

Andrija JUKIĆ, Tomislav KRCIVOJ, Nikola ZORIĆ

Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarjenje, Hrvatski šumarski institut, Cvjetno naselje 41, Jastrebarsko
andrijaj@sumins.hr

SUVREMENA METODOLOGIJA PROVOĐENJA „PROGRAMA POSEBNOG NADZORA“ U ŠUMSKIM EKOSUSTAVIMA

SAŽETAK

U borbi protiv unošenja i širenja karantenskih organizama istraživanje i razvoj novih metodologija praćenja i kontrole postaju ključni čimbenici. Stalni napredak i prilagodba metodologija omogućit će bolje suočavanje s izazovima koje pred nas postavlja unošenje i širenje karantenskih organizama. Unošenjem novih vrsta u nove okolišne uvjete mijenjamo dinamiku ekosustava na način koji može biti destruktivan za lokalnu bioraznolikost i ekonomiju. Stoga je iznimno važno stalno unapređivati strategije praćenja kako bismo spriječili njihovo unošenje ili ograničili širenje. Ovaj rad ističe značaj korištenja naprednih senzorskih tehnologija na bespilotnim letjelicama, upotrebu feromonskih klopki, brze molekularne LAMP metode te uporabu ostalih metoda kao neizostavnih čimbenika u provođenju programa posebnog nadzora.

Ključne riječi: karantenski organizmi, suvremene metode, zaštita šuma, dinamika širenja

UVOD

Šume su vitalni stupovi ekosustava našega planeta, ključni za održavanje biološke raznolikosti i ekološke stabilnosti. Njihovo zdravstveno stanje i opstanak izravno ovise o kompleksnoj sinergiji između biotičkih i abiotičkih čimbenika. S porastom globalne trgovine, sve veća povezanost među različitim dijelovima svijeta olakšava unošenje i širenje novih stranih (alohtonih) vrsta. Strane alohtone vrste kukaca često se unose u šumske ekosustave, a definiraju se kao vrste koje žive izvan svog prirodnog areala (Nentwig i Josefsson, 2010.). Čak i vrlo mali broj organizama može izazvati velike štete ako se unesu u novo okruženje gdje još nema njihovih prirodnih neprijatelja i postoje pogodni uvjeti za razmnožavanje. U ovom kontekstu misli se na karantenske organizme koji su identificirani kao štetni te su zbog toga podložni posebnim kontrolama kako bi se spriječilo njihovo unošenje i širenje. FAO (Food and Organization of the United Nations) karantenski organizam definira kao štetnika koji ima potencijalno značajan ekonomski utjecaj na ugroženo područje, a još nije prisutan, ili je prisutan, ali nije široko rasprostranjen i službeno se kontrolira.

Već u 19. stoljeću, kada je otkrivena priroda biljnih bolesti i štetnika te kada je

upoznat njihov značaj, nastao je pojam biljne karantene. Prvi propis o biljnoj karanteni kao mjeri sprječavanja širenja štetnika u Europu donesen je u Njemačkoj 1863. neposredno nakon prenošenja filoksere (*Grape phylloxera*) iz Amerike. Poslije, 1881. godine, u Bernu je donesena Međunarodna konvencija o provođenju karantenskih mjera zbog sprječavanja širenja filoksere. Toj konvenciji pristupila je većina europskih zemalja te se smatra prvom Međunarodnom konvencijom s ciljem sprječavanja širenja jednog karantenskog štetnika u Europi, pa i u svijetu (Arsenijević i sur., 1980.).

