkornjaka (Hrašovec et al. 2008). Tako je i na nekim lokalitetima na području Gorskog kotara, Like i Sjevernog Velebita započelo intenzivnije sušenje obične smreke u skupinama (Hrašovec, osobna komunikacija). U kontekstu zbivanja u užem području Sjevernog Velebita, području obuhvaćenom granicama nacionalnog parka, ovo je prenamnoženje rezultiralo uspostavom trajnog sustava monitoringa smrekinih potkornjaka na 12 pomno odabranih lokacija (Vujević 2010).

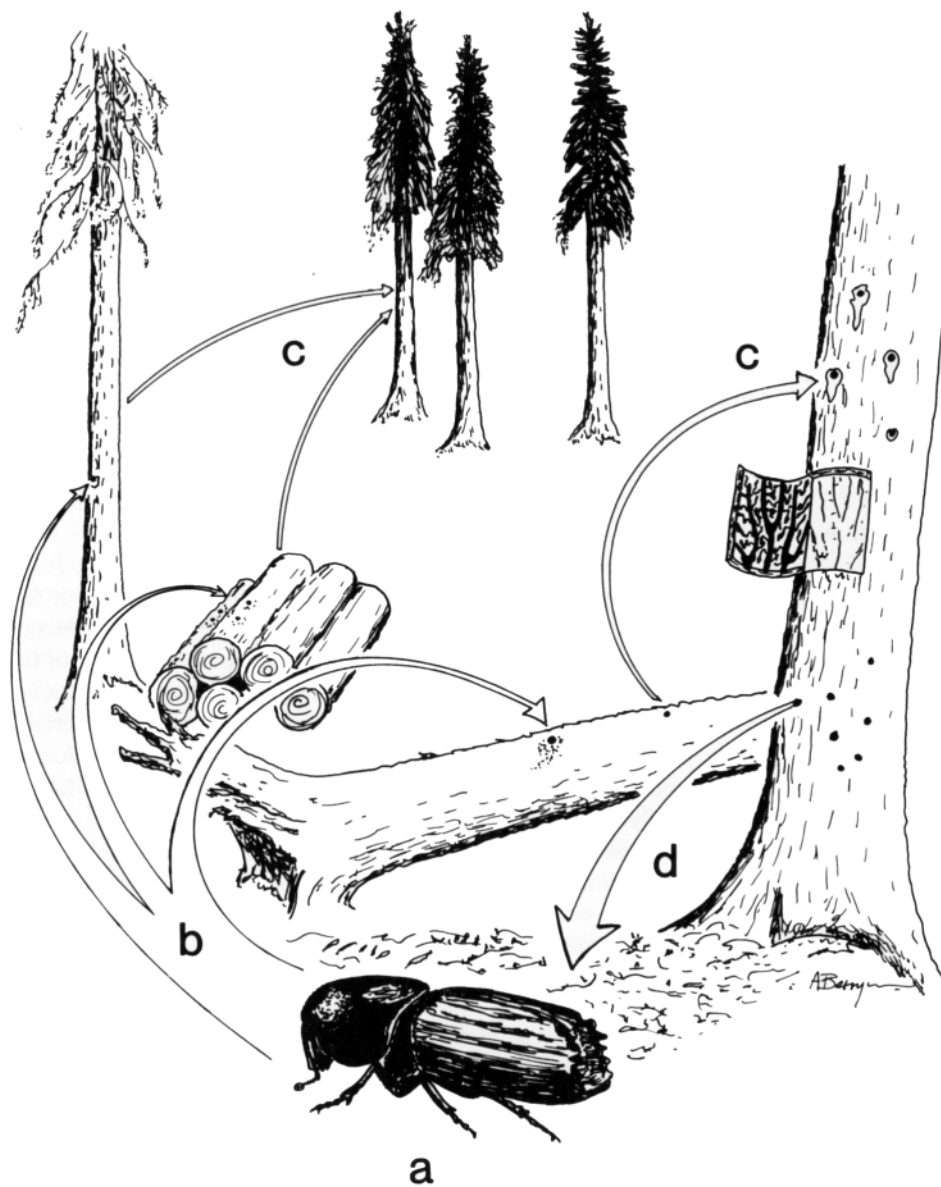
1.1. Dominantne vrste potkornjaka

Biologija većine potkornjaka prilagođena je stanju fiziološkog stresa domaćina što znači da se ubušuju samo u fiziološki oslabljena stabla te ih u šumarskoj struci nazivamo „sekundarnim štetnicima“. Manji broj vrsta potkornjaka je u stanju pod određenim uvjetima promijeniti svoju strategiju i prijeći u tzv. „primarnog štetnika“ čime napuštaju dotadašnji odabir fiziološki oslabljenih stabala i napadaju i najvitalnija stabla na području gdje je došlo do njihovog prenamnoženja (Christiansen i Bakke 1988). Obje promatrane vrste, smrekin pisar i mali šestozubi smrekin potkornjak, poznate su po tome da imaju sposobnost dramatičnog prenamnoženja. Time se ističu kao dominantne vrste i zbog toga je potrebno dobro poznavati njihovu biologiju da bismo što bolje razumjeli njihov odnos s najčešćim domaćinom, smrekom.

1.1.1. *Ips typographus* L. – biologija i ekologija

Smrekin pisar ili smrekin osmerozubi potkornjak uglavnom prezimljuje u stadiju imaga, najčešće u šumskoj stelji u blizini drveta iz kojeg se izlegao. Može također prezimljavati ispod kore dubeće ili srušene smreke ili pak u granjevini i različitim drvnim otpacima, najčešće nakon sječe. Ovaj posljednji način prezimljavanja tipičan je za južniji dio areala smrekina pisara, kuda pripadaju i naše šume. U proljeće, imaga smrekina pisara prolaze kroz važne fiziološke procese koji su upravljani temperaturom i smatra se da je adaptivni smisao ovih promjena sinkronizacija istovremenog napada (Christiansen i Bakke 1988) što kukcu daje bolje šanse za svladavanje smreke. Prvi proljetni nalet potkornjaka zbiva se kad zračna temperatura postigne 20°C (Christiansen i Bakke 1988). Ovisno o zemljopisnoj širini i nadmorskoj visini to se zbiva u razdoblju od travnja do lipnja (Christiansen i Bakke 1988). Let se sastoji od faze razlijetanja, udaljavanja od mjesta zimovanja i faze intenzivne potrage za prikladnim stablom. Mužjaci koji su kod ove vrste tzv. „pioniri“ slijeću na prikladna stabla privučeni mirisnim tragovima (kairomonima) svojstevnim oslabljenim smrekama. Potom započinju s ubušivanjem te produciraju vrlo moćan agregacijski feromon koji navodi ostatak populacije do novootkrivenog debla. Pristigli se mužjaci raspoređuju po dijelovima kore te započinju izgrizanje bračnih komorica. Ženke se potom zavlače u gotove bračne komorice gdje kopuliraju s mužjacima i započinju izradu uzdužnih materinskih hodnika. Produbljujući svoj hodnik ženka bočno izgriza plitke udupke u koje pojedinačno odlaže jaja. Mužjakova je zadaća za to vrijeme čistiti materinski hodnik od ekskremenata koje producira ženka. Roditeljski kukci često napuštaju uspješno formirane hodnike s rastućim potomstvom i započinju sa izradom novih. Ponekad, u uvjetima vrlo povoljnih klimatskih uvjeta, u doba formiranja hodnika i odlaganja jaja, može se desiti da ženke odlože i treću seriju jajašaca. To ima za posljedicu da se istovremeno u sastojini nalazi tri vremenski pomaknute grupe potomaka istih roditelja koje nazivamo „sestrinske“ generacije. Važno je još naglasiti da je u većini srednjeeuropskih šuma vrsta *I. typographus* bivoltina, što znači da kroz jednu godinu razvije dvije pune generacije (Christiansen i Bakke 1988).

U prirodi se često može uočiti povezanost temperaturnog režima i brzine razvoja smrekina pisara. Međutim, postoji i letalno djelovanje temperatura iznad 47°C koje je dokazano u laboratoriju (Annala 1969), a mogu se pojaviti na gornjim osunčanim dijelovima stabla. Sigurno je samo da povećana količina fiziološki oslabljenih smreka dovodi do primjetnog povećanja populacije smrekova pisara što lokalno može dovesti i do izbijanja gradacija.



Slika 1 – Razvojni ciklus smrekinog pisara. (a) Imago prezimljuje u stelji i ispod kore. (b) U proljeće se šire i napadaju stabla, trupce ili dijelove stabla srušena vjetrom. (c) Isti roditeljski kukci mogu se ponovno proširiti u ljeto i napasti nova stabla i trupce. (d) Njihovo potomstvo se širi u jesen i odlazi na prezimljavanje. (Berryman 1988).

1.1.2. *Pityogenes chalcographus* L. – biologija i ekologija

Šestozubi smrekin potkornjak također spada u glavne štetnike u sastojinama smreke. Nije monofag već može napasti i ostale vrste roda *Picea*, a i vrste rodu *Larix*, *Pinus* i *Pseudotsuga* (Pfeffer 1995). Vrijeme rojenja roditeljske generacije traje od sredine travnja do sredine lipnja, ovisno o nadmorskoj visini i geografskoj širini (Arthofer 2005). Imaga

pokušavaju locirati povoljno stablo pomoću biljnih hlapivih tvari ili agregacijskih feromona (Byers 2004). Mužjaci izgrizaju floem i udubljuju bračnu komoricu koja obično ne dopire do drva (Postner 1974). Sljedećih dana privlače 3-6 ženki pomoću agregacijskih feromona. Poslije kopulacije ženke buše materinske hodnike i odlažu 40 do 80 jaja u malena udubljenja. Ukoliko su ženke uznemirene ili je na stablu prevelika zaraza ostalim jedinkama, ženke se mogu širiti i stvarati još materinskih hodnika bez daljnjeg parenja. Takva sestrinska legla su karakteristična po izostanku bračne komorice. Larvalni hodnici započinju iz jajnih udubljenja i orijentirani su horizontalno na materinske hodnike. Nakon dva presvlačenja i dostizanja trećeg larvalnog stadija dolazi do kukuljenja i konačnog izlaska nove generacije mladih kornjaša iz stabla (Postner 1974). Ovisno o nadmorskoj visini i temperaturi može razviti do tri prave i tri „sestrinske“ generacije. Svi ontogenetski stadiji su sposobni hibernirati ili u kori ili u tlu (Postner 1974). U biološkom smislu velika je sličnost šestozubog smrekinog potkornjaka sa smrekinim pisarom. Temeljna je razlika u mikroniši koju odabire ova vrsta, a to su dijelovi smrekina debla i grana sa tanjom korom. To znači da se uspješno razvija u granama i vršnim dijelovima krošnje. Ova biološka odlika dobro je uočljiva i na području Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“. Nije rijedak slučaj da se nailazi na smreke potpuno odumrla vrha, ali zelenog i vitalnog ostatka krošnje pogotovo u vršnoj zoni. To je posljedica uspješnog ubušivanja šestozubog smrekinog potkornjaka i potpunog razvoja jedne generacije potomstva. Događa se, naime, da ne dođe do naknadnih ubušivanja i da izostane napad smrekinog pisara pa takve smreke znaju dugi niz godina, često i čitava desetljeća, ostati suhvrhe. U povoljnim okolišnim uvjetima velika reproduksijska sposobnost potkornjaka omogućuje rapidno povećanje napada domaćina. Sve to iscrpljuje obrambene mogućnosti domaćina i dovodi do širenja napada potkornjaka na stabla koja na početku nisu spadala u kategoriju fiziološki oslabljenih (Lieutier 2004).

1.2. Osjetljivost smreke i gradacija potkornjaka

Vitalna stabla posjeduju nekoliko stupnjeva složenog sustava obrane od napada potkornjaka. Prvi stupanj obrane je ispuštanje smole nakon prodora potkornjaka u koru. Smreke sa debljom korom i većom koncentracijom smolnih vrećica uspješnija su u odbijanju pokušaja napada od stabala s tankom korom s manje smole (Nihoul i Nef 1992, Baier 1996). Drugi stupanj obrane uključuje promjene metabolizma u blizini ulaznog otvora (Wermelinger 2004). Treći stupanj obrane je sistemska promjena u cijelom metabolizmu stabla. Ona dovodi do manje proizvodnje ugljikohidrata, ali više proteina koji su potrebni za obranu. Uspješnost napada potkornjaka odvija se u dva koraka. „Pionirske“ jedinice prvo iscrpe stablo, a zatim slijedi

konačna kolonizacija stabla (Lieutier 2002). Primarno su potkornjaci „pioniri“ privučeni kairomonima, ali postoje i čimbenici koji mogu povećati stopu napada. Statističke analize pokazuju da nadmorska visina i hranjive tvari u tlu kao što su dušik, fosfor i magnezij, imaju značajan utjecaj na stopu napada smrekina pisara (Nef 1994, Dutilleul et al. 2000). Lexer (1995, 1997) zaključuje da mogućnost napada ovisi većinom o opskrbi vodom, o omjeru granica sastojine izložene prema jugu i zapadu, o udjelu drveća s truleži, starosti sastojine, o trendu rasta u širinu i udjelu smreke. Stabla na južnim ekspozicijama i osunčanijim mjestima su radije napadana, posebno nakon naglog porasta razine sunčevog zračenja (Lobinger i Skatulla 1996, Jakuš 1998). Primjećen je povećani napad potkornjaka u sastojini ukoliko je veći udio stabala stariji od 70 godina dok su stabla starija od 100 godina najpodložnija napadu (Becker i Schröter 2000). Visoke temperature i izrazite suše imaju snažan utjecaj na šumski ekosustav, a mnogi autori povezuju klimatske uvjete kao predispoziciju za masovnu pojavu potkornjaka (Hrašovec et al. 2007). Potkornjaci su među prvim grupama kukaca koji će napasti oslabljelo stablo. Osim prirodnih čimbenika, ključnu ulogu za njihovu gradaciju može imati i čovjek. U nacionalnom parku kao zaštićenom području šumom se ne gospodari. U gospodarenim šumama velikog dijela Europe količina mrtvog drva je značajnije manja nego u prirodnim šumama i na razini sastojine i na razini krajolika (Joensuu et al. 2008). Napad potkornjaka kao prirodni proces u gospodarenim šumama je djelomično uvećan zbog zanemarivanja šumske higijene i neadekvatnog iskorištavanja šuma – četinjače se više ne okoravaju nakon regularnih sječa. Sve navedeno može pridonjeti porastu uobičajenih količina napadnutih stabala četinjača u sastojini (Hrašovec et al. 2012).

