Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (Popilia japonica Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

Perišin, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:266237

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

DIPLOMSKI RAD

Tea Perišin

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Fitomedicina

Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

DIPLOMSKI RAD

Tea Perišin

Mentor:

prof. dr. sc. Renata Bažok

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Tea Perišin**, JMBAG 0178106308, rođena 03.12.1996. u Splitu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Tea Perišin**, JMBAG 0178106308, naslova

Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. prof. dr. sc. Renata Bažok mentor _____
2. doc. dr. sc. Maja Čačija član _____
3. doc. dr. sc. Darija Lemić član _____

Zahvala

Zahvaljujem poštovanoj mentorici prof. dr. sc. Renati Bažok na strpljenju i stručnosti prilikom izrade ovog rada, te svim profesorima Agronomskog fakulteta na pruženom znanju i vještinama.

Posebno hvala Marinu i svim prijateljima na potpori i razumijevanju.

Za kraj, veliko hvala mojim najiskrenijim kritičarima i najsrčanijoj podršci, mojim roditeljima Ireni i Žarku kojima posvećujem ovaj rad.

Sadržaj

1. Uvod 1
   1.1. Cilj rada 2
2. Pregled literature 3
   2.1. Japanski pivac 3
      2.1.1. Sistematika i morfologija 3
      2.1.2. Gospodarska važnost 5
      2.1.3. Ekologija štetnika 8
      2.1.4. Mogućnosti suzbijanja 10
   2.2. Karantenski status štetnika u Europi 13
      2.2.1. Procjena mogućnosti aklimatizacije 15
      2.2.2. Detektirani unosi 18
3. Materijali i metode rada 20
   3.1. Opis lokaliteta - meteoroloških postaja 20
   3.2. Opis sakupljenih podataka 22
   3.3. Analiza podatka 22
4. Rezultati rada 24
   4.1. Prvi kriterij 24
   4.2. Drugi kriterij 26
   4.3. Treći kriterij 29
   4.4. Četvrti kriterij 31
   4.5. Peti kriterij 34
   4.6. Analiza biometeoroloških kriterija po postajama i područjima 35
   4.7. Analiza dostatnosti temperatura za razvoj i očekivane prve pojave imaga 39
5. Rasprava 41
6. Zaključci 46
7. Literatura 47
8. Životopis 50

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Tea Perišin**, naslova

Mogućnost udomaćenja japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman 1841) u Republici Hrvatskoj u uvjetima klimatskih promjena

Japanski pivac (*Popillia japonica* Newman) potječe iz Japana, ali se uspješno udomaćio po SAD gdje uzrokuje velike štete. Od 2014. bilježi se njegova pojava u Italiji, Švicarskoj i Portugalu gdje se provode karantenske mjere. Procjena aklimatizacije japanskog pivca u Europi u posljednjih je nekoliko godina predmet brojnih analiza koje je provela EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) za cijelu Europsku uniju. Specifično za područje pet regija Republike Hrvatske procjenu aklimatizacije napravili su Maceljski i Igrc Barčić 1997. godine. Ona se temelji na usporedbi klimatskih podataka za razdoblje prije 1997. i pet kriterija koji moraju biti zadovoljeni za uspješan razvoj štetnika. Rezultati rada upućivali su na moguću aklimatizaciju japanskog pivca u području sjeverozapadne Hrvatske i Hrvatskog Primorja. Mogućnost razvoja u pojedinim dijelovima Hrvatske određena je u procjeni koju je napravio EPPO temeljem izračuna sume efektivnih temperatura zasnovanom na klimatskim podacima do 1990. Pretpostavka rada je da su klimatske promjene dovele do značajne promjene u uvjetima potrebnim za razvoj štetnika te da će se procijenjena aklimatizacija i mogućnost razvoja japanskog pivca razlikovati u odnosu na analize temeljene na starijim meteorološkim podacima. Cilj rada je prikazati biološke i ekološke osobine japanskog pivca i štete koje izaziva. Prikazat će se trenutni status u Europi, utvrditi mogućnost aklimatizacije u području istočne Hrvatske, sjeverozapadne Hrvatske, Gorskog kotara, Istre, Hrvatskog Primorja i sjeverne Dalmacije. U analizu je uključeno osam meteoroloških postaja: Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Poreč, Senj i Zadar. Sa svake postaje prikupljeni su meteorološki podatci za razdoblje od 1999. do 2019. Pogodnost područja određena je temeljem pet biometeoroloških značajki, izračuna sume efektivnih temperatura potrebnih za razvoj jedne generacije (termalni prag 10 ºC, suma 1422 ºC u razdoblju 01.07. – 30.06.) te očekivanog datuma pojave odraslih. Provedena analiza meteoroloških podataka i njihova usporedba sa zahtjevima štetnika potvrdila je hipotezu te pokazala da više zabilježene temperature u području Gorskog kotara omogućuju uspješnu aklimatizaciju japanskog pivca dok je nedostatak oborina u području Hrvatskog Primorja postao ograničavajući čimbenik za razvoj štetnika. Istra, Hrvatsko Primorje i sjeverna Dalmacija nepogodni su za udomaćenje štetnika zbog jednog ili više limitirajućih meteoroloških uvjeta (nedostatna količina oborina i previsoke temperature zraka i/ili tla). Aklimatizacija je i dalje moguća i u području sjeverozapadne, ali i istočne Hrvatske, iako s nešto većim ograničenjima (ograničavajući čimbenik je količina oborina). Na svim istraživanim područjima u svim godinama sume efektivnih temperatura dostatne su da se razvoj jedne generacije odvije kroz 12 mjeseci, osim na području Gorskog kotara gdje su sume efektivnih temperatura bile nedostatne u tri godine.

Ključne riječi: biometeorološki kriteriji, japanski pivac, klimatske promjene, meteorološki podaci, suma efektivnih temperatura, udomaćenje

Summary

Of the master's thesis – student **Tea Perišin**, entitled

The possibility of acclimatization of the Japanese beetle (*Popillia japonica* Newman 1841) in Republic of Croatia in the era of climate change

The Japanese beetle (*Popillia japonica* Newman) originates from Japan, but has successfully settled in the United States where it causes great damage. Since 2014, its occurrence has been recorded in Italy, Switzerland and Portugal, where quarantine measures are being implemented. The assessment of the acclimatization of the Japanese beetle in Europe in the last few years has been the subject of numerous analyses conducted by EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) for the entire European Union. Specifically, for five regions of the Republic of Croatia, the assessment of acclimatization was made by Maceljski and Igrc Barčić in 1997. The assessment is based on climate data for the period before 1997 and five criteria that must be met for successful pest development. The results indicated possible acclimatization of the Japanese beetle in northwestern Croatia and the Croatian Littoral. The possibility of development in certain parts of Croatia was determined in the assessment made by EPPO, whose calculation is based on the sum of effective temperatures, which is based on climate data until 1990. The premise of this paper is that the climate change we are witnessing has led to a significant change in the conditions required for pest development, and that the estimated acclimatization and development potential of the Japanese beetle will differ from analyses based on older meteorological data. The aim of this paper is to show the biological and ecological characteristics of the Japanese beetle and the damage it causes. The current status in Europe will be presented, the possibility of acclimatization in the area of eastern Croatia, northwestern Croatia, Gorski kotar, Istria, the Croatian Littoral and northern Dalmatia will be determined. Eight meteorological stations were included in the analysis: Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Poreč, Senj and Zadar. Meteorological data for the period from 1999 to 2019 were collected from each station. The suitability of the area was determined based on five biometeorological features, the calculation of the sum of effective temperatures required for the development of one generation (thermal threshold 10 ºC, sum 1422 ºC in the period from July 1 till June 30) and the expected date of occurrence of the adults. The analysis of meteorological data and their comparison with pest requirements confirmed the hypothesis and showed that higher recorded temperatures in Gorski Kotar area allow successful acclimatization of Japanese beetle while the lack of precipitation in the Croatian Littoral has become a limiting factor for pest development. Istria, the Croatian Littoral and northern Dalmatia are unsuitable for the domestication of this pest due to one or more limiting meteorological conditions (insufficient precipitation and excessive air and/or soil temperatures). Acclimatization is still possible in the area of northwestern and eastern Croatia, although with somewhat greater restrictions (the limiting factor is the amount of precipitation). In all researched areas in all years the sums of effective temperatures are sufficient for the development of one generation within 12 months, except in the area of Gorski kotar where the sums of effective temperatures were insufficient in three years.

Keywords: acclimatization, biometeorological criteria, climate change, Japanese beetle, meteorological data

1. Uvod

Japanski pivac (*Popillia japonica* Newman 1841) je kukac koji potječe iz Japana. U Sjedinjene Američke Države unesen je 1916. godine gdje uzrokuje ozbiljnije štete nego u području otkud potječe (EPPO, 2006.). Štetnik se od 2014. godine nalazi i u Italiji i Portugalu (Azorski otoci) (EPPO, 2014.). Imago štetnika radi velike štete na više od 300 biljnih vrsta. Uslijed introdukcije na europsko tlo najveću opasnost predstavljaju za nasade vinove loze i usjeve kukuruza (EPPO, 2006.).

Prvu procjenu aklimatizacije japanskog pivca za Europu je napravio Bourke 1961. godine. Maceljski i Igrc Barčić 1997. godine napravili su procjenu udomaćenja za pet regija Hrvatske prema meteorološkim podacima osam postaja. Odabrali su postaje Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb – Maksimir, Ogulin, Poreč, Senj i Zadar. Procjenu aklimatizacije obavili su prema 5 biometeoroloških kriterija potrebnih za razvoj japanskog pivca. Prvi kriterij zahtijeva da ukupna količina oborina kroz lipanj, srpanj i kolovoz mora biti veća od 250 mm. Drugi kriterij označava da temperatura tla na dubini od 10 cm u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz mora biti između 17,5 °C i 27,5 °C. Treći kriteriji za procjenu aklimatizacije japanskog pivca traži da srednja dnevna temperatura u srpnju mora biti viša od 22 °C. Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm kroz mjesec prosinac, siječanj i veljaču mora biti viša od -2 °C, što definira kao četvrti kriterij. Zadnji, peti kriterij, zahtijeva da se temperatura tla na dubini od 10 cm ne smije niti jedan dan spustiti ispod -9,4 °C. Prema njihovoj procjeni područje Gorskog kotara (Ogulin) zbog nedovoljno visokih temperatura tijekom ljetnih mjeseci i područje Dalmacije (Zadar) zbog nedovoljne količine oborina tijekom ljetnih mjeseci nisu pogodni za aklimatizaciju japanskog pivca. Njihova se procjena temelji na klimatskim podacima sakupljenim prije 1997. godine (Maceljski i Igrc Barčić, 1997.).

Procjena Programa UN-a za okoliš i Međuvladinog odbora za klimatske promjene (IPCC), koju je podržala Svjetska meteorološka organizacija, objavljena krajem 2014., zaključila je da klimatske promjene već utječu na mnoge zajednice, a najavljuju se i daleko veći utjecaji (IPCC, 2014.; UNEP, 2015.). One se uglavnom ogledaju u porastu srednje prosječne temperature na površini zemlje (Trenberth i sur., 2007.). Osim promjena temperature koje su jedna od očitijih i lakše mjerljivih promjena klime, s obzirom da je pogođen cijeli sustav, također se mijenjaju vlaga i oborine. Utjecaji klimatskih promjena na zajednice kukaca obuhvaćaju promjene u distribuciji vrsta (Ward i Masters, 2007.), utjecaje na interakciju člankonožaca i biljaka (Yuan i sur., 2009.; Caffara i sur., 2012.), životne cikluse vrsta (Musolin, 2007.; Kocmánková i sur., 2011.) ili utjecaja na sinkronizirani razvoj između biljke domaćina i biljojeda (Junk i sur., 2012.).

Klimatske promjene kojima svjedočimo, a koje dokazano utječu na promjenu areala rasprostranjenja štetnika, dovele su do viših temperatura u području Gorskog kotara pa je pretpostavka ovog istraživanja da će aklimatizacija japanskog pivca biti moguća i u ovom području. Također, pretpostavlja se da će se procjena za ostale četiri regije razlikovati od podataka koje su utvrdili Maceljski i Igrc Barčić (1997.).

Dobiveni rezultati rada mogli bi ukazati gdje se može očekivati udomaćenje japanskog pivca u slučaju njegove introdukcije na teritorij Republike Hrvatske. Pravilna identifikacija i mjere suzbijanja, ako se provode na vrijeme, trebale bi spriječiti udomaćenje japanskog pivca – štetnika koji izaziva goleme štete u područjima gdje se uspješno aklimatizirao.

1.1. Cilj rada

Cilj diplomskog rada je prikazati biološke i ekološke osobine japanskog pivca i štete koje izaziva. Prikazati trenutni status u Europi, utvrditi mogućnost aklimatizacije u području istočne Hrvatske, sjeverozapadne Hrvatske, Gorskog kotara, Istre, Hrvatskog Primorja i sjeverne Dalmacije. Temeljem podataka o sumama efektivnih temperatura utvrditi na kojim područjima štetnik može dovršiti razvoj tijekom dvije kalendarske godine (12 mjeseci), a na kojima će za razvoj jedne generacije biti potrebne tri kalendarske godine te za svaki lokalitet utvrditi očekivane datume pojave imaga u godinama u kojima su ispunjeni svi kriteriji za aklimatizaciju.

2. Pregled literature

2.1. Japanski pivac

2.1.1. Sistematika i morfologija

Japanski pivac kukac je koji potječe iz Japana. Prema Flemingu (1972.) smatra se da je krivo identificiran u području sjeverne Kine. Sukladno izvješćima može se zaključiti da se radilo o sličnoj vrsti *P. quadriguttata*. U Sjedinjene Američke Države unesen je 1916. godine gdje uzrokuje ozbiljnije štete nego u području otkud potječe (EPPO, 2006.). Japanski pivac pripada u koljeno Arthropoda ili člankonošci te razred Hexapoda ili kukci. Segmentacija tijela na glavu (caput), prsa (thorax) i zadak (abdomen), uz 3 para nogu, 2 para krila i 1 par ticala karakteristike su razreda kukaca što ih morfološki razlikuje od grinja i pauka. Japanski pivac pripada u red Coleoptera ili kornjaši, što je ujedno najbrojniji i najveći red u carstvu životinja. Obuhvaća oko 40 % svih vrsta kukaca i 25 % svih životinjskih vrsta (Gotlin Čuljak i Juran, 2016.). Kornjaše karakterizira tvrdo hitinizirano tijelo i usni organ građen za grizenje i žvakanje. Također, imaju dva para dobro razvijenih krila od čega su prednja čvrsta i hitinizirana. Prednja krila kod kornjaša nose naziv pokrilje ili elytrae. Postembrionalni razvoj je holometabolija pa shodno tome prolaze i stadij kukuljice. Kukuljica unutar reda Coleoptera je slobodna (*pupa libera*), osim kod božjih ovčica. Japanski pivac, unutar reda kornjaša pripada u porodicu listorožaca (Scarabaeidae). Prema Maceljskom (2001.) listorošci su vrlo brojna porodica s oko 20.000 poznatih vrsta, od kojih su mnoge štetne. Ličinke ove porodice svinuta su oblika, jako razvijenih nogu i usnog ustroja. Nazivamo ih grčicama. Japanski pivac dalje se klasificira unutar potporodice Rutelinae te roda *Popillia*. Taksonomija japanskog pivca prikazana je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Taksonomija japanskog pivca

Razred	Kukci (Insecta)
Red	Kornjaši (Coleoptera)
Porodica	Listorošci (Scarabaeidae)
Potporodica	Rutelinae
	Anomalini
Rod	*Popillia*
Vrsta	*Popillia japonica* Newman 1841

Japanski pivac kornjaš je ovalnog tijela čija duljina varira između 8-11 mm, a širina između 5-7 mm (EFSA, 2020.). Ženke su obično veće od mužjaka. Metalno zelene je boje. Pokrilja su mu bakrenosmeđe boje, koja ne pokrivaju zadnje segmente zatka (slika 2.1.).



Slika 2.1. – Japanski pivac (*Popillia japonica* Newman) (Izvor: EFSA, 2020.)



Slika 2.2. – Prikaz ventralne strane zatka japanskog pivaca (*Popillia japonica* Newman) s vidljivim bijelim dlakama (Izvor: EFSA, 2020.)

Na zadnjim segmentima zatka, s obje strane, vidljivo je po pet bijelim dlakama obraslih mjesta (slika 2.2.). Na dorzalnoj strani zadnjeg segmenta još su dva takva mjesta (Maceljski, 2001.). Vrste ove porodice imaju tipična listasta ticala. Mužjaci i ženke japanskog pivca razlikuju se prema obliku goljenice (tibia) i stopala (tarsus) na prednjim nogama. Bodlja na goljenici mužjaka više je oštra, dok su stopala čvršća i kraća nego ona kod ženki (EPPO, 2006.). Novo položena jaja japanskog pivca mogu se razlikovati prema veličini i obliku pa tako mogu biti sferoidna (promjera 1,5 mm), elipsoidna (dužine 1,5 mm i širine 1,0 mm) i cilindrična. Boja jaja varira od potpuno prozirne do kremasto bijele. Jaja se s vremenom povećavaju i postaju sferična kako raste zametak unutar jaja. Nakon što se ličinka japanskog pivca izleže iz jaja bijele je boje, dužine 1,5 mm, s 3 para prsnih nogu i usnim ustrojem za grizenje. Tijelo ličinke obično je u obliku slova C. Nazivamo ih grčicama. Nekoliko sati nakon što se izlegne, tijelo ličinke sklerotizira i poprima svijetložutu i smeđu boju (slika 2.3.). Nakon početka hranjenja, u stražnjem dijelu trbuha može se pojaviti sivkasta do crna boja.



Slika 2.3. – Ličinka japanskog pivca (Izvor: EFSA, 2020.)

Tijelo ličinke prekriveno je dugim smeđim dlakama koje su raspoređene između kratkih tupih bodlji. Ventralna strana desetog trbušnog segmenta nosi dva medijalna reda od šest do sedam bodlji u karakterističnom obliku V. Upravo je to karakteristično za ličinku japanskog pivca što uvelike može pomoći pri identifikaciji i razlikovanju od ostalih vrsta (slika 2.4.). Ličinke II. i III. razvojnog stadija razlikuju se u veličini glave pri čemu je glava ličinke II. razvojnog stadija duga 1,2 mm i široka 1,9 mm, dok je glava ličinke III. razvojnog stadija duga 2,1 mm i široka 3,1 mm. Kukuljica japanskog pivca duljine je 14 mm i široka 7 mm. Kukuljica vrlo sliči na odrasli oblik, ali krila, noge i ticala položena su uz tijelo i ne funkcioniraju. Boja kukuljice mijenja se od kremaste do preplanule do završne metalik zelene (EPPO, 2006.).



Slika 2.4. - Prikaz ventralne strane trbušnog segmenta ličinke japanskog pivca (Izvor: EFSA, 2020.)

2.1.2. Gospodarska važnost

Japanski pivac izrazito je polifagna vrsta. Odrasli oblici mogu se hraniti na raznim vrstama drveća, grmlja, divljih biljaka i usjeva (EPPO, 2016.). Vrlo važan čimbenik kod odabira biljke domaćina od strane japanskog pivca je miris i izravna izloženost sunčevoj

svjetlosti. Štetnik se hrani u grupi tako što se počinju hraniti od vrha biljke domaćina prema dolje (Vieira, 2008.). Prema USDA (2016.) ličinke se hrane korijenjem i podzemnim stabljikama biljaka, posebno travama. Ličinke su najzastupljenije na uređenim travnjacima i golf terenima, a rjeđe na pašnjacima. Rani simptomi su stanjivanje, žućenje i venenje trave, a vrhunac zaraze očituje se velikim mrljama mrtve, smeđe trave koja se pojavljuje u kasno ljeto ili ranu jesen zbog vodenog stresa što prikazuje slika 2.5.



Slika 2.5. – Izgled travnjaka uslijed napada ličinki japanskog pivca (Izvor: EFSA, 2020.)

Odrasli oblici štetnika hrane se lišćem, cvjetovima i plodovima (slika 2.6.).



Slika 2.6. – Izgled cvijeta biljke napadnute japanskim pivcem (Izvor: EFSA, 2020.)

Oštećenja od ličinki su najveća kada se usjevi zasade na područja koja su prethodno bila travnjak. Tada su štete na usjevu u nicanju jako velike.

Odrasli kukac je vrlo proždrljiv te ostavlja netaknutim samo lisne žile (Maceljski i Igrc Barčić, 1997.). Japanski pivac se obično hrani s gornje strane lista, žvačući tkivo između žila i ostavljajući čipkasti kostur (slika 2.7.), prepoznatljiv simptom u vidu defolijacije. Jako oštećeni listovi uskoro postaju smeđi i opadaju. Biljke s gustim, tvrdim listovima rijetko su

napadnute. U slučaju kada štetnik napadne biljku s takvim tipom lista, ishrana se odvija uglavnom na gornjoj strani lista (CABI, 2019.).



Slika 2.7. – Simptom štete u vidu defolijacije japanskog pivca na *Vitis vinifera* L.
(Izvor: EFSA, 2020.)

Kukuruz je jedna poljska kultura koja biva teško oštećena u Sjevernoj Americi. Štetnik se hrani zrelom svilom (slika 2.8.) sprječavajući oprašivanje; to rezultira nepravilno oblikovanim sjemenkama i smanjenim urodom. Također, ishrana ličinki na korijenu kukuruza i drugih biljaka može smanjiti vitalnost biljke te u određenim slučajevima dovesti i do propadanja biljaka. Zbog toga, na mladim usjevima kukuruza u SAD-u ličinke uzrokuju prorjeđivanje sklopa (CABI, 2019.).



Slika 2.8. – Štete na kukuruzu (*Zea mays* L.) uslijed prisutnosti japanskog pivca
(Izvor: EFSA, 2020.)

Studije ukazuju da je raspon domaćina odraslih oblika štetnika veći od 300 biljaka iz 79 porodica. Neki od preferiranih domaćina japanskog pivca prikazani su u tablici 2.2.