U Republici Hrvatskoj već dugo postoji sustav nadzora i kontrole prisutnosti karantenskih štetnika koji se naziva „Program posebnog nadzora“, a propisan je Zakonom o biljnom zdravstvu (NN 127/19; 83/22). Programi posebnog nadzora u nadležnosti su Ministarstva poljoprivrede, a provode ih Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu – Centar za zaštitu bilja, Hrvatski šumarski institut i Fitosanitarna inspekcija. Hrvatski je šumarski institut tijekom posljednjih pet godina pratio 16 karantenskih štetnih organizama: *Agrilus bilineatus* (Weber, 1801), *Aromia bungii* (Faldermann, 1835), *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771), *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1854), *Agrilus auroguttatus* Schaeffer, 1905, *Agrilus anxius* Gory, 1841, *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner 1934) Nickle 1981, *Dendrolimus sibiricus* Chetverikov, 1908, *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell, *Geosmithia morbida* M. Kolařík et al., 2010, *Monochamus* spp. Dejean, 1821, *Popillia japonica* Newman, 1841, *Polygraphus proximus* Blandford, 1894, *Pissodes* spp. Germar, 1817 i *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) 1866.

Iako nema objavljenih podataka koji procjenjuju troškove svih karantenskih organizama za cijelu Europu, postoje neke procjene za određene štetnike i određene zemlje ukazuju na velike ekonomske gubitke uzrokovane egzotičnim štetnicima. Procjenjuje da karantenske vrste kukaca i fitopatogena u Ujedinjenom Kraljevstvu uzrokuju štete od 6,3 milijarda eura godišnje na usjevima i u šumama. Zbog toga Vlada Ujedinjenog Kraljevstva propisuje 18 milijuna eura za planove monitoringa karantenskih vrsta. Šire gledano, godišnji ekonomski gubitci za cijelu Europsku uniju zbog stranih vrsta iznose 10 milijarda eura (Kenis i Branco, 2010.). Ova procjena ne uključuje troškove kontrole i eradikacije niti uključuje troškove povezane s utjecajem na vanjsku trgovinu i tržišne efekte (Augustin i sur., 2012.).

U ovom će se radu opisati inovativne i moderne metode provođenja programa posebnog nadzora nad karantenskim organizmima prema preporukama EFSA-e (The European Food Safety Authority) te će se osvrnuti na trend širenja i suzbijanja u 2022. godini.

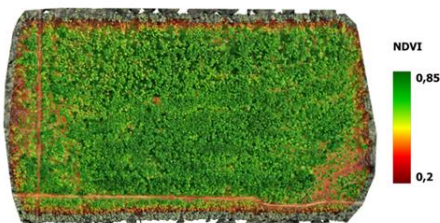
Metode provođenja programa posebnog nadzora

Daljinska istraživanja predstavljaju koristan alat u detekciji i procjeni šteta uzrokovanih različitim abiotičkim i biotičkim čimbenicima, prije svega korištenjem satelita različitih prostornih, temporalnih i spektralnih rezolucija (Xinglan i sur., 2020.). Međutim, postoje ograničenja kao što su utjecaj oblaka,

nedovoljna prostorna rezolucija (do 10 m) i vremenska rezolucija koja ovisi o ponovnom prolasku satelita nad promatranim područjem. U posljednjem desetljeću značajno je porasla upotreba bespilotnih letjelica opremljenih različitim sensorima (Iost Filho i sur., 2020.). Za razliku od satelita, bespilotne letjelice troškovno su prihvatljivije, omogućuju prikupljanje podataka s manjom vremenskom rezolucijom i pružaju prostornu rezoluciju izraženu u centimetrima.

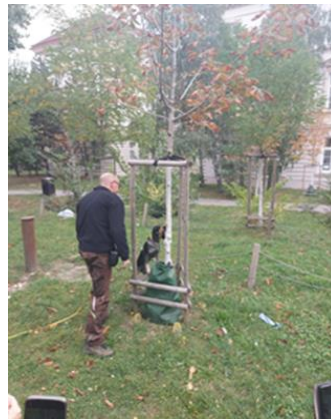
Bespilotne letjelice, poznatije kao dronovi, poput modela DJI Mavic 3 MS i Mavic 3 T, koje posjedujemo, opremljene su multispektralnim i termalnim kamerama koje omogućavaju detaljno mapiranje i praćenje šumskih područja. Ti senzori efikasno detektiraju fiziološke anomalije koje ukazuju na prisutnost stresa, čime su postali nezamjenljivi u ranoj detekciji štetnika (Duarte i sur., 2022.). Dronovi omogućuju brzo i precizno prikupljanje podataka nad zadanom površinom, ali zahtijevaju specijalizirane vještine u interpretaciji podataka i upravljanju velikim količinama informacija (slika 1). Upotrebom sofisticiranijih senzora, s većom spektralnom rezolucijom, kao što su hiperspektralni senzori, susrećemo se sa još zahtjevnijom interpretacijom podataka.