2. Hipoteza

Vrlo izražena i do sada nezabilježena gradacija potkornjaka na području Sjevernog Velebita te brojne okolnosti vezane za tijek klime i gospodarsku aktivnost (neaktivnost) u proteklim dekadama upućuju na njihovu moguću povezanost. Cilj rada je usporediti utjecaj gospodarske aktivnosti na ovom području od 60-ih godina prošlog stoljeća do današnjih dana u smislu promjena u učešću starijih smrekovih stabala. Prestanak gospodarenja nakon proglašenja područja nacionalnim parkom te izraženo toplo i sušno razdoblje koje je započelo 2003. godinom pokušava se dovesti u vezu sa izbijanjem gradacije potkornjaka, ponajprije smrekina pisara i šestozubog smrekinog potkornjaka.

3. Područje istraživanja

Velebit je najveća hrvatska planina i pripada sastavu Dinarida koji se pruža od istočnih Alpa do Šarsko-pinskog gorja. Ukupna je dužina Velebita oko 145 km, a njegova širina od 10 do 30 km. Područje Sjevernog Velebita smješteno je u Ličko – senjskoj županiji, unutar administrativnih granica Grada Senja. Unutar područja Sjevernog Velebita proglašen je 1999. godine nacionalni park koji geografski obuhvaća dio sjevernog Velebita, između Borovog vrha, Markovog kuka i Babić-siće na sjeveru, te Zečjaka i Štirovače na jugu – između $44^{\circ} 41' 31''$ i $44^{\circ} 51' 17''$ sjeverne geografske širine te između $14^{\circ} 55' 27''$ i $15^{\circ} 3' 54''$ istočne geografske dužine.



Slika 2 – Geografski položaj Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“

(izvori: Google Earth i web stranice NP „Sjeverni Velebit“)

Nalazi se u blizini Jadranskog mora, svega 2 km istočno od obale, te otprilike 15 km južno od grada Senja. Površina parka utvrđena Zakonom o proglašenju iznosi 109 ~~km²~~ ona određena korištenjem GIS alata iznosi 111,5 km². Nacionalni park se u potpunosti nalazi unutar granica Parka prirode Velebit. U smjeru sjever – jug, dužina Nacionalnog parka Sjeverni Velebit iznosi oko 17 km, a u smjeru istok – zapad kreće se između 4 i 10 km. Park se proteže na nadmorskoj visini od 518 do 1676 m n. v. Područje Parka izrazito je krško područje karakterizirano velikom raščlanjenošću terena. Tla su na području Parka izrazito prostorno varijabilna. Istraživanjima su determinirane sljedeće vrste tala: litosol, koluvijalno tlo, vapnenačko–dolomitna crnica, smeđe tlo na vapnencu i lesivirano tlo.

Velebit se u klimatskom smislu nalazi na granici između područja s Cf klimom (tip C, podtip f – umjerenom toplom vlažnom klimom) i Cs klimom (tip C, podtip s – sredozemna klima). Velebit je njihova granica, jer ih razdvaja visinom i dužinom. Nacionalni park je smješten u dijelu najkišovitijeg područja Hrvatske. S Jadranskog mora vjetar donosi goleme količine vodene pare koja se izdiže i kondenzira na planinskoj barijeri Velebita te nastaju obilne orografske oborine, srednje godišnje količine i do 2500 – 3000 mm. Zbog geomorfološke razvedenosti na Velebitu je vrlo važan utjecaj mikroklimatne tj. klime koja vlada na vrlo malenim prostorima. Mikroklima ponikava vrlo je zanimljiva zbog pojave temperaturne inverzije, što znači da je na rubu ponikve toplije nego na njezinu dnu. Niski godišnji temperaturni prosjek (4 – 6 °C) i temperaturne inverzije u depresijama uzrokuju dugo zadržavanje snijega (40 – 100 dana trajanje snježnog pokrivača većeg od 30 cm). Za klimu su karakteristični vjetrovi, posebno bura. Zbog miješanja različitih zračnih masa česta je iznenadna pojava magle. Područje Parka odlikuje se velikim brojem biljnih zajednica i njihovim izrazitim visinskim raščlanjenjem. Vegetacija ovog prostora se općenito može podijeliti na šumske, travnjačke (pašnjačke) te biljne zajednice stijena i kamenjara. Šumske zajednice koje možemo naći na ovom području su šuma i šikara medunca i bjelograba (*As. Quercus-Carpinetum orientalis*), mješovita šuma i šikara medunca i crnoga graba (*Ostrya-Quercetum pubescentis*), primorska bukova šuma s jesenskom šašikom (*Sesleria autumnalis-Fagetum*), šuma crnog bora i pustenaste dunjarice (*Cotoneastro-Pinetum nigrae*), dinarska bukovo-jelova šuma (*Omphalodo-Fagetum*), pretplaninska šuma bukve i gorskog javora (*Polysticho lonchitis-Fagetum*), gorska šuma smreke sa šumskim pavlovcem (*Aremonio-Piceetum*), dinarska šuma jele na vapnenačkim blokovima (*Calamagrosti-Abietetum*), pretplaninska smrekova šuma s čopocem (*Listero-Piceetum abietis*), pretplaninska šuma smreke s ljepikom (*Adenostylo alliariae-Piceetum*), pretplaninska šuma smreke s alpskom pavitinom (*Clematido alpinae-Piceetum*), šuma bukve s

velikom mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum*), šuma klekovine bora krivulja i borbaševe kozokrvine (*Lonicero borbasianae-Pinetum mugii*). Također su od velike vrijednosti u Nacionalnom parku speleološki objekti, a najpoznatija je Lukina jama (-1355 m). Sustavnih istraživanja beskralješnjaka do sada nije bilo. Prema sadašnjim spoznajama zabilježena je 61 svojta pauka, 35 svojti kornjaša, 5 svojti vretenaca (Odonata) i preko 100 svojti leptira. Biospeleološkim istraživanjima utvrđene su 32 podzemne svojte. Prema zabilježenim podacima najbrojnija je skupina kukaca (Insecta).¹

4. Materijal i metode

4.1. Višegodišnji monitoring potkornjaka u NP „Sjeverni Velebit“

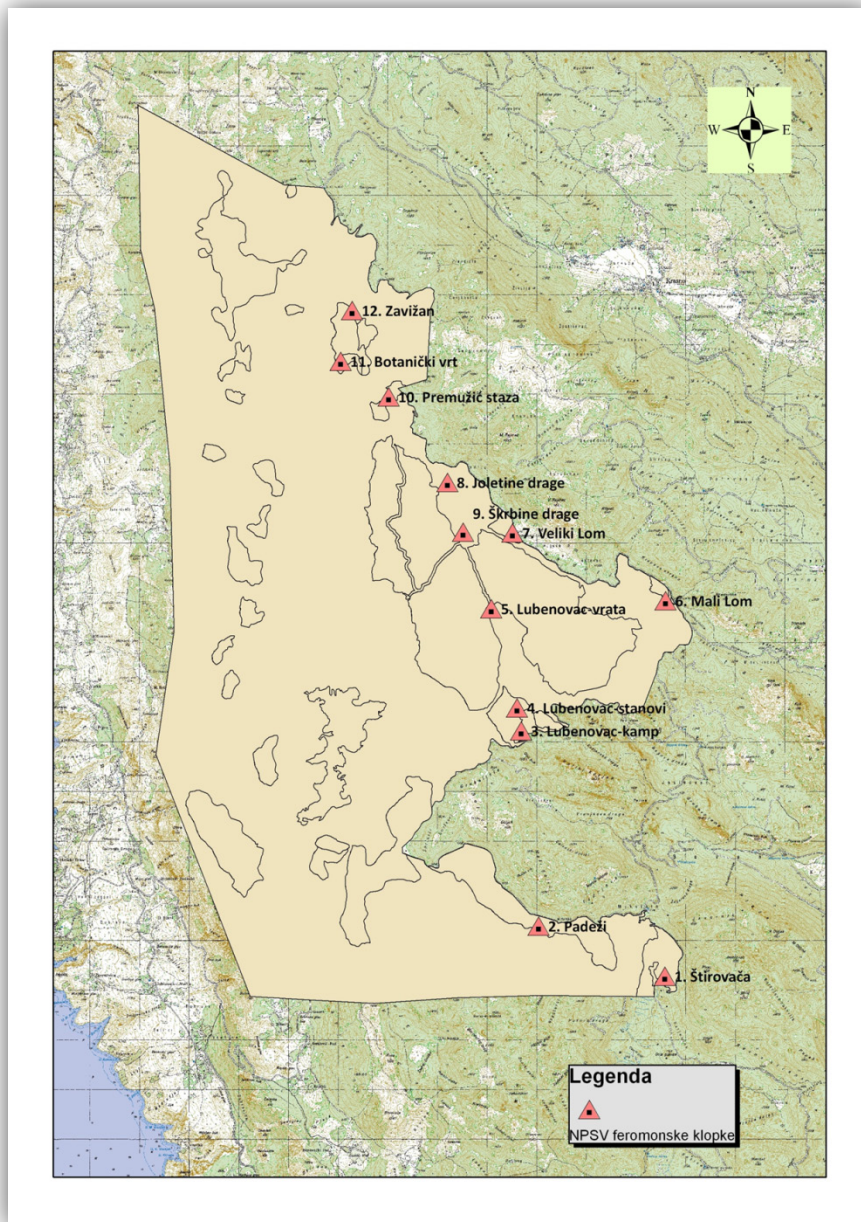
U nacionalnom parku „Sjeverni Velebit“ krajem 2005. godine odabrano je 12 reprezentativnih lokacija na kojima je uspostavljen sustav trajnog monitoringa smrekinih potkornjaka metodom feromonskih klopki. Nazivi lokacija klopki su:

- Lokacija 1 – „Štirovača“
- Lokacija 2 – „Padeži“
- Lokacija 3 – „Lubenovac-kamp“
- Lokacija 4 – „Lubenovac-stanovi“
- Lokacija 5 – „Lubenovac-vrata“
- Lokacija 6 – „Mali Lom“
- Lokacija 7 – „Veliki Lom“
- Lokacija 8 – „Škrbine drage“
- Lokacija 9 – „Joletine drage“
- Lokacija 10 – „Premužić staza“
- Lokacija 11 – „Botanički vrt“

¹ Podaci o području istraživanja preuzeti iz Plana upravljanja NP „Sjeverni Velebit“ 2007

- Lokacija 12 – „Zavižan“

Zbog velike blizine lokacija „Lubenovac-kamp“ i „Lubenovac-stanovi“ njihovi će ulovi biti sumirani u jednu lokaciju pod nazivom „Lubenovac kamp i stanovi“ te će se nadalje prikazivati 11 lokacija.



*Slika 3 – Prostorni raspored mreže trajnih feromonskih klopki u sustavu monitoringa Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“ uspostavljenog 2005. godine
(Vujević 2010)*

Na svakoj lokaciji koriste se po 3 naletno – barijerne klopke tipa THEYSOHN® montirane tako da je jedna postavljena u smjeru sjevera, druga u smjeru jugozapada i treća u smjeru jugoistoka. Time je osigurana jednoznačna pozicija klopki obzirom na učinak insolacije i eventualnog nejednolikog zagrijavanja i hlađenja feromona što utječe na različit intenzitet hlapljenja tj. privlačenja potkornjaka. Takav sustav lova potkornjaka, prema najnovijim domaćim istraživanjima, može postići višestruko veće ulove nego pojedinačna klopka istog tipa. Donji rub klopke podignut je na visinu od 1,3 m i učvršćen je pomoću prethodno pripremljenih oblica.



Slika 4 – Lovna feromonska kompozicija na lokaciji Zavižan

(Foto: B. Hrašovec)

Feromoni koji su korišteni su pripravci PHEROPRAX AMPULA® i CHALCOPRAX AMPULA® tvrtke BASF. Do sada je ekonomski razvijeni dio Europe i svijeta imao najviše problema u smrekinim sastojinama pa su razvijani feromonski pripravci za najvažnije potkornjake smreke među kojima su smrekin pisar i mali šestozubi smrekin potkornjak. Za oba na tržištu možemo naći mnogo feromonskih pripravaka, a korišteni feromoni su izabrani zbog svoje dokazane kvalitete. Dispenceri su montirani u donjoj trećini visine klopke u dvije od tri klopke u tripletu da bi se izbjegao eventualni kontakt ampula i zbog lakše kontrole potrošnje sadržaja ampula.



Slika 5 – Feromonska klopka s ampulama feromona za lov smrekinog pisara (narančasta) i malog šestozubog smrekinog potkornjaka (prozirna)

(Foto: B. Hrašovec)

Klopke su postavljane na većini lokacija od svibnja do kraja rujna, a na ponekim lokacijama od kraja travnja do sredine listopada. Terenski materijal su prikupljali djelatnici Nacionalnog parka svakih 7- 8 dana. Nakon što su dostavljeni na Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, tamo su kukci odvajani u 3 kategorije:

- *Ips typographus*
- *Pityogenes chalcographus*
- Ostala entomofauna (predatori i saproksilična entomofauna)

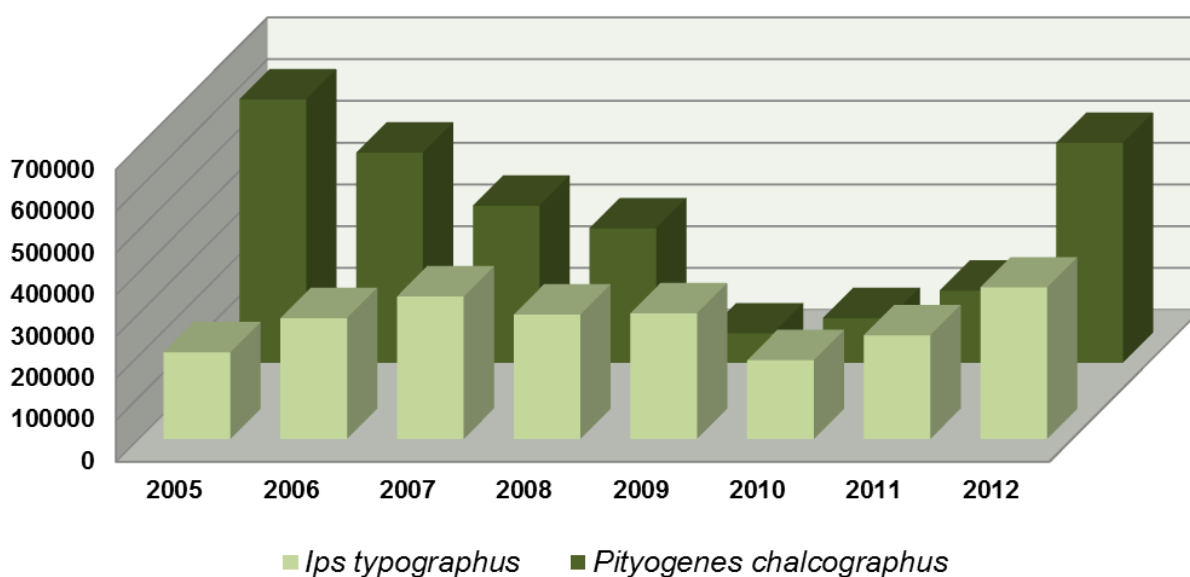
Nakon odvajanja uslijedilo je njihovo prebrojavanje. Za potrebe ovog rada korišteni su podaci o ulovima dvije vrste smrekinih potkornjaka i prikazani u poglavlju rezultata istraživanja.

