

UTJECAJ URODA SJEMENA OBIČNE BUKVE (*Fagus sylvatica* L.) NA POPULACIJE SITNIH GLODAVACA I POJAVNOSTI HANTAVIRUSA U ŠUMAMA NACIONALNOG PARKA „PLITVIČKA JEZERA“ I PARKA PRIRODE „MEDVEDNICA“

INFLUENCE OF BEECH MAST ON SMALL RODENT POPULATIONS AND HANTAVIRUS PREVALENCE IN NACIONAL PARK „PLITVICE LAKES“ AND NATURE PARK „MEDVEDNICA“

Linda BJEDOV¹, Petra SVOBODA², Ante TADIN², Josipa HABUŠ³, Zrinka ŠTRITOF³, Nikolina LABAŠ⁴, Marko VUCELJA¹, Alemka MARKOTIĆ², Nenad TURK³, Josip MARGALETIĆ¹

Sažetak

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj ima najveći areal, najzastupljenija je vrsta na obraslom šumskom zemljištu i pojavljuje se u velikom broju šumskih zajednica. Urod bukvice bilježi se kao bitan faktor porasta populacije sitnih glodavaca, koji su poznati prijenosnici niza zaraznih bolesti opasnih za čovjeka. Cilj ovog istraživanja je praćenje populacija sitnih glodavaca i hantavirusa u bukovim šumama. U okviru rada obavljen je izlov u periodu od 2011. do 2014. godine na ukupno 7 lovnih ploha raspoređenih na dva lokaliteta (NP Plitvička jezera i PP Medvednica). Ulovljene jedinke obrađene su na prisutnost hantavirusa. Na lovnim plohama u NP Plitvička jezera mjeren je i urod bukvice. Rezultati ovoga rada pokazali su da u bukovim šumama dominiraju žutogrli šumski miš i šumska voluharica te zajedno čine 99 % ulova. Brojnost sitnih glodavaca karakterizirale su povišene vrijednosti u 2012. godini i visoka brojnost („mišja godina“) u 2014. godini, dok je 2011. i 2013. godinu karakterizirala niska brojnost. Kod obrađenih glodavaca potvrđena je prevalencija 3 vrste hantavirusa. Puumala virus bio je zastupljen u 50 % ulova šumske voluharice, Dobrava (DOBV) u 5 % ulova žutogrlog šumskog miša i hantavirus Seeewis (SWSV) u jednoj od dvije ulovljene jedinke šumske rovke. Urod bukvice na lovnim plohama NP Plitvička jezera zabilježen je povišen u 2011. godini i obilan u 2013. godini. Iz podataka utvrđujemo pozitivnu vezu između količine jesenskog uroda bukvice te porasta populacija sitnih glodavaca, porasta prevalencije hantavirusa i epidemije mišje groznice u godinama nakon obilnog uroda.

KLJUČNE RIJEČI: sitni glodavci, obična bukva, urod bukvice, hantavirusi

¹ Dr. sc. Linda Bjedov, e-mail: lbjedov@sumfak.hr; dr.sc. Marko Vucelja; prof.dr.sc. Josip Margaletić, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarstvo, Svetošimunska 25, Zagreb, Hrvatska

² dipl. ing. biol. Petra Svoboda, dr. sc. Ante Tadin, prof. dr. sc. Alemka Markotić, Klinika za infektivne bolesti „Dr. Fran Mihaljević“, Mirogojska 8, Zagreb, Hrvatska

³ doc. dr. sc. Josipa Habuš; doc. dr. sc. Zrinka Štritof; prof.dr.sc. Nenad Turk, Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Zavod za mikrobiologiju i zarazne bolesti s klinikom, Heinzelova 55, Zagreb, Hrvatska

⁴ mag. ing. silv. Nikolina Labaš

UVOD INTRODUCTION

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u svome prirodnom arealu zauzima površinu do 20 milijuna hektara, od čega čini oko 10% površine europskih šuma (Milescu i Alexe 1967.). Bjelogorična je vrsta drva iz porodice Fagaceae, koja u Hrvatskoj od svih drvenastih i gospodarskih važnih šumskih vrsta ima najveći areal (Trinajstić 2003.). Njeno cvjetanje počinje nakon listanja u travnju ili svibnju, iako neki autori navode cvjetanje i za vrijeme listanja (Nielsen i Schaffalitzky de Muckadell 1954., Paule i dr. 1984.). Plod bukve nalazi se u kupuli, dolazi u paru, smeđe je boje, trobridan i jestiv, dozrijeva u rujnu ili početkom listopada, a otpada nakon prvih mrazeva u listopadu ili početkom studenoga (Vidaković i Franjić 2003.). Bukva u dobi od 40-80 godina stvara svoje prve sjemenke, a proizvodnja sjemena povećava se sa starošću stabla (Rudolf i Leak 1974.). Fruktifikacija je neredovita. Obilan urod bukve javlja se u različitim intervalima, najčešće u rasponu od 4 do 10 godina (Rudolf i Leak 1974., Holmsgaard i Olsen 1960.). Klimatski uvjeti imaju velik utjecaj na urod bukve (Matthews 1955., Holmsgaard i Olsen 1960., Hilton i Packham 1997., Övergaard i dr. 2007., Drobyshev i dr. 2010.). Temperatura u srpnju pozitivno korelira s količinom uroda sljedeće godine (Matthews 1955., Övergaard i dr. 2007.). Kalorijska vrijednost bukvice iznosi 5994 cal/g, što ju svrstava u sam vrh listača po kalorijskoj vrijednosti ploda (Grodziński i Sawicka-Kapusta 1970.). Takav plod izvor je hrane mnogih životinja, a mnogi ističu glodavce kao bitne predatore (Lelouarn i Schmitt 1972., Watt 1923., Jensen 1982., Jensen 1985.). Glodavci su u godinama punog uroda odgovorni za konzumiranje 1,7-4,3 % bukvice, dok u drugim godinama taj broj iznosi 70-100% uroda (Jensen 1982.). Urod bukve bitno utječe na dinamiku populacije sitnih glodavaca i povezan je s njihovim prenamnožavanjem u godini nakon punog uroda (Jensen 1982., Wolff 1996., Jensen i dr. 2012.). U slučaju obilnog uroda šumskog sjemena gustoća populacije glodavaca doseže svoj vrhunac godinu nakon uroda nakon čega slijedi drastično smanjenje populacije preko zime. Obilan urod šumskog sjemena omogućava sitnim glodavcima koji su aktivni zimi da se i dalje tijekom zime razmnožavaju, što rezultira masovnim pojavama već u rano proljeće (Zeja 1962., Smyth 1968., Bäumlner 1981., Jensen 1982., Wolff 1996.).

U kontinentalnim šumama Hrvatske najučestalije vrste sitnih glodavaca koje u godinama prenamnoženja mogu postati uzročnicima oštećenja šumskog sjemena i mladih biljka su: prugasti poljski miš (*A. agrarius* Pall.), žutogri šumski miš (*A. flavicollis* Melch.), šumski miš (*A. sylvaticus* L.), šumska voluharica (*M. glareolus* Schreb.), poljska voluharica (*M. arvalis* Pall.), livadna voluharica (*M. agrestis* L.), vodeni voluhar (*A. terrestris* L.) i podzemni voluharić (*M. subterraneus* de Sel.) (Margaletić 1998., Margaletić i dr.

