

ULOGA BIOTIČKIH ČIMBENIKA U SUŠENJU BOROVA (*PINUS SPP.*) NA PODRUČJU SJEVERNE DALMACIJE

THE ROLE OF BIOTIC FACTORS ON PINE (*PINUS SPP.*) DECLINE IN NORTH DALMATIA

Milan PERNEK¹, Sanja NOVAK AGBABA¹, Nikola LACKOVIĆ¹, Nikolina ĐOĐ¹, Ivan LUKIĆ², Stefan WIRTH³

Sažetak

Tijekom posljednjih nekoliko godina bilježi se značajnije sušenje borova različitih vrsta, starosti, dimenzija i položaja u šumama Sjeverne Dalmacije. Ovim istraživanjem obuhvaćeno je nekoliko biotičkih čimbenika vezanih uz klimatske ekstreme, koji bi mogli biti uzrokom tih šteta. Uz analizu klime, istraživani su borov četnjak, nematode drva, cvilidrete, potkornjaci, gljive uzročnici osipanja iglica.

Rezultati ukazuju kako su srednje vrijednosti temperature i oborina u području Sjeverne Dalmacije izrazito odstupale od sredine 2006. i kraja 2008. godine. U tom periodu bilježe se ekstremno visoke temperature i jaka suša. Klimatski ekstremi, ponajprije suša, može se smatrati osnovnim nepovoljnim čimbenikom koji je uzrokovao stres i fiziološko slabljenje borova te poboljšao uvjete za napad različitih vrsta štetočina. Povoljni uvjeti djelovali su na ulančavanje nepovoljnih čimbenika, pojave koja do sada nije razjašnjena, a mogući je uzrok sušenja dijelova krošnje, a ponekad i odumiranje pojedinačnih, rjeđe grupa stabala. Suša kao okidač oslabila je borove koji su posljedično zaraženi patogenim gljivama nekoliko vrsta: *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Mycosphaerella pini*, *Cyclaneusma niveum* i *Elytroderma torres-juanii*. Najveće štete od gljivičnih bolesti izazvala je gljiva *S. sapinea*. Osipom iglica stablo je zbog smetnji u normalnoj fotosintezi fiziološki dodatno oslabilo te bilo izvrgnuto napadima potkornjaka vrste *Tomicus destruens*. Nakon toga dolazi do odumiranja stabala uz pojavu još nekih vrsta ksilobiontnih kukaca (pipe, cvilidrete).

Koliki utjecaj su imale dendropatogene nematode u lancu odumiranja borova za sada nije moguće utvrditi bez dodatnih istraživanja. Prvi rezultati pokazuju prisutnost nekoliko vrsta: *Bursaphelenchus mucronatus*, *B. sexdentati*, *B. eggersi*, od kojih se prve dvije smatraju patogenima. Nadalje, utvrđen je vektor nematoda *Monochamus galloprovincialis*, koji može imati važnu ulogu pri eventualnoj pojavi karantenske vrste *Bursaphelenchus xylophilus*.

KLJUČNE RIJEČI: *Tomicus destruens*, *Monochamus galloprovincialis*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Bursaphelenchus* spp., mikoze iglica

¹ dr. sc. Pernek Milan, dr. sc. Novak Agbaba Sanja, Lacković Nikola, dipl. ing. šum., Đođ Nikolina, dipl.ing. šum., Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Croatia

² Lukić Ivan, mag. ing. silv., Kralji 16, 10362 Kašina

³ Dr. Wirth Stefan, Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung an der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin, Germany

Uvod

Introduction

Šume borova priobalnog pojasa u Hrvatskoj imaju izrazito naglašenu općekorisanu funkciju (Sabadi i dr. 1988, Prpić 1992a, 1992b, Sabadi i dr. 2001, Prpić 2001, 2003, Prpić i dr. 2005). Kao važan dio europskih šuma imaju naglašenu ekološku i socijalnu ulogu, a zbog svojeg položaja pod jakim su antropogenim utjecajem. U najčešće umjetno podignutim nasadima gospodarenje gotovo nikada nije okrenuto prema sječi i prodaji sortimenata. Puno više ističe se njihova protuerozijska, hidrološka i vodozaštitna funkcija u Sredozemlju (Matić i dr. 2005). Taj značaj nije zanemariv i o njemu treba voditi posebno računa.

Na području Sjeverne Dalmacije 2009. godine u okolici Zadra, Biograda i Benkovca uočeno je pojačano osipanje iglica i sušenje alepskog (*Pinus halepensis* Mill.), primorskog (*Pinus pinaster* Ait.) i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.). Napadnuta su stabla svih starosti, pojedinačna, kao i stabla u grupama bez izrazitog prepoznatljivog obrasca koji bi ukazivao na neki specifični štetni čimbenik. U nekoliko odjela u Šumariji Benkovac je 2008. i 2009. godine posječen velik broj sušaca koji su činili 60% ukupne drvene mase primorskog i 20% alepskog bora.

Uz požare koji svake godine opustoše određene površine borovih šuma (Margaletić i Margaletić 2003, Mamut 2011), redovito se pojavljuju biotički čimbenici koji uzrokuju fiziološko slabljenje domaćina, a ponekad i jača sušenja.

Iako je sušenje borova priobalnog pojasa redovita pojava, o pravim uzrocima u literaturi ima vrlo malo podataka i uglavnom su vezani uz jedan specifičan čimbenik. Tako primjerice Harapin (1984) ukazuje na značaj borovog četnjaka gnijezdara, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) u procesu propadanja borova. Kolike će biti štete od brsta ovisi o temperaturi i količini sunca, što je u izravnoj vezi s vremenom zadržavanja gusjenica u zapretku (Hrašovec i dr. 2011). Prema Glavašu i dr. (1992) glavni problem obolijevanja borova u šumama priobalne Hrvatske, vezan je uz nekoliko vrsta gljiva uzročnika osipa iglica. Diminić (1996) navodi kako je mikoza *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton najznačajnija bolest crnog bora. Glavaš (1999) i Glavaš i Margaletić (2001) ukazuju na značaj gljive *Mycospharella dearnesii* Barr.

Napadi potkornjaka od kojih se posebice ističe borov srčikar, *Tomicus destruens* Wollaston (Coleoptera, Curculionidae) također je evidentiran u području hrvatskog priobalja (Hrašovec i dr. 2008).

Dok autohtone vrste štetnika i bolesti ne čine značajnije štete na većim površinama, problem bi mogle biti alohtone vrste. Primjer iz Portugala pokazuje kako karantenska vrsta nematode *Bursaphelenchus xylophilus* Nickle (Tylenchida:

Aphelenchoididae), prvi puta nađena u Sjevernoj Americi 1934. godine kao vrsta *Aphelenchoidea xylophilus* (Steiner i Buhner 1934), može u kratkom roku zaraziti vrlo veliko područje, te izazvati sušenja borovih šuma na velikim površinama (Mota i dr. 1999; Pernek i Matošević 2003). Neka istraživanja ukazuju na problem izrazito teške kontrole zaraženog područja (Okland i dr. 2010) i važnost ranog otkrivanja tog štetnog organizma. S tim u vezi i inače za šumarstvo manje važne cvilidrete roda *Monochamus*, dobivaju posebno značenje jer su vektori nematoda (Pernek i Matošević 2003, Naves i dr. 2008, Hrašovec i dr. 2011, Jurc i dr. 2012). S obzirom na te nove momente u istraživanju sušenja borova treba imati na umu i takve opasnosti.

Osim biotičkim čimbenicima, važnost treba dati i abiotičkim čimbenicima. Potočić i dr. (2003) ukazuju na važnost depozicije SO₂ na šume crnog bora. Dalstein i Vas (2005) raspravljaju o važnosti ozona i zagađivanja na osipanje alepskog bora. Često se pojava nekog specifičnog oboljenja povezuje s nepovoljnim klimatskim prilikama, depozicijom ili nedostatkom bioelementa (Diminić 1996, Diminić i dr. 2003, Diminić i dr. 2012, Hrašovec i dr. 2008), kada nastanu povoljni uvjeti za zarazu te su štete nakon toga puno izraženije.

