

# Modeliranje staništa dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*) na području Republike Hrvatske

---

Špinderk, Ena

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:243129>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



**Modeliranje staništa dalmatinskog buhača  
(*Tanacetum cinerariifolium*) na području Republike  
Hrvatske**

DIPLOMSKI RAD

Ena Špinderk

Zagreb, rujan 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

**Modeliranje staništa dalmatinskog buhača  
(*Tanacetum cinerariifolium*) na području Republike  
Hrvatske**

DIPLOMSKI RAD

Ena Špinderk

Mentor:

Prof.dr.sc. Zlatko Šatović

Neposredni voditelj:  
Filip Varga mag.biol.exp.

Zagreb, rujan 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## **IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Ena Špinderk**, JMBAG 0178096295, rođen/a 14.07.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

### **Modeliranje staništa dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*) na području Republike Hrvatske**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZVJEŠĆE

### O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Ene Špinderk**, JMBAG 0178096295, naslova

**Modeliranje staništa dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*) na području  
Republike Hrvatske**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof.dr.sc. Zlatko Šatović, mentor

\_\_\_\_\_

2. doc.dr.sc. Martina Grdiša, član komisije

\_\_\_\_\_

3. izv.prof.dr.sc. Sandro Bogdanović, član komisije

\_\_\_\_\_



## Tablica sadržaja

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>1.1. Cilj rada</b> .....	2
<b>2. Pregled literature</b> .....	3
<b>2.1. Sistematika i rasprostranjenost</b> .....	3
<b>2.2. Ekološki uvjeti</b> .....	3
<b>2.3. Morfološka i biokemijska svojstva</b> .....	4
<b>2.4. Uzgoj i uporaba kroz povijest</b> .....	7
<b>2.5. Modeliranje ekoloških niša</b> .....	8
<b>2.5.1. Metoda maksimalne entropije (MAXENT)</b> .....	9
<b>3. Materijali i metode</b> .....	11
<b>3.1. Prikupljanje podataka</b> .....	11
<b>3.2. Opisna statistika podataka</b> .....	12
<b>3.3. Modeliranje ekološke niše</b> .....	12
<b>4. Rezultati i rasprava</b> .....	15
<b>4.1. Prostorna analiza zabilježenih lokaliteta dalmatinskog buhača</b> .....	15
<b>4.1.1. Rezultati modeliranja pomoću MaxEnt-a</b> .....	17
<b>4.2. Projekcija modela na područje intenzivnog uzgoja buhača u Tasmaniji</b> .....	19
<b>4.3. Analiza prikladnosti staništa u RH prema županijama</b> .....	21
<b>5. Zaključak</b> .....	24
<b>6. Literatura</b> .....	25

## Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Ene Špinderk**, naslova

### **Modeliranje staništa dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*) na području Republike Hrvatske**

Dalmatinski buhač (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./Sch.Bip.) endemska je biljna vrsta istočnog Jadrana iz porodice *Asteraceae* koja sintetizira prirodni insekticid i repelent piretrin. Cilj rada bio je utvrditi najprikladnija staništa za dalmatinski buhač na području Hrvatske te odrediti potencijalne lokalitete za budući uzgoj izradom modela ekološke niše. Za modeliranje su korištene geografske koordinate lokacija na kojima je vrsta zabilježena i bioklimatske varijable za područje Jadrana. Najveća prikladnost staništa na području Hrvatske utvrđena je na priobalnim područjima i otocima Dalmacije i Hrvatskog Primorja. Prosječna vrijednost AUC (*area under the curve*) za 100 ponavljanja modela iznosila je 0.980 uz standardnu devijaciju od 0.004 ukazujući na visoku prediktivnu snagu modela. U svrhu dodatne procjene kvalitete dobivenog modela on je projiciran na područje Tasmanije kao jednog od većih komercijalnih proizvođača buhača. Prema modelu prikladna su samo sjeverna i sjeverozapadna obalna područja Tasmanije sa prikladnošću staništa većom od 50 %. Analiza prikladnosti staništa po hrvatskim županijama pokazala je da je najprikladnija županija za uzgoj buhača dubrovačko-neretvanska.

**Ključne riječi:** dalmatinski buhač, ekološka niša, modeliranje staništa



# Summary

Of the master's thesis – student **Ena Špinderk**, entitled

## **Ecological niche modelling for Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*) on the territory of Republic of Croatia**

Dalmatian pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./Sch.Bip.) is an endemic plant species of the eastern Adriatic from the family Asteraceae, which synthesizes natural insecticide and repellent pyrethrin. The aim of this thesis was to determine the most suitable habitats for Dalmatian pyrethrum on the territory of Croatia and to determine potential locations for future cultivation by. Suitable habitats were determined by constructing an ecological niche model using geographical coordinates of recorded locations for species and bioclimate variables for Adriatic area. The greatest habitat suitability on the territory of Croatia was determined on the coastal areas and islands of Dalmatia and in the region of Hrvatsko Primorje. The average AUC score (*area under the curve*) for 100 replicates of the model was 0.980 with standard deviation of 0.004 which indicates a highly predictive model. To further assess the quality of the obtained habitat suitability model, it was projected on the territory of Tasmania which represents one of the largest commercial producers of pyrethrum. According to the model, only the northern coastal areas of Tasmania are suitable with habitat suitability higher than 50 %. The analysis of habitat suitability of Croatian counties revealed that the most suitable county for pyrethrum cultivation is Dubrovnik-Neretva County.

**Keywords:** Dalmatian pyrethrum, ecological niche, habitat modelling

## 1. Uvod

Dalmatinski buhač (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./Sch.Bip.) endemska je biljna vrsta istočnog Jadrana iz porodice glavočika (*Asteraceae*). U Hrvatskoj ga se može pronaći od Istre (sjeverno područje Jadranske obale) pa sve do poluotoka Prevlake (krajnjeg juga), dok se najbrojnije populacije nalaze u Dalmaciji na izrazito degradiranim staništima (Nikolić i sur. 2015.). Buhač je danas strogo zaštićena vrsta prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN, br. 144/13 i 73/16) te je strogo zabranjeno branje, rezanje, iskopavanje, sakupljanje ili uništavanje jedinki na prirodnim staništima. Dalmatinski buhač predstavlja jedini izvor vrlo potentnog prirodnog insekticida i repelenta – piretrina kojeg sintetizira u cvjetnim glavicama. Piretrin posjeduje iznimno insekticidno djelovanje, stoga spada u ekonomski najvažnije prirodne insekticide, te se ponajviše koriste zbog svoje neškodljivosti (Nikolić 2013.). Iako je buhač endemska biljna vrsta ovih područja, danas se na našem području gotovo uopće ne uzgaja.