4.2. Prikupljanje podataka izmjere šuma na području Sjevernog Velebita i njihova digitalizacija

Podaci o izmjeri šume dobiveni su digitalizacijom Osnova gospodarenja za svaku gospodarsku jedinicu koja ulazi u područje Nacionalnog parka. Unos numeričkih podataka iz gospodarskih osnova obavljen je pomoću programa Microsoft Office Excel. Za ovaj rad su korišteni podaci o volumenu smreke s prsnim promjerom većim od 51 cm i podaci o temeljnici smreke. Oni su nam poslužili kao osnova za prikaz prostornog rasporeda smrekine temeljnice i volumena za smreke s prsnim promjerom većim od 51 cm na prostoru monitoringa. Za izradu prostornog prikaza koristio se program ESRI ArcGIS.

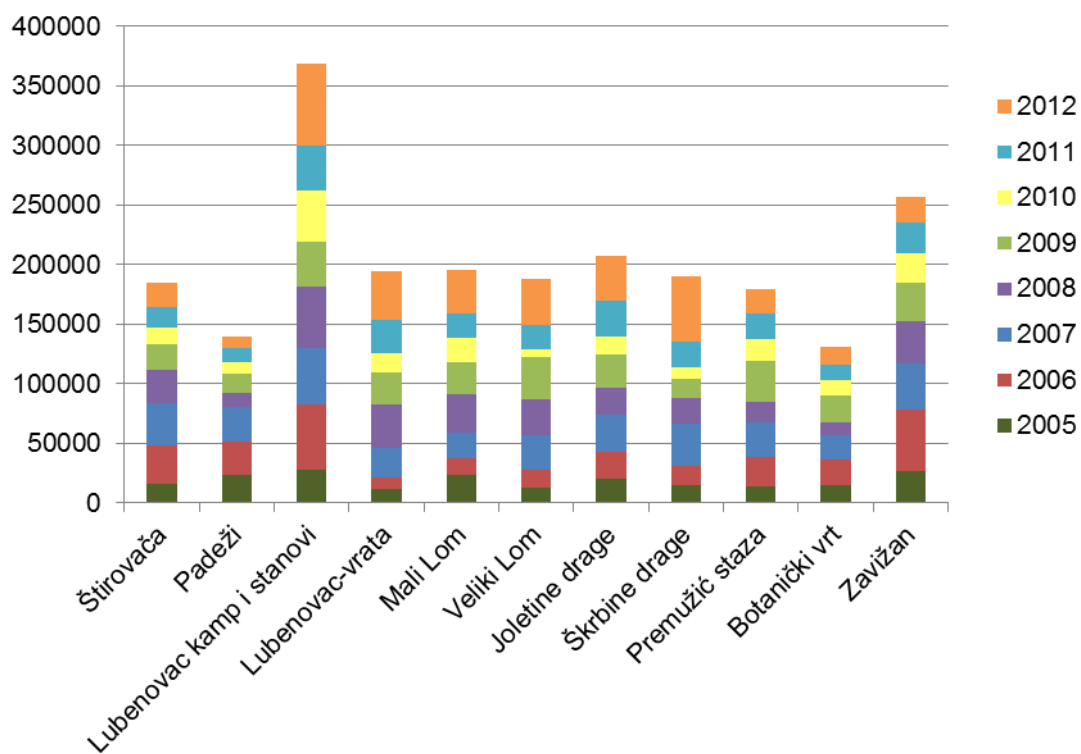
5. Rezultati

U slijedećim grafičkim prikazima prikazat ćemo fluktuacije populacija *I. typographus* i *P. chalcographus* kao rezultat njihovog osmogodišnjeg praćenja. Iz grafikona o ukupnim godišnjim ulovima na svim lokacijama (Slika 6) možemo uočiti da je najveći ukupni ulov *P.chalcographus* bio 2005. godine, zatim se taj broj iz godine u godinu postepeno smanjivao te 2012. godine opet dostiže vrlo visoki broj. Najveći ukupni godišnji ulov *I.typographus* je bio 2012. godine. Također, možemo primjetiti da visokom ulovu *I.typographus* prethodi visoki ulov *P.chalcographus*.

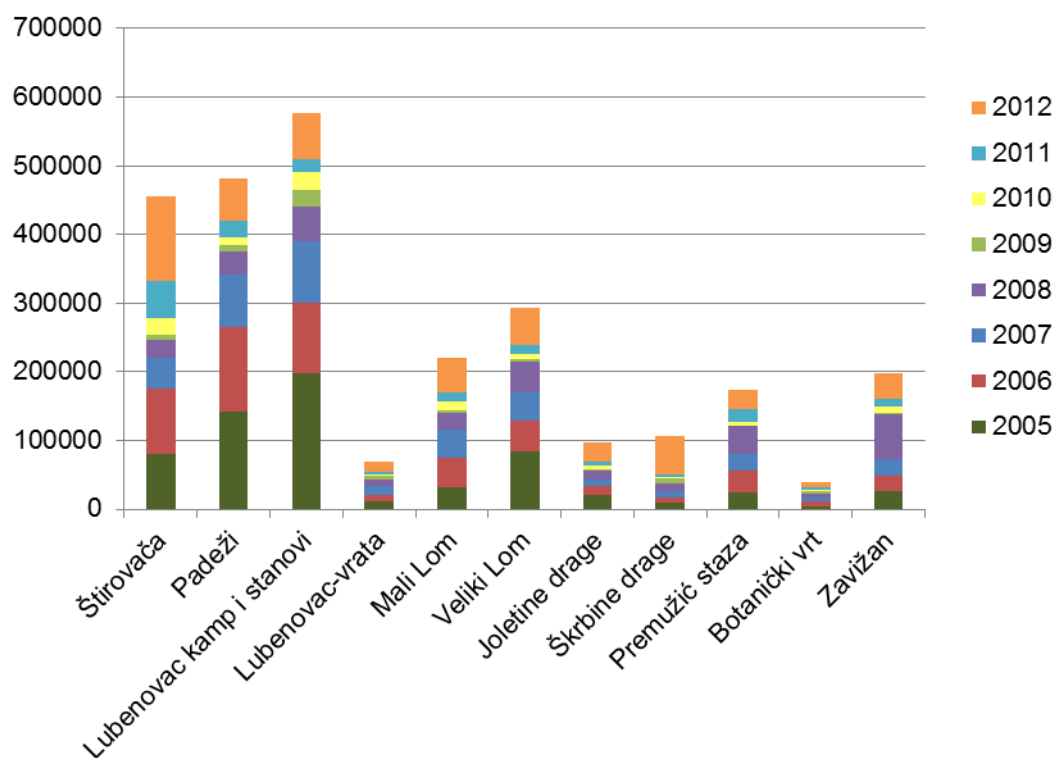


Slika 6 – Ukupni godišnji ulovi *Ips typographus* i *Pityogenes chalcographus* zbrojeni na svim lokacijama

Prikazati ćemo i analizirati ulove za svaku od lokacija zasebno posebno za *I.typographus* i posebno za *P.chalcographus*.



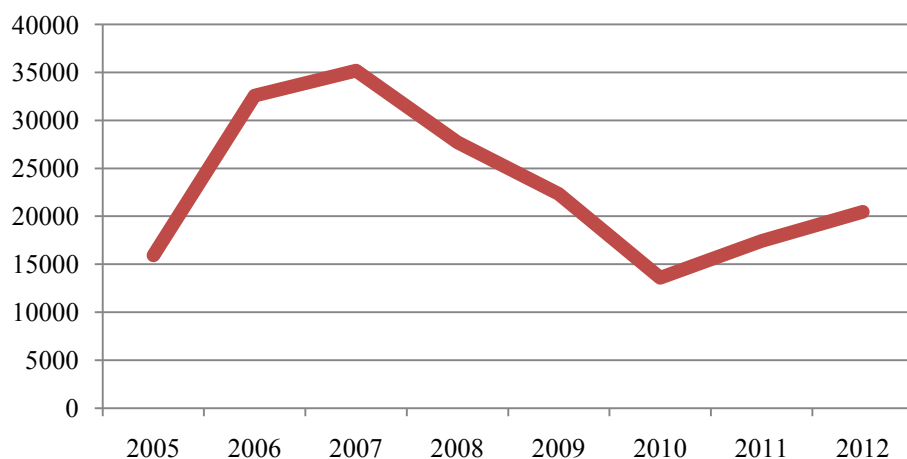
Slika 7 – Ukupni godišnji ulovi *Ips typographus* po lokacijama



Slika 8 – Ukupni godišnji ulovi *Pityogenes chalcographus* po lokacijama

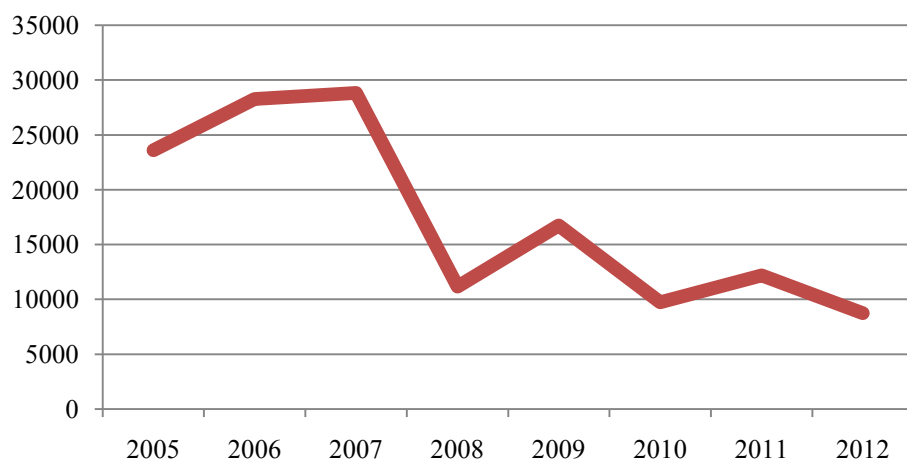
Iz grafikona o ukupnom godišnjem ulovu vrste *Ips typographus* (Slika 7) uočavamo najveći ulov na lokacijama „Lubenovac kamp i stanovi“, a najmanji na lokaciji „Botanički vrt“. Također, možemo uočiti i da su svake godine najveći ulovi bili na lokaciji „Lubenovac kamp i stanovi“ te je na toj istoj lokaciji uočljiv i najveći ulov 2012. godine od svih lokacija svake godine. Lokacija koja se nakon prethodno navedene ističe količinom ulova je „Zavižan“. Prema grafikonu ukupnog godišnjeg ulova po svim lokacijama za vrstu *Pityogenes chalcographus* (Slika 8) najveći ukupni ulov svih godina je na lokaciji „Lubenovac kamp i stanovi“ gdje je 2005. godine uhvaćen i najveći broj potkornjaka te vrste od svih lokacija svake godine. Lokacije koje se nakon prethodno navedene ističu količinom ulova su „Padeži“ i „Štirovača“. Najmanji broj potkornjaka uhvaćen je na lokaciji „Botanički vrt“. Slijede grafikoni koji prikazuju ulov za svaku vrstu i lokaciju zasebno za razdoblje od 2005. do 2012. godine (Slika 9-30).

„Štirovača“



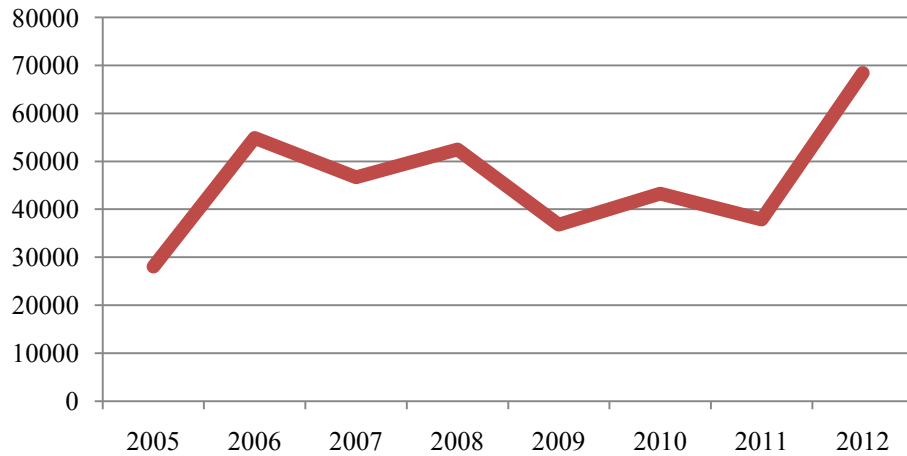
Slika 9 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Štirovača u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Padeži“



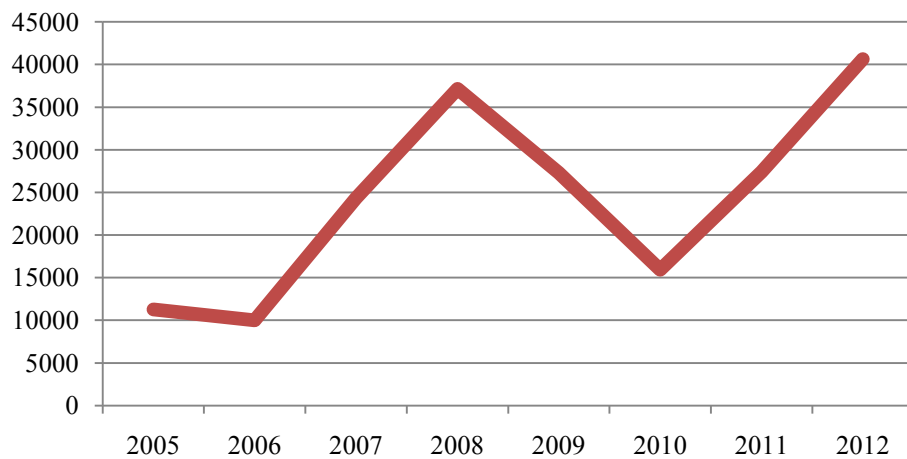
Slika 10 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Padeži u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Lubenovac kamp i stanovi“



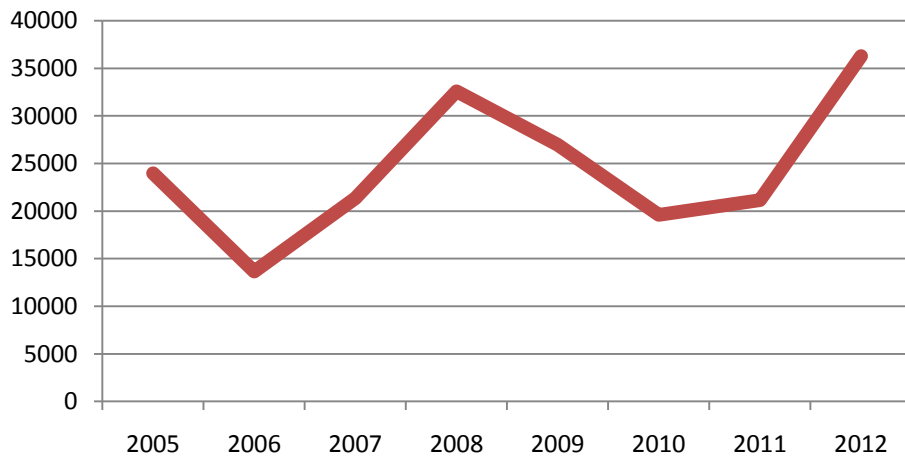
Slika 11 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Lubenovac kamp i stanovi u razdoblju od 2005. do 2012.