Tablica 2.2. Biljke domaćini japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman)

Latinski naziv	**Hrvatski naziv**	**Latinski naziv**	**Hrvatski naziv**
Acacia baileyana	Mimoza	*Malus domestica*	Jabuka
Acer palmatum	Japanski javor	*Nandina domestica*	Nebeski bambus
Acer plantoides	Javor mliječ	*Parthenocissus quinquefolia*	Petolisna lozica
Aesculus hippocastanum	Divlji kesten	*Platanus acerifolia*	Platana
Alcea rosea	Vrtni sljez	*Polygonum spp.*	Dvornici
Althaea sp.	Althaea	*Populus nigra*	Crna topola
Arbutus unedo	Planika	*Prunus spp.*	Trešnja
Betula populifolia	Breza	*P. domestica*	Šljiva
Ceanothus griseus	Plavi grm	*P. persica*	Breskva
Citrus sinensis	Naranča	*Punica granatum*	Šipak
Cydonia oblongas	Dunja	*Quercus palustris*	Grimizni hrast
Eucalyptus sideroxylon	Eukaliptus	*Rosa spp.*	Ruža
Glycine max	Soja	*Rubus spp.*	Kupina
Hibiscus syriacus	Vrtni hibiskus	*Tilia spp.*	Lipa
Juglans nigra	Crni orah	*Ulmus americana*	Američki brijest
Lagerstroemia indica	Indijska ruža	*Vitis spp.*	Vinova loza
Larix occidentalis	Ariš	*Zea mays*	Kukuruz

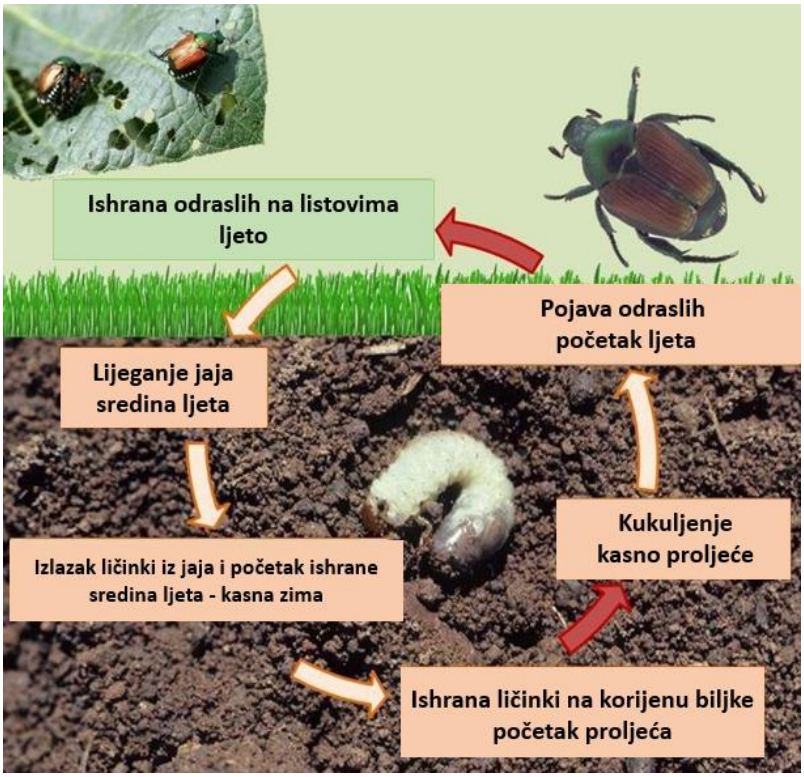
(Izvor: USDA, 2016.)

Biljke domaćini koje preferiraju ličinke štetnika manje su poznate uslijed toga što ličinke žive i razvijaju se ispod površine tla (Potter i Held, 2002.). Zbog toga, postoji određena neizvjesnost oko potencijalnog broja biljaka domaćina na kojima ličinke štetnika mogu dovršiti svoj životni ciklus. Izvor hrane za ličinke uglavnom određuje koje biljke rastu u području gdje ženka štetnika obavlja ovipoziciju (Fleming, 1972.). Nadalje, prema EPPO (2016.) japanski pivac može uzrokovati velike štete u rasadnicima, voćnjacima, travnjacima, na poljskim kulturama i krajobraznom bilju. Na travnjacima, uslijed hranjenja ličinki, najviše stradavaju biljke iz rodova *Festuca, Poa* i *Lolium*.

2.1.3. Ekologija štetnika

Japanski pivac, kako u domaćim tako i u unesenim područjima, uglavnom je univoltna vrsta s ličinkom s tri razvojna stadija. Ipak, u hladnijim godinama u Novoj Engleskoj (SAD) dijelu populacije treba dvije godine za razvoj jedne generacije (Potter i Held, 2002.). Životni vijek odraslih oblika je 4-6 tjedana. U Italiji životni ciklus traje jednu godinu, dok aktivnost odraslih traje od lipnja do kolovoza (EPPO, 2016.). Vrhunac pojave odraslih je sredinom srpnja. Talijanska regija Piemonte izvijestila je da se odrasli oblici mogu naći i u rujnu pa čak i listopadu. Na Azorskim otocima (Portugal) let odraslih oblika traje od kraja svibnja do ranog studenog. Ipak najveći broj ulovljenih odraslih oblika je kroz drugu polovicu srpnja i prvu

polovicu kolovoza (Vieira, 2008.). Početak ishrane i kopulacija kreću ubrzo nakon izlaska iz tla što je najčešće krajem lipnja (Potter i Held, 2002.). Kopulacija se odvija u više navrata, a ženke se nakon svake kopulacije vraćaju u tlo gdje odlažu jaja. EPPO je 2016. naglasio važnost mjesta ovipozicije za ženke, gdje naglašavaju da ženke japanskog pivca preferiraju vlažne travnjake. Svaka ženka ukupno odloži između 40 i 60 jaja (Potter i Held, 2002.). Jaja mogu biti položena pojedinačno ili u malim skupinama. Ženke ponekad naprave sigurno mjesto u obliku rupe u prvih 10 cm tla gdje odlažu jaja. Ličinke izlaze iz jaja nakon 10-14 dana. Stadij ličinki I. i II. razvojnog stadija traje otprilike 2-3 tjedna, odnosno 3-4 tjedna. Ličinke nakon izlaska iz jaja hrane se korijenjem u gornjih 5 cm tla tijekom jeseni i proljeća. Kasnije se zavlače dublje u tlo, na dubinu od 15 do 20 cm gdje prezimljavaju. S dolaskom novog proljeća razvija se zadnji stadij ličinke koje se hrane korijenjem nekoliko tjedana. Zatim ličinka III. razvojnog stadija tvori prostor u tlu bliže površini gdje se kukulji. Stadij kukuljice traje između 7-17 dana nakon čega se javljaju odrasli oblici koji izbijaju na površinu gdje se hrane lišćem širokog spektra biljnih vrsta (slika 2.9.) (EPPO, 2016.). Većina odraslih jedinki kornjaša leti na kratke udaljenosti (Fleming, 1972.). U SAD-u odrasli oblici japanskog pivca često lete između biljaka te su označene jedinke pronađene 3,2 km od početne lokacije (Fleming, 1972.). U Italiji zabilježeni su podatci da odrasle jedinke mogu letjeti oko 500 m, što se slaže s podatcima iz SAD-a gdje napominju kako u jednom danu prelete od 500 do 700 m (Hamilton, 2003.). Najbolji uvjeti za let su tijekom vedrog dana kada su temperature između 29 °C i 35 °C, relativna vlaga zraka >60 % i jačina vjetra <20 km/h (Potter i Held, 2002.).



Slika 2.9. – Prikaz životnog ciklusa japanskog pivca (*Popillia japonica* Newman) (Izvor: EFSA, 2020.)

2.1.4. Mogućnosti suzbijanja

Štetnik *Popillia japonica* lako se otkriva vizualnim pregledom osjetljivih biljaka na listovima, cvjetovima ili plodovima tijekom razdoblja leta od početka ljeta. Odrasli oblici su najaktivniji u toplim danima između 10 i 15 sati.

Od nepesticidnih mjera za suzbijanje imaga koriste se zamke koje sadrže kombinaciju cvjetnih atraktanata i sintetskih feromona. Ove se zamke koriste za suzbijanje kao i za praćenje širenja i razvoja štetnika. Zamke koje sadrže hranidbene atraktante (fenetil propionat + eugenol + geraniol) i seksualne atraktante naširoko se koriste u SAD-u i na Azorskim otocima za potrebe praćenja i istraživanja kao i za smanjenje zaraze (CABI, 2019.). Milijuni jedinki godišnje se mehanički uhvate zamkama. Ova metoda je jednostavan i jeftin način za smanjiti populaciju i smanjiti broj jaja. Korištenje većeg broja zamki može smanjiti populaciju štetnika. Ipak, u povoljnim uvjetima zamka će uhvatiti samo oko 75 % jedinki štetnika koje prilaze zamci (USDA, 2015.). Upotreba zamki za suzbijanje je diskutabilna zato što zamke privlače puno više jedinki nego što ih mogu uhvatiti (Wawrzynski i Ascerno, 1998.). Nadalje, komponenta cvjetnog atraktanta unutar mamca može privući ženke u područja gdje se japanski pivac dotad nije pojavljivao. Upravo zbog toga ovu metodu treba koristiti s velikim oprezom.

Nadalje, izbjegavanje navodnjavanja u vrijeme izlaska odraslih oblika i za vrijeme leta, smanjit će broj odloženih jaja jer ženke za ovipoziciju preferiraju vlažnije tlo. Lokalno uništavanje jako zaraženih travnjaka npr. oranjem nakon glavnog perioda leta trebalo bi smanjiti naseljenost štetnika.

Fizikalne mjere odnose se na ručno uklanjanje imaga koje je moguće samo kod niskih zaraza i to kod biljaka s niskim habitusom. Switzer i Cumming (2014.) su proveli procjenu ručnog uklanjanja odraslih oblika u različita doba dana (08:00, 14:00, 19:00) u nasadima vinove loze. Pokazalo se da je uklanjanje u 19:00 sati najviše učinkovito.

Biološke mjere protiv japanskog pivca provode se još od 1920-ih godina. U SAD-u je do 1933. godine protiv japanskog pivca ispušteno 49 vrsta prirodnih neprijatelja iz Azije i Australije (Potter i Held, 2002.). Ipak, većina prirodnih neprijatelja nije se uspješno uspostavila u novim područjima, dok ih je jako malo osiguravalo zadovoljavajuću učinkovitost u smanjenju zaraze u poljskim uvjetima. *Istocheta aldrichi* Mesnil muha je koja parazitira unutar imaga japanskog pivca. Ženka muhe odlaže do 100 jajašaca tijekom 2 tjedna.

Jaja obično polaže na ženke japanskog pivca (slika 2.10.). Kad se izlegu, ličinke muhe ulaze direktno u tjelesnu šupljinu japanskog pivca i ubrzo ubijaju štetnika. Zbog toga što navedenom parazitu ne treba puno vremena da suzbije štetnika, *I. aldrichi* može suzbiti populacije japanskog pivca prije nego što štetnik započne masovno razmnožavanje (USDA, 2015.).



Slika 2.10. – Imago japanskog pivca s vidljiva 3 jaja muhe *Istocheta aldrichi* Mesnil
(Izvor: BugGuide, 2012.)

Prema Maceljskom (2001.) kemijsko suzbijanje japanskog pivca nakon udomaćenja provodit će se insekticidima na sličan način kako se suzbija obični hrušt (*Melolontha melolontha* L.). Kemijsko suzbijanje obavlja se u slučajevima jakog napada, pa i tada samo na rubnim najjače zaraženim stablima ili u drvoredima. Od insekticida koji se koriste za suzbijanje običnog hrušta Maceljski (2001.) spominje klorpirifos, triklorfon, piretroide te fosalon koji je manje opasan za pčele. Klorpirifos, fosalon i triklorfon pripadaju u skupinu organo-fosfornih insekticida. Suzbijanje odraslih provodi se prskanjem nadzemnih dijelova biljaka (EPPO, 2016.). U novije je vrijeme većina insekticida koji djeluju na japanskog pivca izgubila dozvolu (osim eventualno nekih piretroida) pa se u slučaju pojave štetnika ne može računati na uspješno kemijsko suzbijanje.

Ličinke štetnika se mogu pronaći u kasno ljeto, jesen ili u rano proljeće pregledavanjem tla i korijena do dubine od oko osam cm. Za gredice na rasadnicima, može se zahtijevati uklanjanje i pregled tla do 30 cm kako bi se dobio točan uzorak. Kulturalne mjere suzbijanja ličinki mogu se primjenjivati u svrhu smanjenja pogodnosti mjesta za ovipoziciju stoga rezultat može biti učinkovito smanjenje populacije ličinki japanskog pivca (Allsopp, 1996.). Obrada tla za suhog vremena na dubini od najmanje 10 cm smanjit će mogućnost preživljavanja ličinki u grudama tla. Ova mjera je pogoda za provođenje u jesen, prije nego se ličinke zavuku dublje u tlo kako bi prezimile. Također, mehanička kultivacija tla može utjecati na smanjenje populacije ličinki izravnim oštećivanjem i smanjenjem prikladnosti staništa.

Proizvođači koji se odluče za biološke mjere suzbijanja ličinki japanskog pivca mogu odabrati bakterije, nematode i gljivice. *Tiphia vernalis* Rohwer je parazitska osa koja parazitira ličinke japanskog pivca. Nakon kraćeg razdoblja hranjenja i parenja tijekom ranog proljeća, ženka osice ulazi u tlo gdje paralizira ličinku ubodom, a potom odlaže jaja na ličinku. Kad se jaje ose izlegne, ličinka osice pojede ličinku japanskog pivca (USDA, 2015.). *Paenibacillus popilliae* Dutky je bakterija koja se u SAD-u koristi za suzbijanje ličinki japanskog pivca. Bakterija uzrokuje „mliječnu bolest“ (slika 2.11.). Prednost je upotrebe komercijalnih pripravaka na bazi ove bakterije uski spektar djelovanja (bakterija suzbija samo

japanskog pivca), sigurnost pripravaka za ljude i druge kralježnjake te kompatibilnost s drugim sredstvima za suzbijanje. Nadalje, nedostatci pripravaka na bazi *P. popilliae* su vrlo visoki troškovi proizvodnje *in vivo*, vrlo sporo djelovanje, nemogućnost suzbijanja odraslih oblika koji uzrokuju značajne štete te potrebe tretiranja velikih površina kako bi se postigao zadovoljavajući učinak. Također, uski spektar može biti i nedostatak zbog toga što tretiranje neće imati učinak na neku drugu vrstu štetnika pa proizvođači moraju pravilno identificirati japanskog pivca. Tretmani bakterijskim pripravkom najučinkovitiji su ako se primjenjuju na razini regije ili države kako bi se smanjila ukupna zaraženost ovim štetnikom. Manje je prikladno tretiranje na malim privatnim posjedima. Nadalje, razvoj bolesti koju uzrokuje bakterija *P. popilliae* ovisi i o domaćinu to jest ličinki. Neke ličinke ne mogu probaviti spore bakterije nastale sporulacijom koje izazivaju bolest ličinki. Upravo to dovodi do smanjenja učinkovitosti pripravaka (Potter i Held, 2002.).



Slika 2.11. – Zdrava ličinka japanskog pivca (lijevo) i zaražena ličinka japanskog pivca bakterijom *Paenibacillus popilliae* (desno)
(Izvor: Cornell University College of Agriculture and Life Sciences, 1995.)

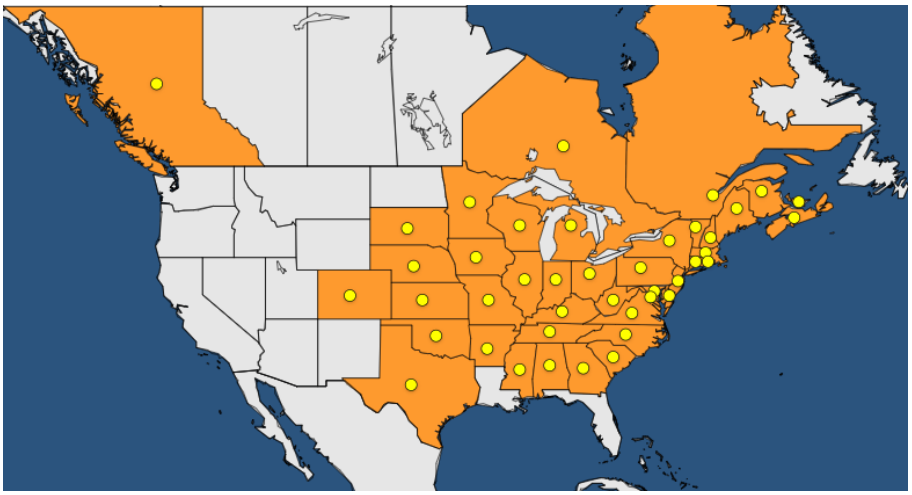
Entomopatogene nematode *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar koriste se za suzbijanje ličinki japanskog pivca u travnjacima i rasadnicima SAD-a (Potter i Held, 2002.). Djelovanje na japanskog pivca istraženo je na Azorskim otocima (Simoes i sur., 1993.) i u talijanskoj regiji Piemonte. *Steinernema glaseri* Steiner i *Steinernema carpocapsae* Weiser smanjile su populaciju ličinki kada su primijenjene u rujnu, ali su se pokazale neučinkovitima u hladnijim mjesecima (od studenog do veljače) (Simoes i sur., 1993). Na Azorskim otocima provedena su istraživanja s ciljem otkrivanja endemične vrste nematoda koja bi uspješno kontrolirala japanskog pivca. Istraživanja su provođena na otocima Terceria i Santa Maria a rezultat je bila izolacija dva soja *Heterorhabditis bacteriophora* s dobrim učinkom na ličinke. Ipak, niti jedan od navedenih sojeva se ne prodaje komercijalno u EPPO regiji. Također, u SAD-u je poznato da autohtoni grabežljivi organizmi kao mravi (Formicidae), kusokrilci (Staphylinidae), trčci (Carabidae), krtice i ptice mogu smanjiti populaciju štetnika tako što se hrane jajima i ranim razvojnim stadijima ličinke (Potter i Held, 2002.).

U SAD-u se za suzbijanje ličinki primjenjuju zemljišni insekticidi nakon čega slijedi zalijevanje tretiranog područja kako bi se insekticid isprao do zone korijenja (Potter i Held, 2002.). U rasadnicima u svrhu kontrole protiv japanskog pivca korijenje uranja u otopinu klorpirifosa.

Bilo je primjera, uglavnom iz SAD-a, što uspješnih što neuspješnih strategija eradikacije japanskog pivca u novozaraženim područjima. Programi eradikacije mogu biti razvijeni kao (1) hitne mjere za sprječavanje udomaćenja i/ili širenja novo unesenog štetnika i (2) mjere suzbijanja već udomaćenog štetnika. Nakon službene potvrde o unosu japanskog pivca u novo područje trebaju se provoditi kombinacije mjera koje će smanjiti populaciju odnosno eradicirati vrstu. S tim mjerama istovremeno bi se trebalo spriječiti aktivno i pasivno širenje štetnika (EPPO, 2016.). Kao mjera kontrole štetnika spominje se fizičko i kemijsko čišćenje i dezinfekcija opreme, alata, strojeva, transportnih sredstava, objekata i ostalog pribora. Također, zaraženo tlo može sadržavati jaja i ličinke, pa alat i strojeve treba očistiti nakon upotrebe. Nadalje, plodored i suzbijanje korova mogu znatno doprinijeti smanjenju populacije ili uopće spriječiti zarazu.

2.2. Karantenski status štetnika u Europi

Japanski pivac je štetnik koji velike štete radi na području Sjeverne Amerike od kuda se i bilježe njegovi unosi u Europu. Na kontinentu Sjeverne Amerike prisutan je u Kanadi i to u saveznim državama British Columbia, New Brunswick, Nova Scotia, Ontario, Prince Edward Island i Québec. U Sjedinjenim Američkim Državama u nekim saveznim državama i dalje je prisutan, a u nekima je uspješno eradiciran. Rasprostranjenost po SAD-u prikazana je slikom 2.12., te je popis država sa trenutnim statusom štetnika prikazan u tablici 2.3.



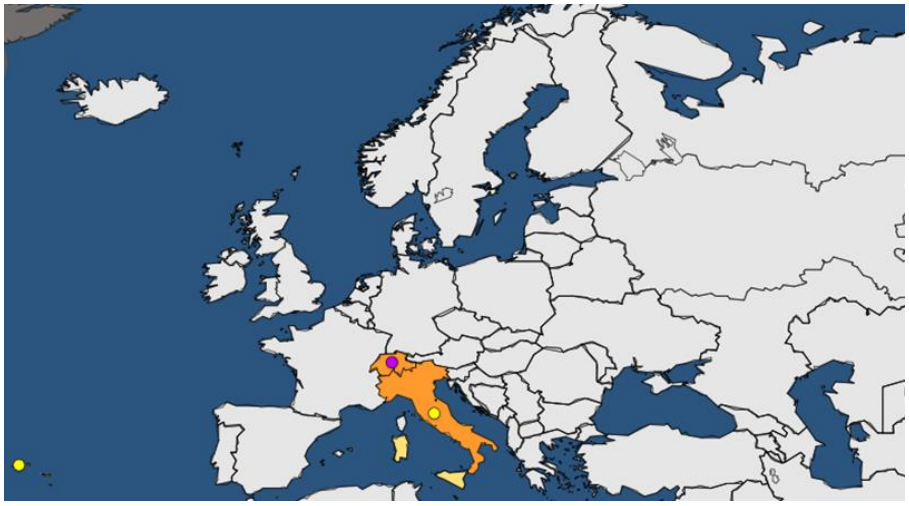
Slika 2.12. – Područja Sjeverne Amerike gdje je japanski pivac (*Popilia japonica* Newman) prisutan (Izvor: EPPO Global Database, 2020.)

