

Učinkovitost "Trapview" sustava za automatsko praćenje jabukova savijača

Pajač Živković, Ivana; Miklečić, Ivana; Kapudija, Dora; Škorić, Matea; Lemić, Darija

Source / Izvornik: **Fragmenta phytomedica, 2020, 34, 1 - 15**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:207380>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

UČINKOVITOST „TRAPVIEW“ SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PRAĆENJE JABUKOVA SAVIJAČA

Ivana PAJAC ŽIVKOVIĆ, Ivana MIKLEČIĆ, Dora KAPUĐIJA, Matea ŠKORIĆ, Darija
LEMIĆ

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju,
Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb

ipajac@agr.hr

Prihvaćeno: 17-11-2020

SAŽETAK

Praćenje populacije štetnih organizama korištenjem različitih prognoznih modela njihove pojave temelj je integrirane zaštite bilja. Integrirana zaštita bilja jest ekološki povoljnija zaštita ekonomski važnih poljoprivrednih kultura od štetnih organizama radi očuvanja okoliša i zdravlja ljudi. Radi preciznije i pouzdanije zaštite bilja od štetnika u novije vrijeme razvijeni su automatski sustavi za praćenje štetnika. Oni omogućuju bržu reakciju pri pojavi štetnika u smislu bežičnog slanja informacija do korisnika, točnijih podataka za rad i prognozu pojave štetnika te shodno tome reduciraju broj kemijskih tretmana. Konvencionalni modeli praćenja temelje se na ručnom prebrojavanju ulova štetnika što iziskuje mnogo vremena i povećava troškove rada. Glavni je cilj ovog istraživanja bio ustanoviti pouzdanost digitalne *Trapview*-lovke u praćenju ekonomskog štetnika (jabukova savijača, *Cydia pomonella* L.) u proizvodnji jabuke u odnosu na standardnu Delta lovku. Istraživanje je provedeno tijekom 2019. godine u voćnjaku na pokušalištu Maksimir koje se nalazi u sastavu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Rezultatima ovog istraživanja potvrđeno je da *Trapview*-lovka omogućuje pouzdano praćenje štetnika i pravovremeno određivanje kritičnih rokova suzbijanja te nisu ustanovljene statistički značajne razlike u učinkovitosti sustava u praćenju štetnika u odnosu na klasičnu Delta lovku koja se primjenjuje u praksi. Na taj je način reduciran standardni postupak praćenja štetnika, a što može pridonijeti kvalitetnijoj proizvodnji poljoprivrednih kultura. Navedeno istraživanje prvo je takve vrste u Hrvatskoj, stoga bi rezultati mogli poslužiti kao referentni podatci i smjernice za uvođenje digitalnih sustava u praćenju štetnika u praksi.

Ključne riječi: automatski sustav za praćenje štetnika, *Cydia pomonella* L., učinkovitost, rokovi suzbijanja, zaštita bilja

EFFECTIVENESS OF THE "TRAPVIEW" SYSTEM FOR AUTOMATIC MONITORING OF CODLING MOTH

SUMMARY

Pest population monitoring by using different prognostic models is the basis of integrated plant protection. Integrated plant protection is environmentally friendly protection of economically important agricultural crops from harmful organisms with the purpose of preserving the environment and human health. In order to make more accurately and reliably plant protect from pests, automatic pest monitoring systems have recently been developed. They enable a faster response to pest occurrence in terms of wireless transmission of information to users, more accurate data for operation and prognosis of pests, and accordingly reduce the number of chemical treatments. Conventional pest monitoring models are based on manually counted catches which is time consuming and increases labor costs. The main goal of this research was to determine the reliability of the automated *Trapview* trap in monitoring the economic pest (codling moth) in apple production in relation to the standard Delta trap. The research was conducted during the vegetation season of 2019 in experimental orchard Maksimir, which is part of the University of Zagreb, Faculty of Agriculture. The results of this research confirmed that the *Trapview* trap enables reliable pest monitoring, as well as timely determination of critical control deadlines, and no statistically significant differences in the effectiveness of pest monitoring compared to the classic Delta trap used in practice have not been determined. In this way, the standard procedure for pest monitoring has been reduced, which can contribute to better production of agricultural crops. These results are the first of their kind in Croatia. Therefore, this data could serve as a reference research and guidelines for the implementation of digital systems for pest monitoring into the practice.

Key words: automatic pest monitoring system, *Cydia pomonella* L., effectiveness, control deadlines, plant protection

UVOD

Integrirana zaštita bilja ekološki je povoljnija proizvodnja poljoprivrednih kultura koja uključuje analizu podataka o životnim ciklusima štetnih organizama, njihovoj interakciji s okolišem, prošlim i trenutnim uvjetima koji vladaju na području uzgoja kulture i sl. kako bi se proizvođačima omogućile ekonomski i ekološki prihvatljive odluke o njihovom suzbijanju (Holguin i sur., 2010). Glavni je cilj integrirane zaštite uzgoj visokokvalitetnih proizvoda čija proizvodnja ne šteti ljudskom zdravlju niti okolišu (Ciglar, 1998), a učinkovito i