2005.). Glodavci su također prijenosnici niza zaraznih bolesti opasnih za zdravlje čovjeka, domaćih i divljih životinja (Mills i Childs 1998., Stenseth i dr. 2003., Ostfeld i Holt 2004., Jones i dr. 2008.). Jedna od široko rasprostranjenih prirodnožarišnih zoonoza koju prenose glodavci, velikog javnozdravstvenog i strateškog značenja je hemoragijska vrućica s bubrežnim sindromom (HVBS), poznata također pod imenom mišja groznica. Uzročnici HVBS-a su virusi roda *Hantavirus* (HTV) koji pripadaju porodici Bunyaviridae, a koja obuhvaća preko 300 virusa koji inficiraju biljke, životinje i ljude (Fenner 1975., Bishop i dr. 1980., Schmaljohn i Hooper 2001.). Unutar roda *Hantavirus* trenutno su u svijetu poznate 23 vrste (Schmaljohn i Hjelle 1997., Colleen i dr. 2010.). Rezervoare hantavirusa koji se na čovjeka prenose udisanjem zaraženog aerosola ili kroz izravni kontakt čine mnoge vrste glodavaca iz porodice Muridae u Europi, Aziji i Americi (Schmaljohn i Hjelle 1997., Yates i dr. 2002., Markotić i dr. 2009., Plyusnina i dr. 2011.). U Europi su zabiježena u različitim područjima četiri različita hantavirusa: Puumala (PUUV), Dobrava (DOBV), Saarema (SAAV) i Tula (TULV) (Vapalahti i dr. 2003.). Za viruse Saarema i Tula još nema dovoljno dokaza da uzrokuju manifestne oblike bolesti u ljudi, iako su opisani pojedinačni slučajevi (Vapalahti i dr. 2003., Sironen i dr. 2005., Bi i dr. 2008.). Virus PUUV u pravilu izaziva blage do srednje teške oblike bolesti bez krvarenja i teških bubrežnih oštećenja, a DOBV srednje teške do teške (Kuzman i dr. 1997., Avšić-Županc i dr. 1999., Markotić i dr. 2002., Kuzman i Petričević 2003., Heyman i dr. 2009.) s rastom mortaliteta od 3% do 12% (Vapalahti i dr. 2003., Bi i dr. 2008.). Epidemije mišje groznice nerijetko prate ratne sukobe, a rizične skupine su vojnici, šumski radnici, poljoprivrednici, izletnici (Petričević i dr. 1989., Ropac i dr. 1991., Sibold i dr. 1999., Gill i dr. 2000., Kuzman i Markotić 2002., Ledina i dr. 2002., Mulić i Ropac 2002., Bjedov i dr. 2011., Mertens i dr. 2011.). Cilj ovog rada bio je praćenje uroda sjemena u bukovim šumama, dinamike populacije sitnih glodavaca, pojavnost hantavirusa na području Nacionalnog parka Plitvička jezera i Parka prirode Medvednica, te analiza njihovog međusobnog utjecaja.

MATERIJALI I METODE MATERIAL AND METHODS

Za istraživanja su odabrana dva lokaliteta s ukupno sedam lovnih ploha, na kojima su obavljani izlovi sitnih glodavaca (Tablica 1.). Tri lovne plohe postavljene su na području Nacionalnog parka Plitvička jezera, a četiri plohe na području Parka prirode Medvednica. U nastavku su opisane značajke odabranih lokaliteta.

Na svakoj od tri lovne plohe u NP Plitvička jezera postavljena je jedna lovna površina. Sve tri lovne plohe odabrane su u blizini vode radi boljeg uvida u moguće rizike zaraze

posjetitelja uzročnicima zoonoza koji se većinom zadržavaju u području jezera. Lovne su plohe izabrane u dogovoru i nadgledanost stručne službe Javne ustanove „Nacionalni park Plitvička jezera“, a svi posjeti lovnim ploham, mjerenja i izlovi sitnih glodavaca bili su pod nadzorom i asistencijom stručne službe. Na području Parka prirode Medvednica odabrane su četiri lovne plohe na južnoj padini, od kojih su tri bile unutar granica Parka prirode Medvednica, a četvrta je postavljena na području Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zagreb (Dotršćina) kojim gospodari Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. U vertikalnoj zonosti lovne plohe protezale su se od naseljene zone u podnožju planine (230 m n.v.) pa do njenog vrha (990 m n.v.). Na svakoj plohi postavljene su dvije lovne površine. Sve četiri plohe izabrane su u dogovoru s Hrvatskim šumama d.o.o. i JU Parka prirode Medvednica. Kako bi se izbjegao izravni kontakt posjetitelja s lovnim ploham, na oba lokaliteta odabrane su površine kroz koje ne prolaze poučne, biciklističke ili planinarske staze. Veličina svake lovne površine na lovnjoj plohi iznosila je približno jedan ha, bila je kvadratnog oblika i definirana s četiri GPS rubne točke. Svaka lovna površina podijeljena je na 10 paralelnih redova i stupaca međusobno udaljenih 10 m. Sveukupno je postavljeno 100 točaka po lovnjoj površini (Hille i Rödel 2013., Young i dr. 2014.). Za izlov sitnih glodavaca korištene su mrtvolovke tipa „Mini T-rex Mouse Snap Trap“ (proizvođač Bell Labs), a za mamac korišten je kikiriki maslac. Nakon svakog izlova zamke su oprane mješavinom vode i biodegradabilnog detergentskog dezinficijensa ASEPSOL® eko (proizvođač: PLIVA HRVATSKA d.o.o) u omjeru 1:20.

Ulovljenim jedinkama određivana je vrsta, spol, reproduksijski status, dob, masa, duljina tijela, glave, repa i stražnjeg stopala. Jedinkama kojima su nedostajali dijelovi tijela (pojedeni od strane različitih predatora) izmjereni su mjerljivi parametri. Za svaku ulovljenu jedinku bilježilo se broj točke i GPS koordinate korištenjem uređaja (Garmin Oregon 450). Tijekom izlova sitnih glodavaca poštovane su odredbe

American Society of Mammalogists (Animal Care and Use Committee, 1998.). Testiranje prevalencija hantavirusa uzimanjem uzoraka pluća obavljeno je u Klinici za infektivne bolesti „Dr. Fran Mihaljević“ u Zagrebu. Detekcija RNA hantavirusa obavljena je metodom lančane reakcije polimerazom (PCR). RNA virus Puumala kod riđe voluharice (*Myodes glareolus*) i RNA virus Dobrava žutogrlog šumskog miša (*Apodemus flavicollis*) utvrđivani su reverznom transkripcijom lančane reakcije polimeraze (nested RT-PCR) za djelomični S-segment hantavirusa (Nichol i dr. 1993., Bowen i dr. 1997., Chu i dr. 1995., Avšič-Županc i dr. 2000.).

U NP Plitvička jezera na poziciji svake točke/zamke u rujnu svake godine bilježen je urod bukvice prebrojavanjem kupa na površini od jednog m² s označenom točkom kao središtem kvadrata.

Za prikaz podataka brojnosti glodavaca korištena je relativna brojnost ili indeks gustoće populacije (I). Izračunavanje se vrši prema formuli $I = 100 \times n/P$, gdje n označava ulovljen broj jedinki jedne vrste, a P ukupan broj lovnih noći (broj aktivnih zamki x broj noći) (Cagnin i dr. 1998., Ouin i dr. 2000.; Klača i dr. 2005., Heroldova i dr. 2007.). Prikupljeni podaci obrađivani su korištenjem programskih paketa Microsoft Office Excel 2007, STATISTICA (Version 8.0, StatSoft. Inc.), i PAST (Version 3.6, Hammer i dr. 2001.). Podaci su testirani na zadovoljen uvjet homogenosti varijance te su korišteni parametrijski ili neparametrijski testovi (t-test, Kruskal-Wallis, ANOVA). Pri svim analizama pogreška od 5% ($p < 0.05$) smatrala se statistički značajnom.