Dalmatinski buhač je na našem području desetljećima bio izvozna kultura, a njegova insekticidna svojstva poznata su od davnina (Kolar i sur. 1999.). Na našim prostorima buhač se uzgajao na oranicama i u vinogradima te je često upotrebljavan kao repelent u domaćinstvima u obliku praha dobivenog iz osušenih i samljevenih cvjetnih glavica. Buhačev poguban učinak na insekte prepoznali su kemičari Hermann Staudinger i Lavoslav Ružička provodeći istraživanja na strukturi aktivnih komponenata buhača (Benić Penava 2012.). Zbog svojih karakteristika i neškodljivosti za ljude, piretrin se vrlo često koristi u ekološkoj poljoprivredi industrijaliziranih zemalja (Grdiša i sur. 2013.). Otkrićem sintetičkog insekticida DDT-a (*dikloro-difenil-trikloretan*) te srodnih organofosfornih i organoklorinskih insekticida tijekom II. Svjetskog rata, dolazi do smanjenja uzgoja buhača te posljedično do zaustavljanja proizvodnje piretrina u Hrvatskoj.

Porast potražnje za ekološki uzgojenom hranom i jačanjem svijesti o toksičnosti sintetičkih sredstava za zaštitu bilja polako se ponovno pojavljuje zanimanje za prirodnim insekticidima. Prema Uredbi Europske komisije (EZ) br.834/2007, članku 16(3) (c) o ekološkoj proizvodnji i označavanju ekoloških proizvoda, dozvoljeno je korištenje ekstrakata piretrina kao sredstva za zaštitu bilja u ekološkoj poljoprivredi. Prirodni insekticidi poput piretrina smatraju se ekološki prihvatljivim alternativama te se naveliko koriste u poljoprivredi. Iako je do sada proveden velik broj istraživanja o rasprostranjenosti i različitim svojstvima

dalmatinskog buhača, nisu utvrđene ekološke varijable koje utječu na rasprostranjenost ove biljne vrste. Identifikacija područja koja su najprikladnija za rast ove vrste nužna je za potencijalnu ponovnu introdukciju i proizvodnju buhača na području Republike Hrvatske.

## **1.1. Cilj rada**

Cilj rada je utvrditi najprikladnija područja za rast i potencijalni uzgoj dalmatinskog buhača na području Republike Hrvatske kao i potencijalne lokalitete za nove prikupljačke ekspedicije u svrhu očuvanja biljnih genetskih izvora. Pomoću modela ekološke niše izraditi će se karta potencijalne rasprostranjenosti vrste.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Sistematika i rasprostranjenost

Dalmatinski buhač (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./ Sch. Bip.) je višegodišnja biljna vrsta iz porodice *Asteraceae* i endem istočne obale Jadranskog mora (Grdiša i sur. 2009.). Vrste roda *Tanacetum* L. rasprostranjene su diljem Europe, Azije, Sjeverne Amerike i Sjeverne Afrike. Rod *Tanacetum* broji više od 100 vrsta (Abad i sur. 1995.), oko 20 ih se može pronaći u Europi, od kojih pet u Hrvatskoj (Grdiša i sur. 2011.). Od velikog broja vrsta jedino se dalmatinski buhač ističe po ekonomskoj važnosti (Ramirez 2013.). Predstavlja značajan izvor prirodnog insekticida - piretrina, njegovog sekundarnog metabolita. Piretrin je kontaktni insekticid koji djeluje na živčani sustav kukaca te u vrlo kratkom vremenskom periodu uzrokuje paralizu i smrt (Davies i sur. 2007.).

Osim na području Hrvatske, samoniklo raste i na području južne Bosne i Hercegovine kao i na obalnim područjima Crne Gore i Albanije (Heywood 1976.). Može ga se pronaći od sjevera Istre i Kvarnerskih otoka (Krk, Cres, Lošinj), na određenim predjelima Velebita i Biokova, sve do južnog dijela jadranske i otoka (Ugljan, Dugi otok, Brač, Hvar, Korčula, Vis, Mljet, Lastovo) (Grdiša i sur. 2009.).

Zbog svojih insekticidnih svojstava uzgaja se u zemljama Sredozemlja (Italija, Francuska, Španjolska), ali i u Australiji i SAD- u. U Republici Hrvatskoj buhač je danas strogo zaštićena vrsta prema Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (NN, br. 144/13 i 73/16) te je strogo zabranjeno branje, rezanje, iskopavanje, sakupljanje ili uništavanje jedinki na prirodnim staništima.

### 2.2. Ekološki uvjeti

Najčešće raste u priobalju, do 500 metara nadmorske visine, ali može ga se pronaći i na većim nadmorskim visinama na našim područjima (Nikolić i sur. 2015.). Najbrojnije populacije zabilježene su na degradiranim staništima i kamenitim tlima, zatim kamenjarskim pašnjacima, suhim travnjacima, ali i u svijetlim šumama alepskog bora, vinogradima i

maslinicima (Kovačić i sur. 2008., Grdiša i sur. 2014., Nikolić i sur. 2015., Šilić 1988.). Idealna tla za uzgoj dalmatinskog buhača su kamenjari, krška područja, pjeskovita tla siromašna vapnencem (Kolak i sur. 1999.).

Dalmatinski buhač je termofilna biljna vrsta i dobro podnosi sušu, nedostatak vlage i visoke temperature (Pavlić 2010.). Unatoč zahtjevima za sunčanom i toplom klimom, dalmatinski buhač može podnijeti mraz i ekstremno niske temperature koje se kreću od -39 °C do -42 °C (Kolak i sur. 1999., Pavlić 2010.). Uzgoj buhača na višim nadmorskim visinama osigurava bolje iskorištavanje spektralnog sastava svjetlosti, korištenje boljeg intenziteta svjetlosti i manju učestalost pojave magle. Uzgoj dalmatinskog buhača na području Dinarida obavlja se na oranicama do 700 metara nadmorske visine (Kolak i sur. 1999.).

Prosječni životni vijek biljke se kreće od 6 do 12 godina, ali na tlima u uvjetima vlažne klime i visoke plodnosti tala vijek života se skraćuje na 1 do 3 godine (Kolak i sur. 1999.). Polja za uzgoj buhača trebaju biti zaštićena od naleta vjetra, visokih podzemnih voda, poplava i jakih okolišnih stresova (Kolak i sur. 1999.).

### **2.3. Morfološka i biokemijska svojstva**

Dalmatinski buhač (Slika 2.1.) je višegodišnja zeljasta biljna vrsta koja doseže visinu od 30 do 100 centimetara, ovisno o genotipu i uvjetima uzgoja (Kolak i Rozić 1997., Kolak i sur. 1999.). Svi nadzemni dijelovi biljke prekriveni su sitnim gusto poredanim svilenkastim dlačicama sive do zelene sive boje koje biljci daju srebrnkast izgled (Nikolić i sur. 2015., Kolak i sur. 1999., Greenhill 2007., Šilić 1988., Tutin i sur. 1976.). Dlačice na biljci imaju sposobnost izlučivanja smolaste tvari koja sadrži eterična ulja. Svi dijelovi biljke posjeduju ugodan, lijep, intenzivan i specifičan miris (Hulina 2011., Nikolić i sur. 2015.)