„Lubenovac vrata“



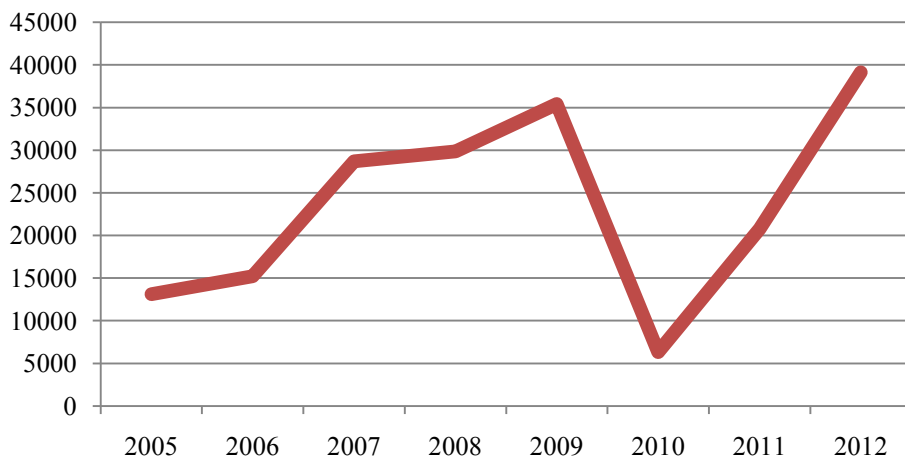
Slika 12 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Lubenovac-vrata u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Mali Lom“



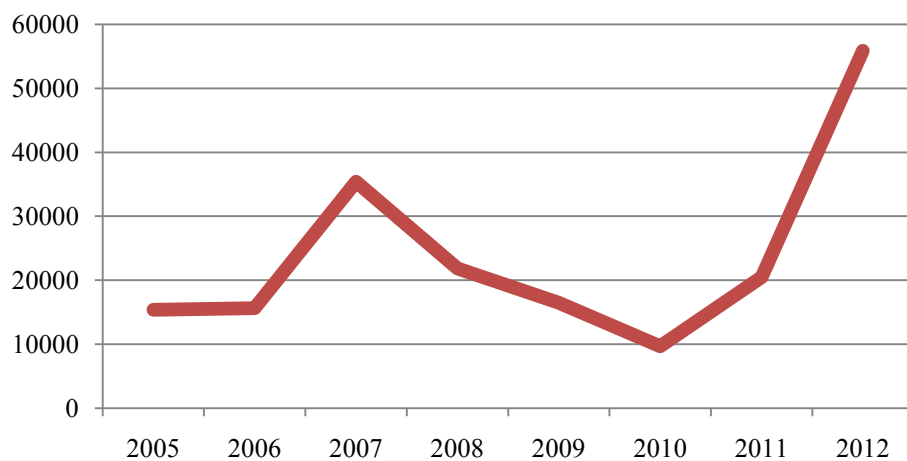
Slika 13 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Mali Lom u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Veliki Lom“



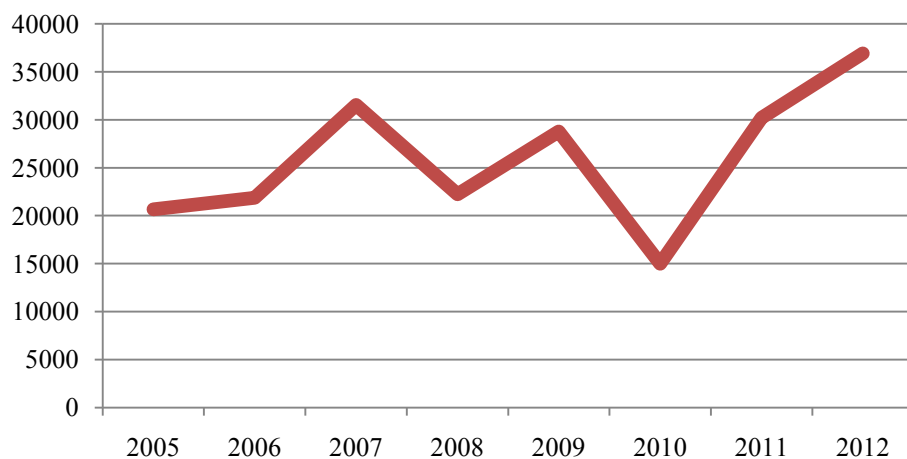
Slika 14 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Veliki Lom u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Škrbine drage“



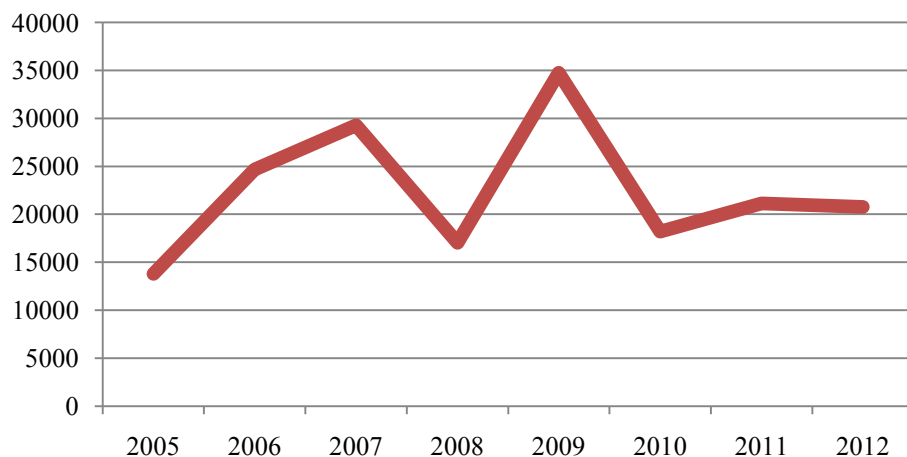
Slika 15 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Škrbine drage u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Joletine drage“



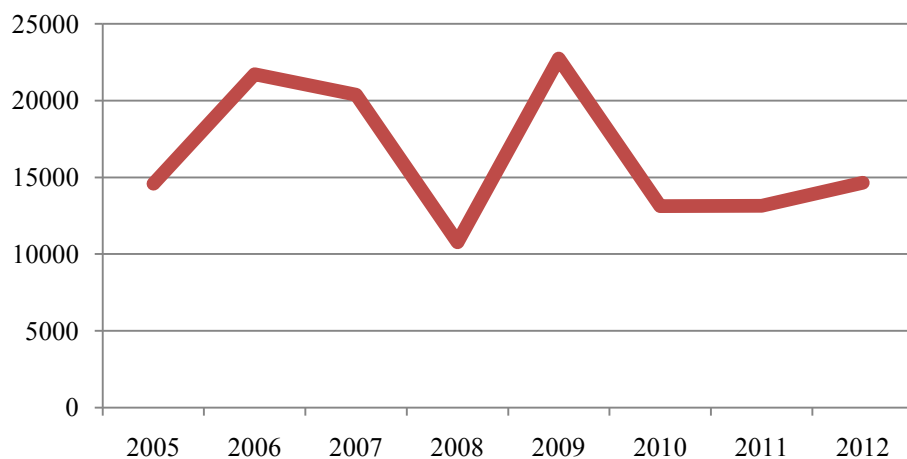
Slika 16 - Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Joletine drage u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Premužić staza“



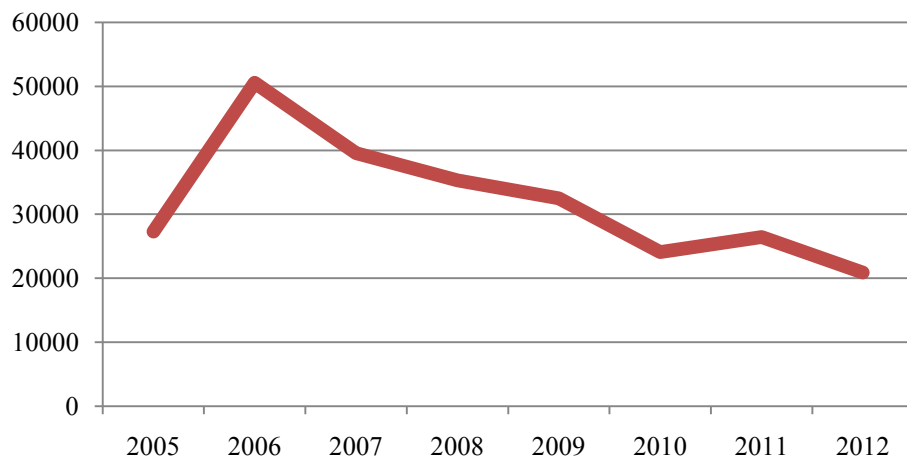
Slika 17 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Premužić staza u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Botanički vrt“



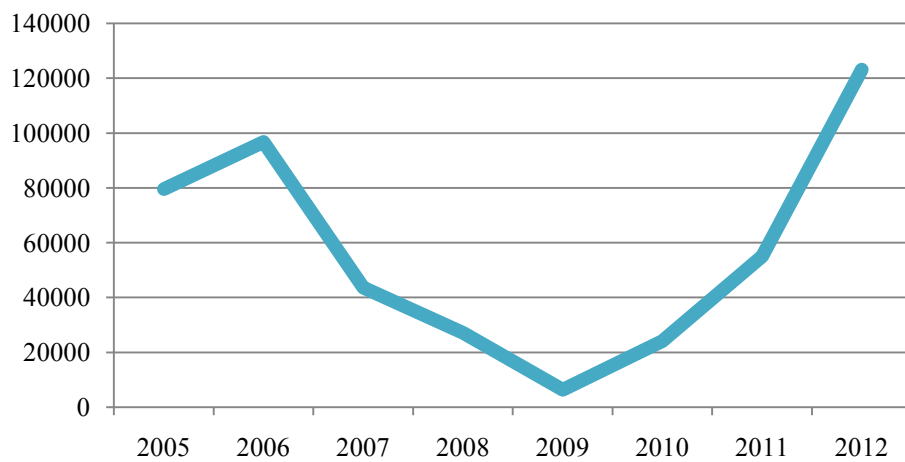
Slika 18 – Ulovi vrste Ips typographus na lokaciji Botanički vrt u razdoblju od 2005. do 2012. Godine

„Zavižan“



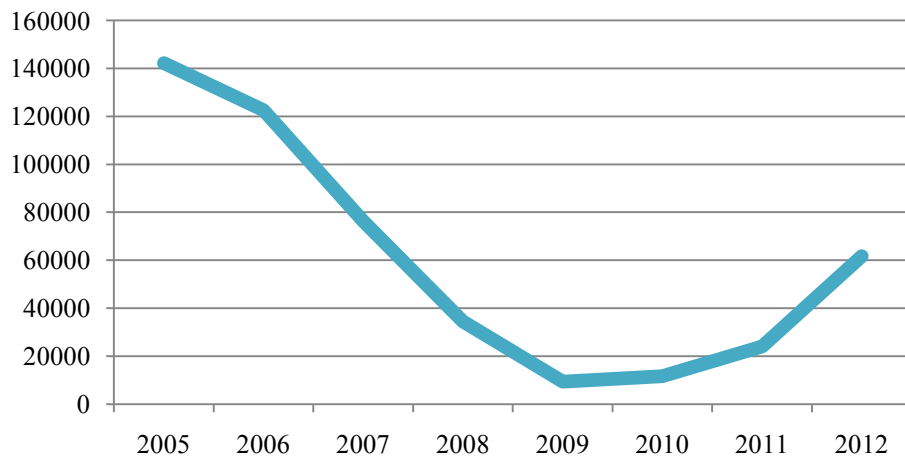
Slika 19 – Ulovi vrste *Ips typographus* na lokaciji Zavižan u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Štirovača“



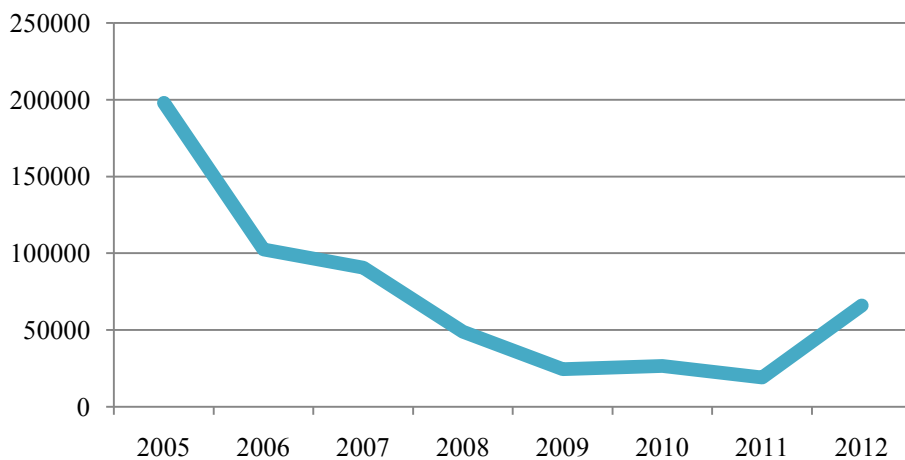
Slika 20 – Ulovi vrste *Pityogenes chalcographus* na lokaciji Štirovača u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Padeži“