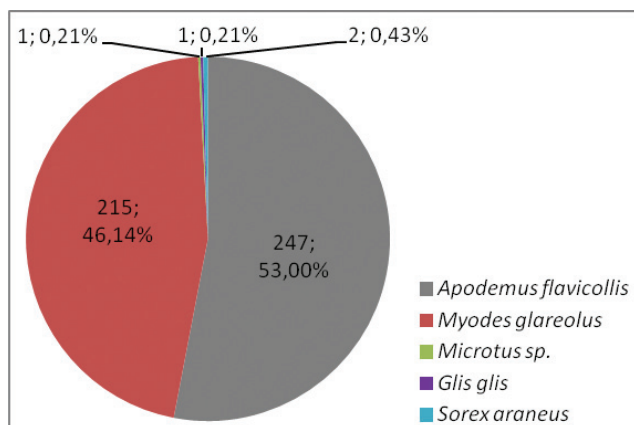
REZULTATI RESULTS

Tijekom istraživanja koje je obavljeno u razdoblju od 2011. do 2014. godine ukupno je ulovljeno 466 jedinki sitnih glodavaca, od kojih je 427 (91,6 %) obrađeno na prisutnost hantavirusa, dok je 39 jedinki bilo neiskoristivo radi kontaminacije. Od ukupno 466 ulovljenih jedinki sitnih gloda-

Tablica 1. Obilježja lovnih ploha na području NP Plitvička jezera i PP Medvednica iz gospodarskih osnova.

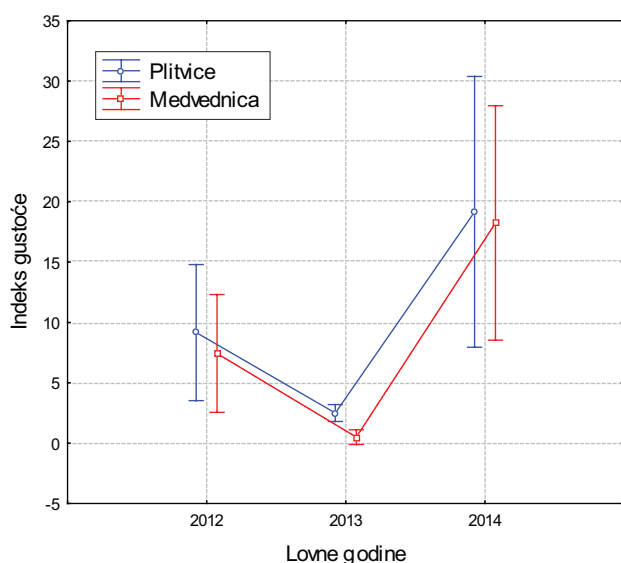
Table 1 Characteristics of trapping sites in National Park Plitvice lakes and Nature Park Medvednica

Lokalitet Location	Kratice lovnih ploha Trapping site abbreviation	Nadmorska visina (m) Altitude (m)	Starost sastojine (godina) Stand age	Biljna zajednica Forest community
Plitvička j.	PL1	625-754	preborna šuma mixed forest	<i>Helleboro nigri-Fagetum typicum</i> Zukrigl 1973
Plitvička j.	PL2	550-650	preborna šuma mixed forest	<i>Lamio orvale-Fagetum sylvaticae</i> (Ht. 1938) Borhidi 1963
Plitvička j.	PL3	534-590	preborna šuma mixed forest	<i>Lamio orvale-Fagetum sylvaticae</i> (Ht. 1938) Borhidi 1963
Medvednica	ML1	225	70	<i>Epimedio-Carpinetum betuli</i> (Ht. 1938) Borhidi 1963
Medvednica	ML2	651-678	70	<i>Lamio orvale-Fagetum sylvaticae</i> (Ht. 1938) Borhidi 1963
Medvednica	ML3	719-800	140	<i>Lamio orvale-Fagetum sylvaticae</i> (Ht. 1938) Borhidi 1963
Medvednica	ML4	925-980	preborna šuma mixed forest	<i>Festuco drymeiae-Abietetum</i> (Vukelić et Baričević 2007)



Graf 1. Ukupan ulov determiniranih vrsta sitnih glodavaca (veličina uzorka; postotak) (N = 466).

Graph 1. Representation of all captured rodent species (sample size; percentage) (N = 466).



Graf 2. Prikaz aritmetičke sredine indeksa gustoće sitnih glodavaca (I) ($\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po lokalitetu i lovnoj godini.

Graph 2 Mean values of rodent population density index (I) ($\pm 0,95$ confidence interval) for two locations and trapping years.

vaca 99,4 % uzoraka sustavno je pripadalo vrstama iz porodica Arvicolinae (voluharice) i Murinae (pravi miševi). Podporodici Murinae potvrđena je pripadnost vrste *Apodemus flavicollis* (žutogrli šumski miš) koja je bila zastupljena

Tablica 2. Rezultati testa ANOVA indeksa gustoće po lokalitetu i lovnoj godini.

Table 2 Results of ANOVA test for population density indices including location and year of capture.

Repeated Measures Analysis of Variance (Spreadsheet1)					
Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of freedom	MS	F	p
Location	24,66	1	24,66	0,24	0,62
Error	1201,93	12	100,16		
Year	2060,27	2	1030,13	20,68	<0,01
Year*Location	2,18	2	1,09	0,021	0,97
Error	1195,45	24	49,81		

u 53,0 % ulova (Graf 1.), dok je 46,1 % ulova pripadalo vrsti *Myodes glareolus* (šumska voluharica) (potporodica Arvicolinae). U uzorku jedna ulovljena jedinka pripadala je vrsti iz roda *Microtus* (Graf 1.). Preostalih 0,6 % uzoraka odnosilo se na dvije jedinke vrste *Sorex araneus* (šumska rovka) i jednu jedinku vrste *Glis glis* (sivi puh) (Graf 1.).

Na grafu 2 prikazane su razlike između indeksa gustoće sitnih glodavaca u godinama od 2012. do 2014. na oba lokaliteta te su i statistički potvrđene (Tablica 2. i 3.). Na oba lokaliteta indeks gustoće populacije pokazao se najvećim 2014. godine i statistički se razlikovao od rezultata dobivenih tijekom 2012. i 2013. godine (Tablica 3.). Između lovne godine 2012. i 2013. nisu pronađene statistički značajne razlike indeksa gustoće niti su pronađene razlike u usporedbama indeksa gustoće sitnih glodavaca između lokaliteta (Tablica 3.).