redovito praćenje populacije štetnih organizama spada u najvažnije komponente integrirane proizvodnje (Maceljski, 2002). Radi praćenja populacije štetnika primjenjuju se modeli koji se najčešće temelje na izračunu klimatskih parametara koji utječu na razvoj štetnika i praćenju brojnosti populacije pomoću lovki čija su osnovna komponenta najčešće seksualni ili hranidbeni atraktanti (Igrc Barčić i Maceljski, 2001). Ako se pomoću lovka procijeni da će se populacija štetnika razvijati u tzv. kritičnom broju koji može uzrokovati ekonomske štete u uzgoju, pristupa se primjeni odgovarajućih mjera zaštite, no ako proizvođači ne procjenjuju visinu populacije štetnika, mogu donijeti pogrešne odluke o zaštiti. Sredstva za zaštitu bilja tada se primjenjuju kada nije potrebno ili u krivo vrijeme što uzrokuje ekonomsku i ekološku štetu. Kako bi sustav funkcionirao, po jedinici površine potrebno je postaviti točno određeni broj lovka koje se periodično obilaze kako bi se ručno prebrojavali ulovi te zamijenili potrošni dijelovi (npr. ljepljivi podlošci i/ili atraktanti) što iziskuje mnogo vremena i povećava troškove rada (Holguin i sur., 2010). Fenemore i Norton (1985) procijenili su da su troškovi ovakvog praćenja štetnika veći od ušteda koje nastaju zbog smanjenja utroška pesticida, stoga se u posljednjih desetak godina sve više pozornosti pridaje razvoju automatskih sustava za praćenje štetnika. To su „pametni“ sustavi koji se sastoje od lovke, hardvera i softvera koji automatski prepoznaje ciljanog štetnika i bilježi njegovu brojnost. Sve prikupljene informacije šalju se bežično korisniku. Time se smanjuje vrijeme utrošeno na obilazak standardnih lovka, ručno brojenje ulova i identifikaciju štetnika, što uvelike pridonosi rentabilnosti proizvodnje.

Automatski sustavi za praćenje štetnika

Zahvaljujući ubrzanom širenju i niskim cijenama informacijsko-komunikacijskih tehnologija, sve se više razvijaju inovativni uređaji (e-lovke ili „pametne lovke“) za automatsko praćenje štetnika koji omogućuju lakše i učinkovito praćenje njihove populacije (Sciarretta i Calabrese, 2019). Automatizirani uređaji sastoje se od lovka opremljenih senzorima za prikupljanje podataka na terenu i njihov prijenos na udaljeni online server koji zatim omogućuje pregled podataka krajnjim korisnicima (Štefančić i sur., 2013). Navedeni uređaji mogu pratiti populaciju štetnika 24 sata dnevno, svaki dan u godini, s različitih polja istovremeno te trajno spremiti primljene podatke i fotografije (Potamitis i sur., 2017). Sustavi za praćenje mogu biti opremljeni softverom za identifikaciju ulovljenog ciljnog štetnika (u potpunosti automatizirani sustav) ili osoba može brojiti ulovljene kukce gledajući fotografije koje prikuplja e-lovka (poluautomatizirani sustav) (Sciarretta i Calabrese, 2019). Pri pojavi štetnika automatski sustav za praćenje odmah ga identificira te omogućava ručni pregled snimljenih fotografija (Marić i sur., 2016). Softver može sadržavati i sustav potpore odlučivanja (eng. Decision Support System – DSS) koji pruža informacije o riziku napada te na taj način

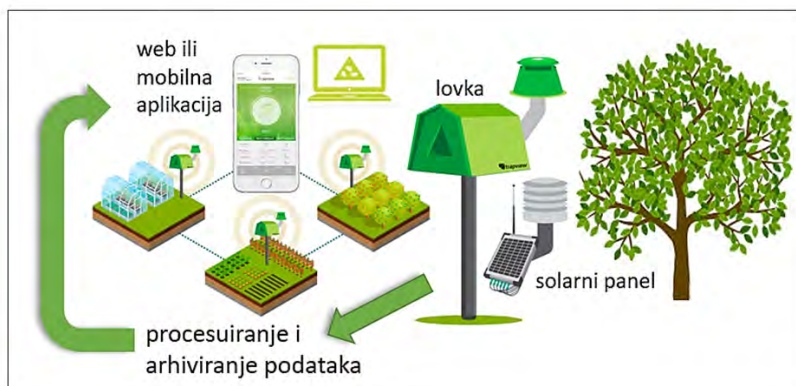
olakšava donošenje odluka o mjerama koje treba poduzeti (Mul i sur., 2016). Razvoj takvih sustava pridonio je unaprjeđenju integrirane poljoprivrede obavještavanjem proizvođača o kritičnom broju štetnika putem računala ili mobilnog uređaja radi donošenja pravovremene odluke o zaštiti uzgajane kulture. Standardne metode za praćenje štetnika temelje se na vizualnom pregledu biljnih organa radi ustanovljivanja prisutnosti štetnika i/ili znakova oštećenja na biljkama te primjeni različitih atraktanata (uglavnom feromona) (Hughes, 1999, cit. Miresmailli i sur., 2009). Primjenom navedenih metoda proizvođač procjenjuje brojnost populacije štetnika te predviđa eventualne ekonomske štete. Međutim i dalje je za ovaj posao potreban rad čovjeka. Zadužene osobe, u kritičnim razdobljima razvoja kulture, trebaju vizualno pregledati veliki broj biljaka i biljnih organa te uočiti štetnika što je često otežano zbog vrlo sitnih dimenzija kukaca u njihovim ranim fazama razvoja kada su i mjere suzbijanja najučinkovitije. Osim toga osobe zadužene za praćenje štetnika trebaju biti educirane za navedeni posao. Budući da njihovo zapažanje nikada nije identično, teško je objektivno procijeniti populaciju štetnika i štetu (Lichtenberg i Berlind, 2005, cit. Miresmailli i sur., 2009). Uz sve navedeno, ručno je brojenje ulova naporno, sporo, skupo i ponekad podložno pogreškama (Weiguang i Graham, 2016). Potpuno automatizirano praćenje štetnika zaobilazi navedene probleme pružajući ponovljive podatke u stvarnom vremenu i podršku pri donošenju odluke za brzo i ciljano suzbijanje štetnika. Uređaji za automatsko praćenje štetnika mogu slati podatke o brojnosti štetnika na središnje računalo koje pokreće model prognoziranja porasta populacije štetnika i obavještava korisnika o trenutku kada se očekuje da će populacija prijeći ekonomski prag štetnosti (Shuman i sur., 1996 i Shuman i sur., 2003, cit. Mul i sur., 2016). U tom slučaju ručne provjere više nisu potrebne. S novim „pametnim“ uređajima može se postići veća učinkovitost u integriranom sustavu proizvodnje, a neke od prednosti njihovog korištenja jesu: brža reakcija pri pojavi štetnika (od jednog sata do jednog dana umjesto jednog tjedna), točniji podatci za rad i prognozu pojave štetnika te u konačnici smanjenje broja kemijskih tretmana (Zoolog, 2019). Nadalje smanjenje broja obilaženja lovka dovodi do značajnog smanjenja potrošnje goriva (što se odražava na proračun, a ujedno se smanjuje emisija ugljikovog dioksida) koje se utroši kada se vozilom obilaze lovke kako bi se prebrojili ulovi i zamijenili potrošni dijelovi. Još jedna prednost automatiziranog praćenja kukaca je ta što se podatci o populaciji i distribuciji za određene vrste kukaca mogu trajno zabilježiti (Potamitis i sur., 2017). Praćenje štetnika može pružiti uvid u učinkovitost primjene insekticidnog tretmana, smanjiti njihovu uporabu i pomoći pri boljem razumijevanju populacije štetnika u poljoprivredi (Potamitis i sur., 2017). Nadalje komunikacija na globalnoj razini omogućuje znanstvenicima zajedničku suradnju jer se podatci s udaljenih lovka vrlo lako mogu dijeliti (Potamitis i sur., 2017). Također podatci o napadu štetnika na globalnoj razini mogu se iskoristiti za predviđanje cijena u poljoprivrednoj