Korijen biljke je jak i vrlo dobro razvijen, razgranat, te je vrlo dubok jer prodire u tlo od 30 do 35 centimetara dubine (Kolak i sur. 1999., Kovačić i sur. 2008., Nikolić i sur. 2015., Šilić 1988.). U proljeće biljka započinje rast, te iz korijenovog vrata izbijaju brojni vitki jednogodišnji izboji koji odmah počinju rasti u visinu od 30 do 70 centimetara, te kasnije svaki izboj formira svoju cvjetnu glavicu (Nikolić i sur. 2015., Šilić 1988.). Listovi na stabljici su sjedeći jer ne posjeduju peteljku i manji su od prizemnih listova (Kovačić i sur. 2008., Nikolić i sur. 2015.). Jedna biljka može formirati 300 do 400 sekundarnih stabljika s cvjetnim

glavicama (Kolak i sur. 1999.). Tipična cvjetna glavica buhača sadrži od 40 do 100 dvospolnih cjevastih cvjetova okruženih s 18 do 22 bijela jezičasta cvijeta (Pethybridge i sur. 2008.). Promjer u potpunosti otvorene cvjetne glavice kreće se od 2 do 5 centimetara, dok se promjer središnjeg dijela cvjetne glavice, odnosno promjer zbijenih žutih cjevastih cvjetova kreće od 1 do 2 centimetara (Kolak i sur. 1999., Fulton 1998.). Otvaranje cvata slijedi mjesec dana nakon pojave cvjetnog pupa, a tijekom otvaranja cvatova ima svrhu povećanja stranooplodnje (Grdiša i sur. 2009.). Mlade biljke starosti od 1 do 2 godine stvaraju od 200 do 400 cvjetnih glavica, dok starije biljke starosti od 3 do 6 godina mogu formirati od 800 do 900 cvjetnih glavica (Kolak i sur. 1999.).



Slika 2.1. Biljka buhača u prirodnom staništu (Autor: Martina Grdiša)

Svi nadzemni dijelovi dalmatinskog buhača sadrže piretrine. U listovima su piretrini zastupljeni samo u tragovima, u jezičastim listićima od 0.2 % do 0.4 %, a u plodnici sa sjemenom od 2.2 % do 4.5 % (Kolak i sur. 1998.). Suha stabljika (ovisno o genotipu) može imati od 0.1 do 1.15 % piretrina. Suhe cvatne glavice samoniklog domaćeg dalmatinskog buhača sadrže 0.7 %, a suhe cvatne glavice kultiviranog kenjskog buhača 2.8 % piretrina (Filipaj 1997., Kolak i sur. 1999.).

Grdiša i sur. (2013) proveli su istraživanje na 25 prirodnih populacija dalmatinskog buhača s područja jadranske obale i otoka s ciljem utvrđivanja sadržaja i sastava piretrina, kao i identifikacije različitih kemotipova. Sadržaj piretrina kretao se u rasponu od 0.36% do 1.30% suhe mase cvijeta, dok se omjer piretrina I i II kretao od 0.64% do 3.33% te je identificirano pet različitih kemotipova. Oplemenjivačkim programima stvoreni su kultivari sa dvostruko ili čak trostruko većim sadržajem piretrina u odnosu na naše domaće samonikle biljke (Morris i sur. 2005.).

Naziv piretrin obuhvaća grupu od šest monoterpenskih estera: piretrin I i II, cinerin I i II te jasmolin I i II. Piretrin I, cinerin I i jasmolin I su esteri krizantemske kiseline, skupno nazvani piretrini I, dok su piretrin II, cinerin II i jasmolin II esteri piretrinske kiseline, skupno nazvani piretrini II (Godin i sur. 1963., Hitmi i sur. 2001.). Ekstrakt buhača mora sadržavati od minimalnih 45 % do maksimalnih 50 % ukupnih piretrina I i II. Omjer piretrina I i II u ekstraktu iznosi od 0.8 do 2.8 (Koljak i sur. 1999.). Sadržaj piretrina ovisi o nizu čimbenika kao što su: genotip, zrelost cvjetova, vrijeme berbe, metoda sušenja, klimatski uvjeti (Zieg i sur. 1983.), kao i uvjeti skladištenja (Morris i sur. 2005.). Prema Kolaku i sur. (1999) najveći sadržaj piretrina u cvjetnim glavicama je u fazi kada se otvore 2-3 kruga cjevastih cvjetova, odnosno kad je  $\frac{3}{4}$  cvjetova otvoreno. Cvjetne glavice se mogu brati već u prvoj godini vegetacije, ali buhač svoj puni potencijal postiže narednih godina kad se po biljci formira više cvjetnih glavica (Koljak i sur. 1999.).

Kako bi se utvrdio utjecaj klimatskih uvjeta na sadržaj piretrina Ambrožić-Dolinšek i sur. (2007) proveli su istraživanje u kojem su uspoređivali sadržaj piretrina dalmatinskog buhača uzorkovanog na otoku Cresu s onima iz Botaničkog vrta u Ljubljani. Udio piretrina u uzorcima s otoka Cresa iznosio je 1.2%, dok je kod uzoraka iz Botaničkog vrta u Ljubljani iznosio 1.1% piretrina po suhoj masi cvijeta. Klimatski uvjeti nisu značajno utjecali na ukupan sadržaj piretrina, međutim značajna je razlika utvrđena između omjera piretrina I i II. Kod uzoraka s otoka Cresa omjer piretrin I/piretrin II iznosio je 1.4 dok je kod uzoraka iz Botaničkog vrta u Ljubljani iznosio 0.6.

## 2.4. Uzgoj i uporaba kroz povijest

Najstariji zapisi o korištenju buhača na našem području pronađeni su kod franjevacu u Dubrovniku, Mostaru i Splitu (Ožanić 1955.). Tradicionalna proizvodnja buhača u Hrvatskoj odvijala se kroz nekoliko stoljeća i njegov prah se tijekom tog vremena koristio u biljnoj proizvodnji i u kućanstvima (Grdiša i sur. 2009.). Prah buhača se prodavao u europskim drogerijama tijekom 19. stoljeća pod nazivom „*Flores chrisanthemi*“ ili „*Flores pyrethri*“ (Šilić 1988.). Smatra se da je dubrovački ljekarnik Antun Drobac otkrio njegova insekticidna svojstva i proširio ga u upotrebi tijekom 19. stoljeća (Bakarić 2005.). Uzgajao se i na oranicama te je desetljećima bio izvozna kultura ovih područja (Kolac i sur. 1999.).

U razdoblju od 1920. do 1930. godine na području Dalmacije buhač se proizvodio na površinama od 1,000 do 6,000 hektara. Vrhunac proizvodnje u Dalmaciji bio je 1926. godine kada je proizvedeno približno 1350 tona suhoga cvijeta (Nikolić i sur. 2015.). Prosječna godišnja proizvodnja buhača između 1929. i 1939. godine na oko 2,000 hektara iznosila je od 430 do 800 kilograma po hektaru (Pavlić 2010.). Prah biljke koji se proizvodio na različitim lokalitetima nije imao istu kvalitetu, pa je tako najkvalitetniji prah dolazio s otoka Hvara uz prah vrlo dobre kvalitete iz Trogira i Šibenika (Penava 2013.).

Do kraja 2. svjetskog rata vodeći proizvođač buhača bio je Japan, ali nakon 1945. prvo mjesto preuzela je Kenija i od tada do prije nekoliko godina zadržavala ga je uz manje oscilacije u proizvodnji (Casida 1973., Ramirez 2013.). Početkom uporabe sintetičkih insekticida kao što su dikloro-difenil-trikloroetan (DDT), organofosforni, organoklorinski insekticidi i metilkarbammat nakon 2. svjetskog rata zaustavljena je proizvodnja piretrina u Hrvatskoj (Grdiša i sur. 2009.).