Glavna ograničenja korištenja dronova su kapacitet baterije i maksimalna udaljenost između upravljačke jedinice i letjelice, što može ograničiti veličinu područja koja se mogu efektivno prekriti. Ključno je također poštivanje zakonske regulative Europske agencije za sigurnost zračnog prometa (EASA). Operatori dronova moraju biti adekvatno obučeni i u otvorenoj kategoriji nužno je održavati vizualni kontakt s letjelicom, što može umanjiti operative sposobnosti drona na većim površinama. Dakle, unatoč određenim ograničenjima, upotreba dronova značajno poboljšava efikasnost i preciznost u detekciji štetnika i mapiranju šumskih područja.



Slika 1. NDVI ortomozaik kreiran s podacima bespilotne letjelice (izradio: N. Zorić)

Figure 1 NDVI orthomosaic created with drone data (made by: N. Zorić)



Slika 2. Simulacija traganja psa za *Anoplophora chinensis* (snimio: T. Krcivoj)

Figure 2 Simulation of a dog's search for *Anoplophora chinensis* (photo: T. Krcivoj)

Naturalist je mobilna aplikacija koja se sve više koristi u svrhu proučavanja i praćenja bioraznolikosti diljem svijeta. Ta platforma omogućuje korisnicima bilježenje, dijeljenje i identificiranje različitih vrsta organizama, čime pridonose globalnoj znanstvenoj zajednici. U doba ubrzana gubitka biološke raznolikosti i sve većih ekoloških prijetnji, potreba za alatima koji omogućuju praćenje i razumijevanje stanja okoliša postaje sve važnija. iNaturalist je jedna od inovativnih platformi koja se pojavila kao odgovor na tu potrebu. Kombinacijom mobilne tehnologije, društvenih mreža i znanstvene zajednice, iNaturalist pruža korisnicima mogućnost aktivna sudjelovanja u skupljanju podataka o biljkama i životinjama te praćenje njihove distribucije i ponašanja. Aplikacija omogućuje korisnicima snimanje fotografija biljaka i životinja te njihovo dijeljenje s ostatkom zajednice. Stoga je važno da korisnici obrate pozornost na kvalitetu fotografije kako bi se povećala mogućnost precizne identifikacije (Unger i sur., 2020.). Korisnici također mogu dodavati geološkijske podatke i bilješke svojim promatranjima (Van Horn i dr., 2017.). Ključna je tehnološka značajka aplikacije korištenje umjetne inteligencije za prepoznavanje vrsta na temelju morfoloških značajki. Ta tehnologija omogućuje brzu identifikaciju i klasifikaciju organizama, čime se olakšava proces prikupljanja podataka. iNaturalist nije samo alat za entuzijaste prirode nego i važan izvor podataka za znanstvenike i istraživače. Velika količina podataka prikupljenih putem aplikacije pruža vrijedne uvide u distribuciju vrsta, sezonske promjene, migracijske rute i druge ekološke parametre. Na primjer, opservacije na iNaturalistu korištene su za identifikaciju ugrožene vrste bumbara, koja nije bila uočena nekoliko desetljeća na Filipinima (Wilson i sur. 2020.) te praćenje invazije reda bogomoljki (*Mantis* spp.) u Francuskoj (Moulin, 2023.) i bubamara u Argentini (Werenkraut i sur., 2020.). Korisničko iskustvo iNaturalista često je visoko ocijenjeno zbog intuitivna sučelja i mogućnosti interakcije s ostalim korisnicima putem komentara i ocjena. Potrebno je prepoznati i negativne aspekte, kao što su nedostatak stručne provjere, potencijalno širenje netočnih identifikacija te ovisnost o tehnologiji, što u konačnici smanjuje sposobnost korisnika da samostalno prepozna organizme u prirodi.