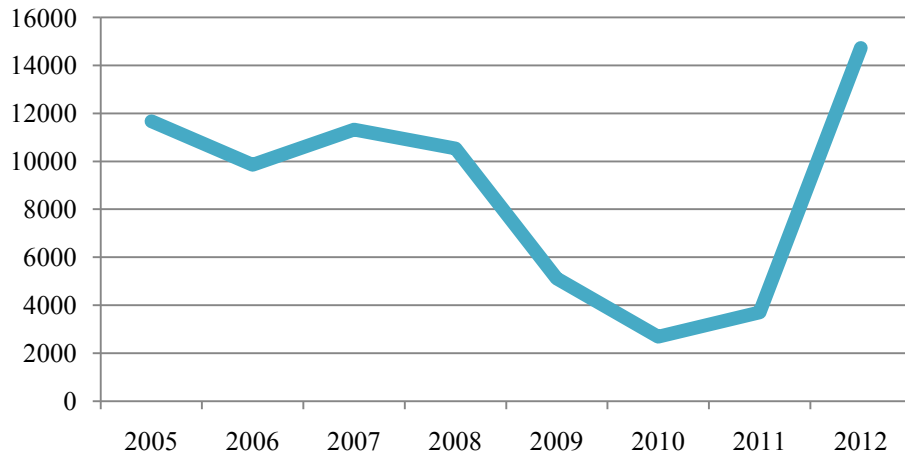
Slika 21 - Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Padeži u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Lubenovac kamp i stanovi“



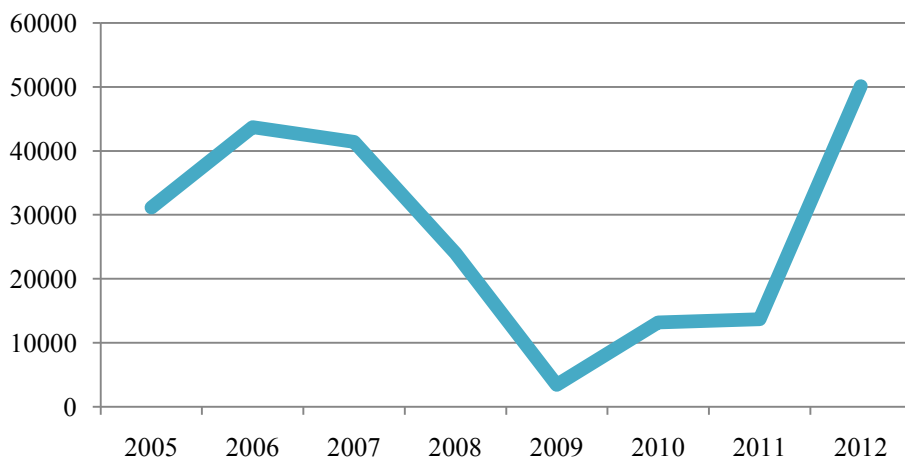
Slika 22 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Lubenovac kamp i stanovi u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Lubenovac vrata“



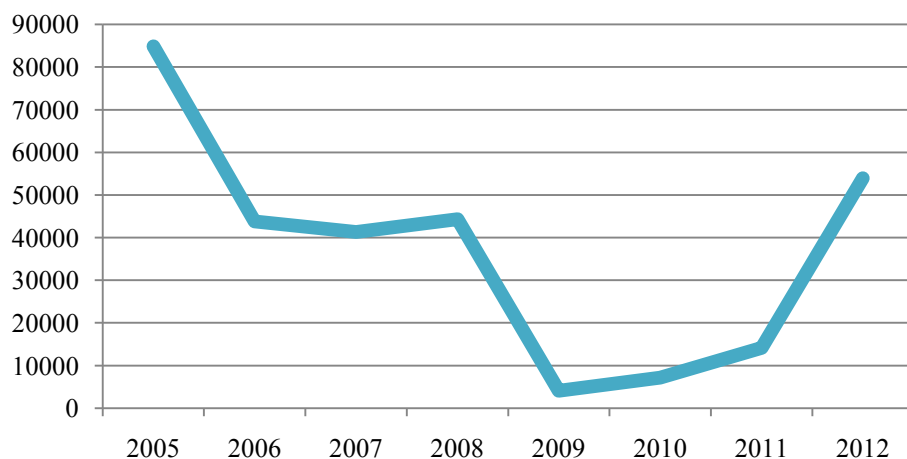
Slika 23 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Štirovača u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Mali Lom“



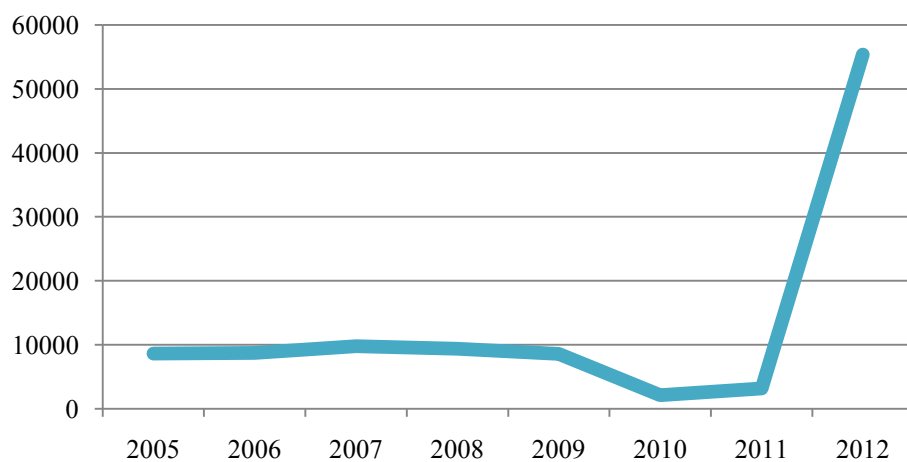
Slika 24 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Mali Lom u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Veliki Lom“



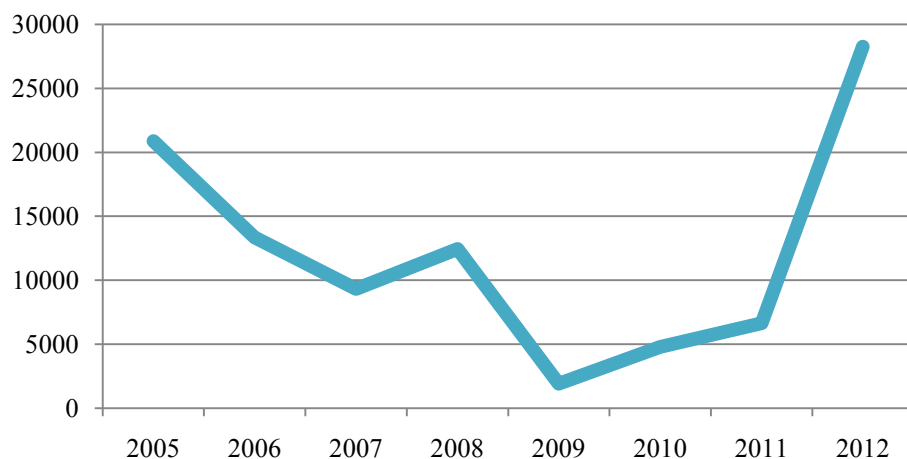
Slika 25 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Veliki Lom u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Škrbine drage“



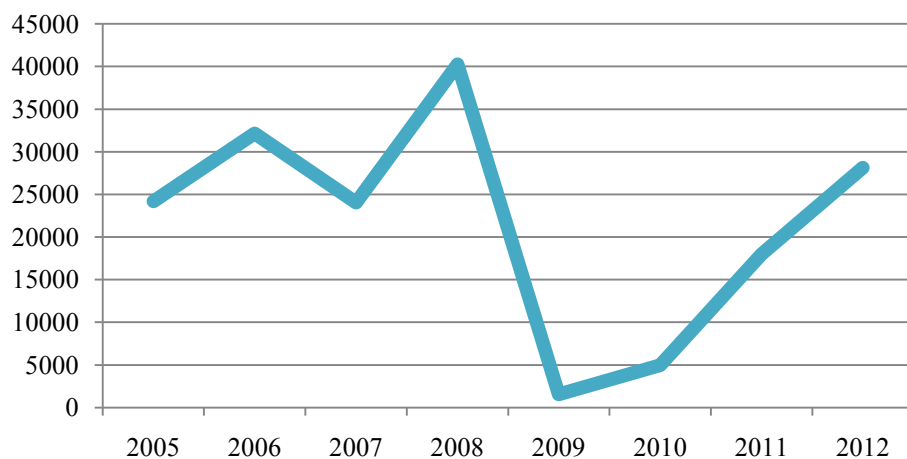
Slika 26 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Škrbine drage u razdoblju od 2005. do 2012. Godine

„Joletine drage“



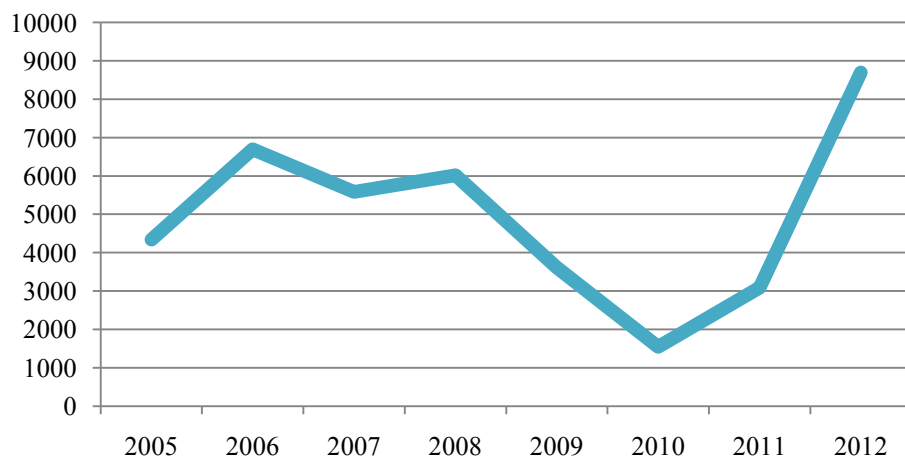
Slika 27 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Joletine drage u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Premužić staza“



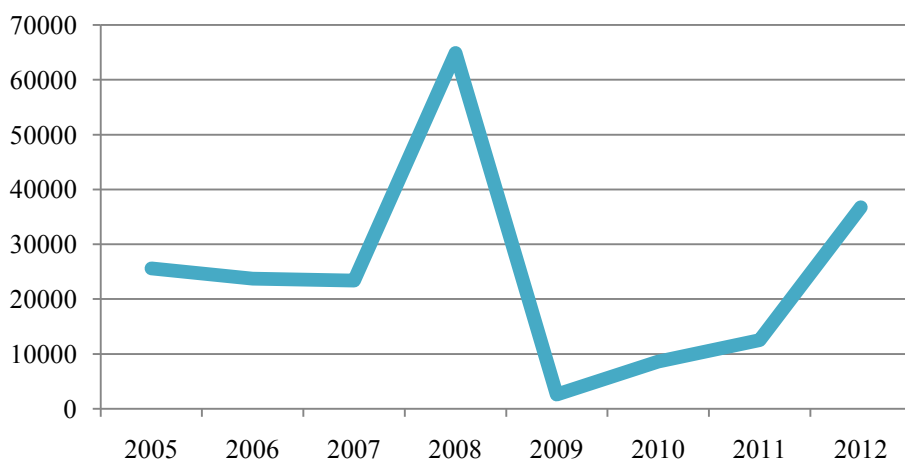
Slika 28 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Premužić staza u razdoblju od 2005. do 2012. godine

„Botanički vrt“

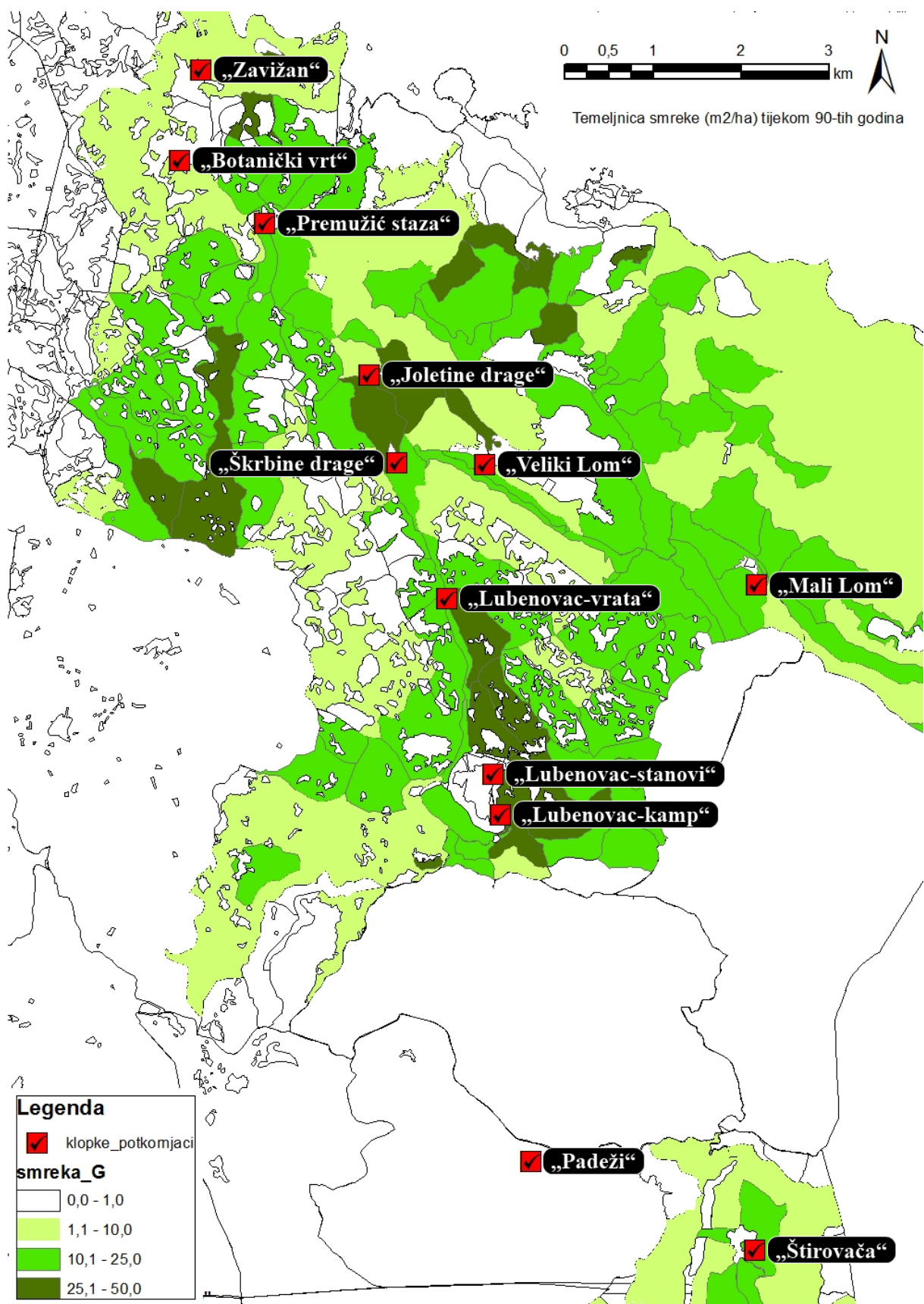


Slika 29 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Botanički vrt u razdoblju od 2005. do 2012. godine