Tablica 2.3. – Rasprostranjenost i status japanskog pivca u SAD-u

Savezna država	Status
Alabama	Prisutan, nekoliko pojava
Arkansas	Prisutan, nekoliko pojava
Colorado	Prisutan, nekoliko pojava
Connecticut	Prisutan, ograničena distribucija
Delaware	Prisutan, ograničena distribucija
Georgia	Prisutan, ograničena distribucija
Idaho	Eradiciran
Illinois	Prisutan, ograničena distribucija
Indiana	Prisutan, ograničena distribucija
Iowa	Prisutan, ograničena distribucija
South Dakota	Prisutan, nekoliko pojava
South Carolina	Prisutan, ograničena distribucija
California	Eradiciran
Kansas	Prisutan, nekoliko pojava
Kentucky	Prisutan, ograničena distribucija
Maine	Prisutan, ograničena distribucija
Maryland	Prisutan, ograničena distribucija
Massachusetts	Prisutan, ograničena distribucija
Michigan	Prisutan, ograničena distribucija
Mississippi	Prisutan, nekoliko pojava
Missouri	Prisutan, ograničena distribucija
Nebraska	Prisutan, nekoliko pojava
Nevada	Eradiciran
New Hampshire	Prisutan, ograničena distribucija
New Jersey	Prisutan, ograničena distribucija
New York	Prisutan, ograničena distribucija
Ohio	Prisutan, ograničena distribucija
Oklahoma	Prisutan, nekoliko pojava
Oregon	Eradiciran
Pennsylvania	Prisutan, ograničena distribucija
Rhode Island	Prisutan, ograničena distribucija
North Carolina	Prisutan, ograničena distribucija
Tennessee	Prisutan, ograničena distribucija
Texas	Prisutan, nekoliko pojava
Vermont	Prisutan, ograničena distribucija
Virginia	Prisutan, ograničena distribucija
Washington	Prisutan, ograničena distribucija
Wisconsin	Prisutan, ograničena distribucija
West Virginia	Prisutan, ograničena distribucija

(Izvor: EPPO Global Database, 2020.)

Prema EPPO (2016.) japanski pivac nalazi se na A2 listi karantenskih štetnika za Europu, to jest japanski pivac je karantenski štetnik utvrđen na ograničenom području Europe. Štetnik je utvrđen u nekoliko navrata u Italiji, Portugalu (Azorski otoci) i Rusiji. U Švicarskoj se provode mjere eradikacije (slika 2.13.). Ostale zemlje Europe ne navode da je prisutan, no samo su Slovenija, Nizozemska i Belgija organizirale monitoring štetnika kojim su dokazale da nije prisutan na njihovu teritoriju.



Slika 2.13. – Područja Europe gdje je prisutan japanski pivac (žute točke) i područje gdje se eradicira (ljubičasta točka) (Izvor: EPPO Global Database, 2020.)

Prema EPPO (2006.) u Europi najveću brigu predstavljaju nasadi *Vitis* sp. i usjevi *Zea mays* L. Imago japanskog pivca hrani se širokim spektrom domaćina. Na Azorskim otocima (Portugal) neki od domaćina koje preferira su: *Acer* spp. (javori), *Asparagus officinalis* L. (šparoge), *Glycine max* (L.) Merr. (soja), *Malus* spp. (jabuke), *Medicago sativa* L. (lucerna), *Phaseolus vulgaris* L. (grah), *Populus* spp. (topola), *Prunus* spp. (koštičavo voće: uključujući šljive, breskve, itd.), *Quercus* spp. (hrastovi), *Rosa* spp. (ruže), *Rubus* spp. (kupina, malina), *Tilia* spp. (lipe), *Ulmus procera* Salisb. (engleski brijest), *Vitis* spp. (vinova loza) i *Zea mays* (kukuruz). Također, odrasli oblik japanskog pivca u Italiji u mjestu izbijanja zaraze u dolini Ticino zapažen je na divljim biljkama (*Rubus, Ulmus, Urtica, Rosa, Populus* i *Parthenocissus*) te na usjevima soje (EPPO, 2014.).

2.2.1. Procjena mogućnosti aklimatizacije

Prognoza aklimatizacije japanskog pivca zbog više čimbenika je vrlo važna. Procjena mogućnosti aklimatizacije obavlja se da bi se i u slučaju udomaćenja mogli predvidjeti i lokaliteti i razdoblje aktivnosti te potencijalna štetnost. Aklimatizacija se definira kao prilagodba nekog životinjskog ili biljnog organizma podneblju i geografskom području, različitog od onoga na kojem je prije živio. Posljedice aklimatizacije često su neke morfološke i fiziološke promjene na organizmu, koje su najizraženije kod biljaka, a nešto manje kod životinja. Prema tome, procjena aklimatizacije podrazumijeva sposobnost

udomaćenja organizma na nove uvjete okoliša. Drugim riječima, procjena daje odgovore na pitanja je li aklimatizacija moguća i u kojim klimatskim uvjetima.

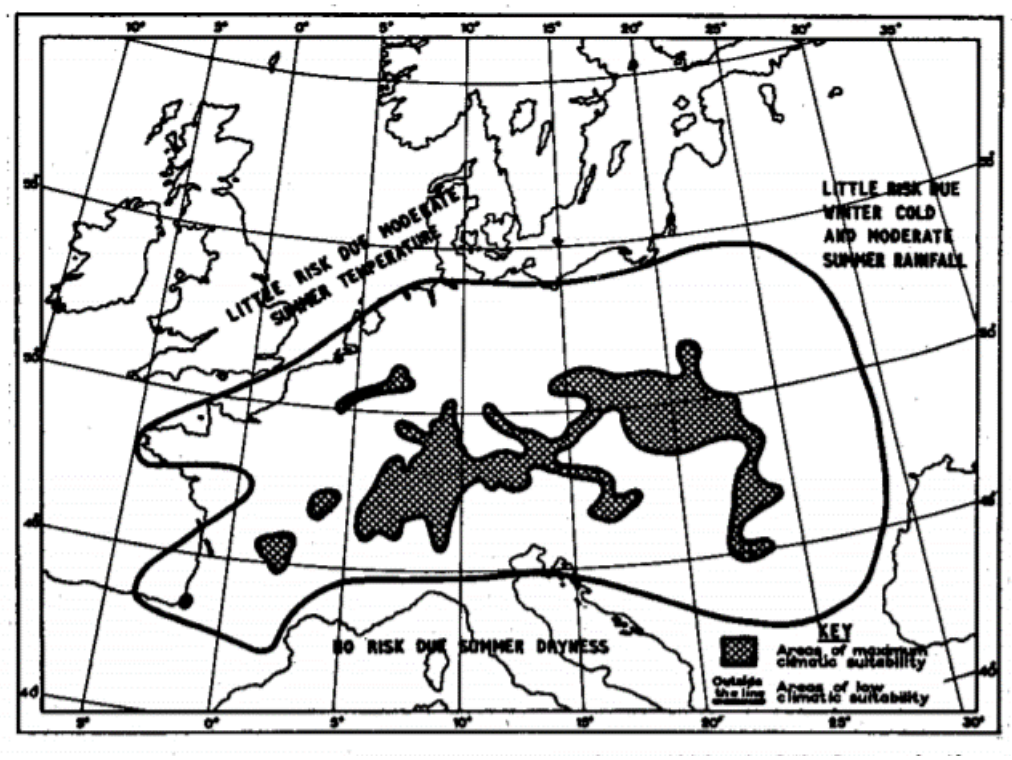
Prvu procjenu aklimatizacije japanskog pivca za Europu je obavio Bourke (1961.). Na zemljopisnoj karti (slika 2.14.) označio je područja (isprekidane crte) koja su pogodna za udomaćenje japanskog pivca. Procjena je napravljena temeljem analize meteoroloških čimbenika potrebnih u životnom ciklusu japanskog pivca. Procjenu aklimatizacije napravio je prema tri kriterija koja bi, u slučaju da su svi zadovoljeni, označavala vrlo vjerojatno udomaćenje štetnika. Imago japanskog pivca preferira tople i sunčane dane te ne leti noću. U svježim jutrima i kasnim popodnevnim satima skloni su ishrani na biljkama nižeg habitusa. Nadalje, tijekom oblačnih i olujnih dana kada je visoka relativna vlažnost zraka često miruju. Međutim, Bourke (1961.) naglašava kako odnos vremenskih uvjeta i aktivnost imaga ima manju ulogu u aklimatizaciji štetnika na nova područja jer su primarni klimatski zahtjevi za udomaćenjem vezani za stadij jaja i ličinke. Zbog toga, za stadij jaja, ličinke i kukuljice su bitne temperature tla u toplom i hladnom dijelu godine te vlažnost tla tijekom toplog dijela godine. Kriteriji prema kojima je Boruke 1961. godine napravio procjenu za Europu su: (1) Ukupna količina oborina kroz lipanj, srpanj i kolovoz mora prelaziti 250 mm, (2) srednja temperatura tla u srpnju na dubini od 5 do 10 cm treba biti u rasponu 20 °C i 28 °C i (3) srednja temperatura tla u siječnju na istoj dubini mora biti iznad -2 °C.

Područjem umjerene prikladnosti za japanskog pivca CABI-EPPO priručnik iz 1996. navodi veliki dio Europe, od 43. do 53. sjeverne paralele, a unutar tog područja se nalaze svi dijelovi Hrvatske sjeverno od Ploča (cit. Maceljski i Igrc Barčić, 1997.).

Maceljski i Igrc Barčić (1997.) obavili su procjenu aklimatizacije japanskog pivca za područje Hrvatske prema podacima osam meteoroloških postaja diljem Hrvatske. Za procjenu su koristili pet biometeoroloških kriterija potrebnih za razvoj japanskog pivca koji se temelje na podacima literature o utjecaju temperature i raspoložive količine vlage (oborina) na razvoj japanskog pivca. Stoga se aklimatizacija procjenjuje prema pet kriterija (Maceljski i Igrc Barčić, 1997.). **Kriteriji 1**. zahtijeva da ukupna količina oborina kroz lipanj, srpanj i kolovoz bude veća od 250 mm jer je za razvoj kukuljice, jaja i ličinki u tom periodu potrebno više od 250 mm oborina. **Kriteriji 2**. označava da temperatura tla na dubini od 10 cm u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz mora biti između 17,5 °C i 27,5 °C jer je japanski pivac termofilan štetnik za čiji su razvoj u tom razdoblju potrebne navedene temperature tla. **Kriterij 3.** za procjenu aklimatizacije japanskog pivca je da srednja dnevna temperatura u srpnju mora biti viša od 22 °C. **Kriteriji 4.** zahtijeva da srednja temperatura tla na dubini od 10 cm kroz mjesece prosinac, siječanj i veljača mora biti viša od -2 °C. U slučaju kada je niža, može doći do velikog mortaliteta ličinki, iako to ovisi i o duljini trajanja tih temperatura. Zadnji, **kriterij 5.** označava da se temperatura tla na dubini od 10 cm ne smije niti jedan dan spustiti ispod -9,4 °C jer kod temperature tla od -9,4 °C nastupa 100 %-tni mortalitet ličinki (Fox, 1932. cit. Maceljski i Igrc Barčić, 1997.).

Zaključak analize koju su napravili Maceljski i Igrc Barčić (1997.) jest da će se u slučaju introdukcije, japanski pivac moći udomaćiti u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Zagreb) i Hrvatskom Primorju (Senj) dok je za pojačani razvoj nešto manje prikladno područje srednje Hrvatske (Bjelovar). U istočnoj Hrvatskoj (Osijek i Gradište) i Istri predviđaju da je

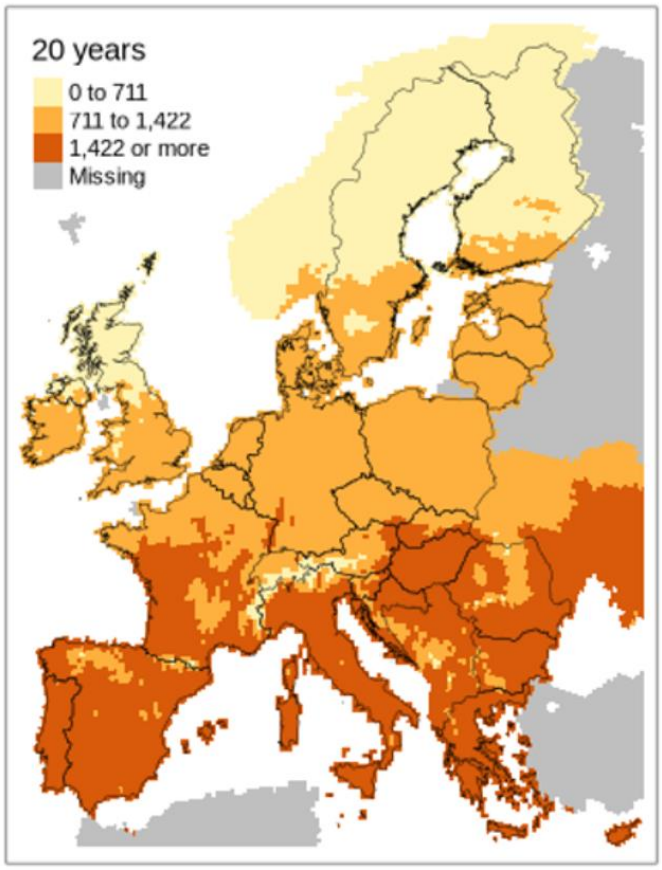
aklimatizacija moguća no mogućnost razmnožavanja je ograničena, dok u Gorskom kotaru zbog nedovoljnih temperatura u srpnju, a u Dalmaciji zbog izostanka oborina aklimatizacija neće biti moguća. Autori navode moguća ograničenja njihove procjene, činjenicu da se procjena temelji na biometeorološkim podacima iz SAD te ističu da će tek razvoj štetnika nakon introdukcije pokazati točnost prognoza.



Slika 2.14. – Zemljopisna karta prognoze područja udomaćenja japanskog pivca u Europi prema Bourke 1961. godine (Izvor: Bourke, 1961.)

Na zemljopisnoj karti se može vidjeti da područje Portugala (Azorski otoci), gdje je sada japanski pivac prisutan, uopće nije prikazano na karti, vjerojatno iz razloga jer se smatralo kao neprikladno za udomaćenje japanskog pivca uslijed suhih ljeta. Vjerojatno se zbog klimatskih promjena kojima svjedočimo japanski pivac udomaćio na područjima koje je Bourke 1961. godine smatrao nisko rizičnim, kao i u slučaju pokrajina Lombardije i Pijemonte u Italiji koje su označene kao područja s malom mogućnosti za udomaćenjem.

Prema Régnière i sur. (1981.) suma efektivnih temperatura određuje hoće li životni ciklus štetnika biti dovršen u jednoj ili dvije godine. Na područjima gdje je suma veća od 1422 °C s temperaturnim pragom od 10 °C štetnik dovrši ciklus u jednoj godini. Nadalje, na područjima gdje je suma veća od 711 °C s istim temperaturnim pragom štetnik dovrši životni ciklus u dvije godine. Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.) su temeljem tih temperaturnih zahtjeva mapom prikazali moguće rasprostranjenje štetnika u Europi (slika 2.15.). Važno je napomenuti da se vlaga tla, koja ovisi o oborinama, u ovoj procjeni nije uzela u obzir iako je bitan čimbenik. Oborine i vlagu tla treba uzeti u obzir prilikom procjene udomaćenja japanskog pivca.



Slika 2.15. – Zemljopisna karta koja prikazuje mogućnost štetnika da dovrši ciklus u jednoj godini (bakreno narančasta), dvije godine (narančasta) ili nemogućnost (bež) na području Europe na temelju sume efektivnih temperatura (Izvor: EFSA, 2020.)

Prema Bragard i sur. (2018.) biljke domaćini nisu ograničavajući faktor za udomaćenje jer je štetnik izrazito polifagan. Smatra se kako će udomaćenje japanskog pivca biti moguće u svim državama Europske unije gdje su klimatski uvjeti prikladni. Prema Bourke (1961.) i Flemingu (1972.) Mediteranska regija smatrala se neprikladnom za aklimatizaciju uslijed manjka oborina ljeti, dok se aklimatizacija u sjevernoj Europi također smatrala malo vjerojatnom zbog niskih ljetnih temperatura. Nadalje, područje središnje Francuske, južne Njemačke i dijelovi Švicarske, Austrije, Češke, Mađarske, Poljske, Rumunjske i Slovačke smatrali su se najpogodnijim za uspješnu aklimatizaciju zbog obilnih količina ljetnih oborina i povoljnih temperatura. Ipak, Bragard i sur. (2018.) naglašavaju kako intenzivno navodnjavanje na jugu Europe može povećati prikladnost za udomaćenjem štetnika.

2.2.2. Detektirani unosi

Japanski pivac je u Japanu široko rasprostranjen i ne čini velike štete. U SAD-u je otkriven 1916. godine u istočnim državama. EPPO-CABI (1997.) naznačio je kako su lokalizirane populacije štetnika uspješno eradicirane iz saveznih država Kalifornije, Oregona i Nevade. Nadalje, naglašavaju širenje štetnika prema zapadu SAD-a i to u većini država

istočno od rijeke Mississippi, ali ne i u državi Mississippi i Florida. U Europi prvi put zabilježena je pojava japanskog pivca u Portugalu 1970. godine. Štetnik se prvi put pojavio na otoku Terceira 1970. godine, a zatim se proširio i na ostale otoke arhipelaga. 1996. godine pronađen je na ograničenom području otoka Faial, te 2003. godine na malom području otoka Sao Miguel. NPPO Portugala nedavno je izvijestio o prvom nalazu japanskog pivca na otoku Graciosa (Azorski otoci) u veljači 2019. godine. Za sada je poznato da se štetnik nalazi na otocima arhipelaga (Terceira, Faial, Flores, Pico, Sao Jorge, Sao Miguel i Graciosa), ali ne i na kopnu (EPPO, 2019.). U Italiji je prvi put otkriven u srpnju 2014. godine uz rijeku Ticino u sklopu prirodnog parka „Ticino Valley“ na divljim biljkama rodova *Rubus, Ulmus, Rosa, Populus* i *Vitis* i usjevima soje (EPPO, 2014.). Nadalje, zabilježena je prva pojava štetnika u Švicarskoj u lipnju 2017. godine (odrasli oblici uhvaćeni u feromonskim lovkama). Odrasli oblici štetnika uhvaćeni su u pokrajini Švicarske koja je blizu prirodnom parku „Ticino Valley“. Zbog toga se smatra da je pojava u Švicarskoj rezultat prirodnog širenja populacije japanskog pivca. EPPO 2019. godine izvijestio je da se mjere monitoringa i iskorjenjivanja provode te da se male populacije štetnika povremeno uhvate na feromonskim lovkama.

3. Materijali i metode rada

3.1. Opis lokaliteta - meteoroloških postaja

U priručniku CABI-EPPO (1996.) kao područje umjerene prikladnosti za japanskog pivca navodi se područje Europe između 43. i 53. sjeverne paralele i zapadno od 30. meridijana (Maceljski i Igrc Barčić, 1997.). Svi dijelovi Hrvatske sjeverno od Ploča nalaze se unutar tog područja. Lokaliteti odabrani u ovom istraživanju istovjetni su s lokalitetima koje su za procjenu aklimatizacije japanskog pivca odabrali Maceljski i Igrc Barčić (1997.). To su Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Poreč, Senj i Zadar.

Gradište se nalazi u zapadnom Srijemu – prostor smješten između rijeka Save i Dunava, gdje vlada umjerena kontinentalna klima s malom količinom oborina. Nalazi se na 45°09' sjeverne geografske širine i 18°43' istočne geografske dužine. Osijek je grad u istočnoj Hrvatskoj koji je smješten na ravnici na desnoj obali rijeke Drave. Nalazi se na 45°56' sjeverne geografske širine i 18°67' istočne geografske dužine. Osijek je grad s tipičnom kontinentalnom klimom - zime su hladne i relativno duge, a ljeta topla, pa čak i vruća. Navedene dvije postaje predstavljaju regiju istočne Hrvatske.

Grad Bjelovar smješten je u visoravni u južnom dijelu Bilogore (središnja Hrvatska). Bjelovar se nalazi na 45°89' sjeverne geografske širine i 16°84' istočne geografske dužine. Nalazi se na 135 metara nadmorske visine te klimatski pripada u prijelazno područje umjereno kontinentalnih obilježja. Klimu karakteriziraju hladne zime i topla ljeta. Zagreb se nalazi u kontinentalnoj sjeverozapadnoj Hrvatskoj, na južnim obroncima Medvednice te na obalama rijeke Save. Nalazi se na nadmorskoj visini od 122 metra. Zagreb se nalazi na 45°81' sjeverne geografske širine i 15°97' istočne geografske dužine. Meteorološka postaja nalazi se na Maksimiru. Postaje Bjelovar i Zagreb predstavljaju sjeverozapadnu regiju Hrvatske.

Ogulin je grad smješten u središtu Hrvatske, u podnožju planine Klek. Nalazi se na 45°26' sjeverne geografske širine i 15°22' istočne geografske dužine. Nastao je u prostranoj kotlini kojom teku dvije rijeke: Dobra i Zagorska Mrežnica. Grad se nalazi na 323 m nadmorske visine. Ogulin predstavlja regiju Gorskog Kotara.

Poreč je grad u Hrvatskoj smješten na zapadnoj obali poluotoka Istre. Nalazi se na 45°22' sjeverne geografske širine i 13°59' istočne geografske dužine. Grad je smješten na 29 m nadmorske visine. Mediteranska klima duž obale postupno se mijenja prema unutrašnjosti Istre. Poreč predstavlja regiju Istre za koju su karakteristične blage i ugodne zime koje su zaista kratke te topla i suha ljeta s prosječnih 2400 sunčanih sati godišnje.

Senj je grad između Zadra i Rijeke, smješten između mora i obronka Kapele i Velebita. Leži na 44°98' sjeverne geografske širine i 14°90' istočne geografske dužine, te predstavlja regiju Hrvatskog Primorja.

Zadar se nalazi na 44°11' sjeverne geografske širine i 15°23' istočne geografske dužine. Razvio se na povoljnom položaju u središtu hrvatskog dijela istočne obale Jadranskog mora, zaštićen nizom zadarskih otoka od utjecaja otvorenog mora. Zadar predstavlja regiju sjeverne Dalmacije.



Slika 3.1. – Geografski položaj osam odabranih meteoroloških postaja (crvene točke)
(Izvor: hrvatska.eu, 2020.)

3.2. Opis sakupljenih podataka

Za izradu procjene aklimatizacije japanskog pivca za Republiku Hrvatsku prikupljeni su podaci o srednjim dnevnim temperaturama tla na dubini od 10 cm, ukupne mjesečne količine oborina i srednje dnevne temperature zraka. Tražene podatke dostavio nam je Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ).

Podatci za izradu procjene aklimatizacije sadržavali su (1.) ukupnu mjesečnu količinu oborina za osam postaja od 1999. godine do 2018. godine. Prosjeci ukupne godišnje količine oborina u promatranom 20 godišnjem razdoblju prikazani su u tablici 3.1. Također prikazana je najveća ukupna godišnja količina oborina te godina u kojoj je zabilježena. Može se primijetiti kako su 2010. i 2014. bile godine s najviše oborina.