Istraživanja interakcije različitih štetnih čimbenika u sušenju borova u hrvatskom priobalju su rijetka. Tako su istraživanja Diminić i dr. (2003, 2012) dokazala povezanost gljive *S. sapinea* sa sušom i SO₂, te sušom i stanišnim uvjetima. Većina dosadašnjih istraživanja ipak se bavi jednim štetnim čimbenikom ili jednim kompleksom, bez analize interakcija s drugim čimbenicima. Zbog toga su potrebna istraživanja koja bi dala objašnjenja kada i zašto dolazi do ulančavanja pojedinih čimbenika koji dovode u konačnici do odumiranja šuma. Bolje razumijevanje tog fenomena omogućilo bi bolje pravovremeno poduzimanje eventualnih mjera zaštite, ali i bolje upravljanje tim šumama.

Cilj istraživanja bio je istražiti osnovne biotičke čimbenike koji utječu na sušenje borova na području Sjeverne Dalmacije.

Materijal i metoda rada

Material and Methods

Istraživanja su obavljena na području Sjeverne Dalmacije, na lokalitetima kojima gospodare "Hrvatske šume" d.o.o., na području šumarija Benkovac, Biograd, Zadar i Šibenik. Istraživanja su se odvijala u dvije faze, prvo na terenu gdje su uzorci sakupljeni, a zatim u laboratorijima Zavoda za zaštitu šuma i lovno gospodarenje Hrvatskog šumarskog instituta (HŠI), gdje su obrađivani. Posebno značenje dano je poznatim štetočinama u mediteranskim šumama, zbog čega se posebno evidentirala prisutnost borovog četnjaka, potkornjaka, cvilidreta te gljivičnih bolesti.

Tablica 1. Lokaliteti istraživanja i broj uzorkovanih i oboreni stabala borova**Table 1** Localities and number of sampled and felled pine trees

Lokalitet Locality	Datumi Date	Vrste borova Pine species	Broj uzorkovanih stabala Number of sampled trees	Broj analiziranih oboreni stabala Number of analysed felled trees
Zadar, Kožino	29.4.2010.	<i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus nigra</i>	3	1
	22.7.2010.	<i>Pinus maritima</i>	2	1
	30.7.2010.		1	1
	7.10.2010.			
Zadar, Bibinje	16.6.2010.	<i>Pinus halepensis</i>	1	
Zadar, Musapstan	9.12.2010.	<i>Pinus halepensis</i>	1	1
		<i>Pinus nigra</i>	1	1
		<i>Pinus maritima</i>	1	1
Šibenik, Trtar	16.6.2010.	<i>Pinus halepensis</i>	2	
Šibenik, Kotar planina	26.7.2010.	<i>Pinus nigra</i>	4	
Benkovac, Debelo Brdo	10.6.2010.	<i>Pinus halepensis</i>	1	
	30.7.2010.	<i>Pinus maritima</i>	2	

Također su se posebno istraživale nematode drva te njihov vektor borove cvilidrete, zbog čega su postavljene klopke s atraktantima.

Terenska istraživanja – Field research

Terenska istraživanja provodila su se u 2010. i 2011. godini u nekoliko faza. Rano u proljeće postavljene su klopke s atraktantima za ulov borove cvilidrete *Monochamus galloprovincialis* Oliver (Coleoptera, Cerambycidae).

U proljeće i u ljeto oboreno je nekoliko stabala zaraženih borova, s kojih su sakupljeni uzorci sa simptomima bolesti iglica i grana. Uzorci su se obilježili i transportirali u laboratorij HŠI, gdje su inkubirani i spremni za daljnju analizu. Sakupljao se zaraženi materijal svih dijelova stabla te evidentirala zaraza.

Gljivične bolesti borova – Fungal diseases on pines

Gljivične bolesti borova istraživane su tijekom vegetacijskog perioda od travnja do listopada te u prosincu 2010. godine.

Terenski dio istraživanja sastojao se od obilaska borovih sastojina i kultura, vizualnog određivanja zdravstvenog stanja stabala, sakupljanja uzoraka biljnog materijala sa simptomima bolesti i sušenja, obaranje bolesnih stabala i uzimanje uzoraka za detaljnu laboratorijsku analizu (Tablica 1).

Odabrana su stabla borova s različitim simptomima bolesti i sa svakog je uzeto 4 do 6 grana dužine 30 cm na kojima su iglice različitih starosti (ovogodišnje do trogodišnje iglice) za laboratorijsku analizu.

Borove nematode – Pinewood nematodes

Iz debla su sjeckom isječeni dijelovi dimenzija oko 5x5x10 cm, umetnuti u plastične vrećice s vodom natopljenom vatom i papirom na koji je grafitnom olovkom zapisan broj

uzorka, lokalitet, vrsta stabla i datum sakupljanja. Tako je sakupljeno 12 uzoraka (Tablica 2) koji su čuvani na tamnom mjestu i sobnoj temperaturi do trenutka analize.

Borov četnjak – Pine Processionary Moth

U 2010. i 2011. godini u svim terenskim izlascima (Tablica 1 i 2) praćen je i registriran napad borova četnjaka, *Thaumetopoea pityocampa* Denis i Schiff. Intenzitet napada borovog četnjaka utvrđivao se metodom transekta i brojanjem zapredaka na svakom stablu (Priručnik izvještajne i dijagnostičke prognozne službe zaštite šuma, 1981).

Klopke s atraktantima za *Monochamus galloprovincialis* – Traps with attractants for *Monochamus galloprovincialis*

Klopke s mamcima za borove cvilidrete *M. galloprovincialis* postavljene su na području Šumarije Zadar (g.j. Kožino; 44.179691° N, 15.189912° E) i Šumarije Benkovac (g.j. Debelo brdo; 44.028833° N, 15.601732° E). Lovljenje je obavljano u dvije godine, a klopke su postavljene 27.5.2010. i 1.6. 2011. godine. U 2010. godini upotrijebljene su klopke

Tablica 2. Uzorci borova za analizu nematoda drva**Table 2** Pine samples for nematode analysis

Lokalitet Locality	Vrsta Species	Broj uzoraka Number of samples	Datum sakupljanja Date of sampling
Zadar, Kožino	<i>Pinus nigra</i>	2	29.04.2010.
Zadar, Musapstan	<i>Pinus nigra</i>	3	29.04.2010.
Zadar, Musapstan	<i>Pinus halepensis</i>	1	29.04.2010.
Benkovac, Sveti Petar	<i>Pinus maritima</i>	1	29.04.2010.
Benkovac, Debelo brdo	<i>Pinus nigra</i>	2	30.04.2010.
Benkovac, Debelo brdo	<i>Pinus maritima</i>	3	30.04.2010.

Tablica 3. Broj klopki, korištene oznake i kombinacije tipova klopki i mamaca postavljenih 2010. i 2011. godine na lokalitetima Kožino i Debelo Brdo.
Table 3 Number of traps, labels and combinations of trap types and lures utilized in 2010 and 2011 at localities Kožino and Debelo Brdo.

Godina Year	2010.				2011.			
Lokalitet Locality	Br. Nr.	Oznaka Label	Tip klopke Type of trap	Tip mamca Type of lure	Br. Nr.	Oznaka Label	Tip klopke Type of trap	Tip mamca Type of lure
Kožino	1	K1	IPM	Gallowit	1	K1	IPM	Galloprotect
	2	K2	IPM	Gallowit	2	K2	IPM	Galloprotect
	3	K3	IPM	Gallowit	3	K3	IPM	Galloprotect
	4	K4	IPM	Gallowit	4	K4	IPM	Galloprotect
	5	K5	IPM	Kontrola Control	5	K5	IPM	Galloprotect
					6	K6	Lindgren	Galloprotect
					7	K7	Lindgren	Galloprotect
Debelo brdo	1	B1	IPM	Gallowit	1	B1	IPM	Galloprotect
	2	B2	IPM	Gallowit	2	B2	IPM	Galloprotect
	3	B3	IPM	Gallowit	3	B3	Lindgren	Galloprotect
	4	B4	IPM	Gallowit	4	B4	IPM	Galloprotect
	5	B5	IPM	Kontrola Control	5	B5	IPM	Galloprotect

tipa IPM[®] u koje su vješani mamci tipa Gallowit[®] (Witasek, Austrija), a u 2011. klopke tipa IPM[®] i Lindgren[®] u koje su vješani mamci tipa GalloProtect 2D[®] (Sedq, Španjolska) (Tablica 3).