Prema podacima FAOSTAT-a najveća proizvodnja u Africi zabilježena je 1976. godine kada je buhač uzgajan na 110,204 hektara. Od tada se površine pod proizvodnjom smanjuju, te su u 2017. godini iznosile oko 23,406 hektara (FAOSTAT, 2020.). Proizvodnja buhača u Australiji započinje 1890. godine, ali prva veća komercijalna proizvodnja zabilježena je tek 1981. godine od kada se redovito kultivira 2,000 - 4,000 hektara buhača ponajviše u Tasmaniji (Moslemi 2017., Pethybridge i sur. 2008.).

Prosječne godišnje svjetske površine na kojima je bio zasađen buhač tijekom 1990-ih su se kretale oko 25,100 hektara sa prosječnim prinom od 600 kilograma po hektaru, što znači da



je ukupna prosječna godišnja proizvodnja suhoga cvijeta u tom razdoblju iznosila 15,165 tona (Kolak i sur. 1999.)

Glavnina današnje svjetske proizvodnje buhača odvija se u istočnoj Africi (Kenija, Ruanda, Tanzanija, Južnoj Americi (Ekvador, Čile), Australiji (Tasmanija), Francuskoj, Kini i Papua Novoj Gvineji (Casida 1973., Grdiša i sur. 2009., Toth i sur. 2012.).

U zadnjih nekoliko godina vodeći proizvođači u svijetu su Tanzanija, Papua Nova Gvineja i Ruanda, iako je proizvodnja u odnosu na 80-te godine 20. stoljeća, kada je godišnje bilo proizvedeno i više od 30,000 tona buhača, za trećinu manja (FAOSTAT, 2020.).

## 2.5. Modeliranje ekoloških niša

Iako je pojam ekološke niše prvi uveo Grinnell (1917), najraširenija definicija je ona koju navodi Hutchinson (1957): “Ekološka niša je skup ekoloških čimbenika (biotičkih i abiotičkih) u kojima neka vrsta može opstati i održavati dugoročno stabilnu populaciju.“ Hutchinson je također definirao i fundamentalnu nišu kao potencijal vrste da koristi sve raspoložive izvore u odsustvu kompeticije i predatora ograničen morfološkim i fiziološkim ograničenjima vrste. Međutim, prema Hutchinsonu, vrsta neće iskoristiti cijelu svoju fundamentalnu nišu, nego će realizirana ili stvarno zauzeta niša (engl. *realized niche*) biti manja, sastojat će se samo od onih dijelova fundamentalne niše gdje je vrsta kompetitivno dominantna. Iz toga možemo zaključiti da na rasprostranjenost vrsta ne utječu samo čimbenici okoliša, nego je bitan utjecaj i drugih vrsta te se ekološka niša odnosi na vrstu, a ne na okoliš.

Modeli ekološke niše („*Ecological niche models*“), modeli povoljnosti staništa („*Habitat suitability models*“) i modeli rasprostranjenosti vrsta („*Species distribution models*“) temelje se na principu interakcije vrsta-okoliš gdje pomoću poznatih podataka o prisutnosti i odsutnosti vrste (ili samo prisutnosti) i okolišnih varijabli (za koje smatramo da utječu na povoljnost staništa) pokušavamo predvidjeti distribuciju vrste u ekološkom prostoru, te je zatim projicirati u geografski prostor. Mogu se koristiti različite metode za izradu modela povoljnosti staništa, često u kombinaciji s geografskim informacijskim sustavima (Guisan i Zimmermann 2000., Franklin 2009.). Također, pomoću modela ekološke niše možemo predvidjeti potencijalnu distribuciju vrste na nekom drugom području (korisno kod istraživanja invazivnih vrsti) ili u nekom drugom vremenskom razdoblju (rekonstrukcija rasprostranjenosti

vrste u prošlosti ili predviđanje rasprostranjenosti u budućnosti). Trenutno postoji cijeli niz statističkih metoda i algoritama za izradu modela ekološke niše, a njihov odabir često ovisi o tipu i kvaliteti ulaznih podataka, te o cilju istraživanja (Elith i sur. 2006.). Podaci koji se koriste za izradu modela povoljnosti staništa obično se dobivaju iz herbarija, prirodoslovnih muzeja i državnih baza podataka (Liu i sur. 2005.).

Prediktivno modeliranje prostorne rasprostranjenosti vrsta temeljeno je na okolišnim uvjetima u lokacijama prisutnosti određenih vrsta (Phillips i sur. 2006.). Modeli procjenjuju vjerojatnost pojave vrste temeljeno na njihovoj ovisnosti o okolišnim varijablama (Elith i sur. 2011.). Prediktivne metode izrađuju modele pomoću jednostavnih i preciznih matematičkih formula. Jedna od poznatih metoda je GARP (*Genetic Algorithm for Rule Set Production*) koja se često se upotrebljava zbog korištenja samo podataka o prisutnosti vrste. Također, programi koji u obzir uzimaju samo podatke o prisutnosti vrste su BIOCLIM i DOMAIN. BIOCLIM predviđa prikladne uvjete, tj. područja predstavljajući raspone u svakoj dimenziji okoliša, dok DOMAIN koristi metričku sličnost gdje se predviđeni indeks dobije izračunavanjem minimalne udaljenosti u okolišu za svaku zabilježenu vrstu (Phillips i sur. 2006.). No, iako podatke o prisutnosti vrsta uglavnom imamo, podaci o odsutnosti vrsta često nisu dostupni zbog težine prikupljanja, a posebno za slabo uzorkovana tropska područja gdje je modeliranje staništa od iznimne vrijednosti za očuvanje okoliša (Anderson i sur. 2002.). U tom slučaju, koriste se metode kao što su GLM (*Generalized linear model*) i GAM (*Generalized additive model*) koje izrađuju modele sa podacima o prisutnosti i odsutnosti vrste ili uzorkovanjem pozadinskih podataka kada nedostaju podaci o odsutnosti vrsta (Phillips i sur. 2006.).

### **2.5.1. Metoda maksimalne entropije (MAXENT)**

MaxEnt („*Maximum Entropy Species Distribution Modeling*“) je program koji predviđa potencijalnu prostornu raspodjelu vrste (Anderson i Martínez-Meyer 2004.) na temelju postojećih nalaza vrste („*presence-only*“ *species records*). Prediktivni modeli dobiveni MaxEnt-om su među boljima u usporedbi s drugim metodama (Elith i sur. 2006.), te od kada je postao dostupan 2004. godine ima široku upotrebu (Simões i sur. 2020., Vukelić 2017., Barbosa i sur. 2013.).

Za modeliranje rasprostranjenosti vrsta, lokaliteti na kojima je zabilježena prisutnost vrste služe kao uzorci točaka; zemljopisna regija od interesa je prostor na kojem će se definirati distribucija, a značajke su varijable okoline (ili njihove funkcije) (Phillips i sur. 2006.). MaxEnt

predviđa potencijalnu distribuciju vrsta stvaranjem karte koja ukazuje na područja visoke i niske povoljnosti staništa na temelju aproksimacije ekološke tolerancije vrste (Lei i sur. 2014.).