Psi već niz godina pomažu u detekciji štetnih organizama. Njihova izvanredna sposobnost osjeta mirisa omogućuje pronalazak organizama koji ostavljaju tragove u obliku ekskremenata, izlučevina i drugih specifičnih mirisa. Nedavne studije fokusirale su se na upotrebu pasa u detekciji kukaca, posebno vrsta iz reda kornjaša (Coleoptera). Psi su pokazali sposobnost otkrivanja crvene palmine pipe (*Rhynchophorus ferrugineus*), jasenova krasnika (*Agrius planipennis*), azijske strizibube (*Anoplophora chinensis* i *Anoplophora glabripennis*) te pojedinih vrsta potkornjaka, kao što je smrekov pisar (*Ips typographus*) (Arnesen i Rosell, 2021.). Psi za detekciju azijskih strizibuba odlaze u škole za treniranje, kao što je Austrian Research Centre for Forests

(BFW) u Beču, gdje su nakon obuke osposobljeni razlikovati miris svih razvojnih faza azijskih strizibuba (slika 2). Studije pokazuju da je u lošim vanjskim uvjetima (vjetar, temperatura, buka) 75 – 88 % uzoraka uspješno identificirano, a u idealnim se uvjetima uspješnost kreće od 85 – 93 % (Hoyer-Tomiczek i sur., 2016.). Unatoč obećavajućim rezultatima pojavljuju se određeni izazovi i poteškoće u detekciji, kao što su ograničena primjenjivost, jer su pojedini psi specijalizirani za prepoznavanje samo određenih mirisa za koje su obučeni, te ograničenja u radnim uvjetima jer psi imaju svoje granice tjelesnog i mentalnog napora. Potrebno je osigurati odgovarajuće uvjete rada i odmor kako bi se izbjeglo preopterećenje pasa (Arnesen i Rosell, 2021.).

Feromonske klopke su jedna od najčešćih i najzastupljenijih tradicionalnih metoda praćenja i kontrole kukaca zahvaljujući učinkovitosti privlačenja atraktanata, sintetiziranih kemijskih tvari koje privlače ciljane organizme i omogućuju njihovo praćenje i kontrolu. Važan su alat u borbi protiv štetnika u šumarstvu. Prva praktična primjena atraktanata datira iz kasnih sedamdesetih godina prošlog stoljeća kada je sintetiziran pripravak Pheroprax za privlačenje smrekina potkornjaka (*Ips typographus*). Pripravak je ubrzo prihvaćen te je našao primjenu i u hrvatskoj šumarskoj operativi. Prije uvođenja feromonskih klopki, šumari su se oslanjali na lovna stabla, metodu koja je bila skupa i zahtjevna. Od osamdesetih godina prošlog stoljeća do danas provedena su mnoga istraživanja s ciljem poboljšanja kvalitete i kvantite ulova kukaca. Iako postoje kritička mišljenja i sumnje u ovu metodu, mnogi stručnjaci vjeruju da, ako se pravilno provede, može biti izrazito uspješna (Pernek, 2000.). Mirisna komunikacija među kukcima nepobitno je dokazana, a kemijski nositelji tih informacija nazivaju se feromonima. U znanstvenim krugovima ponekad se nazivaju kairomonima, a danas sve češće semiokemikalije (Hrašovec, 1995.). Atraktanti postaju sve učinkovitiji pri niskim gustoćama populacija, pa mogu odigrati ključnu ulogu u ranu otkrivanju karantenskih vrsta prije nego što populacija postane štetna. Jedna je od osnovnih prednosti njihova selektivnost, iako ponekad ulovljeni kukci privlače korisne predatorske vrste (Witzgall, 2010.). Taj je tip klopki relativno jeftin i jednostavan za postavljanje. Razvijeno je nekoliko različitih tipova klopki u prošlosti, a neke trenutačno imaju široku upotrebu u monitoringu karantenskih vrsta (slika 3). S obzirom na različit tip klopki, potrebno je odabrati najprikladniju za praćenje ciljanog organizma. Klopke se postavljaju prema biologiji praćena organizma, odnosno u vrijeme izlaska odraslih jedinki. Redovnim obilaskom utvrđuje se prisutnost ili odsutnost štetnika. U slučaju prisutnosti štetnika, prati se dinamika populacije kako bi se bolje razumjelo njegovo širenje i kako brzo njegova populacija raste ili opada. Odrasle jedinke budu najprije privučene hlapljivim tvarima stabla, kao što su monoterpeni, seskviterpeni i alkohol. Na početku kolonizacije domaćina, pioniri mužjaci ili ženke, ovisno o vrsti, oslobađaju agregacijske i seksualne feromone kako bi povećali infestaciju na stablu domaćinu i tako nadjačali obranu stabla (Augustin i sur., 2012.).