U kolektore klopki tipa IPM[®] ulijevana je mješavina vode i tekućeg sapuna (mokri ulov), a u kolektore klopki tipa Lindgren[®] umetan je insekticid Ferag I D TM[®] (suhi ulov).

U 2010. godini na lokalitetu Debelo brdo klopke su postavljene ispod krošanja stabala oko 10 m unutar sastojine, dok su na lokalitetu Kožino postavljene na otvorenom uz rub sastojine. U 2011. godini klopke su na oba lokaliteta postavljene ispod krošanja stabala oko 10 m od ruba sastojine.

Klopke su pričvršćene paljenom žicom između dva drvena stupa i postavljene na međusobni razmak od 50 m. Visina od tla iznosila je 1m.

Sakupljanje je obavljano dva puta mjesečno, jednom na početku mjeseca i jednom na kraju. Prilikom sakupljanja, sadržaj kolektora klopki tipa IPM[®] procijeđen je kroz sito, pri čemu se odbacivala stara mješavina vode i sapuna, što kod klopki tipa Lindgren[®] nije bilo potrebno. Ulov je konzerviran 60%-tnim etanolom u plastičnim posudicama na koje je zapisan lokalitet, broj klopke i datum sakupljanja. Tako sakupljen ulov čuvan je do analize na tamnom mjestu i sobnoj temperaturi. Ispražnjeni kolektori klopki tipa IPM[®] nakon svakog sakupljanja napunjeni su svježom mješavinom vode i sapuna.

Borov srčikar – Pine Shoot Beetle

U 2010. i 2011. godini u svim terenskim izlascima (Tablica 1 i 2) praćen je i registriran napad borovog srčikara, *T. destruens*, na način da je svako suho ili stablo sa simptomima osipa iglica pregledano na izlazne rupe i na hodnike ispod kore od potkornjaka. Nekoliko stabla s opisanim simptomima je oboreno te su uzeti kolutovi dužine oko 30 cm sa donjeg, srednjeg i gornjeg dijela debla. Kolutovi su preneseni u laboratorij HŠI radi determinacije potkornjaka.

Laboratorijska analiza – Laboratory analysis

Biljni materijal, odnosno uzorci grana s različitim simptomima bolesti osipa iglica prvo su pregledani okularno. Izabrano je 50 iglica po karakterističnom simptomu, koje su zatim površinski sterilizirane 70% ethanol-om i ispirane sterilnom destiliranom vodom. Stavljene su u staklene petrijeve zdjelice promjera 12 cm na steriliziran filter papir navlažen sterilnom destiliranom vodom i držane na sobnoj temperaturi 24 °C 7 do 14 dana. Nakon toga su radi determinacije analizirani simptomi bolesti na iglicama, morfološke karakteristike plodišta i spora, a dijelovi iglica sa plodnim tijelima stavljeni su na hranjivu podlogu PDA u petrijeve zdjelice promjera 9 cm. PDA petrijeve zdjelice s uzorcima su inkubirane u klima komori na 24 °C 7 do 14 dana i tako dobivene kulture gljiva.

Za ekstrakciju nematoda postavljeni su stakleni lijevci sa gumenim odvodima. Lijeveci za analizu nematoda su pri-

premani na način da se filter papir otvora oko 2 µm izrezao na dimenzije lijevka, a gumeni odvod zatvorio. U veću posudu natočena je mlaka voda iz slavine, koja se ostavila nekoliko sati na sobnoj temperaturi kako bi se oslobodio zrak.

Drveni materijal usitnjen je cjepljanjem i rezanjem na komadiće dimenzija oko 0,5x1x1 cm. Komadići su zatim stavljani u filter u lijevak (svaki uzorak posebni lijevak), a ispod lijevka je postavljena petrijeva posudica na čiji je poklopac markerom zapisan broj uzorka i datum ekstrakcije. Nakon što su uzorci postavljeni u lijevke, potopljeni su pripremljenom vodom i ostavljeni 24 sata na sobnoj temperaturi.

Nakon 24 sata iz odvoda lijevaka ispuštena je manja količina vode u petrijeve posudice, jer su tijekom ekstrakcije nematode prošle kroz otvore filter papira i koncentrirale se na dnu odvoda.

Kulture gljiva u petrijevim zdjelicama i ekstrahirane nematode analizirane su stereomikroskopom (Olympus SZX7) i svjetlosnim mikroskopom (Olympus BX53) uz pomoć digitalne kamere (Olympus XC30) te programskog paketa (Olympus CellSens Dimension 1.5). Determinacija nematoda obavljena je pomoću ključeva Freude i dr. (1976).

Kolutovi uzeti na terenu inkubirani su u insektarijima, gdje se redovito pratilo izlaženje potkornjaka. Broj potkornjaka nije brojao, već se pratilo izlaženje dominantne vrste i izvršila determinacija, pri čemu su korišteni ključevi Grüne (1979) i Pfeffer (1995)

Rezultati i rasprava

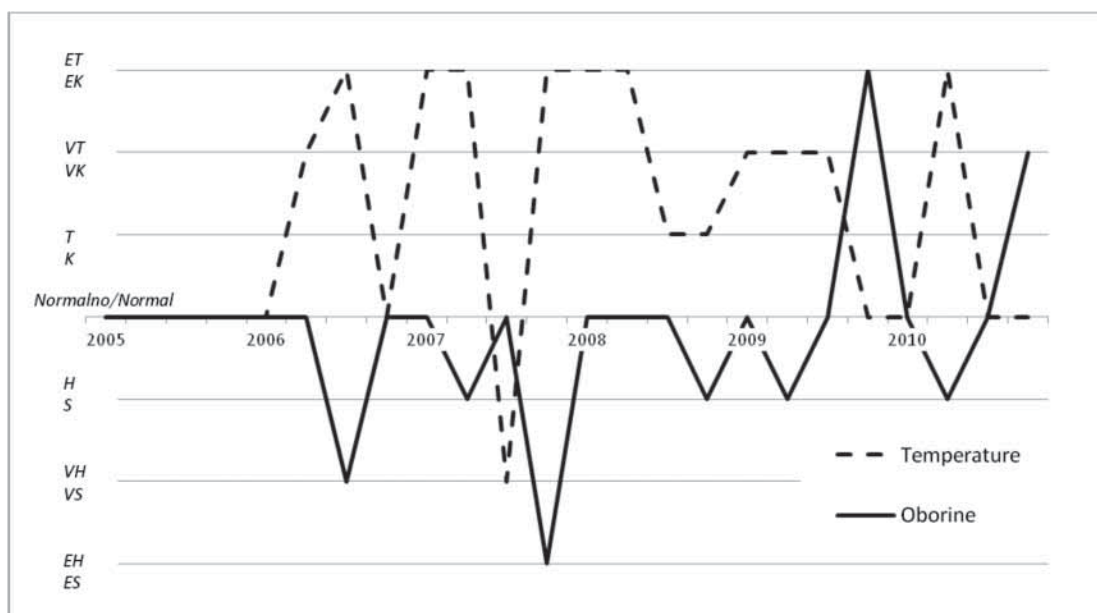
Results and Discussion

Utjecaj klime na sušenje borova – Influence of climate on pine decline

Prema Petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske sukladno Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime, koje je izdao Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) (http://klima.hr/razno/publikacije/klimatske_promjene.pdf) promjene ukazuju na smanjenje prosječnog broja dana sa snijegom, na povećanje broja vrućih dana, te na manje povećanje broja dana sa značajnom oborinom u zimi. U primorskom dijelu Hrvatske i neposrednom zaleđu očekuje se smanjenje ukupne količine oborine u većem dijelu godine.