GLM/GAM modeli u nedostatku podataka o odsutnosti vrste, uzimaju pozadinske lokacije umjesto pravih podataka te takvi rezultati moraju biti interpretirani kao relativni indeksi okolišne pogodnosti. Maxent nasuprot njima daje model gdje nikada ne koristi lokacije bez podataka o pojavnosti vrste kao prave podatke o odsutnosti vrste (Phillips i sur. 2006.).

Kada koristimo podatke samo o prisutnosti vrste za potrebe modeliranja, lokaliteti pojavljivanja vrsta mogu biti pristrani („*biased*“). Razlog toga može biti bilježenje pojavnosti vrste na lokacijama do kojih se lakše dolazi kao što su područja bliža gradovima, cestama, rijekama i dr. (Phillips i sur. 2009.). MaxEnt radi na principu nepristranosti podataka, stoga može upotrijebiti pozadinske podatke sa sličnom razinom pristranosti ili upotrijebiti „bias grid“ koji će ukazivati na pristranost podataka, ukoliko se izvorni podatci pokažu pristrani (Elith i sur. 2011.).

Koristeći Maxent, jedna od najvažnijih zadaća je dokazati kako su dobiveni podaci nepristrani (Dudik i sur. 2005.). Primjerice, ponekad se uzorkovanje obavlja na područjima bližim čovjeku iz razloga lakše dostupnosti (Dudik i sur. 2005.). No bez obzira na to, mogućnost pogreške se smanjuje u modeliranju staništa jer neke podatke sa sigurnošću znamo: udaljenost od naselja, cesta i slično. Kada postoji veliki broj podataka, koristit će se prostorno filtriranje kako bi se smanjio njihov broj u prevelikom uzorku i na taj način izradio model koji će biti statistički značajan (Kramer-Schadt i sur. 2013.).

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Prikupljanje podataka

Korišteni su svi dostupni podaci o rasprostranjenosti dalmatinskog buhača preuzeti iz raznih literaturnih navoda, njih 59 (Tablica 3.1.), herbarijskih baza (15 lokaliteta) i FCD (*Flora Croatica Database*) baze podataka (659 lokaliteta), ukupno 733 lokaliteta. Provjerena je ispravnost koordinata svih lokaliteta, te su izbačeni svi lokaliteti za koje su koordinate bile netočne (van granica RH ili u moru) te oni lokaliteti za koje je utvrđena preniska preciznost koordinata (većinom sekundarno geokodirani lokaliteti), rezultirajući sa ukupno 633 jedinstvena lokaliteta.

Tablica 3.1. Lokaliteti dalmatinskog buhača pronađeni iz literature

Literaturni izvor	Broj lokaliteta
Boršić i sur., 2005	1
Brana, 2007.	1
Britvec i sur., 2014.	1
Glasnović i sur., 2015.	1
Jasprica i sur., 2015.	2
Jasprica i Terzi, 2017.	5
Kovačević, 1999.	2
Kremer i sur., 2014.	1
Ljubičić, 2012.	3
Marković i sur., 1993.	7
Milović, 2002.	4
Milović, 2004.	1
Pandža i Stančić, 2004.	3
Pandža i sur., 2002.	3
Pandža, 1998.a	3
Pandža, 1998.b	2
Pandža, 2002.	1
Pandža, 2003.	4
Perinčić i sur., 2016.	1
Radić Lakoš i sur., 2014.	1
Ruščić, 2003.	6
Španjol i sur., 2009.	2
Topić i Šegulja, 2000.	1
Trinajstić, 2005.	2
Ževrnja, 2010.	1

### 3.2. Opisna statistika podataka

Izračunata je središnja lokacija svih lokaliteta kao prosjek njihovih geografskih širina i duljina, kao i elipsa standardne devijacije. Elipsa standardne devijacije („*Standard Deviational Ellipse*“) je mjera udaljenosti pojedinačnih lokaliteta od središnje lokacije za obje osi te daje naznaku trendova u prostornim točkastim procesima. Kako bi se bolje opisala prostorna rasprostranjenost istraživanih lokaliteta dalmatinskog buhača izračunat je globalni intenzitet prema formuli:

$$\lambda = \frac{n}{A} \quad (1)$$

Gdje  $n$  označava broj zabilježenih lokacija, a  $A$  ukupnu površinu istraživanog područja. Izračunat je i lokalni intenzitet točaka. Lokalni intenzitet je izračunat tako da je područje podijeljeno na kvadratne plohe dimenzija 5 x 5 km, te je za svaki kvadrat od 25 km<sup>2</sup> izračunat lokalni intenzitet na isti način kao što je izračunat i globalni intenzitet.

Indeks raspršenja („*Variance-to-mean ratio*“ - VMR) izračunat je kao omjer varijance i srednje vrijednosti broja lokacija na pojedinim ploham. Analize prostorne rasprostranjenosti točaka provedene su pomoću računalnih programa R Studio (R Studio Team 2020.) i QGIS (QGIS 1991.).

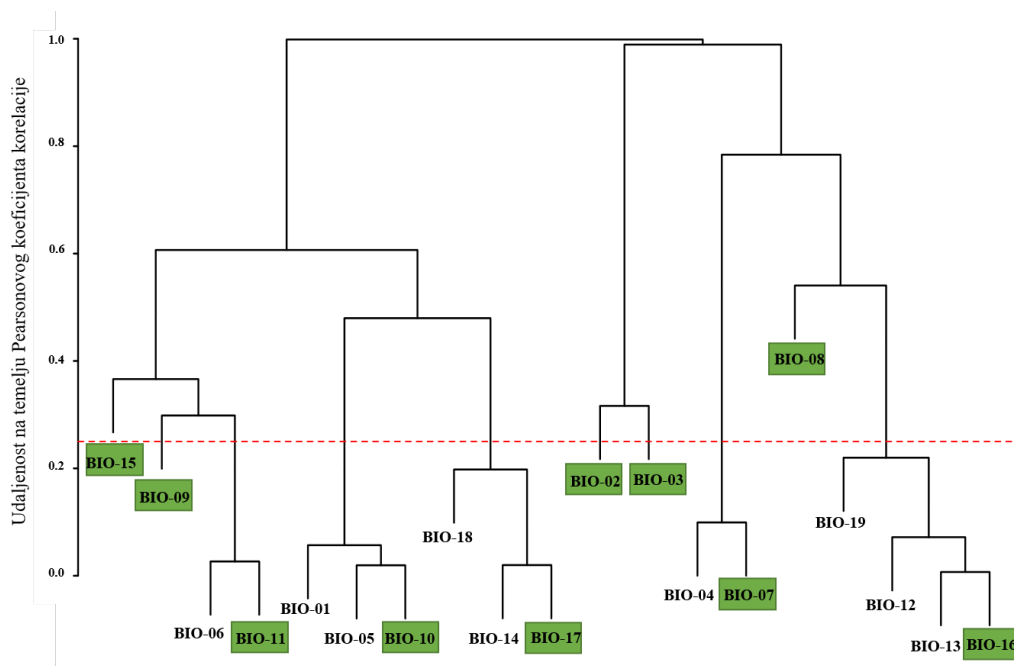
### 3.3. Modeliranje ekološke niše

Za izradu modela ekološke niše korištena je metoda maksimalne entropije u programu MaxEnt (Phillips i sur. 2006), verzija 3.4.1. Za izradu prediktivnog modela ekološke niše korišteni su podatci o poznatim lokalitetima buhača na području RH zajedno s 19 bioklimatskih varijabli (Tablica 3.2.). Bioklimatske varijable preuzete su u obliku rasterskih slojeva iz WorldClim baze podataka (WorldClim 2020.).