Tablica 3.1. – Ukupna količina oborina u razdoblju 1999. do 2018. na postajama uključenim u istraživanje

Postaja	***Prosjek razdoblja***	***Najveća ukupna količina***	***Godina s najviše oborina***
Gradište	692,8 mm	991,1 mm	2010.
Osijek	697,0 mm	1038,2 mm	2010.
Bjelovar	797,1 mm	1285,3 mm	2014.
Zagreb	859,4 mm	1317,8 mm	2014.
Ogulin	1592,3 mm	2255,9 mm	2014.
Poreč	902,3 mm	1403,3 mm	2010.
Senj	1296,0 mm	1685,4 mm	2013.
Zadar	907,3 mm	1364,5 mm	2014.

Nadalje, za razdoblje od 1999. godine do 2018. godine dostavljeni su (2.) podaci o srednjim dnevnim temperaturama tla na dubini od 10 cm. Treba naglasiti kako su podaci o temperaturama tla dostavljeni za sve postaje osim Senja. Zbog navedenog, kod rezultata za postaju Senj, kriterije koji su povezani s temperaturama tla pretpostavit ćemo da zadovoljava ili ne zadovoljava. Također, dostavljeni su i (3.) podaci o srednjim dnevnim temperaturama zraka za svaki dan proteklih 20 godina. Podaci o srednjim dnevnim temperaturama započinju od dana 01.07.1999. godine do 31.07. 2019. godine. S obzirom da podatke o oborinama za 2019. godinu nemamo, za tu godinu nismo računali procjenu aklimatizacije.

3.3. Analiza podatka

Podaci za procjenu aklimatizacije japanskog pivca prema metodici koju su primijenili Maceljski i Igrc Barčić (1997.) analizirani su u programu za tablično računanje Microsoft Excel. Od svih 12 mjeseci od 1999. godine do 2018. godine za prvi kriteriji izdvojili smo mjesec lipanj, srpanj i kolovoz. Ukupna količina mjesečnih oborina za navedena tri mjeseca

zbrojena je te su izdvojene one godine u kojima je suma oborina u tri mjeseca bila veća od 250 mm.

Za drugi kriteriji (temperatura tla na dubini od 10 cm u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz mora biti između 17,5 °C i 27,5 °C) za mjesec lipanj, srpanj i kolovoz za svaku godinu napravili smo prosjek temperatura tla. Prosjek je dobiven zbrojem svih srednjih dnevnih temperatura tla za svaki mjesec te je dobivena suma podijeljena s brojem dana u mjesecu. Dobiveni prosjeci za lipanj, srpanj i kolovoz zatim su analizirani zasebno za svaku godinu. U slučaju da su u sva tri mjeseca dobiveni prosjeci između 17,5 i 27,5 °C ta godina zadovoljava drugi kriteriji za udomaćenje japanskog pivca.

Treći kriterij za udomaćenje japanskog pivca ovisi o srednjim dnevnim temperaturama zraka u mjesecu srpnju. Za svaki mjesec srpanj u razdoblju od 1999. do 2018. godine izračunata je prosječna temperatura. Prosječna temperatura za mjesec srpanj dobivena je zbrojem svih srednjih dnevnih temperatura te je dobivena suma podijeljena s brojem dana u srpnju. Prosjek temperatura u srpnju svake godine zasebno je analiziran. Ako je prosjek srednjih dnevnih temperatura prelazio 22 °C, ta godina je zadovoljavala treći kriterij.

Četvrti i peti kriteriji odnose se na temperature tla. Za četvrti kriteriji (srednja temperatura tla na dubini od 10 cm kroz mjesece prosinac, siječanj i veljača mora biti viša od -2 °C) analizirane su temperature kroz prosinac, siječanj i veljaču. Analiza je provedena na isti način kao za drugi kriteriji, samo su analizirani drugi mjeseci u godini. Stoga, za prosinac, siječanj i veljaču za svaku godinu napravljen je prosjek temperatura tla. Prosjek je dobiven zbrojem svih srednjih dnevnih temperatura tla za svaki mjesec te je dobivena suma podijeljena s brojem dana u mjesecu. Dobiveni prosjeci za prosinac, siječanj i veljaču analizirani su za svaku godinu zasebno. Godine gdje kroz prosinac, siječanj i veljaču prosjek temperatura prelazi -2 °C zadovoljavale su četvrti kriterij.

Za peti kriterij (temperatura tla na dubini od 10 cm ne smije se niti jedan dan spustiti ispod -9,4 °C) za svaku postaju poredali smo sve dobivene temperature tla od najniže do najviše kako bismo utvrdili je li i na kojoj postaji i u kojoj godini temperatura tla bila ispod -9,4 ºC.

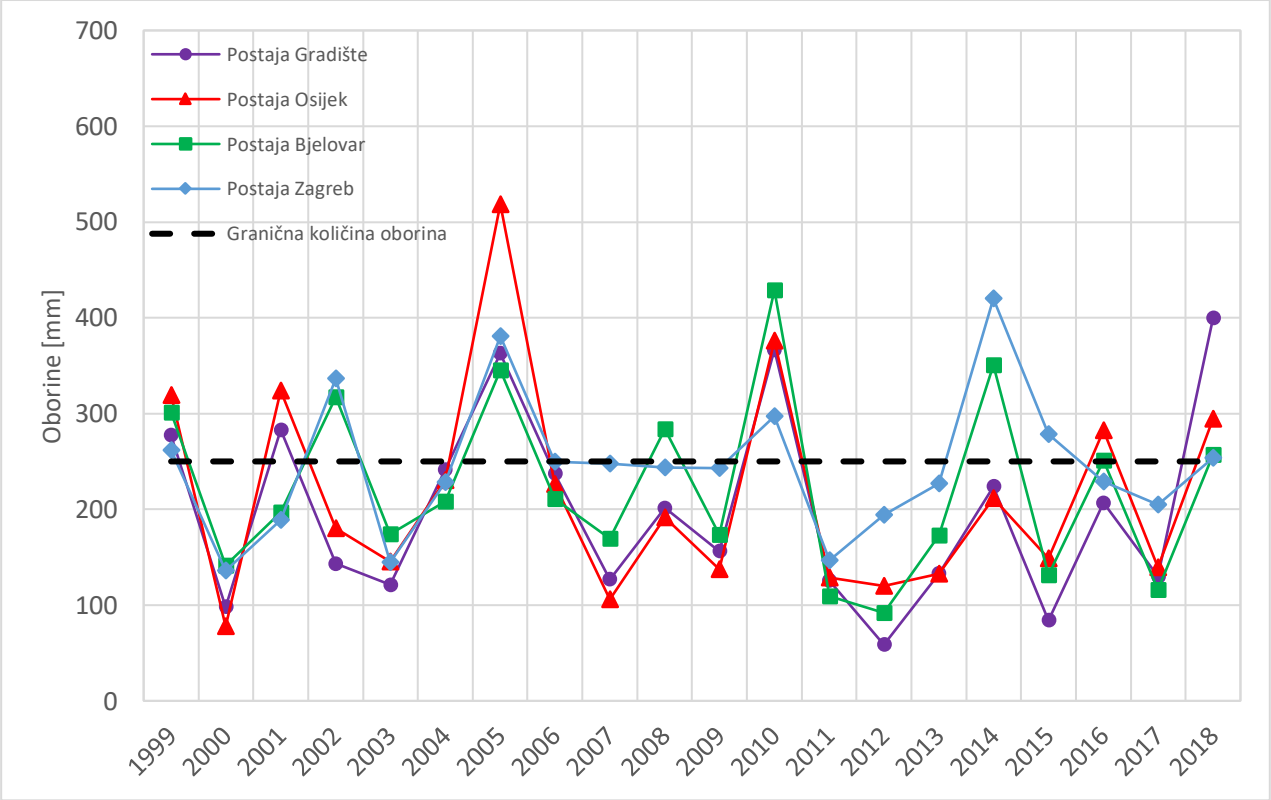
Izračun sume efektivnih temperatura u razdoblju od 1. srpnja do 30. lipnja proveden je temeljem srednje dnevne temperature zraka i srednje dnevne temperature tla prema metodici Régnière i sur. (1981.) za svaku godinu i svaki lokalitet u programu Microsoft Excel. Kao termalni prag razvoja korištena je temperatura od 10 ºC. Razvoj jedne generacije dovršen je kada je suma efektivnih temperatura zraka ili tla 1422 ºC. Također, prema Régnière i sur. (1981.) određeni su datumi na koje se može se očekivati pojava odraslih jedinki japanskog pivca za lokalitete i godine u kojima je utvrđeno udovoljavanje svih pet kriterija. Datumi se temelje na sumi efektivnih temperatura tla koja mora biti od 970 ºC do 1030 ºC.

Dobiveni rezultati za svaku meteorološku postaju uspoređeni su s rezultatima analize klimatskih podataka za period od 1961. do 1990. godine koju su proveli Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur. 2018.) te utvrdili potencijalnu distribuciju japanskog pivca u Europi koja se temelji na broju godina potrebnih za razvoj jedne generacije.

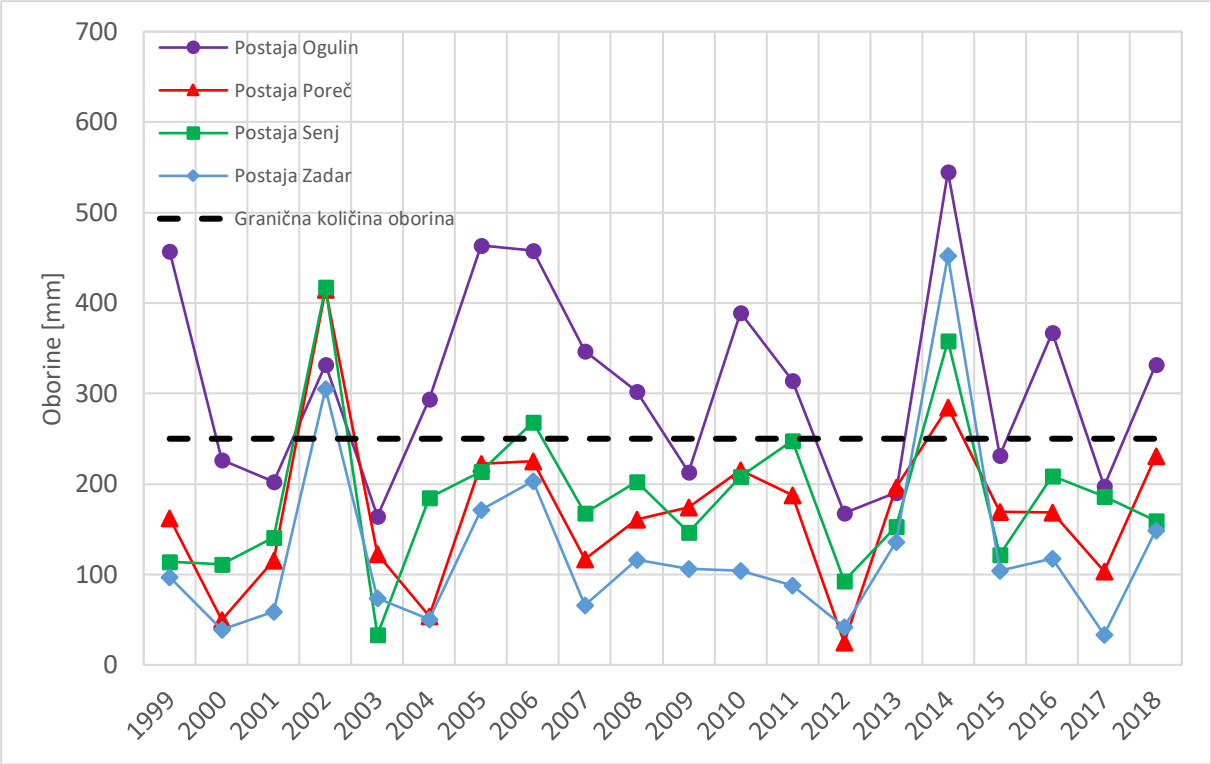
4. Rezultati rada

4.1. Prvi kriterij

Nakon provedene analize podataka za osam postaja utvrđeno je da je na svim postajama prvi kriterij zadovoljen u dvije ili više godina. Na lokalitetu Ogulin prvi je kriterij zadovoljen u 12 godina. Na ostalim postajama, kada se promatraju pojedinačne godine, prvi je kriterij zadovoljen u dvije (meteorološke postaje Zadar i Poreč) do osam (meteorološka postaja Bjelovar) godina. Postaje i godine koje zadovoljavaju prvi kriterij prikazane su u slikama 4.1. do 4.2.

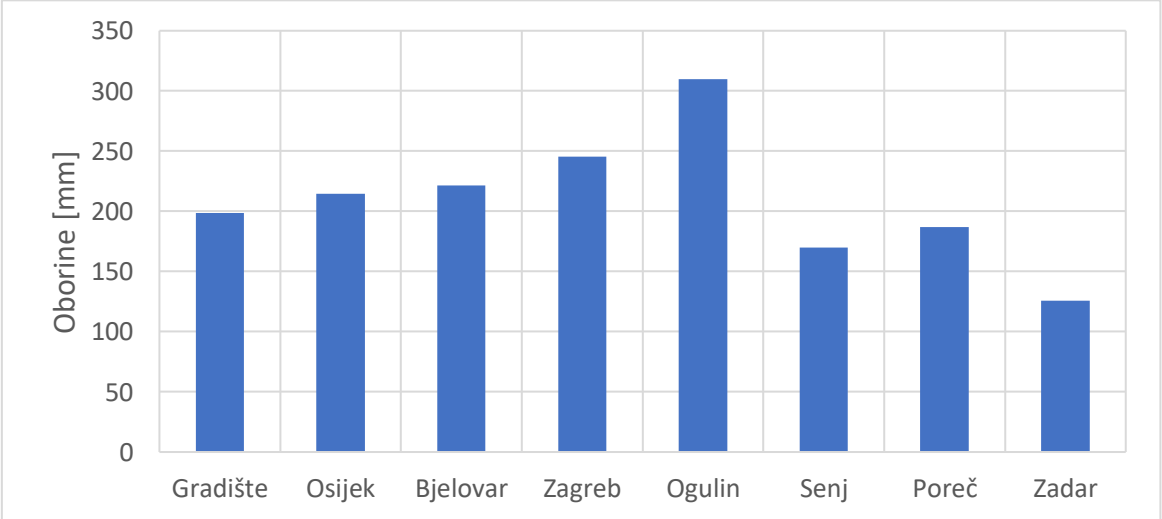


Slika 4.1. – Ukupna količina oborina u lipnju, srpnju i kolovozu za postaje Gradište, Osijek, Bjelovar i Zagreb



Slika 4.2. – Ukupna količina oborina u lipnju, srpnju i kolovozu za postaje Ogulin, Poreč, Senj i Zadar

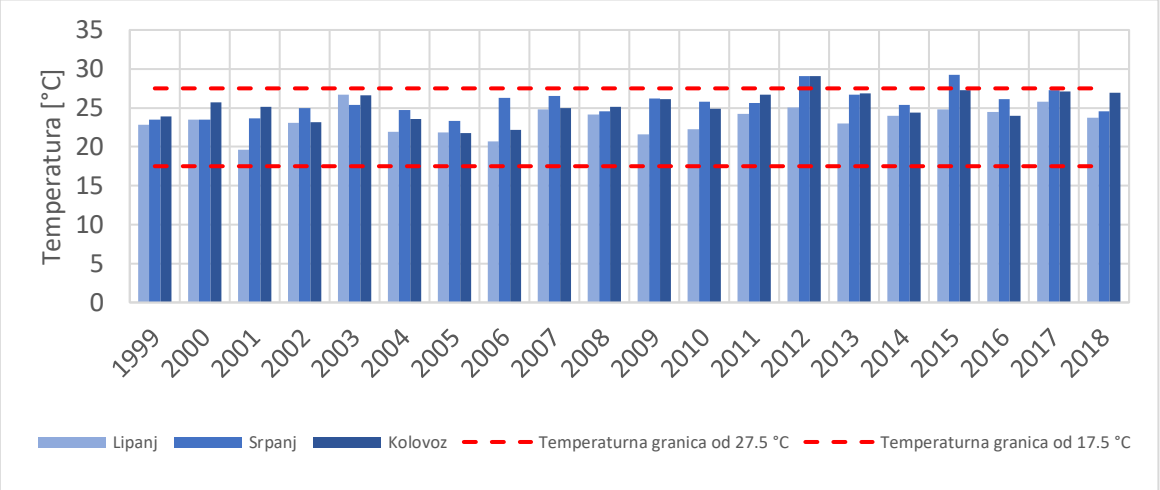
Kada se analiziraju prosjeci za svaki lokalitet u promatranom razdoblju, jedino je na lokalitetu Ogulin ukupna količina oborina u tri mjeseca iznad 250 mm koliko je potrebno za uspješan razvoj japanskog pivca (slika 4.3.).



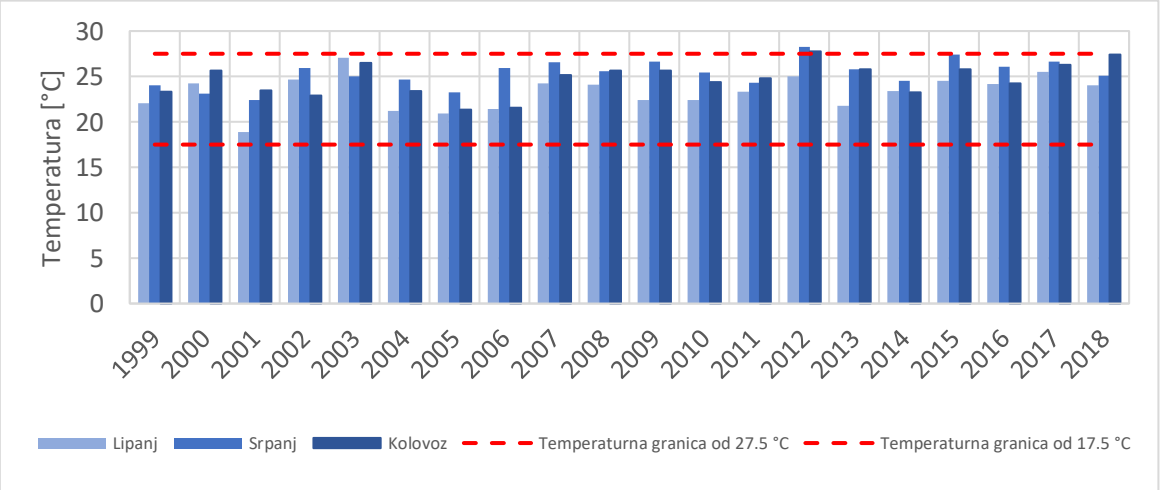
Slika 4.3. – Prosječna ukupna količina oborina tijekom lipnja, srpnja i kolovoza na meteorološkim postajama Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Senj, Poreč i Zadar u periodu od 1999. do 2018. godine

4.2. Drugi kriterij

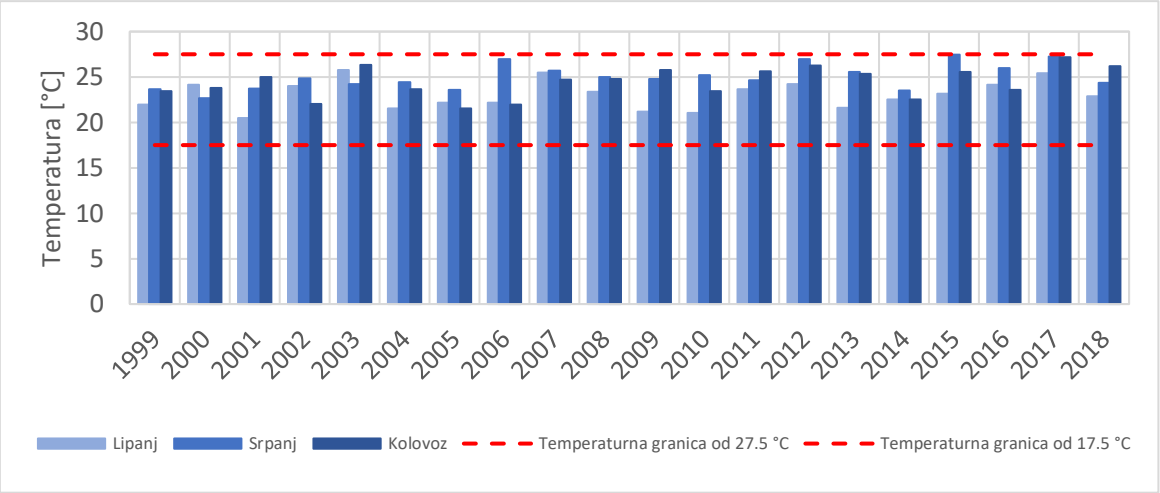
Prema drugom kriteriju za udomaćenje japanskog pivca temperatura tla na dubini od 10 cm u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz mora biti između 17,5 °C i 27,5 °C. Za postaju Senj nismo dobili podatke o temperaturama tla pa je ona isključena iz analize drugog kriterija. Postaja Gradište ne zadovoljava drugi kriterij u dvije godine (slika 4.4.), a Osijek ne zadovoljava samo u jednoj godini (slika 4.5.). Postaje Bjelovar i Ogulin zadovoljavaju drugi kriterij u svih 20 godina (slika 4.6. i 4.8.). U Zagrebu drugi kriterij nije zadovoljen u tri godine (slika 4.7.). U Poreču u 10 su godina ispunjeni uvjeti za drugi kriterij (slika 4.9.). Postaja Zadar ne zadovoljava ovaj kriterij niti jedne godine jer su temperature tla više od 27,5 ºC (slika 4.10.).