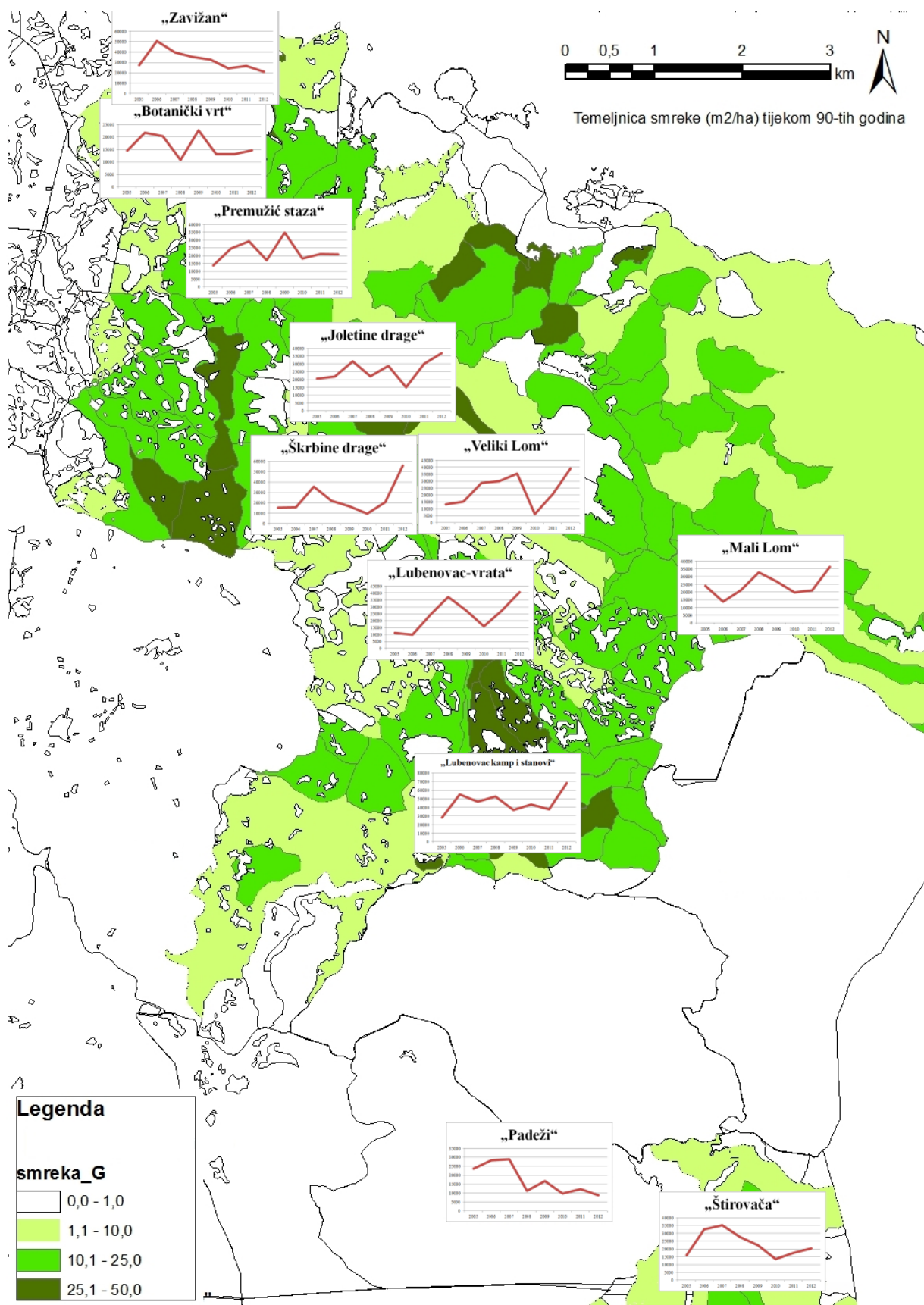
„Zavižan“



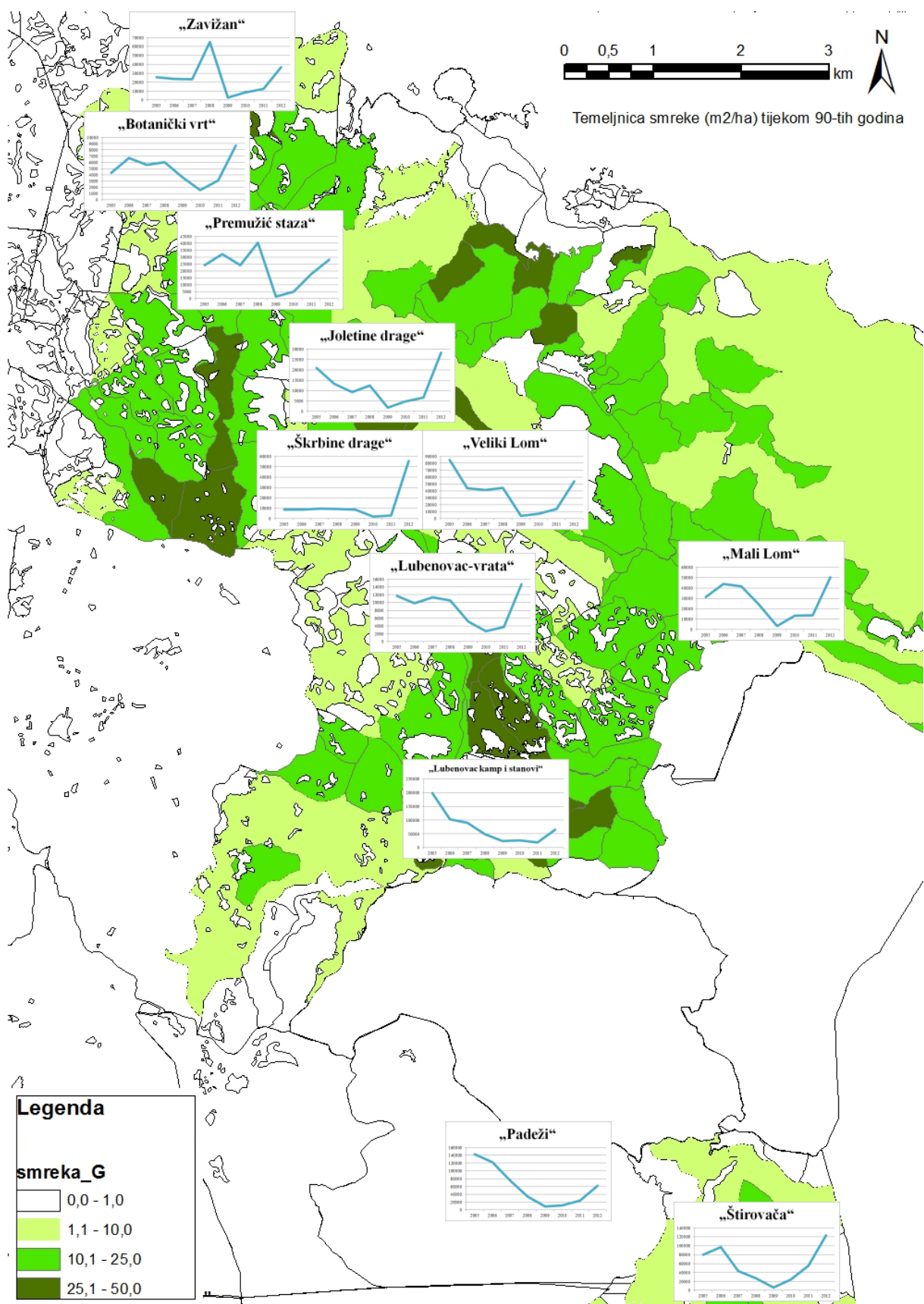
Slika 30 – Ulovi vrste Pityogenes chalcographus na lokaciji Zavižan u razdoblju od 2005. do 2012. godine



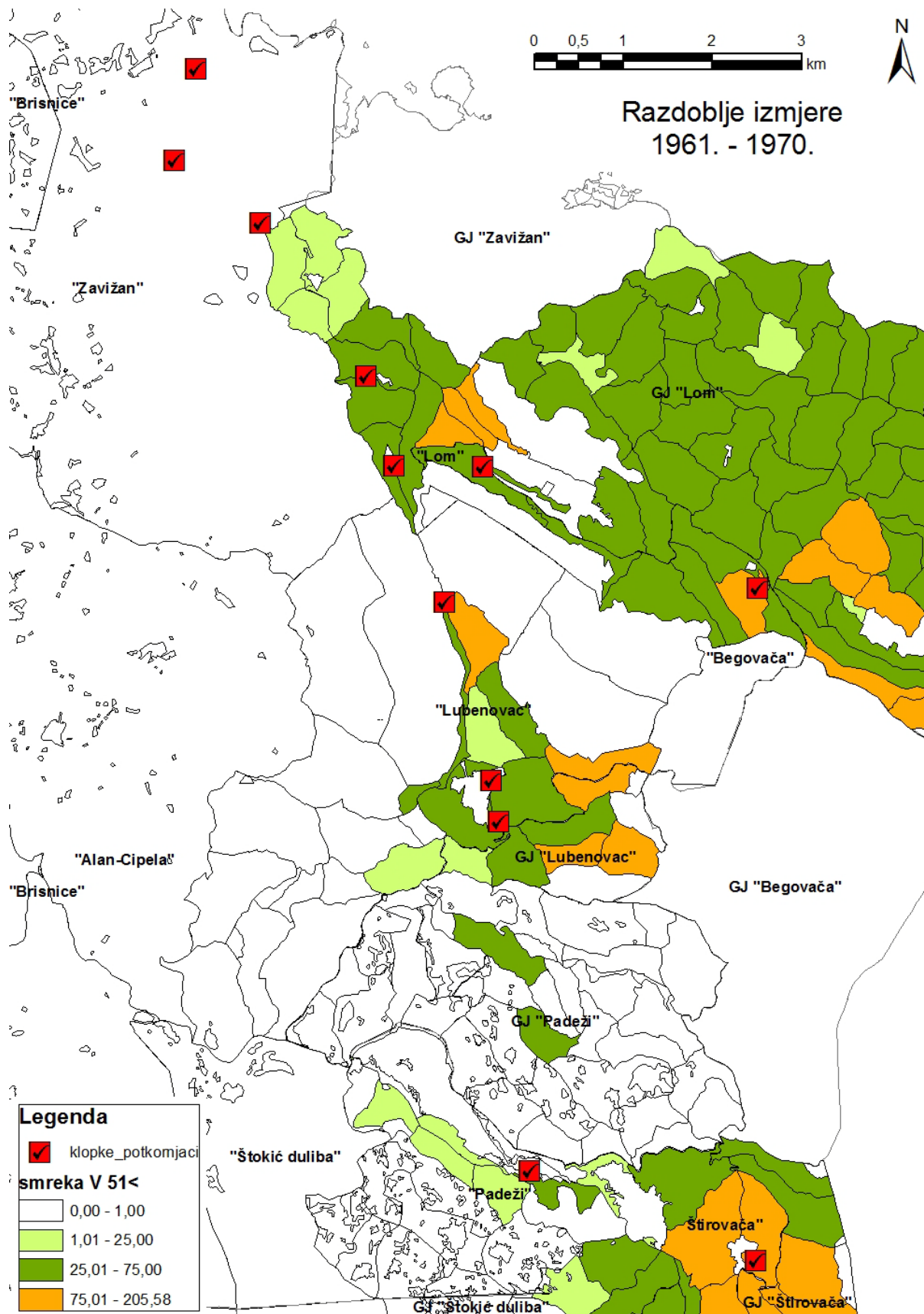
Slika 31 – Prostorni raspored temeljnice smreke (m²/ha) tijekom 90-ih godina s lokacijama klopki



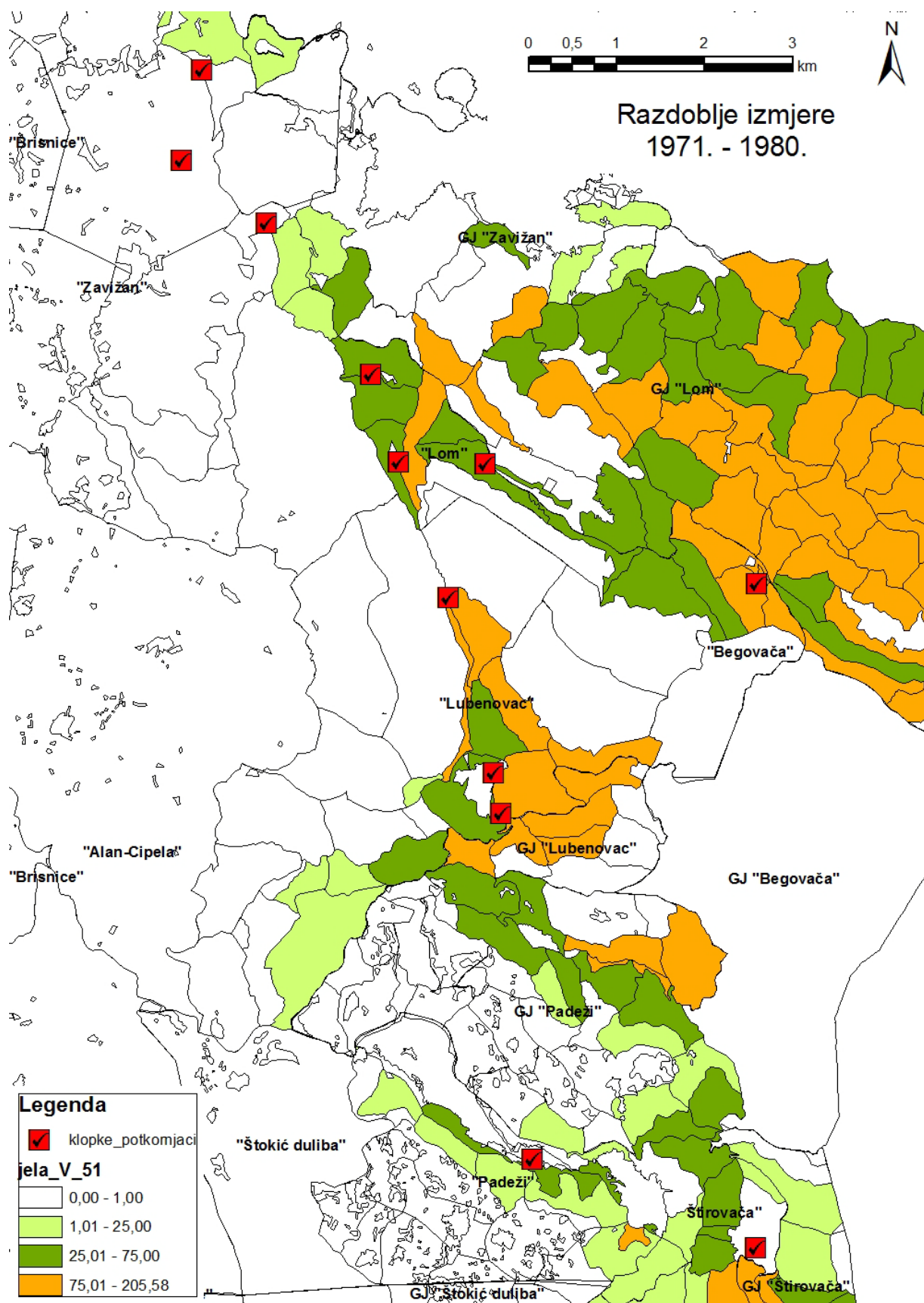
Slika 32 – Prostorni raspored temeljnica smreke (m²/ha) tijekom 90-ih godina s ulovima vrste *Ips typographus* na svakoj lokaciji u razdoblju od 2005. do 2012. godine