Slika 3. Multi-Funnel klopka i klopka za japanskog pivca (*Popillia japonica*)
(snimio: A. Jukić)

Figure 3 Multi Funnel trap and trap for Japanese beetle (*Popillia japonica*)
(photo: A. Jukić)

Detekcija štetnih organizama na terenu postala je značajno brža i efikasnija zahvaljujući novoj molekularnoj tehnici poznatoj kao LAMP metoda (Loop-mediated isothermal amplification). LAMP metoda nudi brzu i pouzdanu detekciju specifičnih sekvencija gena i patogena, pružajući značajne prednosti u usporedbi s tradicionalnom PCR metodom. Jedna je od osnovnih prednosti brzina analize, koja traje samo 30 minuta (Kyei-Poku i sur., 2020.). Ta je metoda također vrlo jednostavna za korištenje, što omogućuje primjenu čak i uz minimalno laboratorijsko znanje. Umnožavanje DNA izvodi se pri konstantnoj temperaturi, bez potrebe za složenom opremom. Kyei-Poku i sur. (2020.) razvili su test (assay) za *Agrilus planipennis* (EAB) te su ga testirali u nizu eksperimenata koristeći piljevinu iz različitih vrsta jasena kao izvor DNA. Također su provedeni testovi na uzorcima odraslih jedinki skupljenih iz ljepljivih klopki. Rezultati su pokazali pouzdanu detekciju s visokom osjetljivošću, čak i kad su uzorci bili prikupljeni iz zamki s ljepilom. Blaser i sur. (2018.) pokazali su da je LAMP metoda visoko učinkovita na fitosanitarnim inspekcijским točkama poput aerodroma, luka i ostalih graničnih prijelaza u Švicarskoj. Bitno je naglasiti da LAMP metoda, iako napredna i brza u detekciji genetičkog materijala, ne može potpuno zamijeniti PCR. PCR i dalje ostaje zlatni standard u molekularnim analizama zbog visoke specifičnosti i pouzdanosti rezultata koje

pruža. Oba pristupa imaju svoje mjesto u dijagnostičkim protokolima, te njihova kombinacija i integracija daju širi spektar mogućnosti u brznoj i pouzdanoj dijagnostici.

Trend širenja i suzbijanja karantenskih štetnih organizama u EU-u tijekom 2022.

Tablica 1. Prikaz pozitivnih nalaza karantenskih organizama u EU-u tijekom 2022.

Table 1. Review of positive detections of quarantine organisms in the EU during 2022.

Naziv karantenskog organizma	Država	Broj pozitivnih nalaza
<i>Ceratocystis platani</i> 164	GR	154
	IT	8
	FR	2
<i>Xylella fastidiosa</i> 115	IT	48
	FR	36
	PT	21
	ES	10
<i>Popillia japonica</i> 9	IT	7
	DE	2
<i>Geosmithia morbida</i> 5	IT	4
	FR	1