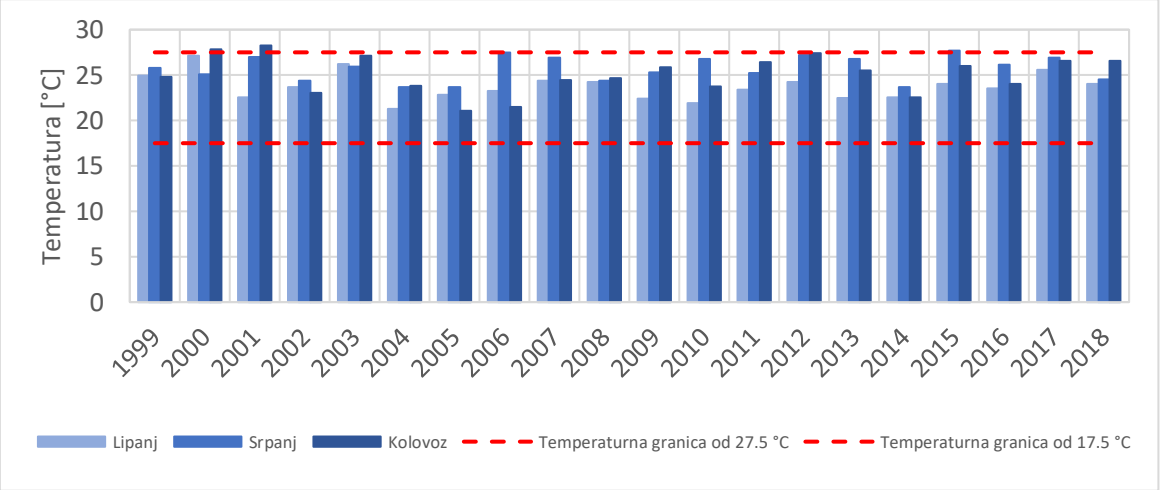
Slika 4.4. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Gradište



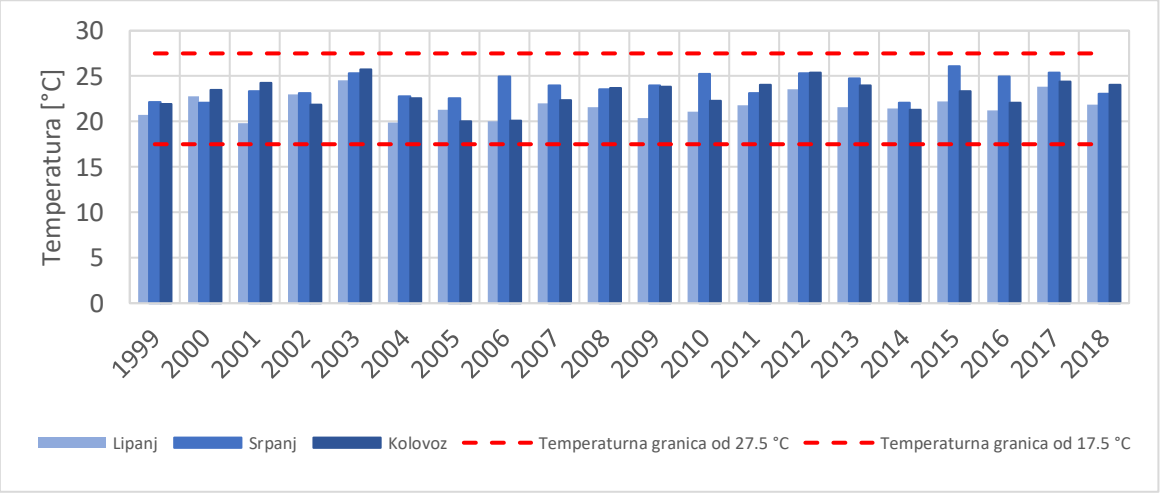
Slika 4.5. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Osijek



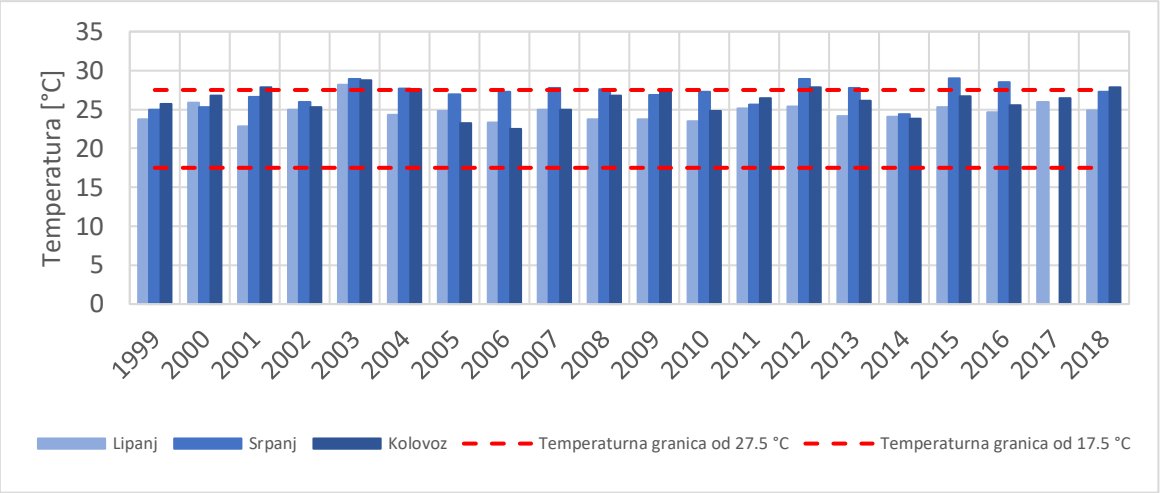
Slika 4.6. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Bjelovar



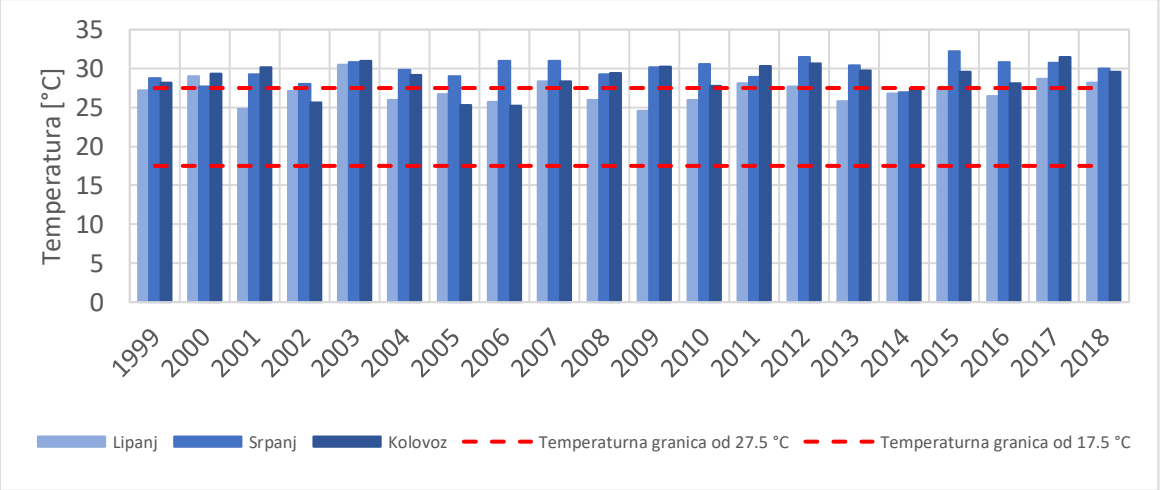
Slika 4.7. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Zagreb – Maksimir



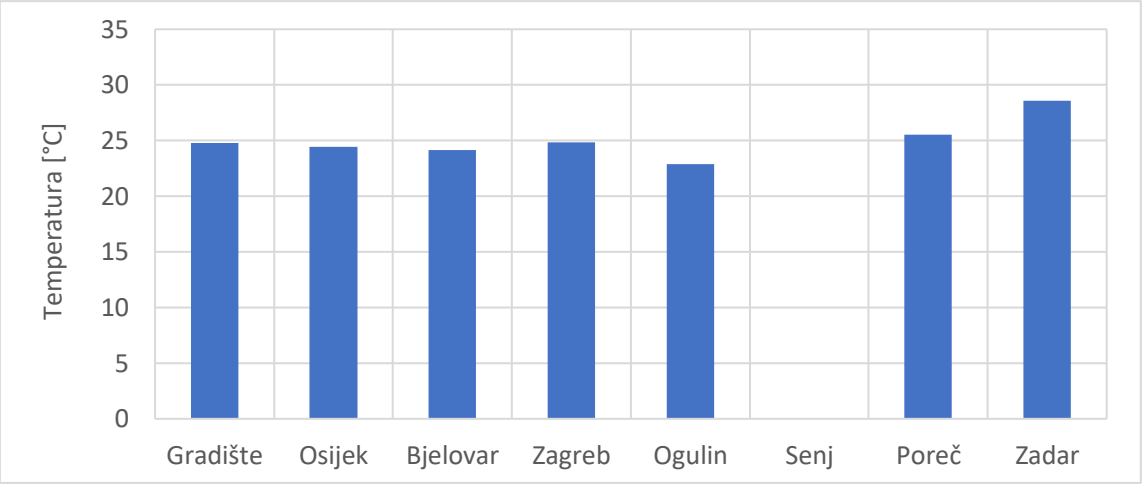
Slika 4.8. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Ogulin



Slika 4.9. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Poreč



Slika 4.10. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu za postaju Zadar

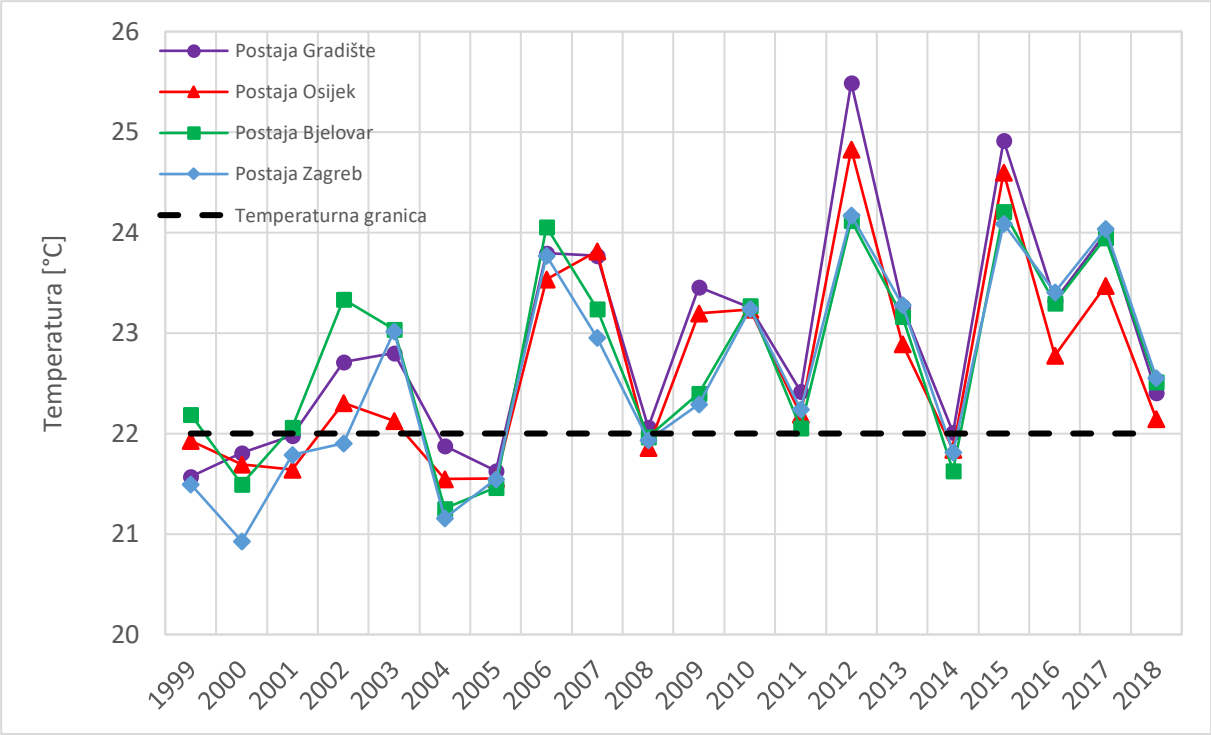


Slika 4.11. – Prosjek srednje temperature tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu kroz 20 godina na meteorološkim postajama Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Senj (nema podataka), Poreč i Zadar

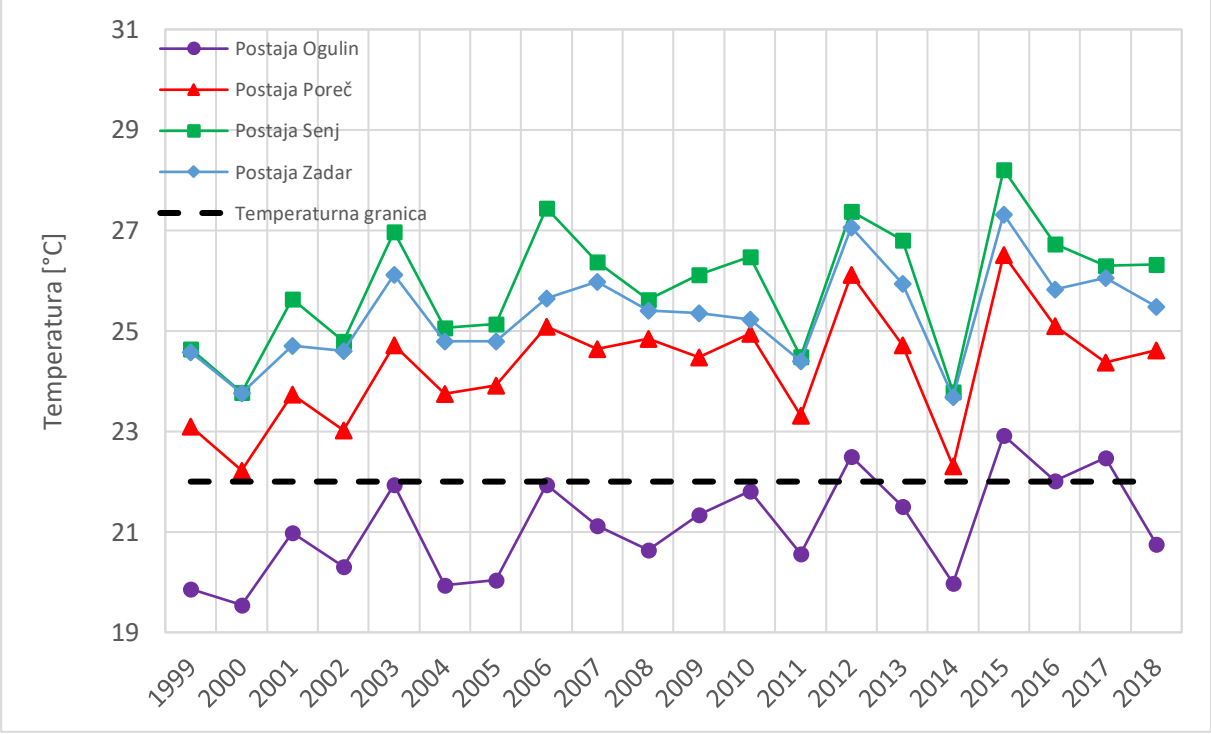
Prosječna srednja temperatura tla na 10 cm dubine u lipnju, srpnju i kolovozu je na svim promatranim lokalitetima iznad 17,5 ºC. Jedino je na lokalitetu Zadar prosječna srednja temperatura tla iznad 27,5 ºC. Za meteorološku postaju Senj ne postoje mjerenja temperature tla.

4.3. Treći kriterij

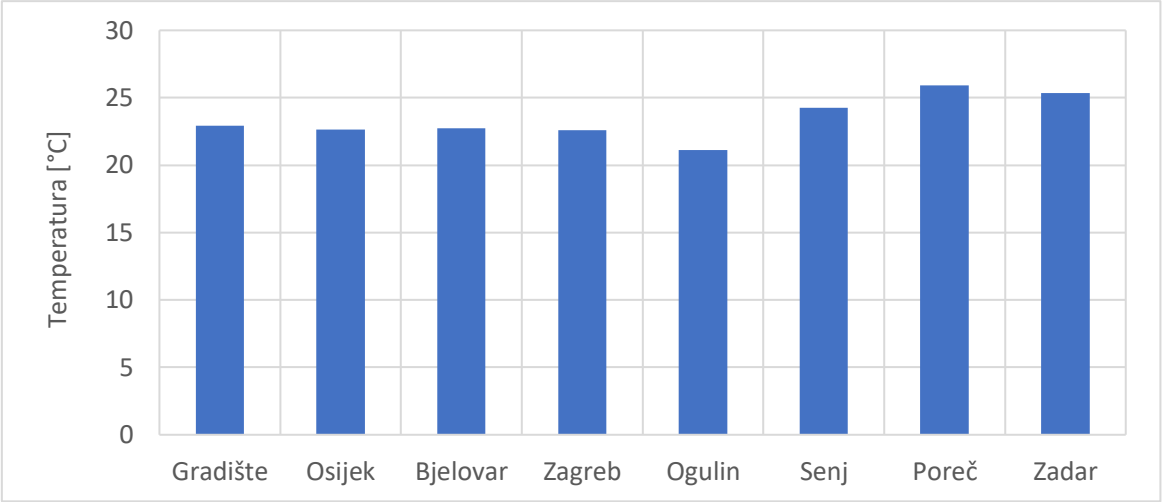
Prosjek srednjih dnevnih temperatura u srpnju za period od 1999. do 2018. godine pokazuje da sve postaje zadovoljavaju treći kriterij u više od 10 godina tijekom promatranog razdoblja osim postaje Ogulin koja zadovoljava kriterij samo u četiri od 20 godina. Postaje Poreč, Senj i Zadar zadovoljavaju treći kriterij u svih 20 godina. Postaje Gradište i Bjelovar zadovoljavaju treći kriterij u 15 godina, postaja Osijek u 14 godina, a postaja Zagreb – Maksimir u 13 godina. U promatranom razdoblju prema srednjoj temperaturi u srpnju najtoplije su bile godine 2012., 2015. i 2017., a najhladnije su bile godine 1999., 2000. i 2004. Zadovoljenost trećeg kriterija po postajama prikazana je slikama 4.11. i 4.12.



Slika 4.11. – Srednja temperatura zraka u srpnju za postaje Gradište, Osijek, Bjelovar i Zagreb



Slika 4.12. – Srednja temperatura zraka u srpnju za postaje Ogulin, Poreč, Senj i Zadar

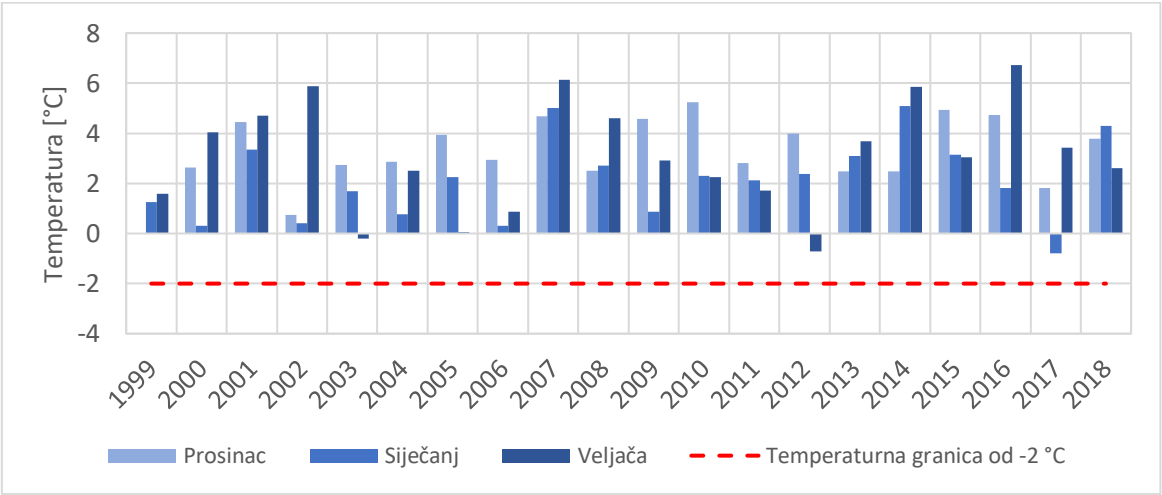


4.13. – Prosječna srednja temperatura zraka u srpnju kroz 20 godina na meteorološkim postajama Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Senj, Poreč i Zadar

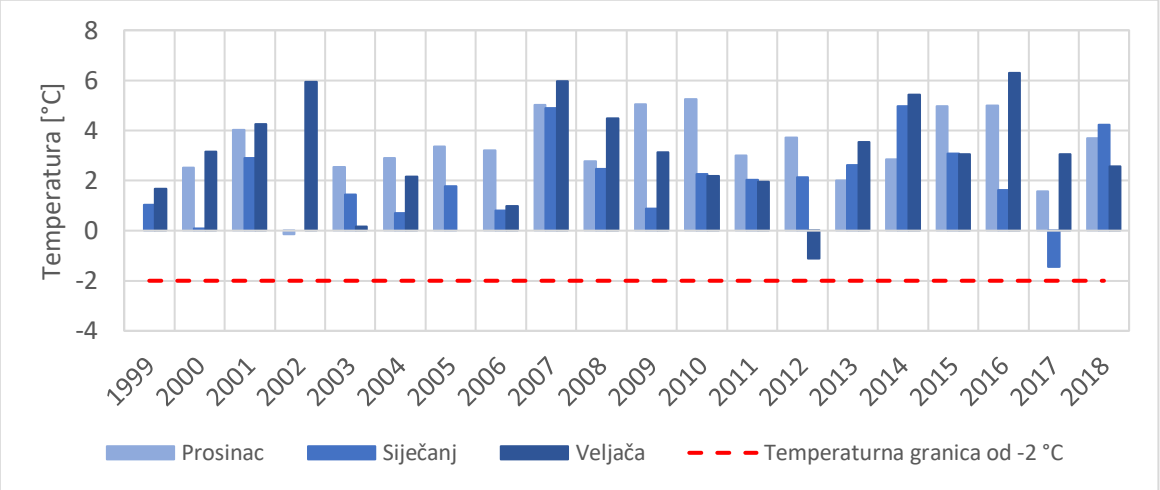
Na svim lokalitetima prosječne temperature zraka u srpnju veće su od 22 ºC, osim na lokalitetu Ogulin na kojem je prosječna temperatura u srpnju 21,11 ºC.