Na lokalitetu NP Plitvička jezera utvrđena je prisutnost dva hantavirusa, a na lokalitetu PP Medvednica prisutnost tri hantavirusa. Na oba lokaliteta potvrđen je hantavirus Puumala (PUUV) u jednkama šumske voluharice (*M. glareolus*) i hantavirus Dobrava (DOBV) u jednkama žutogrlog šumskog miša (*A. flavicollis*). Na lokalitetu PP Medvednica utvrđen je i hantavirus Seewis (SWSV) u jedinki šumske rovke (*Sorex araneus*). Ukupno je na lokalitetu NP Plitvička jezera 26,8 % obrađenih jedinki utvrđeno pozitivno na hantaviruse. Broj pozitivnih sitnih glodavaca na hantaviruse na lokalitetu NP Plitvička jezera bio je najizraženiji u 2014. godini (Graf 3.). Te godine je utvrđena najveća brojnost populacije sitnih glodavaca (N= 94), od kojih je 39,4 % bilo

Tablica 3. Rezultati LSD testa indeksa gustoće glodavaca po lokalitetu i lovnoj godini

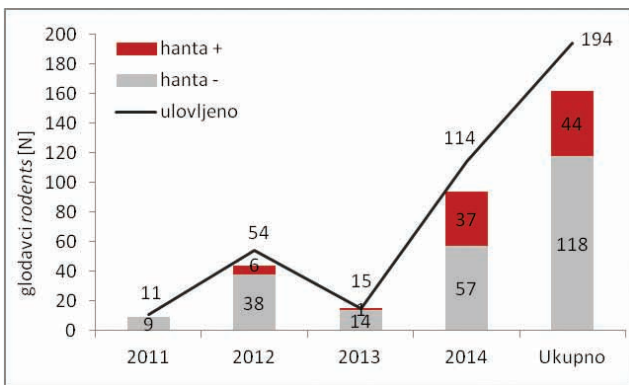
Table 3 Results of LSD test for population density indices including location and year of capture.

LSD test; variable DV_1 (Spreadsheet1) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between; Within; Pooled MS = 66,594, df = 31,942							
Location	Year	{1} – 9,16	{2} – 2,50	{3} – 19,16	{4} – 7,43	{5} – 5,0	{6} – 18,25
1	Plitvice	2012	0,11	0,02	0,69	0,05	0,04
2	Plitvice	2013	0,11	<0,01	0,27	0,65	<0,01
3	Plitvice	2014	0,02	<0,01	0,01	<0,01	0,83
4	Medvednica	2012	0,69	0,27	0,01	0,06	<0,01
5	Medvednica	2013	0,05	0,65	<0,01	0,06	<0,01
6	Medvednica	2014	0,04	<0,01	0,83	<0,01	<0,01

pozitivno na hantaviruse. U 2012. godini utvrđeno je 13,6 % pozitivnih jedinki, dok u 2013. godini bila samo jedna pozitivna jedinka, a niti jedna u 2011. godini (Graf 3.). Na lokalitetu PP Medvednica utvrđena je niža zastupljenost pozitivnih jedinki na hantaviruse (22,8 %) u odnosu na lokalitet NP Plitvička jezera. Na lokalitetu PP Medvednica 2014. godine je obrađen najveći broj glodavaca (N= 145) od kojih je samo 7,6 % bilo pozitivno na hantaviruse (Graf 4.). U 2012. godini broj pozitivnih jedinki na hantaviruse iznosio je 40,2 % uzorka (Graf 4.).

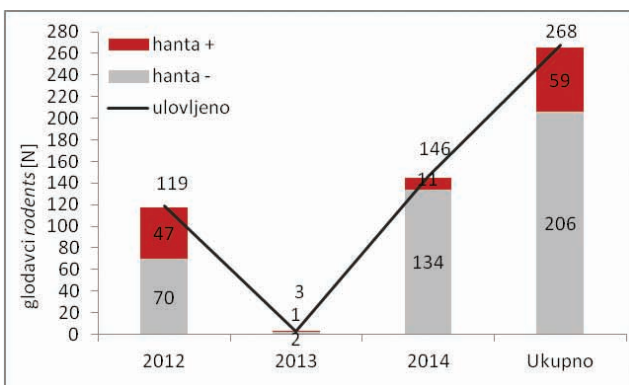
Za oba lokaliteta potvrđena je pozitivna korelacija između broja analiziranih i broja pozitivnih jedinki *A. flavicollis* na prisutnost virusa Dobrava (Pearsonov koeficijent korelacije $r = 0,84$, $p < 0,00$) (Graf 5.), kao i pozitivna korelacija između broja analiziranih i broja pozitivnih jedinki *M. glareolus* na prisutnost virusa Puumala (Pearsonov koeficijent korelacije $r = 0,90$, $p < 0,01$) (Graf 6.).

Analizirajući urod bukvice prikazan na grafu 7, vidljivo je da je on odstupao tijekom razdoblja istraživanja. Signifi-



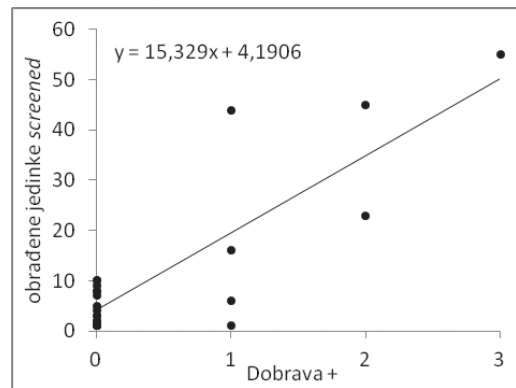
Graf 3. Prevalencija hantavirusa (DOBV i PUUV) kod žutogrlog šumskog miša i šumske voluharice za sve lovne godine na lokalitetu NP Plitvička jezera.

Graph 3 Hantavirus prevalence (DOBV and PUUV) in yellow-necked mouse and bank vole for all years of capture in NP Plitvice lakes.



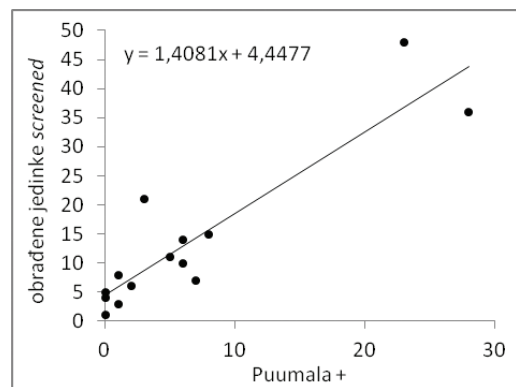
Graf 4. Prevalencija hantavirusa (DOBV i PUUV) kod žutogrlog šumskog miša i šumske voluharice za sve lovne godine na lokalitetu PP Medvednica.

Graph 4 Hantavirus prevalence (DOBV and PUUV) in yellow-necked mouse and bank vole for all years of capture in NP Medvednica.



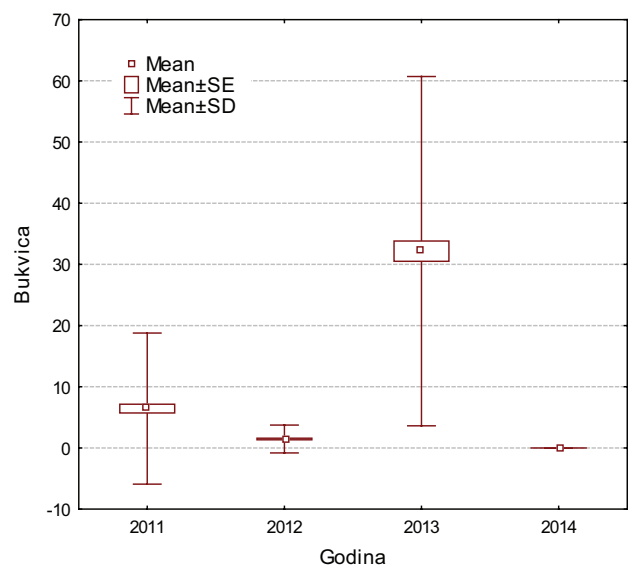
Graf 5. Linearna korelacija broja obrađenih i DOBV pozitivnih jedinki žutogrlog šumskog miša po izlovima za oba lokaliteta zajedno.