Najnoviji izvještaj o prisutnosti karantenskih organizama za 2022. predstavila je Europska komisija 12. listopada 2023. u Bruxellesu. On pruža uvid u distribuciju i prevalenciju četiri karantenska organizma na drvenastim vrstama koji mogu biti dio šumskog ekosustava ili urbanih područja (drvoredi, parkovi i sl.). Italija se ističe kao zemlja s visokom incidencijom slučajeva karantenskih organizama, a pojedinačni se slučajevi bilježe i u drugim zemljama EU-a. Stoga broj pregleda u Istarskoj županiji i Primorsko-goranskoj raste iz godine u godinu jer su te županije prepoznate kao područja s visokim stupnjem praćenja i nadzora karantenskih organizama u šumskom ekosustavu zbog geografskog položaja te blizine Italije. Posvećuje se posebna pozornost pregledima i istraživanjima zato što je poznato da se u Italiji nalazi nekoliko karantenskih organizama (tablica 1), koji se prate i na području Republike Hrvatske.

ZAKLJUČAK

U borbi protiv unošenja i širenja karantenskih organizama važni su čimbenici razvoj i implementacija inovativnih metodologija praćenja i kontrole. Biti inovativan i kreativan u tom kontekstu znači kontinuirano tražiti nove pristupe i tehnologije kako bi što bolje i učinkovitije provodili programi posebnog nadzora. U konačnici, edukacija i svijest javnosti također imaju značajnu ulogu. Kampanjama javnog informiranja, radionicama, obrazovnim programima i drugim aktivnostima može se podići svijest o važnosti prevencije i kontrole štetnih organizama.

Istraživanje novih metoda bitan je korak u monitoringu karantenskih organizama, no važno je naglasiti da opisane nove metode ne mogu potpuno zamijeniti klasične dijagnostičke metode. Primjerice, mobilne aplikacije ne mogu potpuno nadomjestiti morfološku analizu binokularnom lupom ili mikroskopom, kao što ni LAMP metoda ne može potpuno zamijeniti PCR metodu. Brzina dijagnosticiranja svakako je važna, ali ne smije se zanemariti ni kvaliteta procesa.

Podatci iz 2022. godine pokazuju da su karantenski organizmi i dalje značajna prijetnja ekosustavima i ekonomijama zemalja Europske unije. Ti podatci ukazuju na potrebu kontinuirana provođenja nadzora štetnih organizama, kao i na potrebnu prilagodbu strategija u tom procesu. Osim toga, nužna je i kontinuirana snažna međuinstitucionalna suradnja i na državnoj i na međudržavnoj razini. Kvalitetna suradnja omogućava razmjenu informacija, iskustava i resursa, čime se poboljšava učinkovitost odgovora na prateće izazove. Osobito valja istaknuti važnost Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA) te Europsku i mediteransku organizaciju za zaštitu bilja (EPPO) kao vodeće institucije u pružanju stručnih savjeta i smjernica. U tom kontekstu treba istaknuti i statistički program RiPEST koji definira potreban broj uzoraka i nadzora koje je potrebno provesti kako bi se osigurala adekvatna pokrivenost i pouzdanost. Stoga samo zajedničkim djelovanjem, uz primjenu inovativnih pristupa i suradnju na međunarodnoj razini, možemo izgraditi sigurnije ekosustave i osigurati održivu budućnost za generacije koje dolaze.

CONTEMPORARY METHODOLOGY FOR CONDUCTING „PROGRAMME OF SPECIAL SUPERVISION“ IN FOREST ECOSYSTEMS

SUMMARY

In the battle against the introduction and spread of quarantine organism the focus on researching and developing new monitoring and control methodologies are becoming crucial. By continuously advancing and adapting these methodologies, we can more effectively address the challenges posed by

these organisms. The introduction of new species into different environmental conditions disrupts ecosystem dynamics often with destructive consequences for local biodiversity and the economy. It is critical to consistently improve monitoring strategies to prevent their introduction or contain their spread. This work emphasizes the importance of utilizing advanced sensor technologies on drones, employing pheromone traps, rapid molecular LAMP methods and other techniques as essential components in surveys. These innovative approaches are crucial for preventing the entry of quarantine organisms and limiting their spread in forest ecosystems.