Poznato je da nepovoljna odstupanja temperatura i oborina povećavaju rizik opstanka za mnoge šumske vrste. S jedne strane stabla u takvim uvjetima fiziološki oslabljuju, s druge strane štetočine najčešće imaju povoljnije uvjete za razvoj (Wilf i Labandeira 1999). Kako se u budućnosti prognozira veće učestće ekstremnih pojava poput orkanskih vjetrova ili sušnih perioda (Spekat i dr. 2007), negativan utjecaj mogao bi biti višestruki. Nepovoljne posljedice povećanja temperature i suša ne vide se odmah već nakon nekog vremena, obično nekoliko godina (Logan i dr. 2001, Malanson 2001).

Analiza temperature i oborina za područje istraživanja pokazuje određena odstupanja od srednjih vrijednosti (podaci:



Kratice za temperaturu / Abbreviations for temperature: ET – ekstremno toplo / extremely warm; VT – vrlo toplo / very warm; T – toplo / warm; H – hladno / cold; VH – vrlo hladno / very cold; EH – ekstremno hladno / extremely cold.

Kratice za količinu oborina / Abbreviations for precipitation: EK – ekstremno kišno / extremely wet; VK – vrlo kišno / very wet; K – kišno / wet, S – sušno / dry; VS – vrlo sušno / very dry; ES – ekstremno sušno / extremely dry.

Slika 1. Sezonska odstupanja temperature (°C) i oborina (mm) od 2005–2010 u Sjevernoj Dalmaciji u percentilama (prilagođeni podaci DHMZ)

Figure 1 Seasonal fluctuation of temperature (°C) and precipitation (mm) between 2005 and 2010 in North Dalmatia (adjusted data DHMZ)

DHMZ) (Slika 1). Izrazita odstupanja od prosjeka počinju u proljeće i ljeto 2006. godine kada se bilježe ekstremno visoke temperature, s jakom sušom (Slika 1). Nakon normalnih vrijednosti ovih klimatskih elemenata u zimi, slijede ekstremno visoke temperature u ljeti 2007. godine, ali sa manje sušnim periodom (Slika 1). Klimatska odstupanja kulminiraju u 2008. kada se ekstremne vrijednosti temperature poklapaju s ekstremnom sušom (Slika 1). Nakon toga stanje se postepeno smiruje.

Prvi temperaturni ekstremi pojavljuju se u 2006. i 2007. godini, kada međutim ima dovoljno oborina, koja ne odstupa značajno od normalnog. U 2008. godini, međutim uz visoke temperature slijedi i ekstremno sušno razdoblje (Slika 1). Kako se posljedice klimatskih ekstrema vide tek u nekoliko idućih godina (Logan i dr. 2001, Malanson 2001), to objašnjava pojavu prvih simptoma u 2008. godini i kulminaciju sušenja borova u 2009. godini, iako su se oba spomenuta klimatska čimbenika postepeno normalizirala (Slika 1). Na to ukazuju podaci iz gospodarskih osnova primjerice u šumariji Benkovac, gdje od 2000. do 2007. godine u odjelima/odsjecima zahvaćenih sušenjem nije bilo sječe sušaca. Sasvim drukčije je u 2008. kada je posječeno 50% ukupne drvene mase primorskog bora i 10% u 2009. godini. Istih godina posječeno je ukupno 17% alepskog bora kao slučajni prihod. Slično je s alepskim borom u Biogradu te sa crnim borom u Zadru.

Klimatski ekstremi su mogli nepovoljno utjecati na borove kroz dva načina: i) izravno, preko fiziološkog slabljenja stabala radi suše; ii) neizravno što je time omogućen napad različitih vrsta štetočina. Povezanost nepovoljnih klimatskih čimbenika na sušenje borova vrlo je vjerojatna.

Gljivične bolesti borova – Fungal diseases on pines

Na svim lokalitetima prisutne su sljedeće gljive uzročnici osipanja iglica: *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum*, *Mycosphaerella pini*, *M. dearnesii*, *Cyclaneusma niveum* i *Elytroderma torres-juanii* (Tablica 4).

U interakciji s drugim negativnim abiotičkim čimbenicima i na fiziološki oslabljenim stablima čine veće štete, uzrokuju sušenja iglica, osipa iglica, dovode do prorijeđenosti krošnje, smanjuju prirast, dovode do sušenja grana, rjeđe dijevoja ili čitavih stabala i predisponiraju napad potkornjaka.

Od svih nađenih patogenih gljiva izdvaja se *Sphaeropsis sapinea* koja se pojavljuje gotovo na svim lokalitetima i s najjačim intenzitetom (Tablica 4.). Ostale vrste *L. pinastri*, *L. seditiosum*, *M. pini* i *M. dearnesii*, *C. niveum* pojavljuju se rjeđe, a najrjeđe *E. torres-juanii* (Tablica 3.).

Mnogi autori navode stanje stresa kao čimbenik predispozicije borova na napad gljive *S. sapinea*. Uzrokom stresa navode se suša, siromašni stanišni uvjeti, nedostatak sumpora u tlu, povišene depozicije amonijaka u tlu, polucija, ošteće-

Tablica 4. Analiza bolesti borovih iglica prema domaćinu i lokalitetu
Table 4 Disease of pine needles according to host and locality

Lokalitet i vrstabor Pathogen and pine species	PH-Z	PH-B	PH-Š	PN-Z	PN-Š	PM-B
<i>Lophodermium pinastri</i>	++	+	–	+	+	–
<i>Lophodermium seditiosum</i>	+	+	+	–	–	–
<i>Mycosphaerella pini</i> <i>M. dearnesii</i>	+	–	–	+	–	+
<i>Sphaeropsis sapinea</i>	+	+	+	++++	+	–
<i>Cyclaneusma niveum</i>	–	–	–	–	–	++
<i>Elytroderma torres-juanii</i>	+	–	–	–	–	–

(PH – *Pinus halepensis*; PN – *P. nigra*; PM – *P. maritima*; Z – Zadar; B – Benkovac; Š – Šibenik; – bez prisutnosti (no record); + slaba zaraza (weak infection); ++ srednje jaka zaraza (medium infection); +++ jaka zaraza (heavy infection) ++++ vrlo jaka zaraza (very heavy infection))

nja (stvaranje rana) od tuče, mraza, snijega, kukaca i orezivanja grana (Swart i dr. 1987, Chou i Mackenzie 1988, Nicholls i Ostry 1990, Van Dam i dr. 1990, De Kam i dr. 1991, Jurc i dr. 1996, Diminić 2012). Posebno se ističe suša kao predisponirajući čimbenik napada ove gljive na borove u svijetu i Hrvatskoj (Diminić i Jurc 1999, Diminić 2012).

Dvije vrste iz roda *Mycosphaerella* nije bilo moguće sa sigurnošću identificirati. Pretpostavlja se da su obje vrste prisutne na tom području. Kao jedna od najštetnijih gljiva na iglicama alepskog bora, utvrđena je na mlađim i starijim stablima alepskog bora na širem području Zadra na površini od oko 500 ha, te na području Biograda na površini od 30 ha. Na području šumarije Zadar u predjelu Kožino prvi jači napad je zabilježen 70-ih godina 20. stoljeća te je utvrđeno da je to područje na kojemu rastu borove kulture stalno žarište gljive, te su istraživanja ove gljivične bolesti još uvijek u tijeku (Glavaš i Diminić 2011).

Borovčetnjak – Pine Processionary Moth

Borov četnjak smatra se najznačajnijim štetnikom borova u obalnom dijelu Hrvatske. Napada sve vrste borova i može potpuno obrstiti krošnju stabala.

Na borovima na području istraživanja nađeni su zapreci borovog četnjaka, ali su se oni nalazili lokalno, na pojedinačnim stablima i napad nije bio kontinuiran na području istraživanja. Jači intenzitet napada sa 8–16 zapredaka po stablu promjera 30–40 cm (Priručnik izvještajne i dijagnostičke prognostičke službe zaštite šuma, 1981) iznimno su rijetko evidentirana. U 2010. i 2011. godini nađeno je najčešće nijedno ili po 2 zapretka po stablu, iznimka su bila nekoliko stabala po 10 zapredaka. Bitno je naglasiti da intenzitet pojava zapredaka borovog četnjaka nije bio ujednačen na području Srednje Dalmacije, nego je bio dosta

lokalnog karaktera, što ovisi i o samoj bioekologiji štetnika. Štetnik je heliofilna vrsta pa su najčešće napadnuta rubna stabla, pojedinačna stabla na osami i grupe stabla na osami.