Tablica 3.2. Opis bioklimatskih varijabli preuzetih sa WorldClim baze podataka

Naziv varijable	Opis varijable
BIO-01	Srednja godišnja temperatura
BIO-02	Srednji dnevni raspon temperatura
BIO-03	Izotermalnost
BIO-04	Sezonska temperatura
BIO-05	Maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca
BIO-06	Minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca
BIO-07	Srednja godišnja temperatura
BIO-08	Srednja temperatura kvartala s najviše padalina
BIO-09	Srednja temperatura najsušeg kvartala
BIO-10	Srednja temperatura najtoplijeg kvartala
BIO-11	Srednja temperatura najhladnijeg kvartala
BIO-12	Godišnja količina oborina
BIO-13	Oborine mjeseca s najviše padalina
BIO-14	Oborine mjeseca s najmanje padalina
BIO-15	Koeficijent varijacije sezonskih oborina
BIO-16	Kvartal s najvišom količinom padalina
BIO-17	Kvartal s najmanjom količinom padalina
BIO-18	Količina oborina u najtoplijem kvartalu
BIO-19	Količina oborina u najhladnijem kvartalu

Rasterski slojevi imaju prostornu rezoluciju od približno  $1\text{km}^2$  ( $1\text{km} \times 1\text{km}$ ) te geografski obuhvaćaju cijeli svijet. Pomoću R paketa `rgdal` opseg rasterskih slojeva je sveden na područje Jadrana (Bivand i sur. 2020.). Pomoću paketa `ecospat` lokaliteti su prorijeđeni kako bi se smanjila pristranost uzorkovanja na način da se izbace oni lokaliteti koji su udaljeni jedan od drugoga manje od 1 kilometar (Broennimann i sur. 2020.). Prije modeliranja ekološke niše izračunate su korelacije između klimatskih slojeva pomoću Pearsonovog korelacijskog koeficijenta. Visoko korelirane varijable ne bi smjele ulaziti u model. Na temelju korelacija izračunate su udaljenosti između svih bioklimatskih varijabli koje su zatim vizualizirane u obliku dendrograma radi lakšeg odabira varijabli koje će biti uključene u model (Slika 3.1.). Kao granična vrijednost odabrana je vrijednost korelacije od 0.75. Nakon ovog koraka, od početnih 19 bioklimatskih varijabli u konačni model ušlo je njih 10.



Slika 3.1. Dendrogram udaljenosti bioklimatskih varijabli

Za izradu modela korišteno je poduzorkovanje (*Subsample*) lokaliteta pri čemu je 70% lokaliteta bilo nasumično odabrano za izradu modela (treniranje), a preostalih 30% za testiranje izrađenog modela. Regularizacijski parametar koji uvjetuje koliko će model kojeg želimo izraditi biti strog ili blag, namješten je na 1. Manja vrijednost regularizacijskog parametra uvjetuje stroži model i rezultira sa lokaliziranim područjima prikladnim za vrstu, dok veća vrijednost parametra rezultira blažim i zaglađenijim modelom, stoga je vrijednost od 1 odabrana kao ravnoteža prilikom izrade modela. Dobiveni model reduciran je na varijable koje su doprinosile sa više od 5% modelu te je zatim ponovljena analiza. Reducirani model staništa projiciran je na kartu Tasmanije koje je jedan od najvećih komercijalnih proizvođača buhača u svrhu ispitivanja prediktivne snage modela za područja uzgoja buhača u svijetu. Provedena je i analiza modela po pojedinim županijama Republike Hrvatske u svrhu procjene gdje postoji potencijal za ponovno uvođenje ove vrste u uzgoj. Za potrebe klasifikacije prikladnosti staništa, dobivene vrijednosti modela podijeljene su u 4 klase prikladnosti (Tablica 3.3.).

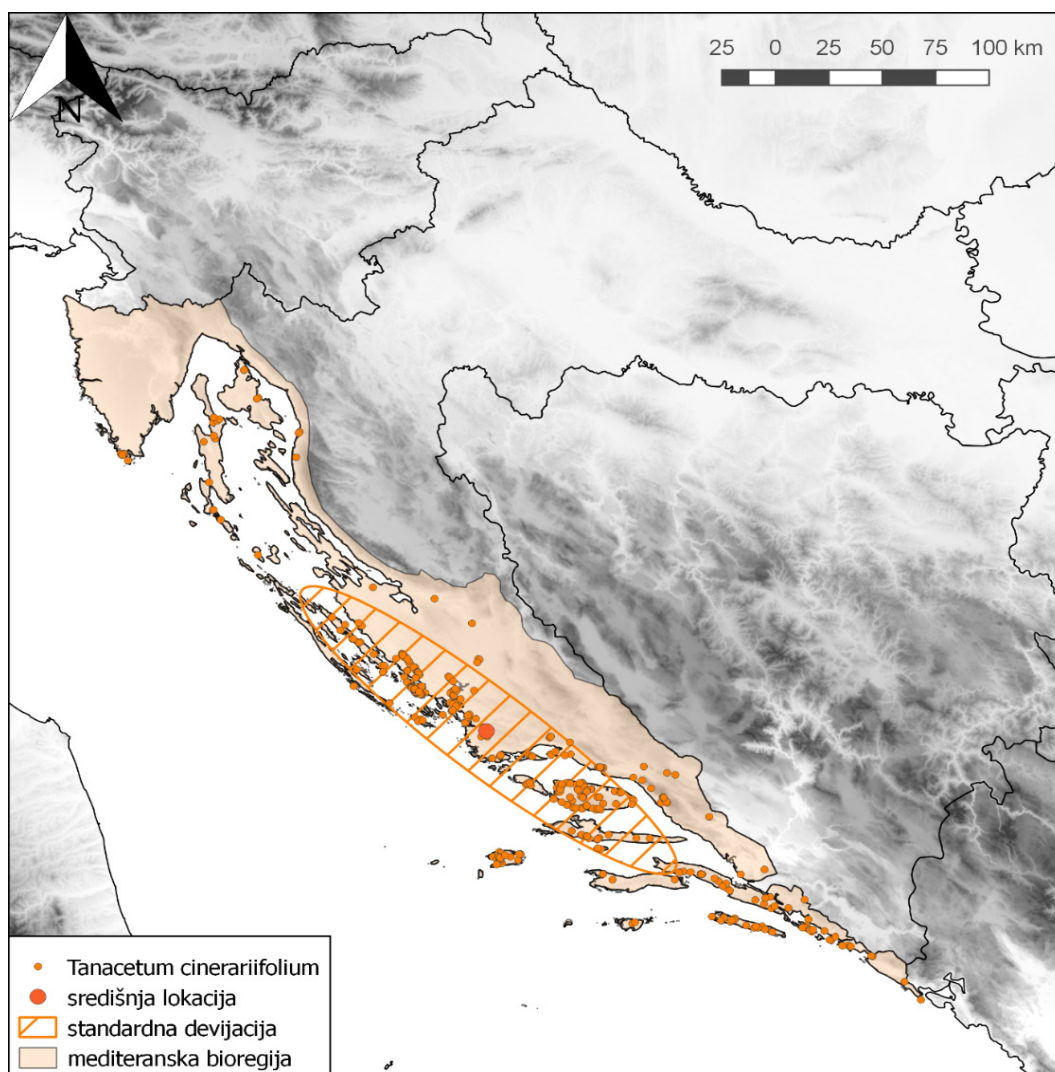
Tablica 3.3. Klase prikladnosti staništa