4.4. Četvrti kriterij

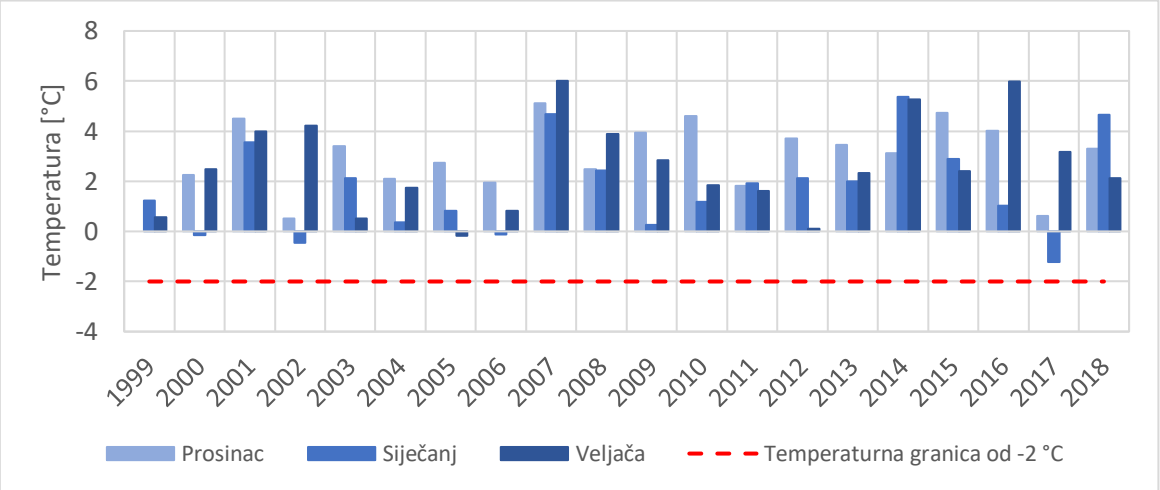
Četvrti kriterij definira se kao srednja temperatura tla na dubini od 10 cm kroz mjesece prosinac, siječanj i veljaču mora biti viša od -2 °C. Ovaj kriterij zadovoljavaju sve postaje u svih 20 godina. Podatke o temperaturama tla za postaju Senj nismo dobili, ali možemo pretpostaviti da bi i Senj zadovoljavao četvrti kriterij kao i sve druge postaje. Svi rezultati prikazani su slikama 4.14. – 4.20.



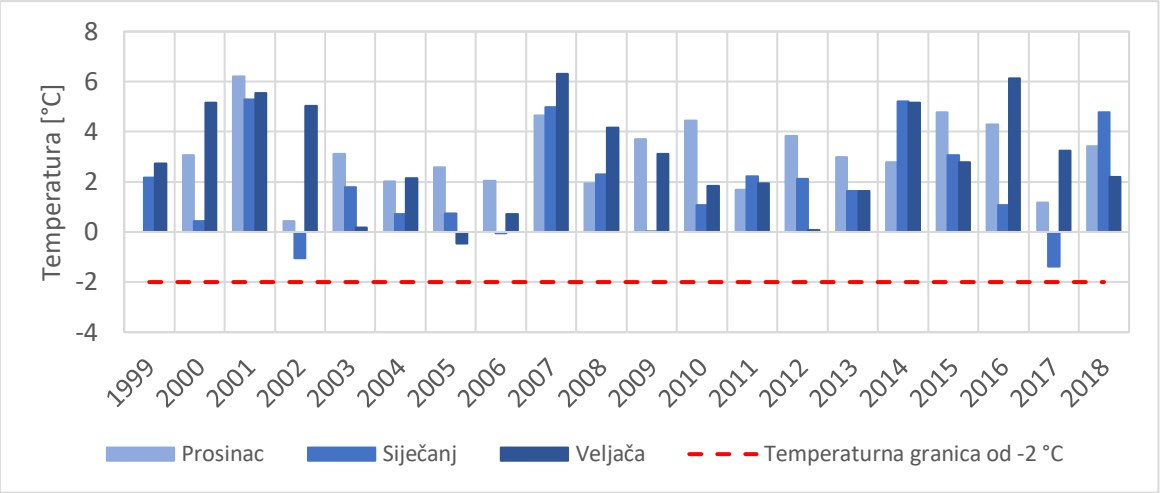
Slika 4.14. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Gradište



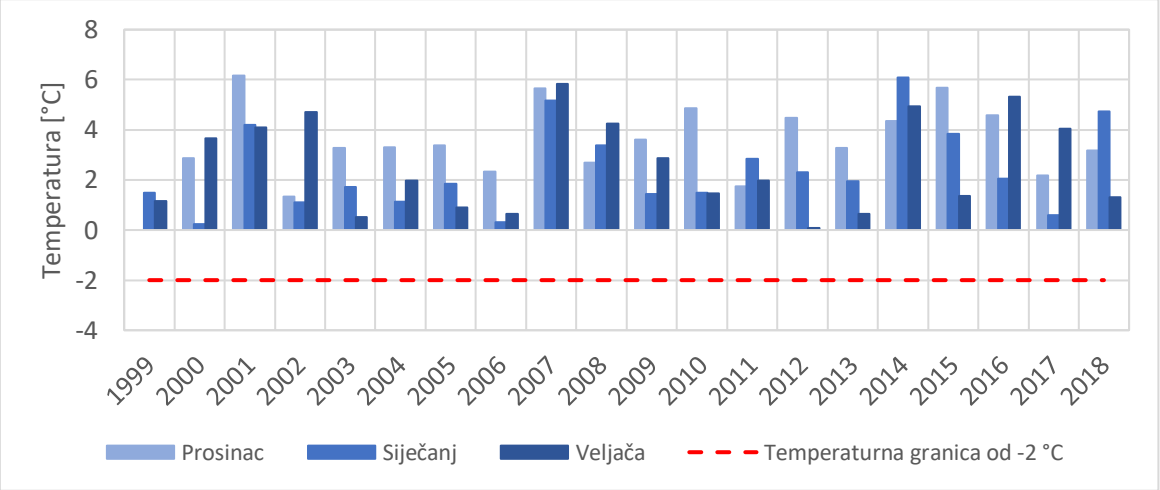
Slika 4.15. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Osijek



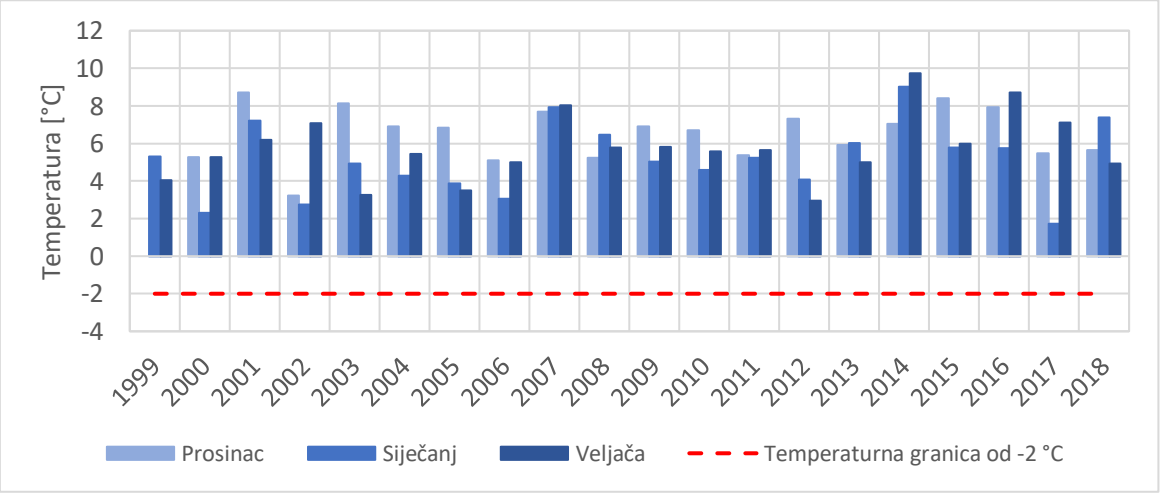
Slika 4.16. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Bjelovar



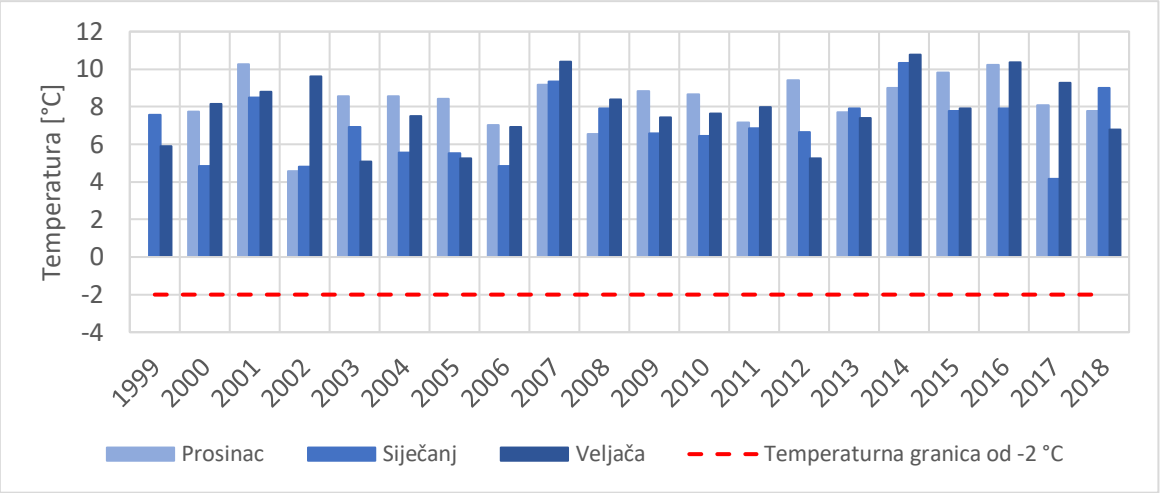
Slika 4.17. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Zagreb - Maksimir



Slika 4.18. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Ogulin



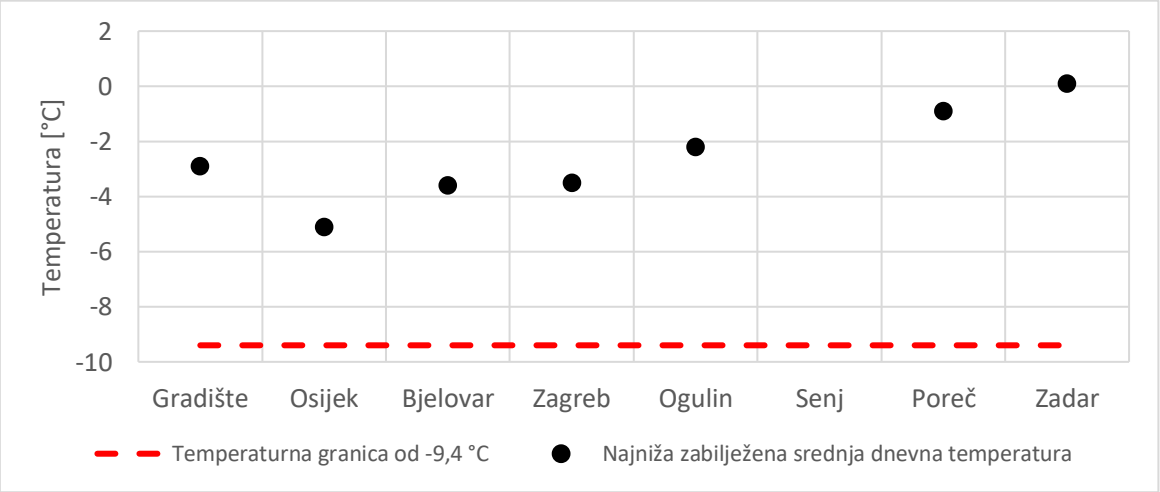
Slika 4.19. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Poreč



Slika 4.20. – Srednja temperatura tla na dubini od 10 cm u prosincu, siječnju i veljači za postaju Zadar

4.5. Peti kriterij

Niti na jednoj postaji u promatranom razdoblju temperatura tla na dubini od 10 cm nije se spustila niti jedan dan ispod -9,4 °C. Za postaju Senj nemamo podatke, ali se može pretpostaviti da bi i postaja Senj zadovoljavala peti kriterij. Slikom 4.21. prikazane su najniže temperature po postaji izmjerene u periodu od 1999. do 2018. godine.

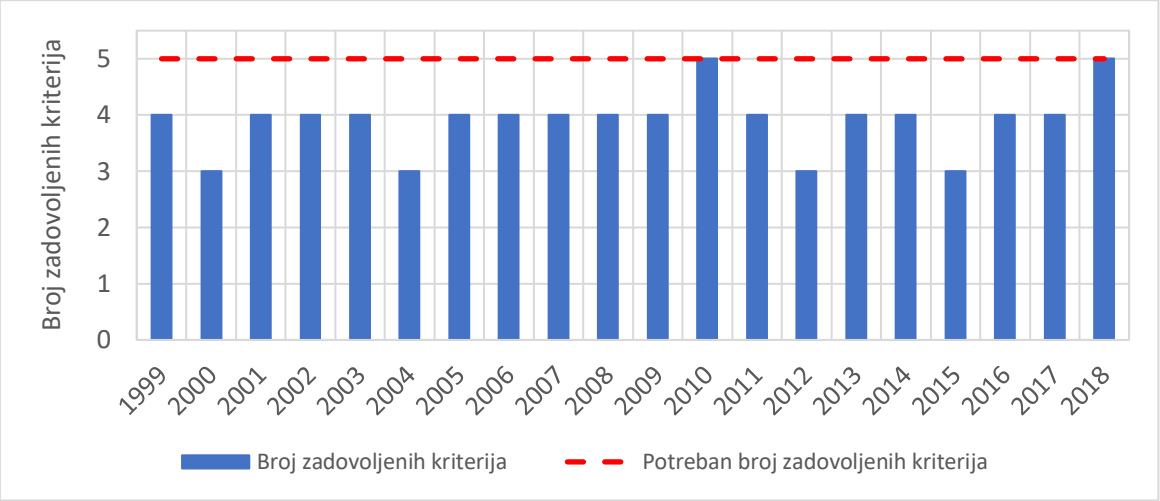


Slika 4.21. – Najniže temperature tla na dubini od 10 cm izmjerene u razdoblju od 1999. do 2018. godine

Iz priložene slike 4.21. može se vidjeti da je najniža temperatura izmjerena u 20 godina u postaji Osijek te je iznosila -5,1 °C. Ta temperatura izmjerena je 10.02.2012. godine.

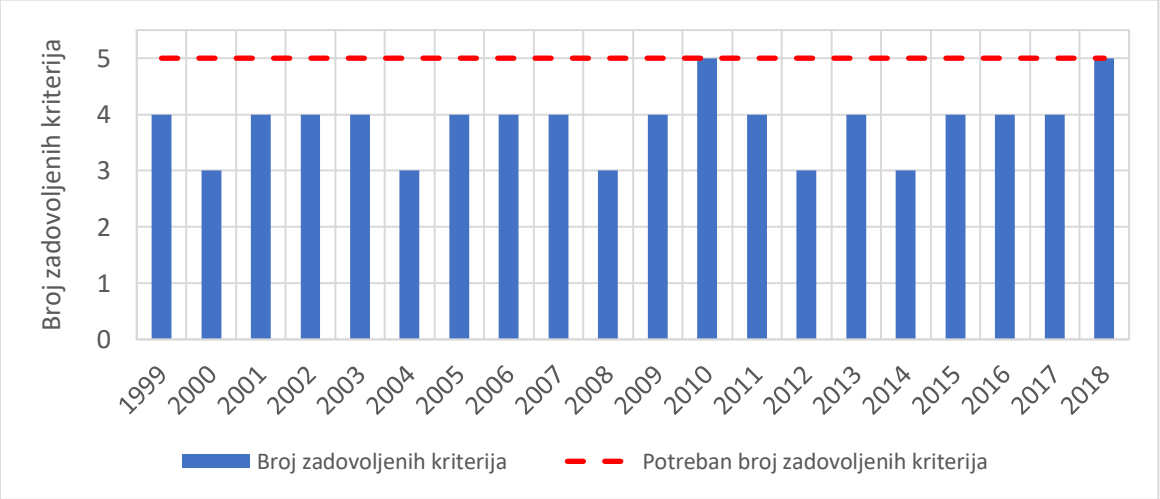
4.6. Analiza biometeoroloških kriterija po postajama i područjima

Za provedbu procjene aklimatizacije japanskog pivca određeno je pet kriterija. Kako bi se japanski pivac uopće mogao udomaćiti, određeno područje mora zadovoljavati svih pet kriterija. Na slikama 4.22. – 4.29. grafički je prikazan broj zadovoljenih kriterija po postaji u svakoj godini od 1999. do 2018. godine.



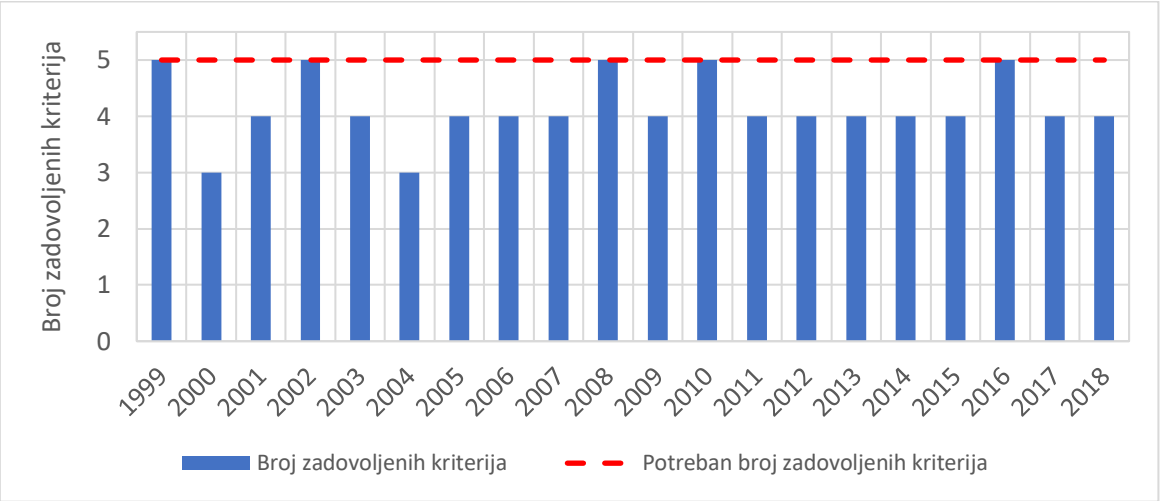
Slika 4.22. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Gradište

Na slici 4.22. za postaju Gradište možemo zaključiti da je svih 5 kriterija zadovoljeno 2010. i 2018. godine. Ograničavajući čimbenik bio je prvi kriterij (količina oborina) koji je za postaju Gradište zadovoljen u samo pet godina.



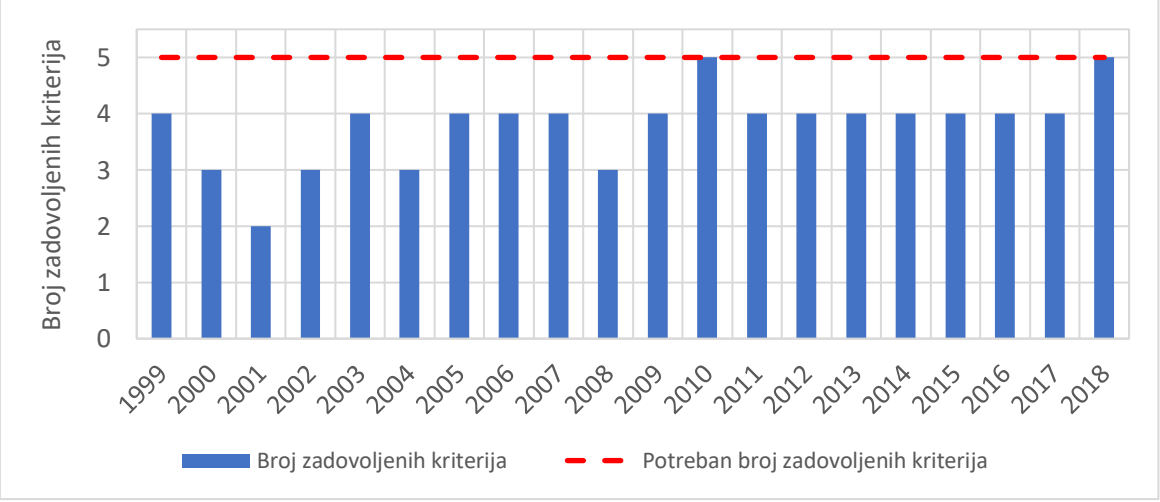
Slika 4.23. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Osijek

Postaja Osijek zadovoljava svih pet kriterija 2010. i 2018. godine. Također ograničavajući čimbenik bio je prvi kriterij to jest količina oborina. Nadalje, za 1999., 2001. i 2005. godinu niske srednje temperature u srpnju (treći kriterij) onemogućile su ispunjavanje svih pet kriterija.



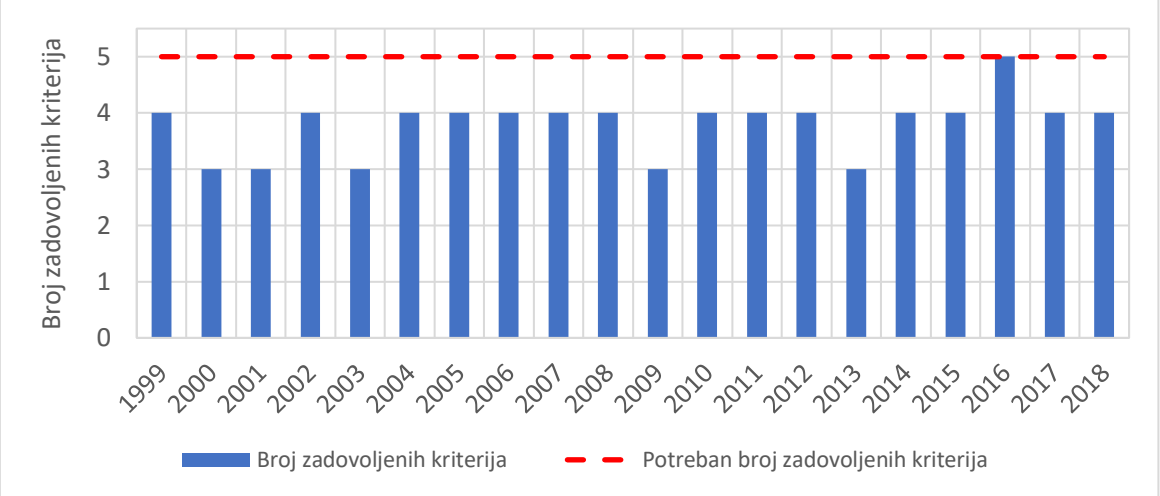
Slika 4.24. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Bjelovar

U Bjelovaru svih pet kriterija zadovoljeno je 1999., 2002., 2008. 2010. i 2016. godine. Ograničavajući čimbenik za Bjelovar bio je prvi kriterij, zbog kojeg 2001., 2003., 2006., 2007., 2009., 2011., 2012., 2013., 2015. i 2017. godina nisu zadovoljile svih pet kriterija.