Graph 5 Linear correlation of hantavirus screened and DOBV positive yellow-necked mice for both locations.



Graf 6. Linearna korelacija broja obrađenih i PUUV pozitivnih jedinki šumske voluharice po izlovima za oba lokaliteta zajedno.

Graph 6 Linear correlation of hantavirus screened and PUUV positive bank voles for both locations.

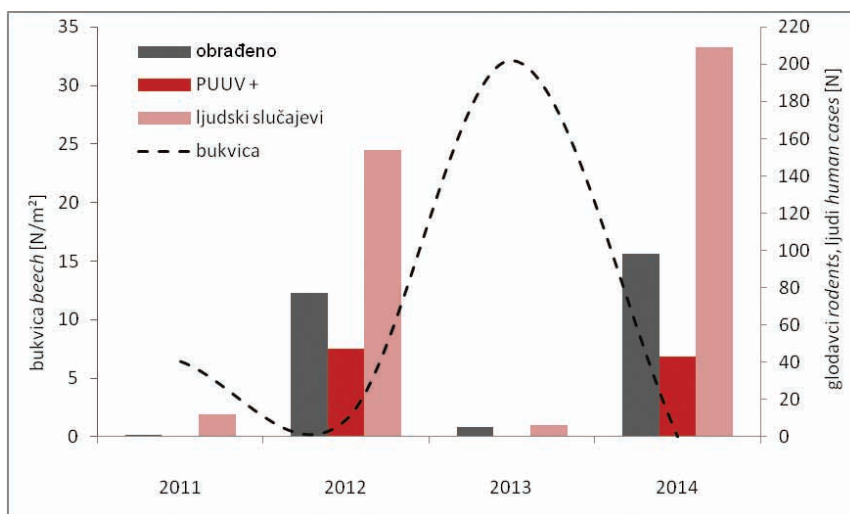


Graf 7. Aritmetička sredina izbrojane bukvice/m² po godinama za sve tri lovne plohe zbirno na lokalitetu NP Plitvička jezera.

Graph 7 Mean values of beech cupules/m² over years on trapping sites in NP Plitvice lakes.

Tablica 4. Rezultati Kruskal-Wallis testa za usporedbu ukupno izbrojane bukvice/m² za sve lovne plohe zbirno na lokalitetu NP Plitvička jezera.
Table 4 Results of Kruskal-Wallis test for comparison of beech cupules/m² between years in NP Plitvice lakes.

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Bukvica (Spreadsheet1) Independent (grouping) variable: Godina Kruskal-Wallis test: H (3, N= 1200) = 735,5878 p = 0,000				
	2011 – R:691,05	2012 – R:484,60	2013 – R:965,36	2014 – R:261,00
2011		<0,01	<0,01	<0,01
2012	<0,01		<0,01	<0,01
2013	<0,01	<0,01		<0,01
2014	<0,01	<0,01	<0,01	



Graf 8. Prikaz obrađenih i PUUV pozitivnih jedinki šumske voluharice za sve lovne godine s oba lokaliteta, uključujući urod bukvice mjereno na lokalitetu NP Plitvička jezera i broj oboljelih od mišje groznice (HVBS) u Republici Hrvatskoj (izvor: HZJZ).

Graph 8 Data of hantavirus screened and PUUV positive bank voles over trapping years from both locations including beech production measured in NP Plitvice lakes and human cases of HFVS from public health records in Croatia.

kantno je najveći urod bukvice zabilježen 2013. godine (prosječno 32.16 bukvice/m²). U 2014. godini urod bukvice je u potpunosti izostao na sve tri lovne plohe, dok je 2012. godine bio izrazito slab (prosječno od 1.46 bukvice/m²), dok je u 2011. godini zabilježen signifikantno veći urod u usporedbi s 2012. godinom, ali signifikantno manji u usporedbi s 2013. godinom (Tablica 4.).

Broj osoba oboljelih mišjom groznicom u Republici Hrvatskoj (izvor: HZJZ) u godinama kada su obavljena istraživanja na lokalitetima PP Plitvička jezera i PP Medvednica pokazuje isti trend kao i brojnost populacije glodavca i prevalencija virusa Puumale kod šumske voluharice (Graf 8.). U godini 2012. i 2014. kojima su prethodile godine povišenog uroda bukvice jasno se raspoznaje porast populacija šumske voluharice, povećan broj Puumala (PUUV) pozitivnih jedinki i povećan broj slučajeva zaraze Puumala virusom kod ljudi (Graf 8.).

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Rezultati istraživanja pokazali su dominantnost vrsta *A.flavicollis* (žutogri šumski miš) i *M.glareolus* (šumska vo-

luharica) u istraživanim šumama obične bukve. Ove vrste tipični su stanovnici šumskih ekosustava Europe. *A. flavicollis* pojavljuju se do 1850 m nadmorske visine (Spitzenberger 2002), a *M. glareolus* i do 2400 m (Spitzenberger 1999). Drugi autori također bilježe žutogrglog šumskog miša i šumsku voluharicu kao dominantne vrste glodavaca u bukovim šumama (Jensen 1985, Pucek i dr. 1993, Suchomel i dr. 2014). Podaci analiza sitnih glodavaca na različite hantaviruse na lokalitetima NP Plitvička jezera i PP Medvednica pokazali su prisutnost tri hantavirusa Puumala (PUUV), Dobrava (DOBV) i Seewis (SWSV). U ovom istraživanju potvrđen je prvi nalaz Seewis (SWSV) virusa u Republici Hrvatskoj (Svoboda i dr. in prep). Iako mnogi hantavirusi mogu uzrokovati bolesti kod ljudi koje se prenose inhalacijom virusom kontaminiranog aerosola, još uvijek je nepoznanica da li hantavirusi iz rovki mogu inficirati ljude. Podaci dobiveni o prevalenciji Dobrava i Puumala virusa pokazuju veću zastupljenost Puumale u 25 % ulova šumske voluharice, dok je Dobrava zastupljena u svega 5 % ulova žutogrglog šumskog miša. Rezultati se podudaraju sa sličnim istraživanjima koja su obavljena u drugim europskim državama koje bilježe nižu prevalenciju Dobrava virusa (Klempa 2004., Rizzoli i dr. 2015.) u usporedbi s pre-

valencijom Puumale (Olsson i dr. 2002., Heyman i dr. 2012.). Periodičnost uroda obične bukve prati periodičnost pojavnosti sitnih glodavaca, čiji se porasti populacija bilježe u godini nakon obilnog uroda šumskog sjemena. Brojna istraživanja pokazala su pozitivan utjecaj uroda šumskog sjemena na porast šumskih glodavca (Jensen 1982., Pucek i dr. 1993., Wolff 1996., Crespini i dr. 2002., Jensen i dr. 2012.). Urod šumskog sjemena u jesen omogućava glodavcima produljenje sezone razmnožavanja (Boutin 1990., Löfgren i dr. 1996., Verhagen i dr. 2000.). U listopadnim šumama Europe sezona razmnožavanja glodavaca traje od travnja do listopada, a u godinama punog uroda bukve razmnožavanje se može nastaviti i kroz zimu, što rezultira povišenom brojnošću glodavca već u rano proljeće (Zejda 1962., Smyth 1968., Andrzejewski 1975., Bäumler 1981., Jensen 1982., Wolff 1996.). Slični rezultati koji pokazuju povezanost uroda bukvice i povećane brojnosti populacija šumskih glodavaca dobiveni su i u ovome radu..