Prikladnost (%) staništa buhača	Kategorija
0-25	neprikladno
25-50	granično prikladno
50-75	prikladno
75-100	iznimno prikladno

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1. Prostorna analiza zabilježenih lokaliteta dalmatinskog buhača

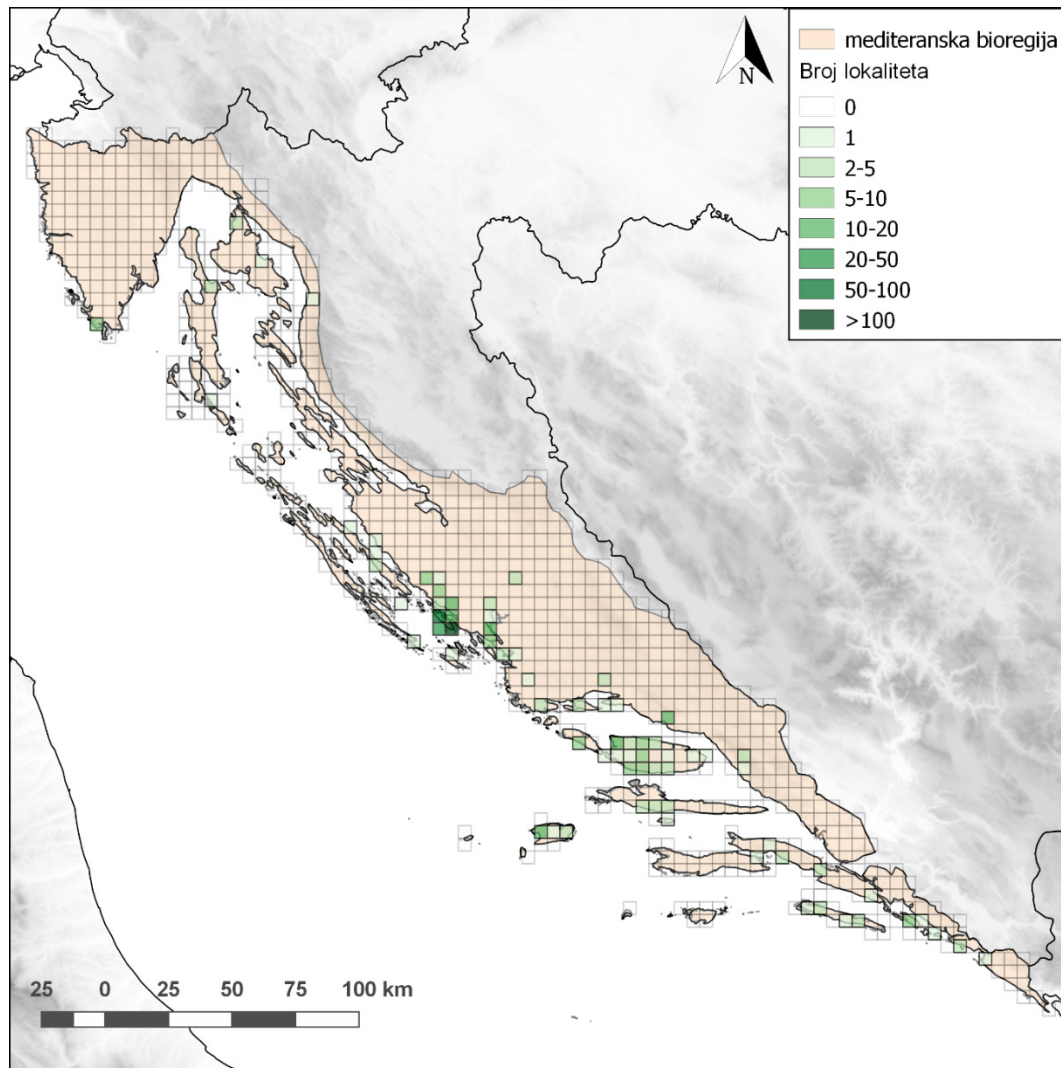
Na istraživanom području (Slika 4.1.) površine 17,086 km<sup>2</sup> zabilježeno je ukupno 633 lokaliteta, od čega je najveći broj koncentriran u priobalnom području i otocima. Primjećujemo tendenciju agregiranja na sistematičan način (engl. *clustering*) na uski rubni pojas uz more kojeg omeđuju priobalne planine.



Slika 4.1. Karta rasprostranjenosti dalmatinskog buhača na temelju dostupnih podataka