Kako u razdoblju istraživanja nije utvrđen jači brst, pretpostavlja se kako štetnik nije imao utjecaj na zdravstveno stanje borova.

Rezultati ekstrakcije nematode drva – Results of pinewood nematode extraction

Pregledavanjem uzoraka drveta ustanovljeno je da sadrže veće količine raznih vrsta nematoda, a značajno je da su detektirane i nematode iz roda *Bursaphelenchus*: *B. mucronatus*, *B. sexdentati*, *B. eggersi*, međutim u nijednom uzorku nije potvrđen nalazak borove nematode *B. xylophilus*.

Nematoda *B. mucronatus* je vrlo slična vrsti *B. xylophilus*, ima 2 genotipa znana kao Istočno Azijski tip i Europski tip (Han i dr. 2008), a rasprostranjena je u cijeloj Euroaziji. Pronalaskom Istočno Azijskog tipa u Europi ova nematoda predstavlja opasnost za rod *Pinus*, ponajprije *P. sylvestris*, *P. pinaster* i *P. nigra* u Južnoj Europi (Braasch, 2000). *Bursaphelenchus mucronatus* pokazao se patogenim za inokulirane trogodišnje sadnice rodova: *Pinus*, *Abies*, *Larix* i *Pseudotsuga* (Braasch, 2000). Različiti sojevi *B. mucronatus* inokulirani na borove starosti 11–29 godina u njihovom prirodnom okruženju u Njemačkoj i Austriji nisu uzrokovali sušenje stabala (Braasch 2000). No dokazano je na kulturama gljiva da se populacije nematoda zanemarivo povećavaju na 20 °C, umjereno na 25 °C i jako na 30 °C (Braasch 2000), stoga stupanj patogenosti ovisi o temperaturi, vlažnosti zraka i ostalim stanišnim uvjetima, kao i o starosti stabla, prisutnosti prikladnog vektora, provenijenciji i virulentnosti nematode. Ovo je izuzetno značajno kada uzimamo u obzir odstupanja klime u smislu povećanja temperature i smanjivanja oborina (DHMZ) na području istraživanja.

Druga vrsta koja se pokazala izrazitim patogenom za trogodišnje sadnice u laboratoriju (na 25 °C s relativnom vlažnošću zraka od 60%) kao i za stabla u prirodi u Grčkoj (na 4 izolirane lokacije) je *B. sexdentati*. Istraživanjima Michaloulos-Skarmoutsos i dr. (2003) dokazano je kako ova nematoda uzrokuje 100% smrtnost kod *P. pinaster*, 90–100% kod *P. nigra* i 100% kod *P. sylvestris*. Dosadašnja istraživanja polaze od toga da vrsta nije široko rasprostranjena, zbog čega do sada nije imala veći utjecaj na sušenje borovih sastojina u Grčkoj kao ni u ostalom dijelu Južne Europe. Koliko se ova vrsta proširila ostaje pitanje koje treba dalje istražiti. Opravdano je razmišljanje kako ove dvije vrste nematoda mogu pridonijeti sušenju borova u Sjevernoj Dalmaciji, dok se treća vrsta *B. eggersi* smatra uobičajenom vrstom Mediterana bez patogenih svojstava na borovima (Braasch 2000).

Ovo su prvi pronalasci ovih nematoda u borovim stablima u Hrvatskoj, te su stoga značajna u biološkom smislu, ali

pokazuju kako u proučavanju uzroka i ulančavanja više čimbenika sušenja stabala, treba imati u vidu i ulogu patogenih nematoda drva. Iz tih razloga i činjenici da u Hrvatskoj nema nikakvih saznanja o toj problematici, potrebna su daljnja i detaljnija istraživanja.

Rezultati ulova borovih cvilidreta – Results of pine longhorn beetles catches

Ukupno je na oba lokaliteta ulovljeno 901 imaga cvilidreta *M. galloprovincialis*, od čega 63 jedinke u 2010. i 838 jedinki u 2011. godini (Tablica 5). Iako je u 2010. godini period lovljenja bio kraći, ulovi u istom periodu (lipanj–kolovoz) u 2011. godini na oba su lokaliteta bili značajno veći u odnosu na 2010. godinu (Slika 2). Povećanje ulova u 2011. godini nije nužno odraz povećanja populacija na istraživanim lokalitetima, već je vjerojatnije to rezultat korištenja drugog mamca.

Razlika u ulovima između lokaliteta tijekom 2010. godine nije upućivala na razlike populacije cvilidreta između lokaliteta, s obzirom na razlike u postavljanju klopki. Klopke u Kožinu postavljene su na prevelikoj udaljenosti od šume, a osim toga, kako je atraktant bio izložen suncu brže je ispario, što objašnjava potpuni izostanak ulova krajem lipnja i početkom srpnja (Slika 2). Rezultati istraživanja *M. galloprovincialis* u Sloveniji (od 2007. do 2009.) na osam lokaliteta u šumama četinjača su pokazala, da je najveći ulov cvilidreta u razdoblju istraživanja bio u srpnju (Jurc i dr. 2012). To potvrđuje kako je utjecaj atraktanta zbog postavljanja klopki i brzog isparavanja bio neadekvatan. Međutim, u

Tablica 5. Ulovi borovih cvilidreta *Monochamus galloprovincialis* u klopki sa atraktantima u 2010. i 2011. godini

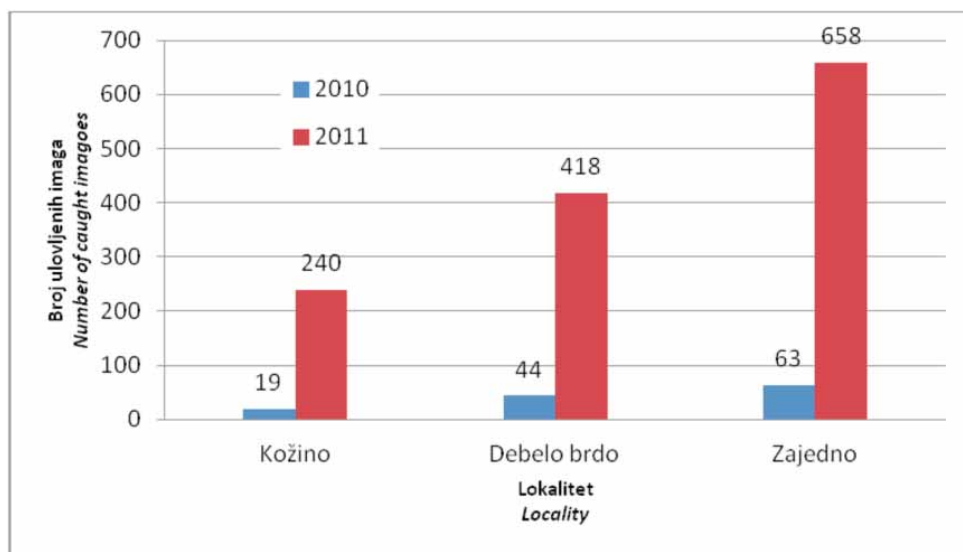
Table 5 Catches of longhorn beetles *Monochamus galloprovincialis* in traps with attractants in 2010 and 2011

Godina / Year	2010.		2011.	
	Debelo brdo	Kožino	Debelo brdo	Kožino
6. p	7	4	91	84
6. k	13	8	161	10
7. p	8	7	111	52
7. k	5	0	14	74
8. p	11	0	41	20
8. k			18	16
9. p			16	3
9. k			23	9
10. p			73	9
10. k			12	1
Ukupno / Sum	44	19	560	278
Sveukupno / Total	63		838	

*p – početak mjeseca (beginning of the month), k – kraj mjeseca (end of the month)

Slika 2. Ulovi cvilidreta *Monochamus galloprovincialis* u klopka sa atraktantima do početka kolovoza u 2010. i 2011. godini po lokalitetima i zajedno

Figure 2 Catches of longhorn beetles *Monochamus galloprovincialis* in pheromone traps until beginning of August in 2010 and 2011 by localities and together



2011. godini klopke su na oba lokaliteta postavljene ispod sklopa krošanja, a ulovi na lokalitetu Debelo brdo su ponovno bili veći u odnosu na lokalitet Kožino (Slika 3). To navodi na zaključak da je na Debelom brdu ipak prisutna veća populacija borove cvilidrete. Istraživanja u Sloveniji pokazuju, da je atraktant GalloProtect 2D učinkovitiji u ulovu *M. galloprovincialis* u usporedbi s atraktantom Gallowit (Anonymous 2012).