proizvodnji (Potamitis i sur., 2017). Automatski sustavi za praćenje štetnika uvelike olakšavaju donošenje odluka o potrebnom suzbijanju, što na kraju rezultira jasnijom, preciznijom te ekološki povoljnijom zaštitom bilja.

Trapeview-sustav

Trapview je automatizirani, digitalni sustav koji se koristi za praćenje različitih štetnika u ratarstvu, voćarstvu i vinogradarstvu. Sustav se temelji na ulovu štetnika pomoću raznih atraktanata te fotografiranju i prebrojavanju istih u realnom vremenu. Svrha je *Trapview*-sustava alarmiranje, odnosno obavještanje proizvođača o kritičnom broju štetnika putem računala ili mobilnog uređaja kako bi pravovremeno obavio tretiranje, tj. zaštitu kulture. Mogućnost signalizacije o kritičnom broju štetnika pridonosi poboljšanju integrirane poljoprivrede. Takvim načinom praćenja štetnika proizvođač manje treba ići u kontrolu, tj. obilazak uzgajane kulture te se racionalizira i optimizira primjena insekticida što dovodi do reduciranja troškova proizvodnje i zdravijih kultura s manje rezidua. Uz navedene prednosti koje *Trapview*-sustav pruža proizvođačima, tehnologija *Trapview*-sustava olakšava rad i savjetodavcima te znanstvenicima jer omogućava praćenje štetnika na širokom području bez dodatnih napora i resursa te u realnom vremenu daje uvid u pojavu štetnika, pojednostavljuje komunikaciju s klijentima, precizno i automatizirano prikuplja podatke s terena te skraćuje interval prikupljanja podataka i potom ih arhivira. *Trapview*-sustav kombinacija je softvera i hardvera te obuhvaća mehaničko i digitalno praćenje štetnika. Sastoji se od lovke, procesuiranja i arhiviranja podataka te web ili mobilne aplikacije (slika 1). Takav je sustav rješenje za praćenje štetnika (najviše iz reda Lepidoptera) na udaljenom području. Automatizirana „pametna“ lovka sustava, koja sadrži feromon, energetski je neovisna i otporna na vremenske promjene te šalje slike ulovljenih štetnika. Slike snimljene putem lovke skupljene su, obrađene i arhivirane. Tijekom obrade slika štetnici se prepoznaju te automatski označavaju pomoću seta algoritama. Sve snimljene i arhivirane slike s označenim i prebrojenim štetnicima nalaze se u *Trapview*-aplikaciji koja sadrži mnogobrojne alate koji omogućuju djelotvorno i uspješno praćenje s uvidom u trenutnu situaciju u polju.

Sve navedene prednosti automatiziranih sustava dovele su do ciljeva rada koji su bili: (i) ustanoviti pouzdanost digitalne *Trapview*-lovke u praćenju ekonomskog štetnika (jabukova savijača) u proizvodnji jabuke u odnosu na standardnu Delta lovku te (ii) ustanoviti rokove suzbijanja jabukova savijača na temelju dinamike ulova štetnika zabilježene pomoću *Trapview* digitalne lovke.



Slika 1. Sastavni dijelovi *Trapview*-sustava
Figure 1. *Trapview* system components

MATERIJALI I METODE RADA

Područje istraživanja

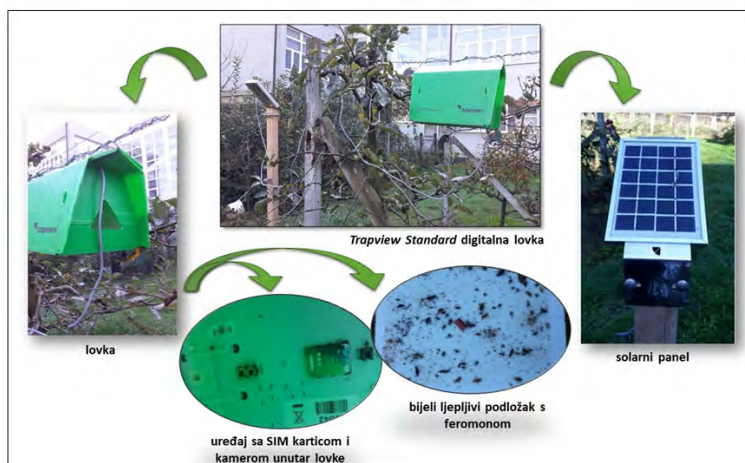
Istraživanje je provedeno u voćnjaku pokušališta Maksimir koji se nalazi u sastavu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (N45°49'43", E16°01'45"). Voćnjak je površine 0,5 ha, a u njemu se uzgajaju različite sorte trešnje, jabuke, kruške i šljive. Pokušalište se prvenstveno koristi u nastavne svrhe, ali služi i za znanstvena istraživanja u području tehnologije proizvodnje voćarskih kultura (Agronomski fakultet, 2020).