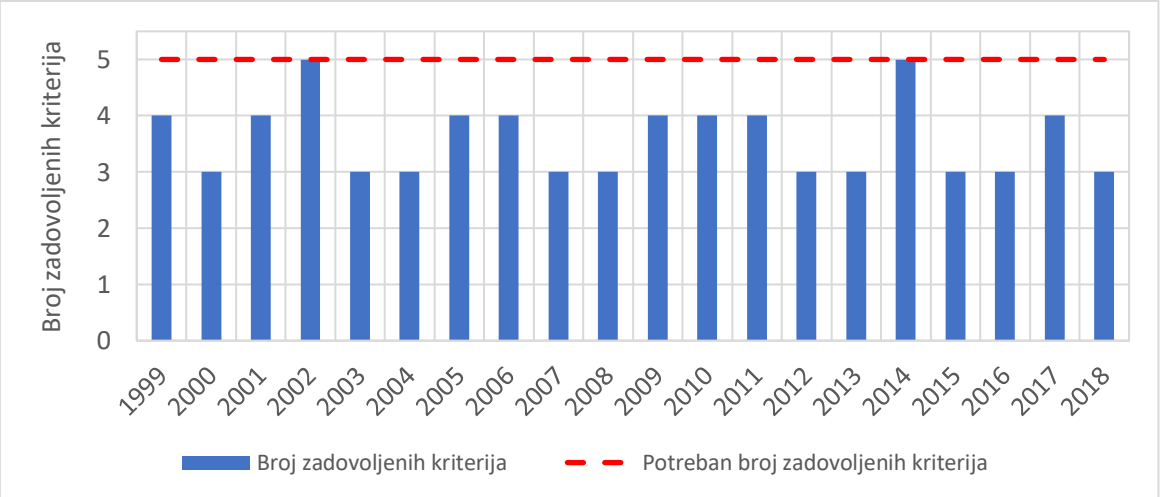
Slika 4.25. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Zagreb – Maksimir

Postaja Zagreb – Maksimir svih pet kriterija za udomaćenje japanskog pivca zadovoljila je 2010. i 2018. godine. Kao i kod prethodnih postaja, ograničavajući čimbenik bio je prvi kriterij to jest količina oborina u lipnju, srpnju i kolovozu. Prvi kriterij zadovoljen je u samo 35 % vremena tijekom 20-godišnjeg perioda. Zbog prvog kriterija godine koje nisu zadovoljile svih pet kriterija su: 2003., 2006., 2007., 2009., 2011., 2012., 2013., 2016. i 2017. godina.



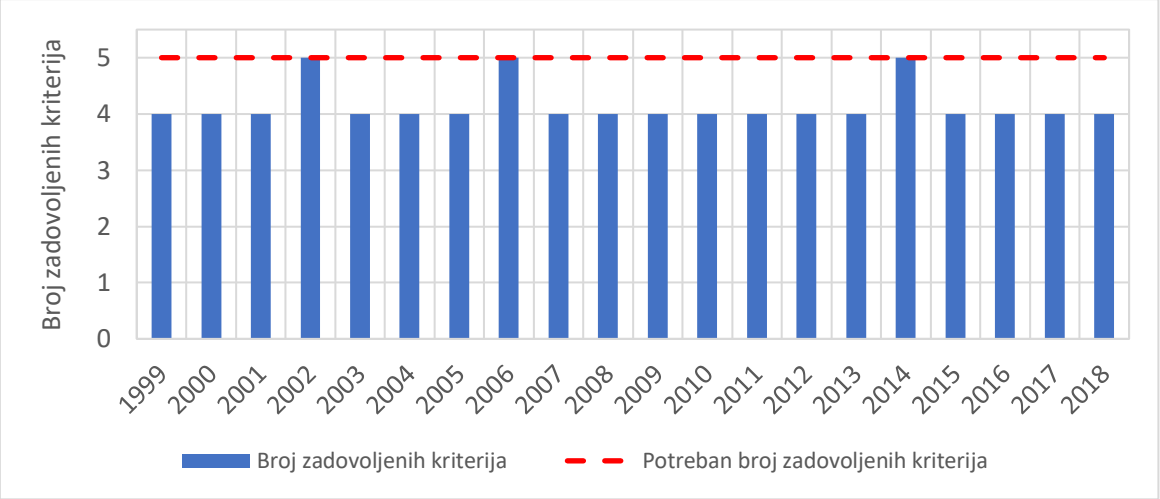
Slika 4.26. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Ogulin

Za postaju Ogulin možemo primijetiti da je samo 2016. godine svih pet kriterija zadovoljeno. Ipak, kod postaje Ogulin ograničavajući čimbenik bio je treći kriterij (srednja temperatura zraka u srpnju mora biti viša od 22 °C). Treći kriterij zadovoljen je samo u četiri godine (20 % 20-godišnjeg perioda). Zbog toga sljedeće godine nisu uspjele zadovoljiti svih pet kriterija, a to su: 1999., 2002., 2004., 2005., 2006., 2007., 2008., 2010., 2011., 2014. i 2018. godina.



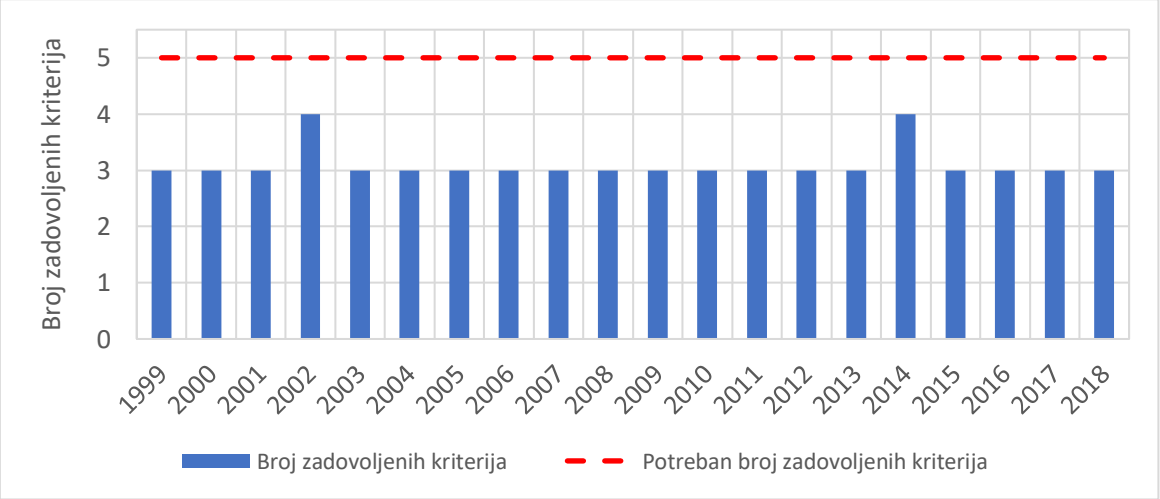
Slika 4.27. – Ukupan broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Poreč

Poreč je zadovoljio svih pet kriterija 2002. i 2014. godine. U svih 20 godina Poreč je zadovoljio treći, četvrti i peti kriterij, ali prvi kriterij zadovoljio je samo 2002. i 2014. godine. Prvi kriterij zadovoljen je u 10 % godina 20-godišnjeg perioda.



Slika 4.28. – Ukupni broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Senj

Za postaju Senj ustanovili smo da za tri od pet kriterija nemamo potrebne podatke. Međutim, možemo pretpostaviti da bi i postaja Senj kao i sve ostale postaje zadovoljavala četvrti i peti kriterij u svih 20 godina. Nadalje, ako isto tako pretpostavimo da bi i 2. kriterij (temperatura tla na dubini od 10 cm u mjesecima lipanj, srpanj i kolovoz mora biti između 17,5 °C i 27,5 °C) zadovoljavala u svih 20 godina, možemo zaključiti kako bi postaja Senj zadovoljila svih 5 kriterija samo 2002., 2006. i 2014. godine. Također, treba naglasiti kako je i za postaju Senj ograničavajući čimbenik količina oborina. Taj kriterij zadovoljen je samo u tri navedene godine, što je svega 15 % vremena tijekom 20-godišnjeg perioda.



Slika 4.29. – Ukupni broj zadovoljenih kriterija po godini za postaju Zadar

Zadar je jedina postaja koja u niti jednoj godini ne zadovoljava svih pet kriterija. Ograničavajući čimbenici za Zadar su: 1. kriterij (količina oborina) koji je zadovoljen samo 2002. i 2014. godine, te 2. kriterij koji nije zadovoljen niti jednom u 20 godina.

4.7. Analiza dostatnosti temperatura za razvoj i očekivane prve pojave imaga

Suma efektivnih temperatura temeljena na podacima o temperaturama zraka i tla izračunata je za postaje Gradište, Osijek, Bjelovar, Zagreb, Ogulin, Poreč i Senj (samo za temperature zraka) za period od 1. srpnja do 30. lipnja za svaku od 20 godina promatranog razdoblja (tablica 4.1.).

Tablica 4.1. Suma efektivnih temperatura (iznad 10 ºC) izračunata temeljem srednjih dnevnih temperatura zraka i tla u razdoblju od 1.07. do 30.06. svakog ciklusa

Godina	Srednja dnevna temp. u ºC	Meteorološka postaja						
		Gradište	Osijek	Bjelovar	Zagreb	Ogulin	Poreč	Senj
1999/2000	zrak	1889,0	1883,4	1897,8	1776,6	1530,7	2082,5	2473,9
	tlo	2148,2	2138,7	2082,3	2536,6	1841,2	2474,5	X
2000/2001	zrak	1859,3	1782,7	1768,1	1696,5	1504,8	2116,7	2606,1
	tlo	2026,6	1941,7	1867,6	2451,4	1709,1	2498,0	X
2001/2002	zrak	1822,0	1726,4	1809,7	1714,9	1500,3	2013,7	2429,9
	tlo	2074,2	2024,8	1987,8	2323,9	1816,7	2439,7	X
2002/2003	zrak	1925,8	1811,1	1985,0	1770,3	1524,4	2070,5	2524,2
	tlo	2200,1	2207,7	1936,8	2092,2	1798,2	2550,3	X
2003/2004	zrak	1712,2	1560,7	1728,3	1628,7	1419,0	1925,1	2377,8
	tlo	2040,3	1939,0	1886,8	1998,4	1731,9	2487,0	X
2004/2005	zrak	1669,5	1585,1	1588,9	1619,9	1405,1	2031,0	2335,7
	tlo	1978,2	1897,3	1942,5	1977,1	1734,0	2620,4	X
2005/2006	zrak	1613,0	1559,4	1538,7	1564,5	1274,5	1818,6	2199,6
	tlo	1840,3	1806,0	1859,2	1903,2	1594,9	2292,9	X
2006/2007	zrak	1910,5	1821,6	1872,1	1846,5	1596,7	2165,2	2789,6
	tlo	2233,3	2130,2	2225,8	2341,0	1971,3	2599,7	X
2007/2008	zrak	1772,0	1686,5	1622,1	1586,5	1321,4	1874,7	2262,1
	tlo	2093,7	2105,8	1999,7	2081,1	1666,5	2292,4	X
2008/2009	zrak	1813,8	1722,7	1688,6	1714,0	1467,2	2119,9	2475,1
	tlo	2156,2	2236,4	2059,6	2134,1	1875,4	2582,7	X
2009/2010	zrak	1886,6	1789,1	1727,9	1739,4	1499,9	2027,5	2445,2
	tlo	2214,3	2197,2	1992,9	2059,1	1766,0	2412,4	X
2010/2011	zrak	1748,1	1658,3	1659,1	1654,2	1373,1	2014,7	2491,1
	tlo	2100,4	1965,0	1978,8	2053,0	1789,2	2479,3	X
2011/2012	zrak	1971,0	1881,9	1864,5	1880,3	1576,8	2082,6	2604,6

	tlo	2413,0	2200,1	2140,9	2268,2	1954,1	2513,4	X
2012/2013	zrak	2044,5	1914,7	1857,9	1854,2	1553,8	2161,2	2579,6
	tlo	2551,7	2319,0	2160,2	2250,3	1919,7	2572,0	X
2013/2014	zrak	1853,3	1768,9	1706,3	1752,9	1494,6	2154,2	2605,9
	tlo	2318,6	2138,6	2059,5	2129,6	1895,1	2573,7	X
2014/2015	zrak	1802,8	1749,4	1680,8	1712,0	1459,1	2045,5	2437,6
	tlo	2266,7	2153,8	1988,8	2082,9	1772,7	2425,9	X
2015/2016	zrak	1966,6	1849,4	1809,7	1812,9	1540,5	2100,1	2560,1
	tlo	2436,0	2270,4	2146,2	2205,0	1841,1	2554,8	X
2016/2017	zrak	1847.0	1735,8	1809,7	1834,2	1514,1	2123,2	2592,0
	tlo	2232.3	2229,8	2170,5	2285,4	1872,5	2502,8	X
2017/2018	zrak	2057.1	1952,2	1940,8	1933,4	1613,6	2168,4	2621,9
	tlo	2449.9	2386,8	2300,0	2313,0	1960,6	1898,3	X
2018/2019	zrak	1932.4	1822,8	1846,8	1862,6	1521,6	2183,2	2696,0
	tlo	2299.4	2378,6	2155,9	2189,3	1854,9	2584,2	X

Tablicom 4.2. prikazani su očekivani datumi pojave odraslih kornjaša japanskog pivca na različitim lokalitetima u godinama u kojima je ispunjeno svih pet kriterija za njihov razvoj.

Tablica 4.2. Očekivani datumi pojave kornjaša u analiziranom periodu za godine u kojima su ispunjeni svi kriteriji za uspješnu aklimatizaciju

Meteorološka postaja	**Očekivani datumi pojave u godinama u kojima su svi kriteriji za aklimatizaciju zadovoljeni**				
Gradište	15.-18.7.2010.	27.6.-3.7.2018.			
Osijek	15.-18.7.2010.	26.6.-2.7.2018.			
Bjelovar	21-26.7.1999.	13.-16.7.2002.	11.-16.7.2008.	20.-23.7.2010.	12.-17.7.2016.
Zagreb	17.-20.7.2010.	30.6.-5.7.2016.			
Ogulin	25.-29.7.2016.				
Poreč	7.-11.7.2002.	4.-8.7.2014.			

5. Rasprava

U analizi podataka od 1999. do 2018. godine prvi kriterij zadovoljen je najmanje puta kod svih osam postaja. Postaje Gradište i Osijek zadovoljile su prvi kriterij u pet godina analiziranog perioda. Nadalje, postaja Bjelovar zadovoljila je prvi kriterij osam puta, a postaja Zagreb sedam puta. Ogulin je postaja u kojoj se prvi kriterij zadovoljio najviše puta i to čak u 12 godina. S druge strane, postaje Poreč i Zadar zadovoljile su prvi kriterij samo dva puta, a postaja Senj samo tri puta u periodu od 1999. do 2018. Analiza prosječne ukupne vrijednosti oborina u lipnju, srpnju i kolovozu kroz 20 godina (slika 4.3.), provedena u ovom istraživanju, pokazuje da je samo na postaji Ogulin ukupna količina oborina veća od 250 mm. Neznatno niža količina oborina od one potrebne utvrđena je za postaju Zagreb i iznosi 245,6 mm. Rezultat je usporediv s rezultatom Maceljskog i Igrc Barčić (1997.). Analizom meteoroloških podataka Maceljski i Igrc Barčić (1997.) ustanovili su da postaje Zagreb, Ogulin i Senj zadovoljavaju prvi kriterij pri čemu je na meteorološkoj postaji Zagreb ukupna količina oborina bila neznatno ispod potrebnog praga, odnosno 245,5 mm. Interesantno je da naši podaci ukazuju da je na postaji Senj prosječna ukupna količina oborina u lipnju, srpnju i kolovozu najmanja od svih promatranih postaja, dok je u analizi koju su proveli Maceljski i Igrc Barčić (1997.) na meteorološkoj postaji Senj utvrđeno zadovoljavajućih 258,8 mm oborina. Na ostalim postajama u obje analize količina oborina nije bila sasvim dostatna za razvoj japanskog pivca.

U provedenoj analizi, srednja temperatura tla u lipnju, srpnju i kolovozu (drugi kriterij) na postajama Bjelovar i Ogulin bila je između 17,5 ºC i 27,5 ºC u svih 20 godina. Na postaji Osijek temperature su odstupale samo u jednoj godini, na postaji Gradište u dvije godine, a na postaji Zagreb u tri godine. Za postaju Senj nismo mogli utvrditi udovoljavaju li klimatski uvjeti postavljenim kriterijima jer nismo imali podatke. Na postaji Poreč kriterij je zadovoljen u 11 od 20 godina, dok na postaji Zadar ovaj kriterij nije zadovoljen niti u jednoj od analiziranih godina. Kada se kao temelj analize uzmu prosječne vrijednosti utvrđene u razdoblju od 20 godina, ovaj kriterij bi zadovoljile sve postaje osim Zadra, na kojoj kriterij nije zadovoljen jer su temperature bile više. U analizi koja se temeljila na starijim podacima o klimatskim uvjetima (Maceljski i Igrc Barčić, 1997.) ovaj je kriterij zadovoljen na svim postajama uključujući i Zadar. Rastom temperatura zraka, što je najčešće spominjani rezultat klimatskih promjena (Trenberth i sur., 2007.), došlo je i do porasta srednje temperature tla na dubini od 10 cm u lipnju, srpnju i kolovozu na meteorološkoj postaji Zadar u odnosu na razdoblje koje su analizirali Maceljski i Igrc Barčić (1997.) pa se može zaključiti da se područje oko meteorološke postaje Zadar temeljem ovog kriterija više ne može smatrati povoljnim za razvoj japanskog pivca.

Provedena analiza podataka o srednjoj mjesečnoj temperaturi u srpnju (treći kriterij) pokazala je da je on zadovoljen svake godine na postajama Poreč, Senj i Zadar. Nadalje, na postaji Zagreb treći kriterij nije zadovoljen tri puta, na postajama Gradište i Bjelovar pet puta, a na postaji Osijek šest puta. Na postaji Ogulin treći kriterij nije zadovoljen 16 puta. Prosječne vrijednosti temperatura u srpnju za 20 godina za svaku postaju, osim Ogulina, osigurale bi udovoljavanje trećem kriteriju, što se razlikuje od rezultata Maceljskog i Igrc Barčić (1997.)

koji zaključuju da je treći kriterij zadovoljen na postajama Osijek, Gradište, Poreč, Senj i Zadar, a nedovoljne su srednje temperature zraka u srpnju utvrđene za postaje Bjelovar, Zagreb i Ogulin. Rast srednjih mjesečnih temperatura u srpnju koji je omogućio da na svim postajama, osim na postaji Ogulin, ovaj kriterij bude zadovoljen, očigledan je rezultat promjena klime kojima svjedočimo. Valja naglasiti kako je temperatura u srpnju na postaji Ogulin u analizi iz 1997. godine bila znatno ispod postavljenog praga od 22 °C (19,6 °C), a u analiziranom razdoblju od 1998. do 2019. godine je utvrđena srednja vrijednost od 21,1 °C, što je neznatno ispod postavljenog praga i što ukazuje na povećanje od 1,5 ºC.

U svih 20 godina koje smo analizirali na svih osam postaja zadovoljeni su četvrti i peti kriterij (srednja temperatura tla u periodu od prosinca do veljače mora biti iznad -2 ºC, a temperatura tla na dubini od 10 cm ne smije niti jedan dan biti ispod -9,4 ºC) što u potpunosti odgovara rezultatima analize koju su proveli Maceljski i Igrc Barčić (1997.) sa starijim klimatskim podatcima.

U nastavku provedena je analiza uspješnosti aklimatizacije štetnika za pojedini lokalitet na osnovi zadovoljenih kriterija.

Maceljski i Igrc Barčić (1997.) naglašavaju da za uspješnu aklimatizaciju štetnika u postaji Gradište nedostaje oborina te zaključuju da bi udomaćenje štetnika bilo moguće, ali uz umjerenu mogućnost razmnožavanja. U analizi 20 godina meteoroloških podataka zaključujemo isto kao Maceljski i Igrc Barčić (1997.) da je količina oborina ograničavajući čimbenik aklimatizacije na području postaje Gradište. Stoga se kod postaje Gradište zaključci Maceljskog i Igrc Barčić (1997.) podudaraju s rezultatima ovog rada. Postaja Gradište zadovoljila je svih pet kriterija samo 2010. i 2018. godine. U 2010. godini pojava odraslih jedinki mogla se očekivati 15. srpnja kada je suma efektivnih temperatura iznosila je 986,9 °C pa sve do 18. srpnja kada je suma iznosila 1047,3 °C. Nadalje, za 2018. godinu pojava se mogla očekivati između 27. lipnja (suma je iznosila 970,4 °C) i 3. srpnja (suma je iznosila 1040,5 °C). Stoga, za postaju Gradište u svih 20 godina štetnik bi mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci. Drugim riječima, suma efektivnih temperatura zraka ili tla u kalendarskoj godini prelazi granicu od 1422 °C.

Za postaju Osijek Maceljski i Igrc Barčić (1997.) naglašavaju kako za uspješnu aklimatizaciju nedostaje oborina (1. kriterij). Zbog toga, naglašavaju kako bi količina oborina bila ograničavajući čimbenik za udomaćenje u istočnoj Hrvatskoj. Također, Maceljski i Igrc Barčić (1997.) naglasili su da su temperature u srpnju (3. kriterij) za istočnu Hrvatsku bile neznatno više od postavljene granice. Stoga, Maceljski i Igrc Barčić, (1997.) aklimatizaciju u području istočne Hrvatske smatraju mogućom uz umjerenu mogućnost razmnožavanja. U našoj analizi klimatskih podataka kao ograničavajući čimbenik nameće se količina oborina (1. kriterij). Svi kriteriji osim količine oborina zadovoljeni su skoro u svih 20 godina, osim u godinama s nižim temperaturama zraka u srpnju. Također, u zadanom razdoblju od 20 godina možemo primijetiti da temperature u srpnju nisu više bile na granici. Takvu promjenu možemo pripisati globalnom zatopljenju i klimatskim promjenama. Stoga, prema analizi klimatskih podataka u razdoblju od 1999. do 2018. godine utvrđeno je da se na području postaje Osijek japanski pivac može udomaćiti. Za postaju Osijek svih pet kriterija je zadovoljeno 2010. i 2018. godine. Pojava japanskog pivca 2010. godine mogla se očekivati

15. srpnja kada je suma iznosila 982,4 °C do 18. srpnja kada je suma iznosila 1037,6 °C. U 2018. godini pojava se mogla očekivati između 26. lipnja kada je suma bila 970,8 °C i 2. srpnja kada je suma iznosila 1043,4 °C. Također, za postaju Osijek u svih 20 godina bi štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci. Prema Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.), na području istočne Hrvatske (Gradište i Osijek) štetnik dovršava svoj ciklus unutar 12 mjeseci što su potvrdili i rezultati naših analiza.