Distribucija ulova kroz period lovljenja u 2011. godini pokazuje kulminaciju ulova u lipnju i srpnju na oba lokaliteta, a na lokalitetu Debelo brdo i drugu, manju kulminaciju u listopadu (Slika 3).

Monochamus galloprovincialis uglavnom je sekundarni štetnik i napada stabla fiziološki oslabljena sušom, požarom ili nekim drugim čimbenikom (Pajares i dr. 2004). Ovaj kukac je tehnički i fiziološki štetnik, jer osim oslabljenih stojećih i svježih ležećih stabala, ponekad napada i potpuno zdrava stojeća stabla, a za masovne pojave štete mogu biti značajne (Kovačević 1956). Odnedavno je poznato i da *M. galloprovincialis* uspješno djeluje kao vektor borove nematode *B. xylophilus* (Sousa i dr. 2001), čime je važnost ovog kukca značajno porasla.

Vjerojatnost eradikacije borove nematode provođenjem mjera propisanih EPPO protokolom, iznosi 99% tek pri ne-realno ekstenzivnim radovima koji obuhvaćaju sječu stabala domaćina u radijusu 8km (201km²), uz istodobno uzorkovanje 10.000 stabala godišnje, zbog čega je upitna ekonomska isplativost i provedivost takvih mjera (Økland i dr. 2010). Isti autori navode da se rana detekcija invazije čini ključnim uvjetom za uspješnu eradikaciju, ali je i ovdje, uz enormnih 60.000 uzoraka godišnje vjerojatnost detekcije u prvoj godini iznosila tek 17%, a u četvrtoj oko 80%. S druge strane, od bioloških čimbenika obuhvaćenih analizom, jedino je disperzijski kapacitet vektorskih kukaca pokazao korelaciju u smislu povećanja vjerojatnosti eradikacije pri ma-

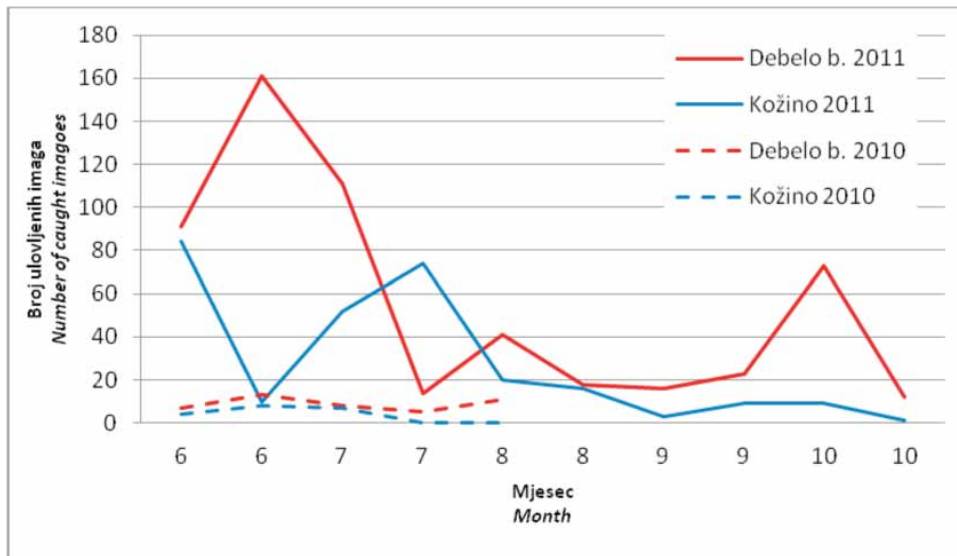
njim kapacitetima disperzije (izražen kao frakcije duge disperzije [σ_L]), no i ta je vrijednost bila niska ($p = 0,12$ pri $\sigma_L = 0,1$). Nadalje, prema modelu širenja bolesti venuća borova (engl. Pine Wilt Disease), invazija borove nematode je neuspješna ako nije zadovoljena minimalna gustoća populacije vektorskih cvilidreta, čak i kada je zadovoljena minimalna gustoća stabala borova (Yoshimura i dr. 1999). Zbog svega navedenog, pojačala se potreba za proučavanjem biologije te mogućnosti monitoringa i kontrole ovog kukca, pri čemu se posebna pozornost pridaje uporabi klopki s atraktantima kao ekološki i ekonomski prihvatljivog sredstva.

Ulovi ciljanih imaga *M. galloprovincialis* potvrđuju njihovu ulogu sinergijske karike u procesu ugibanja i sušenja borova na istraživanim lokalitetima, ali pokazuju i da je ta vrsta kao vektor za borovu nematodu prisutan, te da se i primjena klopki s atraktantima može uzeti u obzir kao dio integrirane zaštite.

Borov srčikar – Pine Shoot Beetle

Borov srčikar smatra se ozbiljnim štetnikom mediteranskih šuma (Sabbatini Peverieri i dr. 2008). Vrsta *T. destruens* je bitna iz razloga što napada primorske vrste borova (alepski, crni, primorski) koji su najzastupljeniji u Republici Hrvatskoj. Također je bitno naglasiti da ponekad može u kombinaciji s predisponirajućim abiotskim čimbenicima (šumski požari) načiniti značajne štete kao što pokazuje primjer iz Istre 2001. godine (Hrašovec i dr. 2011).

Imaga buše hodnike pod korom stabla i uzrokuju smrt stabala u nekoliko mjeseci. Mladi kukci izlaze u proljeće i ljeto (ožujka–lipnja), nakon čega odlaze na regeneracijsko žderanje na ovogodišnje izbojke zdravih borova, gdje i prezimljavaju. Pri tomu se hrane srčikom izbojka, zbog čega nastaje hodnik koji uzrokuje nestabilnu strukturu, pa izbojci nakon nekog vremena otpadaju. Juvenilni kukci prezimljavaju u hodnicima pod korom, kao ličinke i kukuljice. Prvi



Slika 3. Distribucija ulova borove cvilidrete *Monochamus galloprovincialis* u klopama s atraktantima po mjesecima na lokalitetima Debelo brdo i Kožino u 2010. i 2011. godini.

Figure 3 Distribution of catches of longhorn beetles *Monochamus galloprovincialis* in pheromone traps by months on localities Debelo brdo and Kožino in Years 2010. and 2011.

indikator napada potkornjaka su ulazne rupe, na kojima se formira smolni čep (Sabbatini Peverieri 2008).

Sva suha stabla na svim lokalitetima bila su napadnuta ovim potkornjakom, što je utvrđeno već na terenu, a iz kolutova inkubiranih u HŠI potvrđena je i determinirana vrsta. Broj potkornjaka u kolutovima nije utvrđivan budući da je na njima bio već određen broj izlaznih rupa.

Kako se širenje žarišta nije kretalo od zaraženih stabla, nego su odumrla pojedinačna ili nekoliko stabala u grupi, vrlo je vjerojatno kako je potkornjak imao terminalnu ulogu. To znači da su potkornjaci usmrtili stablo koje je već bilo znatno oslabljeno, istovremeno ne stvarajući gradaciju, koja se bazira na žarištima i njihovim širenjima, kada su i napadi na zdrava stabla uobičajena.