Praćenje populacije štetnika

Populacija jabukova savijača praćena je od 21. svibnja do 20. rujna 2019. godine pomoću *Trapview* Standard digitalne lovke (dalje u tekstu *Trapview*-lovka) (a) i klasične Delta-lovke (b) koja je služila kao kontrola.

a) *Trapview*-lovka postavljena je na početak reda u središnjem dijelu voćnjaka. Lovka se sastoji od solarnog panela, kućišta lovke, uređaja sa SIM karticom i kamerom unutar lovke te bijelog ljepljivog podloška s feromonom (slika 2). Fotografije uslikane putem lovke pohranjuju se u *Trapview* web-aplikaciji te softver automatski prebrojava i označava štetnike.

b) Delta lovka postavljena je na udaljenost od 15 metara od digitalne lovke na isti red voćaka u voćnjaku. Sastavni dio lovke je kućište i ljepljivi podložak s feromonom.



Slika 2. Dijelovi Trapview Standard digitalne lovke
Figure 2. Parts of *Trapview* Standard digital trap

Ljepljivi podlošci u lovkama mijenjani su svakih sedam dana, dok su feromoni, prema uputi proizvođača, mijenjani na mjesečnoj bazi. Svaka promjena podloška ili feromona na *Trapview* Standard digitalnoj lovcu evidentirana je u *Trapview* web-aplikaciji, dok je promjena na Delta-lovcu evidentirana u Excel-programu. Ulovi savijača zabilježeni na *Trapview* Standard digitalnoj lovcu na dnevnoj bazi automatski se pohranjuju u web-aplikaciji, a dodatno je njihova točnost u prepoznavanju i brojenju primjeraka štetnika provjeravana ručnim prebrojavanjem na tjednoj bazi kada su bilježeni i ulovi na Delta-lovcu.

Određivanje rokova suzbijanja jabukova savijača

Za procjenu razvoja jabukova savijača uporabljen je teoretski model po Wildbolzu (1962) koji se temelji na izračunu zbroja efektivnih temperatura. Zbroj efektivnih temperatura (SET) izračunava se tako da se zbrajaju srednje dnevne temperature zraka (vrijednost maksimalne dnevne temp. zraka zbrojena s vrijednošću minimalne dnevne temp. zraka i podijeljena s dva) umanjene za biološki minimum razvoja jabukova savijača koji iznosi 10 °C prema formuli:

$$SET = \left(\frac{\text{maks. temp. zraka} + \text{mín. temp. zraka}}{2} \right) - 10 \text{ °C}$$

Odrasli oblici štetnika pojavljuju se u proljeće pri zbroju efektivnih temperatura 80 - 100 °C, a kako bi se predvidjelo njihovo pojavljivanje sa zbrajanjem temperatura započinje se od 1. siječnja. Nakon ulova kritičnog broja leptira (pet primjeraka u tjedan dana) izlazak gusjenica iz jaja odvija se pri zbroju efektivnih temperatura od 90 °C. Zbroj efektivnih temperatura od 610 °C potreban je za razvoj cijele generacije štetnika (tablica 1).

Tablica 1. Prognozni model praćenja jabukova savijača po Wildbolzu**Table 1.** Wildbolz forecasting model for codling moth monitoring

| Razvojni stadiji vrste <i>Cydia pomonella</i> L. | Sume efektivnih temperatura (°C) potrebnih za razvoj |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Pojava odraslih jedinki | 100 |
| Razvoj od jajeta do gusjenice | 90 |
| Razvojni ciklus jedne generacije | 610 |

Analiza podataka

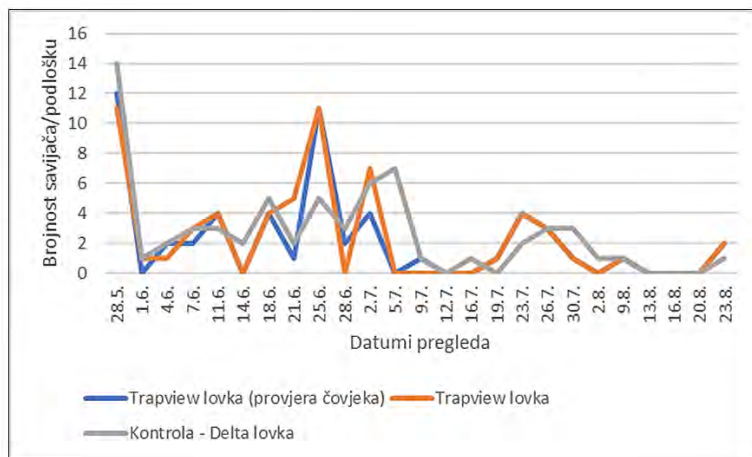
Podatci o ulovima između varijanta u pokusu (Delta-lovka, *Trapview*-lovka i *Trapview*-lovka koju je provjeravao čovjek) obrađeni su statistički jednosmjernom analizom varijance (Kruskal Wallis Test) u programu R Version 1.2.5033 (R Core Team).