Brojni su autori istraživali povezanost dinamike populacija sitnih glodavaca s varijabilnošću broja zaraženih ljudi (epidemija) (Niklasson i dr. 1995., Mills i Childs 1998., Bernshtein i dr. 1999., Heyman i dr. 2001., Rose i dr. 2003., Olsson i dr. 2003., Ostfeld i dr. 2006., Heyman i dr. 2008., Kallio i dr. 2009., Meerburg i dr. 2009., Heyman i dr. 2012., Tadin i dr. 2014.), što se potvrdilo i ovim istraživanjem. Dvije dominantne vrste šumskih glodavca (*A. flavicollis* i *M. glareolus*) na istraživanim lokalitetima pokazali su 99 % zastupljenosti u ukupnome ulovu te su obje vrste domaćini Puumala i Dobrava virusa i kao takve predstavljaju povećani rizik za ljudsko zdravlje. Epidemije HVBS nerijetko prate ratne sukobe, a rizične skupine su vojnici, šumski radnici, poljoprivrednici, izletnici (Petričević i dr. 1989., Ropac i dr. 1991., Sibold i dr. 1999., Gill i dr. 2000., Kuzman i Markotić 2002., Ledina i dr. 2002., Mulić i Ropac 2002., Bjedov i dr. 2011., Mertens i dr. 2011.). U istraživanjima je utvrđena poveznica između uroda bukvice, porasta populacija sitnih glodavaca, te prevalencije hantavirusa i epidemije HVBS-om. Šumske sastojine obične bukve u kojima je provedeno istraživanje, zbog male biološke raznolikosti sitnih glodavaca, predstavljaju područja povećanog rizika zaraze u Hrvatskoj.

LITERATURA REFERENCES

- Andrzejewski, R., 1975: Supplementary food and winter dynamics of bank vole populations. *Acta Theriol* 20: 23-40.
- Animal Care and Use Committee., 1998. Guidelines for the capture, handling, and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. *J Mammal*. 79: 1416-1431.
- Avšič-Županc, T., M. Petrovec, P. Furlan, R. Kaps, F. Elgh, A. Lundkvist, 1999: Hemorrhagic fever with renal syndrome in Dolenjska region of Slovenia – a 10 year survey. *Clin Infect Dis*. 28: 860-5.
- Bäumler, W., 1981: Zur Verbreitung, Ernährung und Populationsdynamik der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) in einem Waldgebiet der Bayerischen Alpen. *Anz. Schadlingskde*. 54: 49-53.
- Bernshtein, A.D., N.S. Apekina, T.V. Mikhailova, Y.A. Myasnikov, L.A. Khlyap, Y.S. Korotkov, I.N. Gabrilovskaya, 1999: Dynamics of Puumala hantavirus infection in naturally infected bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Arch Virol*. 144:2415-2428.
- Bi, Z., P.B. Formenty, C.E. Roth, 2008: Hantavirus infection: A review and global update. *J Infect Dev Ctries*. 2:3-23.
- Bishop, D.H., C.H. Calisher, J. Casals, M. P. Chumakov, S. Y. Gaidamovich, C. Hannoun, D. K. Lvov, I. D. Marshall, N. Okerblom, R.F. Pettersson, J. S. Porterfield, P.K. Russell, R.E. Shope, E.G. Westaway, 1980: Bunyaviridae. *Intervirology*. 14:125-143.
- Bjedov, L., J. Margaletić, M. Vucelja, M. Miletić-Medved, I. Matijević, L. Cvetko Krajinović, A. Markotić, 2011: Hantavirus infections in forestry workers. *Book of Abstracts – 8th EVP/MC*. 208-209
- Boutin, S., 1990: Food supplementation experiments with terrestrial vertebrates: patterns, problems and the future. *Can J Zool*. 68: 203-220.
- Colleen, B.J, L.T.M. Figueiredo, O. Vapalahti, 2010: A Global Perspective on Hantavirus Ecology, Epidemiology, and Disease. *Clin. Microbiol. Rev*. 23(2):412.
- Crespini, L., R.Verhagen, N.C. Stenseth, N.G. Yoccoz, A.C. Prévot-Julliard, J.D. Lebreton, 2002: Survival in fluctuating bank vole populations: seasonal and yearly variations. *Oikos*. 98: 467-479.
- Drobyshev, I., R. Overgaard, I. Saygin, M. Niklasson, T. Hickler, M. Karlsson, M.T. Sykes, 2010: Masting behaviour and dendrochronology of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in southern Sweden. *For. Ecol. Manage*. 259: 2160-2171.
- Fenner, F., 1975: The classification and nomenclature of viruses. Summary of results of meetings of the International Committee on Taxonomy of Viruses in Madrid, September 1975. *Intervirology* 6:1-12.
- Gill, R.M.A. 1992: A review of damage by mammals in north temperate forests. 2. Small mammals. *Forestry*. 65:281-308.
- Grodziński, W., K. Sawicka-Kapusta, 1970: Energy Values of Tree-Seeds Eaten by Small Mammals. *Oikos*. 21: 52-58.
- Hille, S., H. Rödel, 2013: Small scale altitudinal effects on reproduction in bank voles. *Mamm Biol*. 79: 90-95.
- Heyman, P., T. Vervoort, S. Escutenaire, E. Degraeve, J. Konings, C. Vandenvelde, R. Verhagen, 2001: Incidence of hantavirus infections in Belgium. *Virus Res*. 77: 71-80.
- Heyman, P., A. Vaheri; ENIVD Members. 2008: Situation of hantavirus infections and haemorrhagic fever with renal syndrome in European countries as of December 2006. *Euro Surveill*. Jul 10;13(28).
- Heyman, P., A. Vaheri, A. Lundkvist, T. Avšič-Županc, 2009: Hantavirus infections in Europe: From virus carriers to a major public-health problem. *Expert Rev Anti Infect Ther*. 7:205-217.
- Heyman, P., B.R. Thoma, J.L. Marié, C. Cochez, S.S. Essbauer, 2012: In search for factors that drive hantavirus epidemics. *Front. Physiol*. 3:237.
- Hilton, G.M., J.R. Packham, 1997: A sixteen-year record of regional and temporal variation in the fruiting of beech (*Fagus sylvatica* L.) in England (1980-1995.) *Forestry*. 70: 7-16.