Zaključci

Conclusions

Budući da na terenu i u laboratoriju nisu pronađeni izraziti biotički čimbenici koji bi mogli izazvati štete zabilježene na terenu, sušenje borova različitih vrsta u Sjevernoj Dalmaciji može se smatrati kompleksnim, što znači da postoji sinergizam nekoliko nepovoljnih čimbenika koji su povezani s nepovoljnim abiotičkim čimbenicima.

Istraživanja su utvrdila sljedeće:

Srednje vrijednosti temperature i oborine u području Srednje Dalmacije izrazito su odstupale između sredine 2006. i kraja 2008. godine. U tom periodu bilježe se ekstremno visoke temperature i jaka suša, koje se mogu smatrati osnovnim nepovoljnim čimbenikom koji je uzrokovao stres i fiziološko slabljenje borova te poboljšalo uvjete za napad različitih vrsta štetočina;

Od biotičkih čimbenika promatrani su entomološki, nematodološki i fitopatološki kompleks, pri čemu je utvrđena

najjača zaraza gljiva uzročnika osipa iglica, te borova srčikara *T. destruens*;

Na sakupljenim uzorcima biljnog materijala determinirani su sljedeći uzročnici osipanja iglica *L. pinastri*, *L. seditiosum*, *S. sapinea*, *Mycosphaerella pini*, *M. dearnesii*, *C. niveum* i *E. torres-juanii*;

Nakon osipanja iglica i fiziološkog slabljenja, potkornjaci *T. destruens* pojavljuju se kao terminalni faktor i uzrokuju smrt stabala;

Jači intenzitet napada borovog četnjaka zadnjih nekoliko godina nije utvrđen;

Utvrđene su tri vrste nematode drva, *B. mucronatus*, *B. sexdentati* i *B. eggersi*, od kojih su prve dvije patogene. Njihova uloga u lancu nepovoljnih čimbenika nije razjašnjena te su potrebna dodatna istraživanja;

Utvrđen je vektor nematoda drva cvilidreta *M. galloprovincialis*. U Benkovcu je u primorskom boru ova cvilidreta imala najjaču populaciju, čime su ispunjeni uvjeti za širenje karantenske nematode *B. xylophilus* nakon eventualne introdukcije;

Iz provedenog istraživanja može se zaključiti kako za sušenje borova u Sjevernoj Dalmaciji nije odgovoran jedan od istraživanih čimbenika, već ulančavanje i sinergija navedenih čimbenika koji su se nadovezali na iznimno sušno razdoblje iz prethodnih godina.

Zahvala

Acknowledgement

Ovo istraživanje financirano je projektom "Problematika sušenja borova u Srednjoj Dalmaciji" sredstvima Hrvatskih šuma d.o.o. Zahvaljujemo se svim suradnicima na terenu: Ireni Šipušić (UŠP Split), Lidiji Surać (Šumarija Benkovac), Vesni Krpini (Šumarija Biograd), Diani Jurić (Šumarska

inspekcija), Dariju Peraicu (Šumarija Knin), Damiru Žagaru, Mislavu Maršiću i Zvoni Benčiku (Šumarija Zadar), kao i laboratorijskoj podršci Blaženki Ercegovac i Zlatku Huljini (Hrvatski šumarski institut).

Autori se također zahvaljuju anonimnim recenzentima na vrlo dobrim i konstruktivnim sugestijama, kojim je članak značajno unaprijeđen.

Literatura

References

- Anonymous, 2012: Report of the research project V4-1075 – threatening of Pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* to Slovenian Forests, 2010–2013, 2 str.
- Braasch, H., 2000: Pest risk analysis of pinewood nematode-related *Bursaphelenchus* species in view of South European pine wilting and wood imports from Asia: final report, BBA
- Chou, C. K. S., M. MacKenzie, 1988: Effect of pruning and season on *Diplodia pinea* infection of *Pinus radiata* stem through pruning wounds. *European Journal of Forest Pathology* 18: 437–444.
- Dalstein, L., N. Vas, 2005: Ozone concentrations and ozone-induced symptoms on coastal and alpine mediterranean pines in southern France. *Water, Air, and Soil Pollution* 160: 181–195.
- De Kam, M., C. M. Versteegen, J. Van den Burg, D. C. Van der Werf, 1991: Effects of fertilization with ammonium sulphate and potassium sulphate on the development of *Sphaeropsis sapinea* in Corsican pine. *Netherlands J. of Plant Path.* 97: 265–274.
- Diminić, D., M. Jurc, 1999: Some aspects of *Sphaeropsis sapinea* Presence on Austrian pine in Croatia and Slovenia. *Phyton (Horn)*, 39(3): 231–234.
- Diminić, D., 1996: Glijiva *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton na borovima sjevernojadransko područja. *Šum. list*, 11–12: 463–468.
- Diminić, D., B. Hrašovec, N. Potočić, 2003: The contributing role of SO₂ and drought in forest decline of Austrian pine in coastal Croatia. *Ekol. Bratislava* 22 (Suppl. 1): 80–83.
- Diminić, D., N. Potočić, I. Seletković, 2012: Uloga staništa u predispoziciji crnog bora (*Pinus nigra* Arnold) na zarazu fitopatogenom glijivom *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton u Istri. *Šum. list*, 1–2: 19–36.
- Freude, H., K.W. Harde, G.A. Lohse, 1976: Die Kaefer Mitteleuropas. Goecke und Evers, Krefeld.
- Glavaš, M., M. Harapin, B. Hrašovec, 1992: Zaštita šuma. U: Rauš Đ. (ur.): Šume u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatske šume, 340 str., Zagreb.
- Glavaš, M., 1999: Glijivične bolesti šumskog drveća. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. 281 str., Zagreb.
- Glavaš, M., J. Margaletić, 2001: Smeđa pjegavost iglica alepskoga bora i mjere zaštite. Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama. U: S. Matic, A.P.B. Krpan, J. Gračan (ur.). Šumarski fakultet i Šumarski institut; Zagreb, 636, Zagreb i Jas-trebarsko.
- Glavaš, M., D. Diminić, 2011: Bolesti šumskoga drveća U: S. Matic: Šume hrvatskog Sredozemlja. Akademija šumarskih znanosti, 533–555, Zagreb.
- Grüne, S., 1979: Brief Illustrated Key to European Bark Beetles. Verlag M. & H. Schaper, 182 str., Hannover.
- Han, H, Y.J. Chung, S.C. Shin 2008: First Report of the European Type of *Bursaphelenchus mucronatus* on Korean Pine (*Pinus koraiensis*) in Korea", *APS Journals* 92 (8): 1248.
- Harapin, M. 1984: Parazitski kompleks borova četnjaka (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) i njegov utjecaj na dinamiku populacije. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pp.186.
- Hrašovec, B., M. Pernek, D. Matošević 2008: Spruce, Fir and Pine bark beetle outbreak development and Gypsy moth situation in Croatia in 2007. *Forstschutz Aktuell* 44: 12–13.
- Hrašovec, B., M. Harapin, M. Pernek, 2011: Entomološki kompleks sredozemnih šuma. U: S. Matic: Šume hrvatskog Sredozemlja. Akademija šumarskih znanosti, 556–572, Zagreb.
- Jurc, M., D. Jurc, Dušan, N. Gogala, P. Simončić 1996; Air pollution and fungal endophytes in needles of Austrian pine. *Phyton (Horn)*, 1996, vol. 36, 3: 111–114.
- Jurc, M., S. Bojović, M. Fernández Fernández, D. Jurc 2012: The attraction of cerambycids and other xylophagous beetles, potential vectors of *Bursaphelenchus xylophilus*, to semiochemicals in Slovenia. *Phytoparasitica*, 2012, DOI: 10.1007/s12600-012-0234-4.
- Kovačević, Ž., 1956. Primijenjena entomologija: Šumski štetnici. Poljoprivredni nakladni zavod, 535 str., Zagreb.
- Logan, J. A., J. A. Powell, 2001. Ghost forests, global warming, and the mountain pine beetle. *Am. Entomol.* 47: 160–173.
- Malanson, G. P., 2001. Complex response to global change at alpine treeline. *Physio. Geog.* 22: 333–342.
- Margaletić, J., M. Margaletić, 2003: Požari u šumi i na šumskom zemljištu kao čimbenici degradacije staništa. *Šum. list.* 9–10: 475–482.
- Mamut, M., 2011: Veza prirodnogeografske i sociogeografske osnove Dalmacije s ugroženošću otvorenog prostora požarom. *Šum. list.* 1–2; 37–50.
- Matic, S., I. Anić, M. Oršanić, 2005: Uzgojni zahvati u funkciji poboljšanja protuerozijske i vodozaštitne uloge šume. *Šum. list* CXXIX: 17–30.
- Michalopoulos-Skarmoutsos, H., G. Skarmoutsos, M. Kalapanida, A. Karageorgos, 2003: Surveying and recording of nematodes of the genus *Bursaphelenchus* in conifer forests in Greece and pathogenicity of the most important species. *Nematology Monographs & Perspectives*, 1: 113–126.
- Mota, M.M., H. Braasch, M.A. Bravo, A.C. Penas, W. Burgermeister, K. Metge, E. Sousa, 1999: First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology*, 1(7/8): 727–734.
- Naves, P.M., E. Sousa, J.M. Rodrigues, 2008: Biology of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera, Cerambycidae) in the Pine Wilt Disease affected zone, Southern Portugal. *Silva Lusitana*, 16(2): 133–148.
- Nicholls, T.H., M.E. Ostry, 1990: *Sphaeropsis spinea* cankers on stressed red and jack pines in Minnesota and Wisconsin. *Plant Disease* 74(1): 54–56.
- Økland, B., O. Skarpaas, M. Schroeder, C. Magnusson, Å. Lindelöw, K. Thunes, 2010: Is eradication of the pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) likely? An evaluation of current contingency plans. *Risk Analysis* 30(9): 1424–1439.
- Pajares, J. A., F. Ibeas, J. J. Diez, D. Gallego, 2004: Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae)