REZULTATI

Let leptira prve generacije jabukova savijača u voćnjaku pokušališta Maksimir ustanovljen je u prvom tjednu nakon postavljanja lovka (28. svibnja) na svim modelima praćenja (Delta-lovka, *Trapview*-lovka, *Trapview*-lovka – provjera čovjeka). Tada je ustanovljen i prvi kritični ulov leptira na *Trapview*-lovci (11 primjeraka), a provjerom iste lovke od strane čovjeka ustanovljeno je 12 primjeraka šetnika. Sličan ulov zabilježen je i na kontrolnoj, tj. Delta-lovci (14 primjeraka) (slika 3). Broj leptira tijekom navedenoga razdoblja praćenja odgovara vrhuncu leta leptira prve generacije šetnika. Od navedenog datuma zabilježen je pad populacije šetnika ispod kritičnog broja na svim istraživanim lovkama. Tijekom 5 godina istraživanja na 176 lokaliteta obavljeno je ukupno 300 vizualnih pregleda i prikupljeno 133 uzorka listova napadnutih ličinkama štitastih moljaca (grafikon 1.).

Sljedeći kritični ulovi šetnika zabilježeni su na *Trapview*-lovci i Delta-lovci 18. lipnja. U sljedećem razdoblju praćenja populacija je šetnika bila u porastu, a kritični ulovi šetnika evidentirani su do 25. lipnja kad je zabilježen i najveći ulov na *Trapview*-lovci tijekom cijelog razdoblja praćenja (16 primjeraka), a isti broj šetnika ustanovljen je i od strane čovjeka na *Trapview*-lovci. Istovremeno je na Delta-lovci ulovljeno 12 primjeraka leptira. Ulav šetnika u spomenutom razdoblju odgovara vrhuncu leta leptira druge generacije (slika 3). Potkraj lipnja zabilježen je pad ulova jabukova savijača, a kritičan ulov leptira ponovno je zabilježen 2. srpnja na *Trapview*-lovci (7 primjerka), da bi provjerom čovjeka bilo ustanovljeno pet primjeraka savijača. Na isti datum na Delta-lovci zabilježen je ulov od 6 primjeraka šetnika. Iz slike 3. vidi se smanjena dinamika ulova šetnika u istraživanom voćnjaku tijekom mjeseca srpnja, a posljednji kritični ulovi šetnika zabilježeni su 23. srpnja na svim istraživanim lovkama.

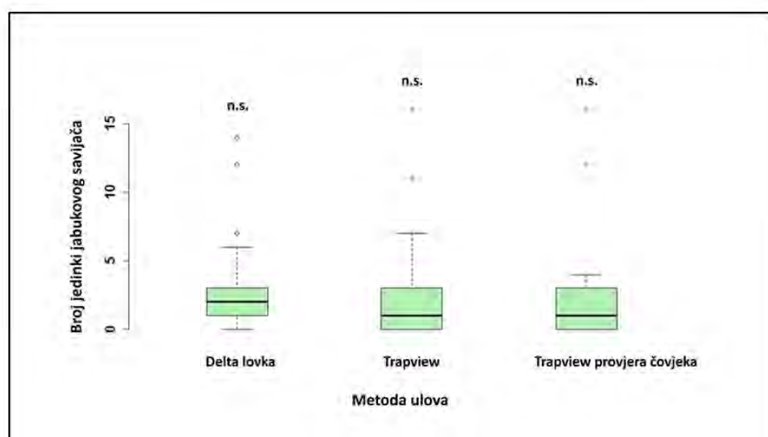
U sljedećih mjesec dana ulovi savijača kretali su se ispod kritičnog ulova, a završetak leta leptira druge generacije štetnika opažen je 23. kolovoza kada je na *Trapview*-lovki zabilježen ulov od dva, a na Delta-lovci ulov od jednog primjerka leptira. S obzirom na brojnost leptira i ustanovljenu dinamiku ulova, štetnik je na istraživanom lokalitetu razvio dvije generacije godišnje.



Slika 3. Dinamika ulova jabukova savijača u voćnjaku Maksimir na različitim lovkama

Figure 3. The catch dynamics of codling moth in orchard Maksimir on different traps

Najveći ukupni ulovi štetnika zabilježeni su na kontroli, tj. Delta-lovki (66 primjeraka), zatim slijedi *Trapview*-lovka (59 primjeraka) te na kraju *Trapview*-lovka koju je provjeravao čovjek (55 primjeraka). Ulovi između različitih varijanta pokusa (Delta-lovka, *Trapview* i *Trapview*-provjera čovjeka) nisu se statistički značajno razlikovali ($\text{Chi}^2 = 2.0944$, $\text{df} = 2$, $p = 0.3509$) (slika 4).



Slika 4. Prikaz razlika u ulovu savijača između različitih tipova istraživanih lovka u voćnjaku Maksimir

Figure 4. Differences in codling moth catches between different types of investigated traps in orchard Maksimir

Kritični ulovi štetnika ustanovljeni su u pet navrata tijekom praćenja dinamike leta štetnika (28. svibnja, 11. lipnja, 25. lipnja, 2. srpnja i 23. srpnja), a izračun zbroja efektivnih temperatura radi određivanja rokova suzbijanja štetnika prikazan je u tablici 2.

S obzirom na kritične ulove štetnika ustanovljene 28. svibnja zbrajanjem efektivnih temperatura određeno je da prvi rok za suzbijanje štetnika bude 6. lipnja (ustanovljeni zbroj efektivnih temp. bio je 91,3 °C).

Temeljem kritičnog ulova leptira 18. lipnja tretiranje je bilo potrebno obaviti 24. lipnja (zbroj efektivnih temp. 92,19 °C). U istom mjesecu bilo je potrebno obaviti i dodatno tretiranje 30. lipnja (zbroj efektivnih temp. 93,97 °C) temeljem kritičnoga ulova štetnika ustanovljenoga 25. lipnja. Tijekom srpnja ustanovljena su dodatna dva roka tretiranja - 8. srpnja (zbroj efektivnih temp. 93,95 °C temeljem kritičnog ulova leptira 2. srpnja) te 28. srpnja (zbroj efektivnih temp. 97,19 °C temeljem kritičnog ulova leptira zabilježenoga 23. srpnja) (tablica 2).