- Holmesgaard, E., H.C. Olsen, 1960: Vejrets indflydelse på bogens frugtsætning. Statens Forstlige Forsogsvesen. 26: 345-370.
- Jensen, T.S., 1982: Seed production and outbreaks of non-cyclic rodent populations in deciduous forests. *Oecol.* 54: 184-192.
- Jensen, T.S., 1985: Seed-seed predator interactions of European beech, *Fagus sylvatica* and forest rodents, *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*. *Oikos* 44: 149-156.
- Jensen, P.G., C. Demers, S. McNulty, W. Jakubas, M.M. Humphries, 2012: Responses of marten and fisher to fluctuations in prey populations and mast crops in northern hardwood forest. *J. Wildl. Manag.* 76:489-502.
- Jones, K.E., N.G. Patel, M.A. Levy, A. Storeygard, D. Balk, J.L. Gittleman, P. Daszak, 2008: Global trends in emerging infectious diseases. *Nature.* 451, 990-993.
- Kallio, E.R., M. Begon, H. Henttonen, E. Koskela, T. Mappes, A. Vaheri, O. Vapalahti, 2009: Cyclic hantavirus epidemics in humans – predicted by rodent host dynamics. *Epidemics.* 1:101-107.
- Klempa, B., 2004: Dobrava and Tula hantaviruses from Central Europe: molecular evolution and pathogenic relevance (Dissertation) Humboldt Universität, Berlin.
- Kuzman, I., A. Markotić, D. Turčinov, I. Beus, 1997: Outbreak of hemorrhagic fever with renal syndrome in Croatia in 1995. *Lijec Vjesn.* 119: 311-5.
- Kuzman, I., A. Markotić, 2002: Velika epidemija hemoragične vrućice sa bubrežnim sindromom (HVBS) u Hrvatskoj (prvo priopćenje). *Infektol glas.* 22: 77-9.
- Kuzman, I., I. Petričević, 2003: Virusne hemoragijske vrućice. U: Vrhovac B. i sur., ur. *Interna medicina.* zagreb: Naklada Ljevak. 1515-8.
- Ledina, D., N. Bradarić, B. Borčić, B. Turković, I. Ivić, J. Bakić, M. Erceg, N. Tvrtković, 2002: Dinara – new natural focus of hemorrhagic fever with renal syndrome in Croatia. *Croat Med J.* 43: 576-80.
- Lelouarn, H., A. Schmitt, 1972: Relations observees entre la production de faines et la dynamique de population du mulot, *Apodemus sylvaticus* L. en forêt de Fontainebleau. *Ann. Sci. Forest.* 30: 205-214.
- Löfgren, O., B. Hörnfeldt, U. Eklund, 1996: Effect of supplemental food on a cyclic *Clethrionomys glareolus* population at peak density. *Acta Theriol.* 41: 383-394.
- Margaletić, J. 1998: Rodents and their harmful effects on Turopoljski lug (Turopolje Grove) and on Croatian forests. *Glas. šum. pokuse.* 35:143-189.
- Margaletić, J., M. Božić, M. Grubešić, M. Glavaš, W. Bäumlner, 2005: Distribution and abundance of small rodents in Croatian forests. *J Pest Sci.* 78(2): 99-103.
- Markotić, A., L. Cvetko Krajinović, J. Margaletić, N. Turk, M. Miletić-Medved, Lj. Žmak, M. Janković, I.C. Kurolt, S. Šoprek, O. Đaković Rode, Z. Milas, I. Puljiz, D. Ledina, M. Hukić, I. Kuzman, 2009: Zoonoses and vector-borne diseases in Croatia – a multidisciplinary approach. *Vet Ital.* 45:55-66.
- Markotić, A., S.T. Nichol, I. Kuzman, A.J. Sanchez, T.G. Ksiazek, A. Gagro, S. Rabatić, R. Zgorelec, T. Avšič-Županc, I. Beus, D. Dekaris, 2002: Characteristics of Puumala and Dobrava infections in Croatia. *J Med Virol.* 66: 542-51.
- Matthews, J.D., 1955: The influence of weather on the frequency of beech mast years in England. *Forestry.* 28: 107-16.
- Meerburg, B.G., G.R. Singleton, A. Kijlstra, 2009: Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Crit Rev Microbiol.* 35: 221-270.
- Mertens, M., J. Hofmann, R. Petraityte-Burneikiene, M. Ziller, K. Sasnauskas, R. Friedrich, O. Niederstrasser, D.H. Krüger, M.H. Groschup, E. Petri, S. Werdermann, R.G. Ulrich, 2011: Seroprevalence study in forestry workers of a non-endemic region in eastern Germany reveals infections by Tula and Dobrava-Belgrade hantaviruses. *Med Microbiol Immunol.* 200:263-268.
- Milesescu, I., A. Alexe, H. Nicovescu, P. Suciuc, 1967: *Fagul.* [Beech]. – Editura Agro-Silvica, Bucuresti, 581 pp.
- Mills, J.N., J.E. Childs, 1998. Ecologic studies of rodent reservoirs: their relevance for human health. *Emerg Infect Dis.* 4:529-537.
- Mulić, R., D. Ropac, 2002: Epidemiologic characteristics and military implications of hemorrhagic fever with renal syndrome in Croatia. *Croat Med J.* 43: 581-6.
- Nielsen, P.C., M. Schaffalitzky De Muckadell, 1954: Flower observations and controlled pollinations in *Fagus*. *Silvae Genetica.* 3: 6-17.
- Niklasson, B., B. Hörnfeldt, Å. Lundkvist, S. Björsten, J. Leduc, 1995: Temporal dynamics of Puumala virus antibody prevalence in voles and of nephropathia epidemica incidence in humans. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 53, 134-140.
- Olsson, G.E., N., White, C. Ahlm, F. Elgh, A.C. Verlemyr, P. Juto, R.T. Palo, 2002: Demographic Factors Associated with Hantavirus Infection in Bank Voles (*Clethrionomys glareolus*). *Emerg Infect Dis.* 8 (9): 924-929.
- Olsson, G.E., F. Dalerum, B. Hornfeldt, 2003: Human hantavirus infections, Sweden. *Emerg Infect Dis.* 9:1395-1401.
- Ostfeld, R.S., R.D. Holt, 2004: Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. *Front. Ecol. Environ.* 2, 13-20.
- Ostfeld, R.S., C.D. Canham, K. Oggenfuss, R.J. Winchcombe, F. Keesing, 2006. Climate, deer, rodents, and acorns as determinants of variation in Lyme-disease risk. *PLoS. Biol.* 4(6): 1058-1068.
- Övergaard, R., P. Gemmel, M. Karlsson, 2007: Effects of weather conditions on mast year frequency in beech (*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. *Forestry.* 80(5): 555-565.
- Paule, L., M. Križo, J. Pagan, 1984: Genetics and improvement of common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Ann. Forest.* 11(1):1-26.
- Petričević, I., A. Gligić, A. Beus, V. Škerk, 1989: Kliničke i epidemiološke značajke hemoragijske groznice s bubrežnim sindromom (HGBS). *Lijec Vjesn.* 111: 67-71.
- Plyusnina, A., L.C. Krajinović, J. Margaletić, J. Niemimaa, K. Nemirov, A. Lundkvist, A. Markotić, M. Miletić-Medved, T. Avšič-Županc, H. Henttonen, A. Plyusnin, 2011: Genetic evidence for the presence of two distinct hantaviruses associated with *Apodemus* mice in Croatia and analysis of local strains. *J Med Virol.* 83: 108-14.
- Pucek, Z., W. Jędrzejewski, B. Jędrzejewska, M. Pucek, 1993: Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Białowieża National Park) in relation to weather, seed crop, and predation. *Acta Theriol.* 38:199-232.
- Rizzoli, A., V. Tagliapietra, R. Rosà, H. C. Hauffe, G. Marini, I. Voutilainen, T. Sironen, C. Rossi, D. Arnoldi, H. Henttonen, 2015: Recent increase in prevalence of antibodies to Dobrava-