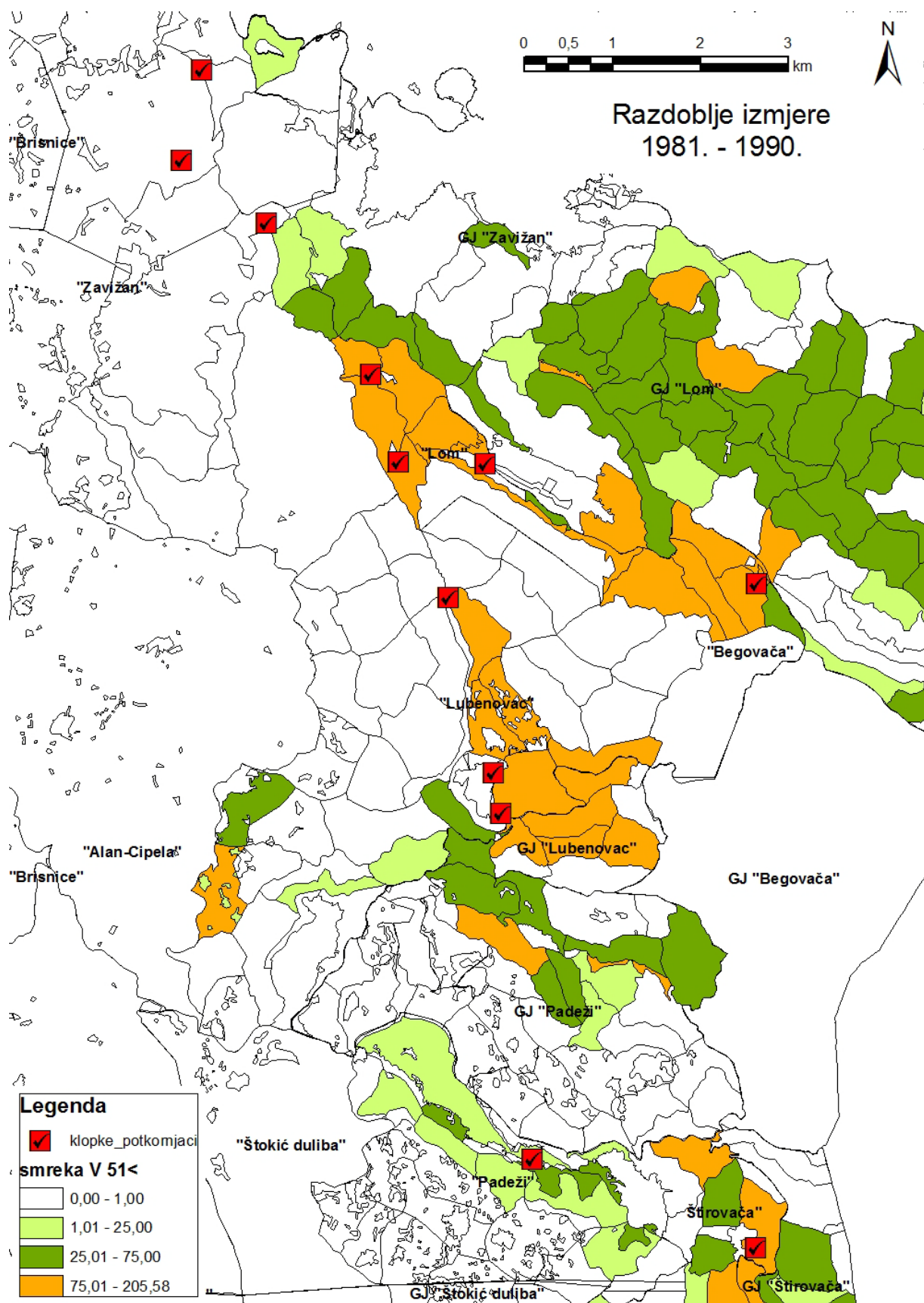
Slika 33 – Prostorni raspored temeljnica smreke (m²/ha) tijekom 90-ih godina s ulovima vrste *Pityogenes chalcographus* na svakoj lokaciji u razdoblju od 2005. do 2012. godine



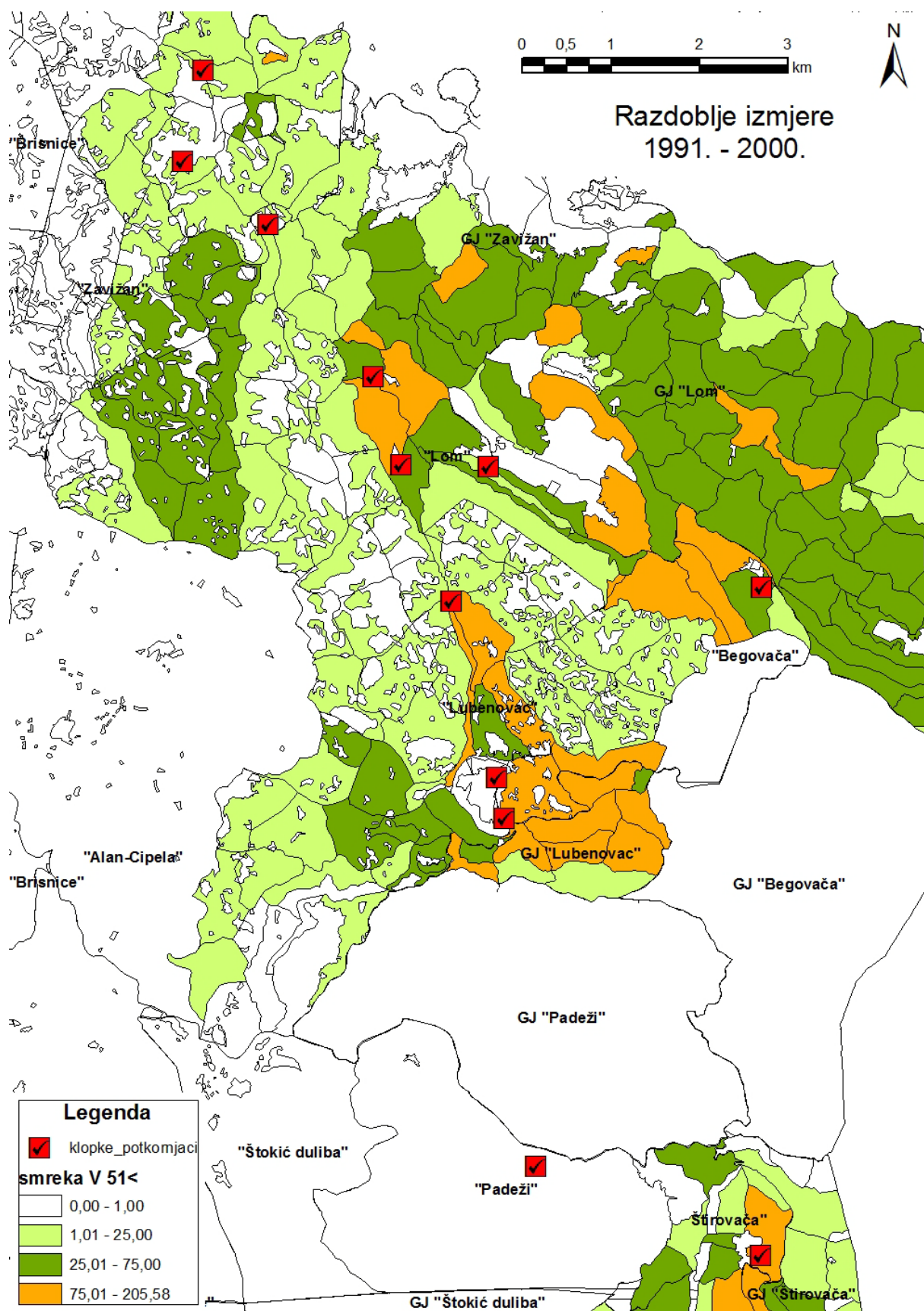
Slika 34 – Prostorni raspored volumena smreke (m³/ha) prsnog promjera većeg od 51 cm na području Sjevernog Velebita za razdoblje mjerenja od 1961. do 1970. godine



Slika 35 – Prostorni raspored volumena smreke (m^3/ha) prsnog promjera većeg od 51 cm na području Sjevernog Velebita za razdoblje mjerenja od 1971. do 1980. godine



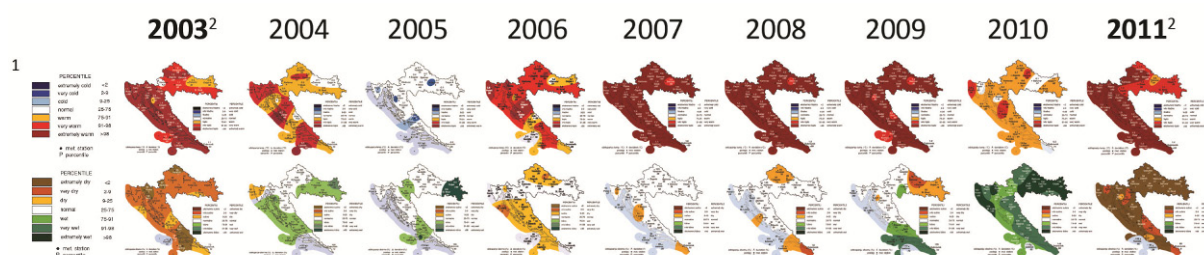
Slika 36 – Prostorni raspored volumena smreke (m³/ha) prsnog promjera većeg od 51 cm na području Sjevernog Velebita za razdoblje mjerenja od 1981. do 1990. godine



Slika 37 – Prostorni raspored volumena smreke (m^3/ha) prsnog promjera većeg od 51 cm na području Sjevernog Velebita za razdoblje mjerenja od 1991. do 2000. godine

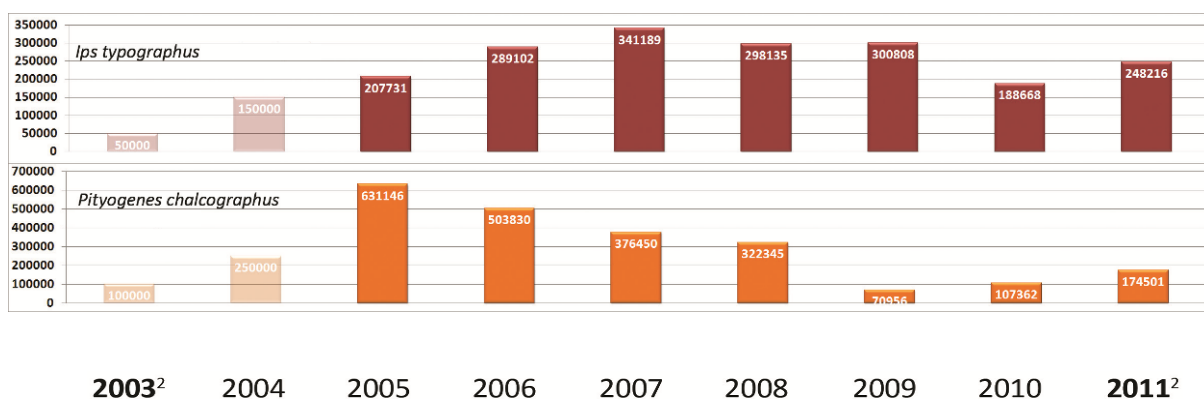
6. Rasprava

Prema podacima o ukupnom godišnjem ulovu za svaku vrstu po godinama (Slika 6) možemo uočiti da je dinamika među dvije praćene vrste potkornjaka različite. Također, uočljivo je da se veći ulov vrste *I. typographus* javlja jednu ili nekoliko godina nakon velikog ulova vrste *P. chalcographus*. Podaci o ulovima na pojedinim lokacijama u razdoblju monitoringa za obje vrste (Slika 9 – 30) nam govore da je maksimum različit po godinama i lokacijama.



Slika 38 – Klimatski uvjeti u Hrvatskoj od 2003. godine do 2011. godine (Hrašovec et al. 2012)

Na slici 38, u gornjem redu prikazana su odstupanja srednje godišnje temperatura u °C, a u donjem redu odstupanja srednje količine padalina u postocima bazirani na tridesetogodišnjem razdoblju (1961. – 1990.). 2003. i 2011. su godine visokih temperatura i suša pa taj čimbenik možemo definirati kao presudni pokretač (okidač) gradacije potkornjaka.



Slika 39 – Fluktuacija populacija vrsta *Ips typographus* i *Pityogenes chalcographus* unutar Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“ u razdoblju od 2003. do 2011. godine

U svakom slučaju, iz podataka monitoringa smrekinih potkornjaka vidljivo je da je 2005. godine, od kada datira sustav, „uhvaćen“ početak opsežne i intenzivne gradacije potkornjaka sa godišnjim ulovima i do 40 000 jedinki *I. typographus* po klopci (do 60 000 jedinki *P.*

chalcographus). Pregled klimatskih podataka za Hrvatsku u razdoblju 2003. – 2012. (Slika 39) upućuje na iznimno toplo i sušno razdoblje tijekom kojeg je započela i trajala ovo prenamnoženje potkornjaka. Slična povezanost klime i masovne pojave potkornjaka zabilježena je i u ostalim dijelovima Europe (Tomiczek et al. 2012). Naredni čimbenik koji je uzet u obzir u polaznoj hipotezi bila je sama smreka, odnosno struktura i dinamika sastojina u kojima je došlo do izbijanja gradacije potkornjaka. Analiza šumsko-gospodarskih osnova i podataka izmjere šuma od 60-ih godina do danas ukazala je na neke činjenice koje se uklapaju u opći koncept ugroženosti smreke kao domaćina i objekt napada potkornjaka. Na prikazima prostornih distribucija smreke debljinskih stupnjeva od 51 cm promjera naviše (Slika 34–37) vidljiva je vremenska promjena i slijed povećanja i periodičnog smanjivanja smreke ovih debljinskih stupnjeva. Već je uvodno napomenuto kako je, općenito uzevši, starija (deblja) smreka u većem stupnju ugroženosti od napada potkornjaka. Redukcija i smanjenje rizika u gospodarskoj šumi dešava se periodično i pod nadzorom čovjeka u smislu odraslih (dozrelih) stabala prebiranjem. Ovo je vidljivo na primjeru dijela površine u gospodarskim jedinicama „Lom“ i „Štirovača“ (Slika 34–36). U ovim je gospodarskim jedinicama u 30-godišnjem razdoblju izvršena sječa doraslih stabala i time posredno smanjen rizik od izbijanja gradacije potkornjaka (kada bi došlo do klimatskih uvjeta za njihovu veću agresivnost od uobičajene). S druge pak strane, na primjeru gospodarske jedinice „Lubenovac“ vidljiv je konstantan porast i gomilanje smreke visokih debljinskih razreda od 60-ih do 90-ih godina prošlog stoljeća (Slika 34–37). Dodatno, proglašenjem ovog područja nacionalnim parkom 1999. godine izostala je svaka mogućnost izvršenja šumsko-gospodarskih aktivnosti, poglavito i najvažnije – sječe stabala visokih debljinskih stupnjeva. Ovakvo povećanje broja stabala koja predstavljaju optimalni objekt potencijalnog napada potkornjaka omogućuje izbijanja njihove gradacije. Tipični „okidači“ gradacija potkornjaka obično su razdoblja izraženih temperaturnih ekstrema (toplo i suho) ili prirodne pojave poput orkanskih vjetrova i šumskih požara.