Tablica 2. Prikaz izračuna efektivnih temperatura (°C) na području istraživanja
Table 2. The calculation of effective temperatures (°C) in research area

| 2019. godina | | | | | | | |
|--------------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|-------|
| Datum | Ožujak | Travanj | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan |
| 1. | 2.20 | 6.73 | 5,50 | 10.30 | 17.0 | 13.58 | 15.03 |
| 2. | 0.15 | 4.78 | 8.30 | 10.38 | 15.30 | 12.58 | 12.13 |
| 3. | 2.03 | 3.85 | 5.98 | 11.50 | 14.73 | 12.15 | 8.18 |
| 4. | 3.20 | 5.10 | 4.10 | 12.53 | 11.33 | 11.08 | 7.70 |
| 5. | -0.55 | 5.10 | -1.9 | 10.88 | 14.03 | 12.80 | 8.95 |
| 6. | 2.20 | 1.78 | -1.62 | 12.58 | 16.08 | 14.95 | 7.68 |
| 7. | 6.93 | 1.33 | 1.13 | 13.48 | 11.98 | 15.68 | 7.55 |
| 8. | 3.95 | 3.90 | 3.95 | 14.38 | 10.50 | 14.28 | 7.30 |
| 9. | 3.48 | 6.55 | 3.45 | 13.45 | 10.08 | 15.03 | 5.65 |
| 10. | 3.45 | 3.40 | 3.90 | 14.98 | 9.65 | 17.10 | 6.78 |
| 11. | -3.07 | 1.60 | 6.98 | 16.10 | 10.43 | 16.10 | 7.90 |
| 12. | -3.75 | -2.62 | 3.25 | 16.10 | 11.23 | 17.25 | 8.98 |
| 13. | -2.1 | -1.52 | -0.1 | 16.55 | 9.85 | 14.10 | 9.03 |
| 14. | -0.07 | -0.82 | 0.08 | 15.45 | 10.0 | 10.33 | 9.23 |
| 15. | 1.05 | 2.43 | -1.6 | 15.03 | 11.05 | 9.65 | 8.95 |
| 16. | 3.15 | 1.75 | 0.50 | 15.75 | 11.63 | 9.05 | 9.95 |
| 17. | 5.03 | 2.83 | 3.53 | 11.43 | 12.80 | 10.60 | 11.23 |

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 18. | -2.45 | 2.85 | 5.98 | 11.95 | 12.03 | 13.23 | 5.55 |
| 19. | -2.22 | 4.53 | 6.35 | 14.28 | 14.13 | 14.70 | 5.13 |
| 20. | -0.8 | 4.85 | 6.38 | 14.35 | 15.55 | 15.63 | 2.78 |
| 21. | -1.07 | 4.68 | 4.85 | 14.88 | 15.60 | 12.70 | 2.85 |
| 22. | 0.68 | 6.95 | 6.75 | 12.0 | 15.45 | 9.85 | 4.45 |
| 23. | 2.80 | 6.05 | 8.18 | 10.80 | 16.83 | 12.95 | 7.35 |
| 24. | 3.83 | 8.15 | 7.73 | 13.93 | 17.28 | 14.63 | 6.65 |
| 25. | 0.78 | 8.40 | 9.33 | 15.78 | 18.33 | 13.40 | 6.35 |
| 26. | -1.4 | 9.18 | 10.68 | 17.03 | 15.95 | 14.33 | 6.73 |
| 27. | -1.4 | 4.10 | 6.88 | 18.08 | 17.90 | 14.60 | 7.23 |
| 28. | -1.4 | 3.63 | 8.70 | 14.90 | 10.90 | 14.78 | 6.98 |
| 29. | 2.25 | 1.70 | 4.05 | 13.50 | 12.70 | 15.18 | 6.28 |
| 30. | 1.90 | 2.65 | 3.95 | 14.68 | 15.23 | 15.45 | 9.15 |
| 31. | 1.90 | | 6.43 | | 14.55 | 15.13 | |

RASPRAVA

Praćenje štetnika i njihova pravilna identifikacija najvažniji su preduvjeti provođenja uspješne integrirane zaštite bilja. Klasično praćenje štetnika proces je koji traži puno ljudskog rada, a obuhvaća dnevno ili tjedno obilaženje lovka te ručno unošenje podataka o broju jedinka radi izračuna rokova tretiranja. Prema istraživanju Sciarretta i Calabrese (2019), modernizacija poljoprivredne proizvodnje obuhvaća primjenu digitalnih sustava za praćenje štetnika. Visok potencijal tih sustava osobito se vidi u dobivanju potrebnih informacija tijekom dužih vremenskih razdoblja. Automatski sustavi praćenja kao npr. *Trapview* pridonose racionalizaciji proizvodnje jer smanjuju troškove praćenja štetnika te kvaliteti proizvodnje poljoprivrednih proizvoda s obzirom na preciznost u donošenju odluka o suzbijanju.

Tijekom praćenja *Trapview*-lovka, od ukupnog ulova od 59 primjeraka savijača, očitala je četiri primjerka pogrešno u odnosu na istu lovku koju je pregledavao čovjek (označila je dva primjerka kukaca iz reda Diptera umjesto savijača te dva primjerka savijača nije prepoznala) što rezultira 93 %-tnom točnošću u prepoznavanju štetnika. Rezultati ovog istraživanja u skladu su s istraživanjem Rustia i sur. (2020) čiji je algoritam obrade slike primijenjen za automatsku identifikaciju i brojenje štetnika također rezultirao 93 %-tnom točnošću u usporedbi s ručnim brojenjem štetnika. S obzirom na navedeno, kombinacijom digitalne lovke s feromonom i softvera za analizu slike potvrđena je njezina učinkovitost u preciznom i pouzdanom prepoznavanju vrste što je od izuzetne važnosti pri određivanju rokova suzbijanja štetnika.