Nadalje, za postaju Bjelovar Maceljski i Igrc Barčić (1997.) naglašavaju kako su količina oborina i temperatura zraka u srpnju na samoj granici. Unatoč tome, zaključuju da bi se u slučaju introdukcije japanski pivac mogao udomaćiti u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i nesmetano razmnožavati. Područje sjeverozapadne Hrvatske (Bjelovar i Zagreb) u razdoblju 20 godina, imalo je najviše godina sa svih pet zadovoljenih kriterija. U većini godina 2., 3., 4. i 5. kriterij su zadovoljeni. Ipak, količina oborina (1. kriterij) je ograničavajući čimbenik. Zbog toga, zaključci Maceljskog i Igrc Barčić (1997.) da bi se japanski pivac mogao udomaćiti i nesmetano razmnožavati se podudaraju s rezultatima ovog rada. Postaja Bjelovar svih pet kriterija zadovoljila je 1999., 2002., 2008., 2010. i 2016. godine. 1999. godine prva pojava japanskog pivca mogla se očekivati između 21. srpnja kada je suma dosegla 978,2 °C i 26. srpnja kada je suma iznosila 1034,2 °C. 2002. godine pojava japanskog pivca mogla se očekivati u razdoblju od 13. srpnja (suma iznosila 983,9 °C) do 16. srpnja (suma iznosila 1033,8 °C). Nadalje, 2008. godine izračun upućuje da bi se japanski pivac pojavio između 11. srpnja kada je suma iznosila 983,4 °C i 16. srpnja kada je suma iznosila 1042 °C. Također, 2010. godine pojava se mogla očekivati 20. srpnja kada je suma iznosila 985,5 °C pa sve do 23. srpnja kada je suma iznosila 1040,2 °C. Na posljetku, 2016. godine izračun upućuje na pojavu odraslih jedinki od 12. srpnja kada je suma iznosila 976,7 °C do 17. srpnja kada je suma iznosila 1037,2 °C. Suma efektivnih temperatura zraka i tla ukazuje na to da bi za postaju Bjelovar u svih 20 godina štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci.

Za postaju Zagreb, Maceljski i Igrc Barčić (1997.) napominju kako je temperatura zraka u srpnju malo ispod postavljene granice. Zagreb i Bjelovar predstavljaju regiju sjeverozapadne Hrvatske, stoga zaključci rada Maceljskog i Igrc Barčić (1997.) za postaju Bjelovar primjenjuju se i kod postaje Zagreb. U našoj analizi, za postaju Zagreb ograničavajući čimbenik u većini godina bio je 1. kriterij to jest količina oborina. Postaja Zagreb svih pet kriterija zadovoljila je samo 2010. i 2018. godine. Ipak, treba naglasiti kako bi u još osam godina Zagreb zadovoljio svih pet kriterija kada bi prvi kriterij bio udovoljen. Prema izračunu pojava odraslih jedinki 2010. godine mogla se očekivati u razdoblju 17. srpanja kada je suma iznosila 988,5 °C do 20. srpanj kada je suma iznosila 1041,5 °C. Također, 2018. godine odrasli oblik japanskog pivca pojavio bi se između 30. lipnja jer je suma iznosila 971,4 °C i 5. srpnja kada je suma iznosila 1040,3 °C. Suma efektivnih temperatura zraka i tla ukazuje na to da bi za postaju Zagreb u svih 20 godina štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci. Rezultati naših analiza za postaje Bjelovar i Zagreb ne podudaraju se s podacima Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.), koji navode da bi na području sjeverozapadne Hrvatske (Bjelovar i Zagreb) štetnik dovršio svoj ciklus unutar 24 mjeseca. Razlog nepodudaranja vjerojatno leži u činjenici da svoje analize Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.) temelje na podacima o temperaturama do 1990. godine, a mi smo koristili temperature iz razdoblja 1998.-2019.

Za postaju Ogulin (Gorski kotar) temperatura zraka u srpnju (3. kriterij) znatno je ispod postavljene granice. Stoga, Maceljski i Igrc Barčić (1997.) zaključuju da bi se aklimatizacija na području Gorskog kotara (postaja Ogulin) teško ostvarila zbog niskih temperatura zraka u srpnju (3. kriterij). Analizom klimatskih podataka može se zaključiti da je ograničavajući čimbenik bio treći kriterij koji je zadovoljen samo četiri puta, kada su postignute vrijednosti bile neznatno poviše postavljene granice. Zbog navedenog, zaključci ovog rada podudaraju se s zaključcima Maceljskog i Igrc Barčić (1997.). Za postaju Ogulin svih pet kriterija zadovoljeno je 2016. godine. Te godine pojava se mogla očekivati između 25. srpnja jer je suma tog dana iznosila 974,3 °C i 29. srpnja kada je suma iznosila 1035,2 °C. Suma efektivnih temperatura zraka i tla ukazuje na to da bi za postaju Ogulin u 15 godina štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci. Za ostalih pet godina (tablica 4.1.) suma efektivnih temperatura zraka ukazuje na to da bi štetnik mogao završiti razvoj unutar 24 mjeseca. Sve dobiveno se samo djelomično podudara s rezultatima Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.), koji pokazuju da bi na području Gorskog kotara (Ogulin) štetnik trebao dovršavati ciklus unutar 24 mjeseca. Naime, od svih lokaliteta, jedino na području Gorskog kotara (postaja Ogulin) u pet godina izračuni suma efektivnih temperatura ukazuju na eventualni nedostatak sume efektivnih temperatura i možebitan razvoj štetnika kroz 24 mjeseca, dok u ostalih 15 godina izračun temeljen na podacima iz razdoblja 1998.-2019. ukazuje da bi štetnik ipak dovršio ciklus unutar 12 mjeseci. U dvije od pet godina, kada je utvrđeno da su sume efektivnih temperatura manje od 1422 ºC, radi se o vrlo malom odstupanju od 20-ak ºC, u dvije godine odstupanje je oko 100 ºC, a u jednoj godini oko 150 ºC. Stoga se može zaključiti da bi u području Ogulina štetnik mogao uglavnom razviti jednu generaciju kroz 12 mjeseci, što također potvrđuje hipotezu istraživanja da su klimatske promjene utjecale na izmijenjenu pogodnost pojedinih područja Hrvatske za uspješan razvoj japanskog pivca u odnosu na ranije razdoblje.

Za postaju Poreč (regija Istre) Maceljski i Igrc Barčić (1997.) naglašavaju kako nedostaje oborina u ključnom periodu za razvoj štetnika. Maceljski i Igrc Barčić (1997.) zaključuju da je područje Istre pogodno za aklimatizaciju, ali s umjerenom mogućnosti razmnožavanja. Prema našim rezultatima analize 20 godina meteoroloških podataka ne bi se mogao donijeti isti zaključak. Područje Istre (postaja Poreč) nepovoljno je za uspješnu aklimatizaciju japanskog pivca. Ograničavajući čimbenik je vrlo mala količina oborina u lipnju, srpnju i kolovozu. Prvi kriterij zadovoljen je samo 2002. i 2014. godine, koje se ističu vrlo visokim vrijednostima oborina u odnosu na prosječne vrijednosti u 20-godišnjem periodu. Naime, da nije bilo natprosječne količine oborina u 2002. i 2014. godini, Poreč ne bi udovoljavao svih pet kriterija niti jedne godine. Rezultati ukazuju da regija Istra nije povoljna za aklimatizaciju zbog nedostatka vlage u kritičnom periodu za razvoj kukuljice, jaja i ličinki japanskog pivca. U Poreču svih pet kriterija zadovoljeno je u 2002. i 2014. godini. Prema izračunu, 2002. godine pojava se mogla očekivati od 7. srpnja kada je suma iznosila 971,4 °C do 11. srpnja kada je suma iznosila 1041,4 °C. Nadalje, u 2014. godini pojava se mogla očekivati u razdoblju od 4. srpnja kada je suma iznosila 971 °C do 8. srpnja kada je suma iznosila 1033,6 °C. Suma efektivnih temperatura zraka i tla ukazuje na to da bi na području postaje Poreč štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci što potvrđuje navode Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.).

Maceljski i Igrc Barčić (1997.) zaključuju da svim kriterijima udovoljava samo postaja Senj. Temeljem navedenog područje Hrvatskog Primorja smatraju pogodnim za udomaćenje, ali i nesmetano razmnožavanje i širenje štetnika. Analiza klimatskih podataka s meteoroloških postaja iz proteklih 20 godina pokazala je da je za područje Hrvatskog Primorja (postaja Senj), uz pretpostavku da su 2., 4. i 5. kriterij zadovoljeni u svih 20 godina, svih pet kriterija zadovoljeno samo 2002., 2006. i 2014. godine. Treba naglasiti kako se 2002. i 2014. godina ističu natprosječnim količinama oborinama. Upravo su 2002. i 2014. godina zabilježene na skoro svim postajama kao godine s najvišom količinom oborina kroz lipanj, srpanj i kolovoz. Zbog toga, zaključak Maceljskog i Igrc Barčić (1997.) da bi se štetnik mogao udomaćiti i nesmetano razmnožavati i širiti ne slaže se s rezultatima ovog rada. Za postaju Senj izračun prve pojave štetnika nismo mogli provesti zbog nedostatka određenih podataka. Suma efektivnih temperatura zraka ukazuje na to da bi u posljednjih 20 godina štetnik mogao završiti razvoj unutar 12 mjeseci što potvrđuje navode Korycinska i sur. (2015. cit. Bragard i sur., 2018.).

Postaja Zadar nema potrebnu količinu oborina (1. kriterij) tako da područje sjeverne Dalmacije Maceljski i Igrc Barčić (1997.) smatraju neprikladnim za udomaćenje japanskog pivca. Prema analizi 20 godina meteoroloških podataka područje sjeverne Dalmacije (postaja Zadar) nije zadovoljilo svih pet kriterija niti jedne godine. Temperatura tla na dubini od 10 cm tijekom lipnja, srpnja i kolovoza uvijek prelazi zadani interval od 17,5 °C do 27,5 °C. Osim toga, količina oborina zadovoljena je samo 2002. i 2014. godine za koje smo već naglasili da su bile iznad prosjeka. Stoga se zaključak Maceljskog i Igrc Barčić (1997.) podudara s dobivenim zaključkom ovog rada. Područje sjeverne Dalmacije zbog nedostatka vlage nije povoljno za aklimatizaciju japanskog pivca. Zbog navedenog, za postaju Zadar nije proveden izračun o očekivanoj pojavi i završetku životnog ciklusa štetnika prema sumi efektivnih temperatura jer je to jedina postaja koja niti jedne godine nije zadovoljila svih pet kriterija.

6. Zaključci

1. Japanski pivac (*Popillia japonica* Newman) je kukac koji se proširio izvan Japana od kuda potječe.
2. Zbog svojih bioloških i ekoloških karakteristika, kapaciteta ishrane odraslih koji se hrane lišćem i ličinki koje napadaju podzemne organe biljaka, njihove polifagnosti i činjenice da mu za razvoj odgovaraju klimatski uvjeti umjerenih klimata, kukac se proširio i predstavlja veliki problem u nekim područjima Kanade i Sjedinjenih Američkih Država (SAD), dok je u pet država uspješno eradiciran.
3. Za sada je njegova prisutnost na europskom tlu zabilježena samo u Italiji i Portugalu (Azorski otoci). U Švicarskoj se provodi eradikacija.
4. Dvije su procjene mogućnosti aklimatizacije štetnika u Hrvatskoj. Prva procjena je temeljena na klimatskim podacima prije 1997. i njihovoj usporedbi s pet biometeoroloških kriterija (uključuju temperature zraka i tla te oborine) koji moraju biti zadovoljeni za uspješan razvoj štetnika. Druga procjena temelji se na analizi podataka o temperaturama zraka i tla za period od 1961. do 1990. godine te izračunu broja godina potrebnih za razvoj jedne generacije.
5. Prva je procjena predviđala mogućnost uspješne aklimatizacije štetnika u Hrvatskom Primorju i sjeverozapadnoj Hrvatskoj gdje su utvrđeni dobri uvjeti za razmnožavanje i širenje. Prema istoj procjeni na području istočne Hrvatske i Istre moguće je udomaćenje, ali uvjeti nisu zadovoljavajući za razmnožavanje i širenje štetnika. Prema istoj procjeni Gorski kotar i područje sjeverne Dalmacije nisu utvrđeni kao povoljni za uspješnu aklimatizaciju.
6. Drugom je procjenom utvrđeno da se razvoj jedne generacije japanskog pivca kroz 12 mjeseci može očekivati na području istočne Hrvatske, Istre, Hrvatskog Primorja i sjeverne Dalmacije, dok se u području sjeverozapadne Hrvatske i Gorskog kotara može očekivati dvogodišnji razvoj.
7. Provedena analiza novih klimatskih podataka iz razdoblja od 1999. do 2018. prema biometeorološkim kriterijima koji su korišteni pri prvoj analizi ukazala je da područja Hrvatskog Primorja, Istre i sjeverne Dalmacije nisu pogodna za udomaćenje japanskog pivca zbog nedostatka oborina i visokih temperatura, dok je područje sjeverozapadne Hrvatske, Gorskog kotara i istočne Hrvatske pogodno za udomaćenje iako u nekim godinama mogu postojati ograničenja. Ta se ograničenja u slučaju istočne Hrvatske odnose na nedostatak oborina, a u slučaju Gorskog kotara na niske temperature.
8. Na svim analiziranim područjima suma efektivnih temperatura bila je dostatna da štetnik svoj razvoj završi kroz 12 mjeseci, osim u tri godine na području Ogulina kada je suma efektivnih temperatura bila ispod potrebne sume koja iznosi 1422 ºC.
9. Provedena analiza potvrdila je da procjena aklimatizacije ovisi o periodu u kojem se prikupljaju klimatski podaci. Klimatske promjene dovele su do promijenjenih predviđanja aklimatizacije štetnika u pojedinim regijama Hrvatske.
10. Japanski pivac je karantenski štetnik na kojeg moramo obratiti pozornost zbog bioloških i ekoloških značajki te činjenice da bi se mogao udomaćiti na području kontinentalne Hrvatske. U slučaju introdukcije važno je na vrijeme pravilno identificirati štetnika i provoditi mjere eradikacije.

7. Literatura

1. Allsopp P.G. (1996). Japanese beetle, *Popillia japonica* Newman (Coleoptera: Scarabaeidae): rate of movement and potential distribution of an immigrant species. Coleopterists Bulletin 50(1): 81-95
2. Bourke P.A. (1961). Climatic aspects of the possible establishment of the Japanese beetle in Europe. Technical Note, World Metereological Organization No. 41, 9 pp
3. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Di Serio F., Gonthier P., Jacques M., Miret J., Justesen A., Milonas P., Navas Cortés J., Parnell S., Potting R., Reignault P., Thulke H., Werf W., Vicent A., Yuen J., Zappalà L., Czwienczek E., Macleod A. (2018). Pest categorisation of *Popillia japonica*, EFSA Journal 16(11): 5438, 30 pp. Dostupno na: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5438 (pristupljeno 19.07.2020).
4. BugGuide (2020). Dostupno na: https://bugguide.net/node/view/665315 (pristupljeno 19.07.2020.).
5. CABI Invasive Species Compendium (2019). *Popillia japonica* (Japanese beetle). Dostupno na: https://www.cabi.org/isc/datasheet/43599 (pristupljeno 19.07.2020).
6. Cafarra A., Rinaldi M., Eccel E., Rossi V., Pertot I. (2012). Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. Agriculture Ecosystems & Environment 148: 89–101.
7. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences (2020). Dostupno na: https://biocontrol.entomology.cornell.edu/pathogens/paenibacillus.php (pristupljeno 19.07.2020.).
8. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2006). PM 7/74 (1). Diagnostic Popillia japonica. EPPO Bulletin 36: 447–450.
9. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2014). First report of Popillia japonica in Italy. EPPO Reporting Service no. 10–2014 Dostupno na: https://gd.eppo.int/reporting/article-3272 (pristupljeno 19.07.2020).
10. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2016). PM 9/21(1). *Popillia japonica*: procedures for official control. EPPO Bulletin, 46, 543–555 Dostupno na: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/epp.12345 (pristupljeno 19.07.2020).
11. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2019). Update on the situation of *Popillia japonica* in Switzerland. EPPO Reporting Service no. 08 – 2019 Dostupno na: https://gd.eppo.int/reporting/article-6587 (pristupljeno 14.08.2020.).
12. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2019). Update of the situation of *Popillia japonica* in Portugal (Azores). EPPO Reporting Service no. 08 - 2019 Dostupno na: https://gd.eppo.int/reporting/article-6588 (pristupljeno 14.08.2020.).
13. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) and CABI (Centre for Agriculture and Bioscience International) (1996). *Popillia japonica*. U: Smith I.M. (Ur.). Quarantine pests for Europe. 2nd Edition. CABI Bioscience, Egham 456-460.
14. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Global Database (2020). Dostupno na: https://gd.eppo.int/taxon/POPIJA/distribution (pristupljeno 13.08.2020.)

15. European Food Safety Authority (EFSA) (2020.). Story map for survey of *Popillia japonica*. Dostupno na: https://efsa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=6b2d0202f1f442d388e017b11d008076 (pristupljeno 19.07.2020).
16. Fleming W.E. (1972). Biology of the Japanese beetle. USDA Technical Bulletin 1449, Washington, DC
17. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2016.). Poljoprivredna entomologija. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
18. Hamilton R.M. (2003). Remote sensing and GIS studies on the spatial distribution and management of Japanese beetle adults and grubs, PhD Dissertation, Purdue University. Dostupno na: https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI3124159/ (pristupljeno 19.07.2020.)
19. Hrvatska.eu (2020). Dostupno na: http://croatia.eu/index.php?view=article&lang=1&id=6 (pristupljeno 19.07.2020.)
20. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151. Dostupno na: http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf (pristupljeno 10.07.2020).
21. Junk J., Eickermann K., Görgen K., Beyer M., Hoffmann L. (2012). Ensemble-based analysis of regional climate change effects on the cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.) in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science 150: 191–202.
22. Kocmánková E., Trnka M., Eitzinger J., Dubrovský M., Štěpánek P., Semerádová D., Balek J., Skalák P., Farda A., Juroch J. & Žalud Z. (2011). Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests at a high spatial resolution: a novel approach. Journal of Agricultural Science, 149, 185–195.
23. Maceljski M. (2001). Poljoprivredna entomologija. Zrinski, Čakovec
24. Maceljski M., Igrc Barčić J. (1997). Prognoza mogućnosti udomaćenja i štetnosti japanskog pivca (Popilia japonica Newman) u Hrvatskoj. Fragmenta Phytomedica et Herbologica, vol. 25(1-2):39-49.
25. Musolin D.E. (2007). Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. Global Change Biology, 13, 1565–1585.
26. Potter D.A., Held D.W. (2002). Biology and management of Japanese beetle. Annual Review of Entomology 47: 175-205
27. Régnière J., Rabb R.L., Stinner R.E. (1981). *Popillia japonica*: simulation of temperature-dependent development of the immatures, and prediction of adult emergence. Environmental Entomology 10: 290–296
28. Simoes N., Laumond C., Bonifassi E. (1993). Effectiveness of *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora* against *Popillia japonica* in the Azores. Journal of Nematology 25: 480–485

29. Switzer P.V., Cumming R.M. (2014). Effectiveness of hand removal forsmall scale management of Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). Journal of Economic Entomology 107: 293–298
30. Trenberth K.E., Jones P.D., Ambenje P., Bojariu R., Easterling D., Klein Tank A., Parker D., Rahimzadeh F., Renwick J.A., Rusticucci M., Soden B., Zhai P. (2007). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. by Solomon et al.), pp. 237–336. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
31. UNEP - United Nations Environment Programme (2015). Minimizing the Scale and Impact of Climate Change. Dostupno na: http://www.unep.org/annualreport/2014/en/pdf/climate_change.pdf (pristupljeno 10.07.2020.).
32. USDA (2015). Managing the Japanese Beetle: A Homeowner's Handbook. APHIS 81-25-003 Dostupno na: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/jb/downloads/JBhandbook.pdf (pristupljeno 14.08.2020.)
33. USDA (2016). Japanese Beetle Program Manual. Dostupno na: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/domestic/downloads/japanese_beetle.pdf (pristupljeno 19.07.2020.).
34. Vieira V. (2008). The Japanese beetle *Popillia japonica* Newman, 1938 Coleoptera: Scarabaeidae in the Azores islands. Boletin Sociedad Entomologica Aragonesa 43, 450–451.
35. Ward N.L., Masters G.J. (2007). Linking climate change and species invasion: an illustration using insect herbivores. Global Change Biology, 13, 1065-1615.Wawrzynski R.P., Ascerno M.E. (1998.) Mass trapping for Japanesebeetle (Coleoptera: Scarabaeidae) suppression in isolated areas.Journal of Arboriculture 24, 303–307
36. Yuan J.S., Himanen S.J., Holopainen J.K., Chen F.,Stewart C.N. Jr. (2009). Smelling global climate change: mitigation of function for plant volatile organic compounds. Trends in Ecology & Evolution, 24, 323–331.

8. Životopis

Tea Perišin rođena je 03. prosinca 1996. godine u Splitu. Pohađala je Osnovnu školu Pojišan u Splitu. Obrazovanje je nastavila u III. gimnaziji Split, koju završava 2015. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij Zaštita bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Nakon uspješne obrane završnog rada na temu „Viroid kržljavosti krizanteme“ i završetka preddiplomskog studija, 2018. godine upisuje diplomski studij Fitomedicina. Kroz osnovnoškolsko obrazovanje sudjelovala je u humanitarnim akcijama i pohađala školu stranih jezika, gdje je savladala osnove francuskog jezika. U isto vrijeme uspješno završava i osnovnu baletnu školu pri HNK u Splitu. Kroz srednjoškolsko obrazovanje stekla je B2 razinu poznavanja engleskog jezika te osnovne talijanskog jezika. Kroz visoko obrazovanje radila je na programu „Splitsko ljeto“ HNK u Splitu kao vanjski suradnik.