- Belgrade virus (DOBV) in yellow-necked mice in northern Italy. *Epidemiol Infect.* 143(10):2241-4.
- Ropac, D., V. Popović, J. Baltić, T. Kopbetić, G. Komatina, A. Gligić, 1991: Epidemiološki i klinički podaci o epidemiji hemoragijske groznice s bubrežnim sindromom. *Med Jad.* 21: 107-14.
 - Rose, A.M.C., O. Vapalahti, O. Lyytikäinen, P. Nuorti, 2003. Patterns of Puumala virus infection in Finland. *Eurosurv Monthly.* 8:9-13.
 - Rudolf, P.O., W.B. Leak, 1974: *Fagus L. Beech*- in Schopmeyer C. S. (ed.). *Seeds of woody plants in the Unated States.* U.S. Dept. Agric. Forest service, Washington. pp. 401-405.
 - Schmaljohn, C., B. Hjelle, 1997: Hantaviruses. A global disease problem. *Emerg Infect Dis.* 3: 95-104.
 - Schmaljohn, C.S., J.W. Hooper, 2001: Bunyaviridae: the viruses and their replication, p. 1581-1602. In: Knipe, D.M., P.M. Howley, D.E. Griffin, R.A. Lamb, M.A. Martin, B. Roizman, S. E. Straus, (ed.), *Fields virology*, 4th ed., vol. 2. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA.
 - Sibold, C., H. Meisel, A. Lundkvist, A. Schulz, F. Cifire, R. Ulrich, O. Kozuch, M. Labuda, D.H. Krüger, 1999: Short report: Simultaneous occurrence of dobrova, puumala, and tula hantaviruses in slovakia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 61(3): 409-411.
 - Sironen, T., A. Vaheri, A. Plyusnin, 2005: Phylogenetic evidence for the distinction of Saaremaa and Dobrava hantaviruses. *Virology.* 2:90.
 - Smyth, M., 1966: Winter breeding in woodland mice, *Apodemus sylvaticus* and voles, *Clethrionomys glareolus* and *Microtus agrestis*, near Oxford. *J. Anim. Ecol.* 35: 471- 485.
 - Spitzenberger, F., 1999: *Clethrionomys glareolus*. In: Mitchell-Jones, A.J., G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Kryštufek, P.J.H. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J.B.M. Thissen, V. Vohralík, J. Zima, (eds), *The Atlas of European Mammals*, Academic Press, London, UK.
 - Spitzenberger, F., 2002: Die Säugetierfauna Österreichs. – Grüne Reihe 13. – Wien: BMLFUW: 895
 - Stenseth, N.C., H. Leirs, A. Skonhøft, S.A. Davis, R.P. Pech, H.P. Andreassen, G.R. Singleton, M. Lima, R.S. Machang'u, R.H. Makundi, Z. Zhang, P.R. Brown, X. Wan, 2003. Mice, rats, and people: the bio-economics of agricultural rodent pests. *Front Ecol Environ.* 1:367-375.
 - Suchomel, J., L. Purchart, L. Cepelka, M. Heroldová, 2014: Structure and diversity of small mammal communities of mountain forests in Western Carpathians. *Eur J Forest Res.* 133(3):481-490.
 - Svoboda P., I.C. Kurolt, L. Bjedov, Z. Štritof Majetić, J. Margaletić, A. Markotić. (In prep.) First molecular evidence of shrew-borne Seewis virus in Croatia. *Virus Res.*
 - Tadin, A., L. Bjedov, J. Margaletić, B., Zibrat, L. Cvetko Krajinović, P. Svoboda, I.C. Kurolt, Z. Štritof Majetic, N. Turk, O. Đaković Rode, R. Čivljak, I. Kuzman, A. Markotić, 2014: High infection rate of bank voles (*Myodes glareolus*) with Puumala virus is associated with a winter outbreak of haemorrhagic fever with renal syndrome in Croatia. *Epidemiol Infect.* 142(9): 1945-51.
 - Trinajstić, I. 2003: Taksonomija, morfologija i rasprostranjenost obične bukve. U: Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, 393 – 405, Zagreb.
 - Vapalahti, O., J. Mustonen, A. Lundkvist, H. Henttonen, A. Plyusnin, A. Vaheri, 2003: Hantavirus infections in Europe. *Lancet Infect Dis.* 3: 653-61.
 - Verhagen R., H. Leirs, W. Verheyen, 2000: Demography of *Clethrionomys glareolus* in Belgium. *Pol.J.Ecol.* 48: 113-123.
 - Vidaković, M., J. Franjić, 2003: Razmnožavanje obične bukve. U: Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, 264- 272, Zagreb.
 - Watt, A.S., 1923: On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. *J. Ecol.* 11: 1-48
 - Wolff, J.O., 1996: Population fluctuations of mast-eating rodents are correlated with production of acorns. *J Mammal.* 77: 850-856.
 - Yates, T.L., J.N. Mills, C.A. Parmenter, T.G. Ksiazek, R.R. Parmenter, J.R. Vandecastle, 2002: The ecology and evolutionary history of an emergent disease: hantavirus pulmonary syndrome. *BioScience.* 52: 989-998.
 - Young, H.S., R. Dirzob, K.M. Helgenc, D.J. McCauleya, S.A. Billeterd, M.Y. Kosoyd, L.M. Osikowiczd, D.J. Salkelde, T.P. Youngg, K. Dittmarh, 2014: Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. *PNAS.* 111 (19): 7036-7041.
 - Zejda, J., 1962: Winter breeding in the bank vole (*Clethrionomys glareolus* Schreb.). *Zool. Listy*, 11:309-321.

Summary

The European beech (*Fagus sylvatica* L.) is at present considered to be the most common economically important and widespread tree species in Europe. In contrast to other tree species and economically important species in Croatia European beech has the largest areal and can be found in variety of plant communities. As the most specious and widely distributed mammalian group, rodents are the wildlife reservoir for many zoonoses which can infect humans and other wildlife. Rodent outbreaks tend to follow years with increased seed production of oak and beech. Many authors have linked fluctuations in abundance of rodent reservoirs with increase of human zoonotic infections. Aim of this research is monitoring of rodent populations and hantaviruses in beech forests. At two locations (National park Plitvice lakes and Nature park Medvednica) seven trapping plots were set, each containing 1 or 2 grids size 100m x 100m (100 traps). Rodent capturing was done from year 2011 until 2014 in summer and autumn. Beech mast was recorded in NP Plitvice lakes each year in autumn. Trapped rodents were screened for hantaviruses. Results show two dominant rodent species, yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) and bank vole (*Myodes glareolus*) in beech forests of NP Plitvice and NP Medvednica. Both species make 99 % of total captures. Rodent abundance showed increase in year 2012 and outbreak in year 2014 measuring on one grid max abundance of 45 animals/ha, whereas year 2011

and 2013 had lowest abundance. In beech forests of National Park Plitvice lakes and Nature Park Medvednica 3 different hantaviruses were found within their typical rodent host species: Puumala (PUUV) in bank voles (*Myodes glareolus*), hantavirus Dobrava (DOBV) in yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) and Seewis (SWSV) in common shrew (*Sorex araneus*) which makes first molecular evidence of shrew-borne Seewis virus in Croatia. Highest infection rate was found in bank voles with 50 % of Puumala positive individuals. Dobrava was found in 5 % of trapped yellow-necked mouse. In 2011 there was slight increase in beech seed production reported in comparison to year 2012 and 2014. In year 2013 beech seed production was the highest with mean beech seeds/m² 23x higher than in year 2012. From the rodent abundance and beech mast data we see the trend of mast years being followed with high rodent abundance. Highest proportion of hantavirus positive rodents was found in year 2014 when their abundance was also reported highest. From this data the connection of beech mast year and rodent abundance following next year as well as high infection rates of rodents is confirmed. In same years with increased rodent abundance there was high number of human HFRS cases (hemorrhagic fever with renal failure syndrome).

KEY WORDS: small mammals, European beech, beech mast, hantaviruses