Guarnieri i sur. (2011) navode da okolišni uvjeti (kiša, jaki vjetrovi) ne utječu na rad automatskog sustava praćenja jabukova savijača, ali istovremeno ograničavaju rad ljudi. Unatoč tome fotografije ulovljenih štetnika nesmetano pristizu na udaljeni softver, što je također potvrđeno provedenim istraživanjem. Osim jabukova savijača digitalna lovka dnevno evidentira i druge ulovljene štetnike koje jasno razlikuje prema dimenzijama i obliku (Guarnieri i sur., 2011). Međutim Ding i Taylor (2016) navode da mnogi čimbenici poput lišća, nečistoća i drugih raspadnutih primjeraka štetnika koji su slučajno privučeni mogu uvjetovati pogreške u determinaciji jabukova savijača putem softvera. Navedena se zapažanja slažu s pogreškama *Trapview*-lovke korištene u ovom istraživanju. Provjerom iste lovke od strane čovjeka pogrešno su evidentirani podatci o ulovu savijača zbog prisutnosti lišća u lovci, no tijekom cijelog razdoblja praćenja lovka je pogrešno označila samo četiri jedinice kukaca, što je zanemarivo u ukupnom ulovu. Navedene pogreške nisu utjecale na ustanovljivanje kritičnih ulova štetnika radi određivanja rokova suzbijanja. Shodno navedenom, Ding i Taylor (2016) ističu da se pogreške mogu reducirati ugradnjom detektora koji jasno razlučuje objekt koji nije jabukov savijač.

Iako je na kontrolnoj Delta-lovki zabilježen nešto veći ulov savijača u odnosu na *Trapview*-lovku, rezultati statističke analize pokazali su da te razlike nisu bile značajne, stoga nisu utjecale na pouzdanost *Trapview*-lovke u određivanju rokova suzbijanja štetnika što je od izuzetne važnosti u integriranoj proizvodnji jabuke. Pouzdanost *Trapview*-lovke u ulovu savijača dokazana je i istraživanjem Dariža i sur. (2017) koji su njezinom primjenom ulovili više savijača nego primjenom klasične Delta-lovke.

Oprečne rezultate ovim istraživanjima objavili su Holguin i sur. (2010) jer je u njihovom istraživanju klasična lovka lovila oko dva puta više savijača nego elektronska lovka, no spomenuti autori navode kako je jedina razlika između standardne i elektronske lovke u strujnome krugu te upućuju na dva problema koji su odgovorni za nizak ulov u elektronskoj lovci: 1. ultrazvučne vibracije uzrokovane strujnim krugom i 2. elektromagnetska polja generirana detekcijom strujnog kruga koji su vjerojatno utjecali na konačni ishod istraživanja.

Ovim istraživanjem potvrđeno je da *Trapview*-lovka omogućuje nesmetano praćenje štetnika i pravovremeno određivanje kritičnih rokova suzbijanja jednako pouzdano kao i Delta-lovka jer je svih pet rokova suzbijanja, s obzirom na kritične ulove, određeno na iste datume (jedan rok u svibnju, dva u lipnju i dva u srpnju). Na taj je način reduciran standardni postupak praćenja štetnika koji obuhvaća terenski pregled lovka na tjednoj bazi i ručno brojenje ulovljenih štetnika. Slijedom aktivnosti, smanjen je i obujam posla zbog nepotrebnog unošenja podataka o ulovu jedinica na papir, a potom u proračunsku tablicu (Sciarretta i Calabrese, 2019). Guarnieri i sur. (2011) razvili su automatski sustav za praćenje jabukova savijača koji se sastoji od modificirane lovke (lovka s kamerama) te su takvim načinom praćenja štetnika postigli do 100 %-tnu

točnost u usporedbi s vizualnim pregledom kojeg je obavljao čovjek. Kvaliteta fotografija „pametne“ lovke i točnost identifikacije štetnika izvanredni su što dokazuje da se *Trapview*-lovka (točnost veća od 90 %) pokazala pouzdanom pri automatskoj identifikaciji štetnika, a proizvođač se sigurno može osloniti na ovaj moderni digitalni sustav za praćenje te prema njegovoj procjeni pravovremeno obaviti zaštitu uzgajane kulture (jabuke).

ZAKLJUČCI

„Pametne“ lovke namijenjene su za praćenje pojave štetnika i pravovremenu zaštitu nasada/usjeva. Slične su klasičnim lovkama jer kao osnovnu komponentu sadrže neki od atraktanata (seksualni i/ili hranidbeni), no nasuprot njima opremljene su kamerom što im omogućava fotografiranje ulovljenih kukaca te slanje podataka o ulovu s terena na udaljeni server. Naposljetku prikupljeni se podatci pohranjuju te im se može pristupiti u bilo kojem trenutku. Uporabom automatskih sustava praćenja znatno se smanjuju troškovi praćenja štetnika, vrijeme pregleda te broj radnih sati stručnih osoba koje bi inače svakodnevno trebale obilaziti nasad/usjev. Navedene su prednosti osobito važne ako su pojedine proizvodne površine međusobno udaljene. Temeljem kritičnih ulova jabukova savijača na objema varijantama pokusa sa 100 %-tnom sigurnošću određeni su ispravni rokovi suzbijanja ekonomskog štetnika jabuke (jabukova savijača) koje je tijekom vegetacijske sezone bilo potrebno obaviti pet puta. *Trapview*-lovka pouzdan je sustav (93 %) praćenja populacije savijača te može zamijeniti ručno brojenje ulova na Delta-lovcu. Nadalje ukupni ulovi između različitih varijanta pokusa nisu se statistički značajno razlikovali što pokazuje da je lovka pouzdani sustav za praćenje štetnika te može u potpunosti zamijeniti klasičnu Delta-lovku. Njezina se uporaba preporuča kako bi se smanjili troškovi rada te poboljšao sustav praćenja štetnika na velikim površinama. Prednosti smanjenja troškova u proizvodnji temeljem primjene ovoga sustava u obliku smanjene uporabe insekticida (samo kada je opravdano, tj. nužno potrebno) i utjecaja na druge kukce i životinje koji mogu biti slučajno privučeni trebali bi se dodatno istražiti. Navedeni su rezultati prvi takve vrste u Hrvatskoj, stoga ovaj rad pridonosi primjeni precizne poljoprivrede u Hrvatskoj, a buduća istraživanja trebala bi se temeljiti na utvrđivanju pouzdanosti „pametnih“ lovka i za druge štetnike važne u poljoprivrednoj proizvodnji. „Pametne“ lovke skuplje su od klasičnih lovka, no isplate se kao dugoročna investicija. Sukladno trendovima automatizacije poljoprivrede u budućnosti će „pametne“ lovke zasigurno zamijeniti standardne lovke za štetnike i tako poboljšati provedbu načela koja zastupa integrirana zaštita bilja.