- to host and bark beetle semiochemicals. J. of Appl. Ent. 128 (9/10): 633–638.
- Pernek, M., D. Matošević, 2003: Karantenski štetočinja *Bursaphelenchus xylophilus* – vektorski odnos prema rodu *Monochamus* i opasnosti za hrvatsko šumarstvo. Glasilo biljne zaštite 6: 378–383.
 - Pfeffer, A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer. Naturhistorisches Museum Basel, 309 str., Basel.
 - Potočić, N., I. Seletković, H. Lepeduš, V. Cesar, 2003: Recovery of Black pine (*Pinus nigra* Arn.) needles in response to lowered SO₂ in the air – a case study of Plomin thermal power plant. Period.biol. 105(3): 319–323.
 - Priručnik izvještajne i dijagnostičko prognozne službe zaštite šuma, 1981. Savez inženjera i tehničara i industrije za preradu drveta Jugoslavije, 366. str., Beograd.
 - Prpić, B., 1992a: Ekološka i gospodarska vrijednost šuma u Hrvatskoj., U: Đ. Rauš (ur.) Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i "Hrvatske šume", 237–256, Zagreb.
 - Prpić, B., 1992b: O vrijednostima općekorisnih funkcija šume. Šum. list 116(6–8): 301–312.
 - Prpić, B., 2001: Šuma "tvornica" vode i zraka. Šum. list, CXXIV (5–6): 300–302.
 - Prpić, B., 2003: Općekorisna uloga bukovih šuma. U: S. Matic (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, 213–227, Zagreb
 - Prpić, B., P. Jurjević, H. Jakovac, 2005: Procjene vrijednosti protuerozijske, hidrološke i vodozaštitne uloge šume. Šum. list. CXXIX: 186–194.
 - Sabadi, R., A. Krznar, H. Jakovac, 1988: Koliko društvena zajednica pridonosi održanju i proširenju potencijala općih koristi od šuma? Šum. list CXII (5–6): 255–265.
 - Sabadi, R., B. Prpić, H. Jakovac, 2001: Ukupna vrijednost jelovih šuma u Hrvatskoj. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i "Hrvatske šume" 792–826, Zagreb.
 - Sabbatini Peverieri, G., M. Faggi, L. Marziali, R. Tiberis, 2008: Life cycle of *Tomicus destruens* in a pine forest of central Italy. Bulletin of Insectology 61 (2): 337–342,
 - Sousa, E., M. Bravo, M. Pires, P. Naves, A. Penas, L. Bonifacio, M. Mota, 2001: *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda; Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal. Nematology 3: 89–91.
 - Spekat, A., W. Enke, F. Kreienkamp, 2007: Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES Szenarios B1, A1B und A2. Umweltbundesamt, 149 str.
 - Steiner, G., E.M. Buhner, 1934: *Aphelenchoidea xylophilus*, n. sp., a nematode associated with blue-stain and other fungi in timber. Journal of Agricultural Research, 33: 159–164.
 - Swart, W.J., M. J. Wingfield, P.S. Knox-Davies 1987: Factors associated with *Sphaeropsis sapinea* infection of pine trees in South Africa. Phytomycolactica, 19: 505–510.
 - Van Dam, B. C., H. Blok, C. M. Versteegen, 1990: De mogelijke invloed van de denneschorswants (*Aradus cinnamomeus*) op het optreden van bastnecrosen, veroorzaakt door *Sphaeropsis sapinea* bij Corsicaanse den. De epidemische ontwikkeling van *Sphaeropsis sapinea*, oorzak van scheutsterfte en bastnecrose bij *Pinus*-soorten in Nederland. Rapport nr. 598, De Dorschkamp Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, 47–59, Wageningen
 - Wilf, P., C.C. Labandeira, 1999: Response of plant-insect associations topaleocene-eocene warming. Science 25: 2153–2156.
 - Yoshimura, A., K. Kawasaki, F. Takasu, K. Togashi, K. Futai, N. Shigesada, 1999: Modeling the spread of pine wilt disease caused by nematodes with pine sawyers as vector. Ecology 80(5): 1691–1702.

THE MOST IMPORTANT BIOTIC FACTORS OF PINE (*PINUS* SPP.) DECLINE IN NORTHERN DALMATIA

Summary

In recent years significant decline of pine trees of different species, age, size and position in the forests of Northern Dalmatia has been recorded. This research involves several biotic factors associated with climate extremes, which could cause such harm. In addition to the climate analysis, Pine Processionary Moth, pinewood nematodes, longhorn beetles, bark beetles, needlecast disease caused by fungus were investigated.

Results indicate that the mean temperature and precipitation values in the area of Northern Dalmatia deviated significantly from the mid of 2006 to the end of 2008. In this period, extremely high temperatures and severe droughts were recorded. Climatic extremes, especially drought, can be considered the basic adverse factor causing stress and physiological weakening of pine trees and simultaneously improving the conditions for attacks of various types of pests. Favourable conditions caused linking up of adverse factors, the phenomenon has not been explained so far, and it is a possible cause of drying of the crown portions, and sometimes even dieback of individual trees, and more rarely, group of trees. Drought, as a trigger, weakened pines that were subsequently attacked by several species of pathogenic fungi: *Lophodermium pinastri*, *L. seditiosum*, *Sphaeropsis sapinea*, *Mycosphaerella pini*, *Cyclaneusma niveum* and *Elytroderma torres-juanii*. The largest damages were caused by attacks of the fungus *S. sapinea*.

Interferences in normal photosynthesis due to needle shedding have further physiologically deteriorated a tree and it was exposed to attacks of the bark beetle species of *Tomicus destruens*. It followed by tree diebacks with occurrence of some other species of xylobiont insects (weevils, longhorn beetles).

So far it is not possible to determine the scope of impact of wood pathogenic nematodes in the chain of pine dieback without further studies. The first results indicate the presence of several species: *Bursaphelenchus mucronatus*, *B. sexdentati*, *B. eggersi*, of which the two first ones are considered as pathogenic. In addition, nematode vector *Monochamus galloprovincialis* has been determined which may play an important role in possible occurrence of quarantine species of *Bursaphelenchus xylophilus*.

KEY WORDS: *Tomicus destruens*, *Monochamus galloprovincialis*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Bursaphelenchus* spp., micoses of needles