Iz svega navedenog proizlazi da je struktura sastojina obične smreke na području istraživanja u posljednjih 40 godina pridonijela podizanju rizika od napada potkornjaka. Koincidencija klimatskog skupa čimbenika u razdoblju od 2003. godine do danas s osnutkom nacionalnog parka (trajnim izlučivanjem gospodarskih aktivnosti na ovim površinama) stvorila je povoljne uvjete za porast i pojavu gradacije smrekinih potkornjaka. Duljina i intenzitet gradacije potkornjaka ovisile su o količini dostupnog materijala za njihov razvoj, a nakon prelaska u eruptivnu fazu (2005-2006) više nisu ovisile o klimatskim preduvjetima (Slika 6–30).

7. Zaključci

Poredbenom analizom strukture i prostornog rasporeda obične smreke na Sjevernom Velebitu i podataka o posljednjoj gradaciji smrekinih potkornjaka na ovom području možemo zaključiti:

- Godinom izbijanja gradacije potkornjaka može se smatrati 2005. Godišnji ulovi do 20 000 jedinki *I. typographus* po feromonskoj klopi u godinama koje slijede predstavljaju fazu agresivnog napada ove vrste i javljaju se u godinama nekontroliranog širenja potkornjaka
- 2003. godina može se smatrati godinom „okidačem“, tj. prekretnicom u stanju lokalnih populacija smrekinih potkornjaka i početkom ulaska u razdoblje povećanja njihovih populacija
- Nepovoljna debljinska struktura smrekovih sastojina Sjevernog Velebita, s velikim učešćem debelih smrekovih stabala (posebno u nekim dijelovima poput Lubenovca, Joletinih draga i Škrbinih draga) dodatno su omogućile da se prvotni porast populacije pretvori u pravu nekontroliranu gradaciju smrekinih potkornjaka
- Recentne promjene strukture sastojina, nastale kao posljedica djelovanja potkornjaka i ugibanja većeg dijela debelih smrekovih stabala onemogućit će dalji nastavak gradacije i njen konačni kolaps

8. Zahvale

Prilikom izrade ovog rada u velikoj mjeri su mi pomogli dr. sc. Krešimir Krapinec ustupanjem prostornih podataka o volumenu i temeljnici smreke, te mentor prof. dr. sc. Boris Hrašovec ustupanjem podataka o ulovima potkornjaka. Ovim putem im se zahvaljujem na strpljivosti i trudu koji su uložili tijekom izrade ovog rada.

9. Popis literature

Anon., 1966: Šumsko-privredna osnova. Gospodarska jedinica „Štirovača“. Šumarski projektni biro – Rijeka. Razdoblje važenja 1966. – 1975.

Anon., 1967: Gospodarska jedinica „Lubenovac“. Osnova gospodarenja 1968. – 1977., Šumarski projektni biro Rijeka, Rijeka, 65 pp.

Anon., 1969: Gospodarska jedinica „Padeži“. Osnova gospodarenja, 1968-1977. Šumarski projektni biro – Rijeka.

Anon., 1971: Osnova gospodarenja. Gospodarska jedinica „Zavižan“. Razdoblje važenja 1971. – 1981. Šumarski projektni biro – Rijeka.

Anon., 1976: Osnova gospodarenja. Gospodarska jedinica „Štirovača“. Sekcija za uređivanje šuma – Rijeka. Razdoblje važenja 1976. – 1985.

Anon., 1980: Gospodarska jedinica „Padeži“. Osnova gospodarenja 1978.-1987. Odjel za uređivanje šuma Šumskog gospodarstva Senj.

Anon., 1982: Gospodarska jedinica „Zavižan“. Osnova gospodarenja važi od 1.1.1982. do 31.12.1991. Odjel za uređivanje šuma Šumskog gospodarstva Senj.

Anon., 1985: Gospodarska jedinica „Štirovača“. Osnova gospodarenja važi od 1.1.1986. do 31.12.1995. Odjel za uređivanje šuma Šumskog gospodarstva Senj.

Anon., 1987: Gospodarska jedinica „Lubenovac“. Osnova gospodarenja 01.01.1988. – 31.12.1997., GPŠG Delnice, Sektor za uređivanje šuma Ogulin, Odjel za uređivanje šuma Senj.

Anon., 1988: Gospodarska jedinica „Lom“. Osnova gospodarenja 01.01.1987. – 31.12.1996., GPŠG Delnice, Sektor za uređivanje šuma Ogulin, Odjel za uređivanje šuma Senj.

Anon., 1990: Gospodarska jedinica „Padeži“. Osnova gospodarenja 1989.-1998. Odjel za uređivanje šuma Šumskog gospodarstva Senj.

Anon., 1993: Gospodarska jedinica „Zavižan“. Osnova gospodarenja, 1.1.1992. – 31.12.2001. Hrvatske šume, Uprava šuma Senj, Odjel za uređivanje šuma Senj.

Anon., 1996: Gospodarska jedinica „Štirovača“. Osnova gospodarenja 1.1.1996. – 31.12.2005. Odjel za uređivanje šuma Senj.

Anon., 1997: Gospodarska jedinica „Lubenovac“. Osnova gospodarenja 1998. – 2007., Hrvatske šume, Odjel za uređivanje šuma Senj, Senj.

Anon., 1999: Gospodarska jedinica „Lom“. Osnova gospodarenja 1997. – 2006., Hrvatske šume, Odjel za uređivanje šuma Senj, Senj.

- Arthofer, W., 2005: Mitochondrial and Nuclear Markers for Analyzing the Phylogeography of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera, Scolytidae): Development, Applications and Pitfalls. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Dr. nat. techn. Ausgeführt am Institut für Wald- und Bodenwissenschaften eingereicht an der Univesität für Bodenkultur Wien, 121 str.
- Baier, P., 1996: Defence reactions of Norway spruce (*Picea abies* Karst) to controlled attacks of *Ips typographus* (L.) (Col Scolytidae) in relation to tree parameters. Journal of Applied Entomology, 120: 587–593
- Becker, T., Schröter, H., 2000: Ausbreitung von rindenbrütenden Borkenkäfern nach Sturmschäden. Allg. Forstztg. 55: 280–282
- Berryman, A.A., 1988: Dynamics of forest insect population: Patterns, Causes, Implications. Plenum Press, New York and London, 603 str.
- Byers, J.A., 2004: Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. In: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.C., Evans H.F. (eds.), Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe. A Synthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 89-134
- Christiansen, E., Bakke, A., 1988: The spruce bark beetle of Euroasia. In: Dynamics of forest insect population: Patterns, Causes, Implications, Ed.: Berryman, A.A., Plenum Press, New York and London, 479–503
- Dutilleul, P., Nef, L., Frigon, D., 2000: Assessment of site characteristics as predictors of the vulnerability of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) stands to attack by *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). J. Appl. Entomol. 124: 1–5
- Hrašovec B., Krušić I., Šilić T., Franjević M., 2012: Multiyear bark beetle population outbreak in the Northern Velebit nacional park and surrounding forests-management strategies and their implications on outbreak dynamics. 3rd European Congress of Conservation Biology, Glasgow, 28 August-1 September 2012, poster.P17.6
- Hrašovec, B., M. Pernek, D. Matošević, 2008: Spruce, Fir and Pine Bark Beetle Outbreak Development and Gypsy Moth Situation in Croatia in 2007. Fortschutz Aktuell, 44: 12–13 str

- Jakuš, R., 1998: Types of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz. 71: 41–49
- Joensuu, J., Heliövaara, K. & Savolainen, E. 2008: Risk of bark beetle (Coleoptera, Scolytidae) damage in a spruce forest restoration area in central Finland. *Silva Fennica*, 42(2): 233–245
- Lakić, I., 1967: Gospodarska jedinica „Lom“. Osnova gospodarenja 1967. – 1976., Šumarski projektni biro Rijeka, Rijeka.
- Lexer, M.J., 1995: Beziehungen zwischen der Anfälligkeit von Fichtenbeständen (*Picea abies* (L.) Karst.) für Borkenkäferschäden und Standorts- und Bestandesmerkmalen unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung. Dissertation Universität für Bodenkultur, Wien.
- Lexer, M.J., 1997: Risikoanalyse und Ableitung waldbaulicher Massnahmen zur Beeinflussung des Borkenkäferisikos in Fichtenbeständen. FBVA (Forstl. Bundesvers.anst.), Berichte 95: 79–89
- Lieutier, F., 2002: Mechanisms of resistance in conifers and bark beetle attack strategies. In: Wagner, M.R., Clancy, K.M., Lieutier, F., Paine, T.D. (Eds.), *Mechanisms and Deployment of Resistance in Trees to Insects*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 31–77
- Lieutier, F., 2004: Host resistance to bark beetles and its variations. in: Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.C., Evans H.F. (eds.), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 135–180
- Lobinger, G., Skatulla, U., 1996: Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anz. Schädl.kd. Pflanzenschutz Umweltschutz, 69: 183–185
- Nef, L., 1994: Estimation de la vulnérabilité de pessiers aux attaques d'*Ips typographus* L. à partir de caractéristiques stationnelles. *Silva Belgica*, 101: 7–14
- Nihoul, P., Nef, L., 1992: Caractéristiques anatomiques de l'écorce de l'épicéa commun *Picea abies* Karst. et intensité des attaques d'*Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.* 114: 26–31

- Pfeffer, A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologia, Naturhistorisches Museum Basel.
- Postner, M., 1974: Scolytidae (= Ipsidae), Borkenkäfer. In: Schwenke W. (ed.) Die Forstschädlinge Europas. Band 2., Parey, Berlin, 334–482
- Raffa, KF., Aukema, BH., Bentz, BJ., Carroll, AL., Hicke, JA., Turner, MG., Romme, WH. 2008: Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: Dynamics of biome-wide bark beetle eruptions. BioScience, 58: 501–517
- Skorup, V., 1980: Gospodarska jedinica „Lom“. Osnova gospodarenja 1977. – 1986., Šumsko gospodarstvo „Senj“, Senj.
- Skorup, V., 1987: Gospodarska jedinica „Lubenovac“. Osnova gospodarenja 1978. – 1987., Šumsko gospodarstvo „Senj“, Senj.
- Tomiczek, C., Cech, T.L., Fürst, A., Hoyer-Tomiczek, U., Krehan H., Perny, B., Steyrer, G., 2012: Waldschutzsituation 2011 in Österreich. Forstschutz Aktuell, 56: 3–10
- Vujević, B., 2010: Gradacija potkornjaka u NP “Sjeverni Velebit“ i neki elementi važni za planiranje upravljanja područjem dodira gospodarske šume i nacionalnog parka. Diplomski rad, Šumarski fakultet, 35 str.
- Wermelinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* - a review of recent research. Forest Ecology and Management, 202: 67–82

10. Sažetak

Gradacija smrekinih potkornjaka na Sjevernom Velebitu u razdoblju od 2005. do 2012. godine i okolnosti njena nastanka

Maja Križanec

Rezultati osmogodišnjeg praćenja intenziteta gradacije smrekinih potkornjaka (*Ips typographus* i *Pityogenes chalcographus*) na području Sjevernog Velebita pokazuju njenu jačinu i vremenski tijek. Gradacija je započela u klimatski osebujnom 2003. godinom (sušna i topla godina), nastavila sa pojačavanjem u 2004., i prešla u eruptivnu fazu 2005. godine. Stanje gradacije u godinama koje slijede ukazuje na njen kontinuitet i manje kolebanje ali još uvijek u vrlo visokim gustoćama populacije smrekinih potkornjaka. Ovo se dovodi u vezu sa još uvijek značajnom dostupnom količinom smreke u visokim debljinskim razredima. Upravo je struktura smrekovih sastojina, odnosno analiza njihove prostorne i vremenske distribucije u razdoblju 1960. – 1990. pokazala kako je u dekadama prije gradacije došlo do povećanja drvene mase i njene akumulacije u visokim debljinskim stupnjevima (preko 50 cm prsnog promjera). Koicidencija stanja nepovoljne debljinske strukture sa prestankom gospodarskih zahvata nakon stavljanja značajnog dijela ovih površina pod trajnu zaštitu nacionalnog parka, rezultirala je povećanjem rizika za izbijanje gradacije potkornjaka do koje je i došlo nastupom za potkornjake povoljnih klimatskih prilika 2003. godine.

Ključne riječi: gradacija, smreka, potkornjaci, klima, starosna struktura

11. Summary

Spruce bark beetle outbreak in the period 2005-2012 in the North Velebit area and its genesis

Maja Križanec

Eight year monitoring of the outbreak intensity of spruce bark beetles (*Ips typographus* i *Pityogenes chalcographus*) in the North Velebit area reveal its dynamics and temporal spread. Outbreak started in climatically specific 2003 (dry and warm), continued in 2004 and turned into an eruptive phase in 2005. The speed and intensity of outbreak in the following years show its continuity with lesser fluctuations but still in very high densities. This is connected with the availability of still unattacked spruces in high diameter classes. It is exactly the

structure of spruce stands, namely their spatial and temporal distribution in the period 1960 – 1990 that added to timber accumulation in higher diameter classes (above 51 cm dbh). Coincidence of the unfavourable spruce age structure (large proportion of older trees) with the exclusion of timber harvest due to the newly established national park regime, resulted with heightened risks for the explosion of bark beetle outbreaks that eventually occurred in 2003.

Key words: outbreak, spruce, bark beetles, climate, age class