LITERATURA

AGRONOMSKI FAKULTET (2020). Pokušalište Maksimir, Pokušalište Zavoda za voćarstvo,

http://www.agr.unizg.hr/hr/category/poku%C5%A1ali%C5%A1te_maksimir/59.

Pristupljeno 3. svibnja 2020.

CIGLAR, I. (1998). Integrirana zaštita voćnjaka i vinograda. Zrinski, Čakovec.

DARIŽ, J., ŽEŽLINA, I., TRDAN, S. (2017). Sezonska dinamika jabolčnega zavijača (*Cydia pomonella* [L.]) in breskovega zavijača (*Grapholita molesta* [Busck]) v intenzivnem nasadu jablan v Brkini. Zbornik predavanj in referatov 13. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Društvo za varstvo rastlin Slovenije, 7.-8.03.2017., Rimske Toplice, Slovenia, str. 292-298.

DING, W., TAYLOR, G. (2016). Automatic moth detection from trap images for pest management. *Computers and Electronics in Agriculture*. 123: 17-28.

FENEMORE, P. G., NORTON, G. A. (1985). Problems of implementing improvements in pest control: a case study of apples in the UK. *Crop Production*. 51-70.

GUARNIERI, A., MAINI, S., MOLARI, G., RONDELLI, V. (2011). Automatic trap for moth detection in integrated pest management. *Bulletin of Insectology*. 64(2): 247-251.

HOLGUIN, G. A., LEHMAN, B. L., HULL, L. A., CLEMENT, T., JONES, V. P., PARK, J. (2010). Electronic Traps for Automated Monitoring of Insect Populations. *IFAC Proceedings Volumes*. 43(26): 49-54.

IGRC BARČIČ, J., MACELJSKI, M. (2001). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski d.d., Čakovec.

MACELJSKI M. (2002). Poljoprivredna entomologija, Zrinski d.d., Čakovec.

MARIĆ, M., OROVIĆ, I., STANKOVIĆ, S. (2016). Compressive Sensing based image processing in *Trapview* pest monitoring system. 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO Croatian society, 30.05.-03.06.2016., Opatija, Croatia, str. 508-512.

MIRESMAILLI, S., BADULESCU, D., MAHDAVIANI, M., ZAMAR, R. H., ISMAN, M. B. (2009). Integrating plant chemical ecology, sensors and artificial intelligence for accurate pest monitoring. *Tomatoes: Agricultural Procedures, Pathogen Interactions and Health Effects*. 1 – 17.

MUL, M. F., PLOEGAERT, J. P. M., GEORGE, D. R., MEERBURG, B. G., DICKE, M., GROOT, KOERKAMP, P. W. G. (2016). Structured design of an automated monitoring tool for pest species. *Biosystems Engineering*. 151: 126-140.

POTAMITIS, I., ELIOPOULOS, P., RIGAKIS, I. (2017). Automated Remote Insect Surveillance at a Global Scale and the Internet of Things. *Robotics*. 6(3): 1-19.

R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.r-project.org/>.

RUSTIA, D. J. A., LIN, C. E., CHUNG, J., ZHUANG, Y., HSU, J., LIN, T. (2020). Application of an image and environmental sensor network for automated greenhouse insect pest monitoring. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 23(1): 17-28.

SCIARRETTA, A., CALABRESE, P. (2019). Development of Automated Devices for the Monitoring of Insect Pests. *Current Agriculture Research Journal*. 7(1): 19-25.

ŠTEFANČIČ, M., JERIČ, D., ŠTEFANČIČ, M., ČEBOKLI, P. (2013). Dealing with large amount of data from automated pest monitoring system. U: Clasen M., Kersebaum K.

C., Meyer-Aurich A., Theuvsen B. (ur.) Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft – Erhebung – Verarbeitung – Nutzung, Gesellschaft für Informatik. Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn. 327-330.

TRAPVIEW (2020). Trap models, <https://www.trapview.com/v2/en/>. Pristupljeno 4. prosinca 2019.

WEIGUANG, D., GRAHAM, T. (2016). Automatic moth detection from trap images for pest management. *Computers and Electronics in Agriculture*. 123(C): 17-28.

WILDBOLZ, T. (1962). Über die Möglichkeiten der Prognose und Befallsüberwachung und Über Toleranzgrenzen bei der Integrierten Schadlingsbekämpfung im Obstbau. *Entomophaga*. 7: 273-283.

ZOOLOG (2019). INSECTLIFE - Inovativni nadzor u stvarnom vremenu i suzbijanje štetnika (LIFE13 ENV / HU / 001.092), <http://zoolog.hu/insectlife/>. Pristupljeno 20. prosinca 2019.