Key words: quarantine organisms, modern methods, forest protection, spread dynamics

LITERATURA

Arnesen, C.H. and Rosell, F. (2021.). Pest detection dogs for wood boring longhorn beetles. *Scientific Reports*, 11(1), p.16887.

Arsenijević, M., Balarin, I., Batinica, J., Bedeković, M., Britvec B. i Cvjetković B. (1980.). Priručnik o karantenskim biljnim bolestima I štetnicima. Zagreb, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 5-7.

Augustin, S., Boonham, N., De Kogel, W.J., Donner, P., Faccoli, M., Lees, D.C., Marini, L., Mori, N., Petrucco Toffolo, E., Quilici, S. and Roques, A. (2012.). A review of pest surveillance techniques for detecting quarantine pests in E urope. *EPPO Bulletin*, 42(3), 515-551.

Blaser, S., Diem, H., von Felten, A., Gueuning, M., Andreou, M., Boonham, N., Tomlinson, J., Müller, P., Utzinger, J., Frey, J.E. and Bühlmann, A. (2018.). From laboratory to point of entry: development and implementation of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP)-based genetic identification system to prevent introduction of quarantine insect species. *Pest Management Science*, 74(6), 1504-1512.

Duarte, A., Borralho, N., Cabral, P. and Caetano, M. (2022.). Recent advances in forest insect pests and diseases monitoring using UAV-based data: A systematic review. *Forests*, 13(6), 911.

Hoyer-Tomiczek, U., Sauseng, G. and Hoch, G. (2016.). Scent detection dogs for the Asian longhorn beetle, *A noplophora glabripennis*. *EPPO Bulletin*, 46(1), 148-155.

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

Iost Filho, F.H., Heldens, W.B., Kong, Z. and de Lange, E.S. (2020.). Drones: innovative technology for use in precision pest management. *Journal of economic entomology*, 113(1), 1-25.

Kenis, M. and Branco, M. (2010.). Impact of alien terrestrial arthropods in Europe. Chapter 5. *BioRisk*, 4, 51-71.

Kyei-Poku, G., Gauthier, D. and Quan, G. (2020.). Development of a loop-mediated isothermal amplification assay as an early-warning tool for detecting emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) incursions. *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2480-2494.

Nentwig, W. and Josefsson, M. (2010.). Introduction. Chapter 1. In: A. Roques et. al.

(ur.) Alien terrestrial arthropods of Europe, *BioRisk* 4 (1): 5–9.

Moulin, N. and Rouard, J. (2023.). *Hierodula transcaucasica* continues its invasion of Western Europe (Mantodea, Mantidae). *Bull. Société Entomol. Fr*, 128, 103-107.

Pernek, M. (2000.). Feromonske klopke u integralnoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka. *Radovi (Hrvat. šumar. inst.)*, 35 (2), 89-100.

Unger, S., Rollins, M., Tietz, A. and Dumais, H. (2021.). iNaturalist as an engaging tool for identifying organisms in outdoor activities. *Journal of Biological Education*, 55(5), 537-547.

Werenkraut, V., Baudino, F. and Roy, H.E. (2020.). Citizen science reveals the distribution of the invasive harlequin ladybird (*Harmonia axyridis* Pallas) in Argentina. *Biological Invasions*, 22(10), 2915-2921.

Wilson, J.S., Pan, A.D., General, D.E.M. and Koch, J.B. (2020.). More eyes on the prize: an observation of a very rare, threatened species of Philippine Bumble bee, *Bombus irisanensis*, on iNaturalist and the importance of citizen science in conservation biology. *Journal of Insect Conservation*, 24, 727-729.

Witzgall, P., Kirsch, P. and Cork, A. (2010.). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of chemical ecology*, 36, 80-100.

Xinglan, Q., Zuning, C., Jian, L., Fang, C. and Wei, Z. (2020.). Research Progress in the Monitoring of Forest Diseases, Insect and Pests Based on Satellite Remote Sensing Images, *FOREST RESOURCES MANAGEMENT*, (2), 181.

pregledni rad