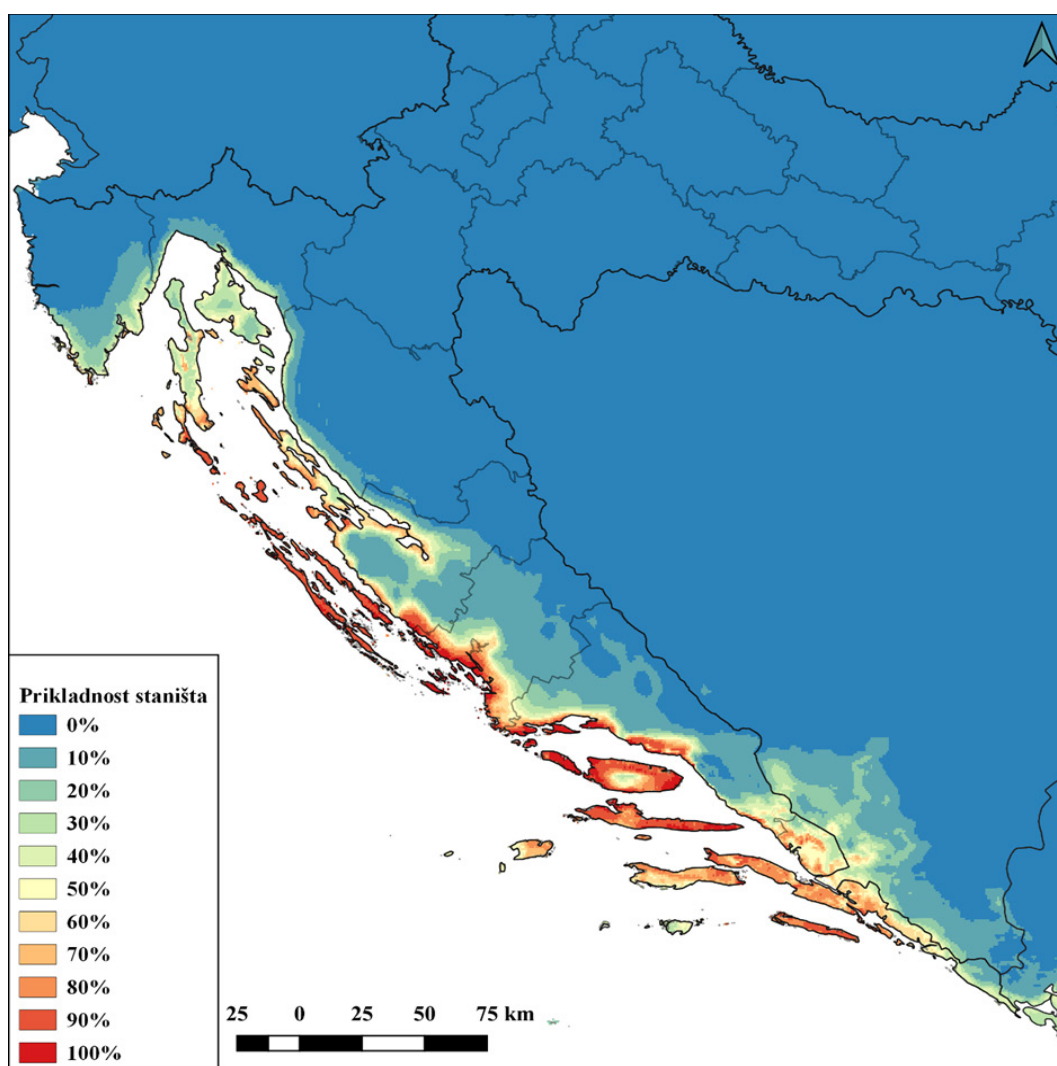
Globalni intenzitet iznosi 0.037 lokaliteta/km<sup>2</sup>. Lokalni intenzitet ukazuje na potencijalna žarišta pogotovo na srednjem dijelu Jadrana gdje je zabilježeno i do 4.88 lokaliteta na km<sup>2</sup> (Slika 4.2.). Moguće je uočiti da je najveći intenzitet rasprostranjenosti lokaliteta smješten u središnjoj Dalmaciji, te opada prema sjeveru i jugu istraživanog područja. Indeks disperzije iznosio je 38.97 što pokazuje da se radi o iznimno agregiranom točkastom procesu.



Slika 4.2. Lokalni intenzitet dalmatinskog buhača na istraživanom području

#### 4.1.1. Rezultati modeliranja pomoću MaxEnt-a

Na slici 4.3. prikazana je karta prikladnosti staništa za dalmatinski buhač na području Jadrana na temelju predviđanja MaxEnt modela. Prema rezultatima MaxEnt-a najveća prikladnost staništa nalazi se na priobalnim područjima i otocima Dalmacije i Hrvatskog Primorja. Najveću prikladnost staništa imaju otoci Ist, Molat, Dugi otok, Iž, Ugljan, Pašman, Vrgrada, Kornatsko otočje, Žirje i Murter. Prikladnost staništa se postepeno smanjuje u smjeru jugoistok – sjeverozapad i kako se udaljujemo od obale zbog klimatskih karakteristika koje su uvjetovane izloženosti Jadranskog mora i zaklonjenošću od kontinentalnih utjecaja. Vidljivo je da prevladavajući utjecaj imaju Dinaridi i planinski reljef koji sprječavaju protok mediteranske klime pa je tako i prikladnost malo veća na zaobalnim područjima ispod Velebita i u smjeru jugoistoka prema Bosni.



Slika 4.3. Karta prikladnosti staništa dalmatinskog buhača u Hrvatskoj dobiven na temelju MaxEnt modela. Plava boja označava nisku razinu prikladnosti staništa (0 %), a crvena najvišu moguću razinu prikladnosti (100%).

Prosječna vrijednost AUC parametra (*area under the curve*) za 100 ponavljanja modela iznosila je 0.980 sa standardnom devijacijom od 0.004 što ukazuje na visoku prediktivnu snagu modela i bolje performanse od bilo kojeg slučajnog modela (Yost i sur. 2008.).

U tablici 4.1. prikazan je udio doprinosa pojedine bioklimatske varijable u originalnom i reduciranom modelu. Iako je navedeno deset varijabli, jasno je vidljivo da najviše utjecaja imaju prve tri varijable (>80%) dok ostale varijable imaju relativno mali doprinos na formiranje originalnog prediktivnog modela. Isti odnos zadržan je i u reduciranom modelu.

Tablica 4.1. Tablica doprinosa bioklimatskih varijabli originalnom i reduciranom modelu

Bioklimatska varijabla	Udio doprinosa modelu	Udio doprinosa reduciranom modelu
BIO-09	40.6	46.6%
BIO-02	23.6	26.1%
BIO-03	16.7	17%
BIO-17	6.3	6.4%
BIO-15	5	3.9%
BIO-11	2.3	-
BIO-10	1.7	-
BIO-16	1.5	-
BIO-08	1.2	-
BIO-07	1.1	-

Prosječna temperatura najsušeg tromjesečja (BIO-09) ima daleko najveći doprinos u izradi modela prikladnih staništa dalmatinskog buhača. Za izračun ove varijable prvo se identificiraju tri uzastopna mjeseca s najmanjom kumulativnom količinom oborina, a zatim izračuna prosječna temperatura za to razdoblje. Prosječne temperature najsušeg tromjesečja na istraživanom području kreću se od -2 do 26 °C. Kako postoje velike varijacije u klimi, tako je i temperaturni raspon puno širi. Dalmatinski buhač se s druge strane na temelju prostornih podataka nalazi na jako uskom dijelu spektra ove bioklimatske varijable (dominantno na lokalitetima gdje se prosječna temperatura najsušeg tromjesečja kreće od 22 do 25 °C).

Srednji dnevni raspon temperatura (BIO-02) daje nam informaciju koliko je bitno kolebanje dnevne temperature za određenu vrstu. Vrijednost ove varijable na istraživanom području kreće se od 5 do 14 °C, dok buhač prema zabilježenim lokalitetima preferira dnevna kolebanja temperature ne veće od 8 °C.

Izotermalnost (BIO-03) kvantificira koliko dnevne i noćne temperature osciliraju u odnosu na ljetne- zimske (godišnje) oscilacije. Izražava se kao omjer srednjeg dnevnog raspona (BIO-02) i godišnjeg raspona temperature (BIO-07) pomnožen sa 100. Izotermalnost je varijabla koja utječe na vrste tropskog, otočnog i primorskog okruženja (Nix 1986.). Vrijednost 100 ukazuje da je temperaturni raspon dnevne temperature jednak godišnjem rasponu temperature. Korisno je utvrditi ovaj prediktor jer na distribuciju vrste mogu utjecati veće ili manje temperaturne oscilacije u roku od mjesec dana u odnosu na godinu. Izotermalnost se na istraživanom području kreće od 24 – 41 %, dok se buhač pojavljuje na lokalitetima sa nešto užim rasponom vrijednosti (24 - 35 %).

Kvartal s najmanjom količinom padalina (BIO-17) pruža informaciju o ukupnoj količini oborina tijekom najsušnija tri mjeseca u godini. Količina padalina u tom periodu kreće se na istraživanom području od 80 do 380 mm, dok se ta vrijednost na istraživanim lokalitetima zadržava oko 120 mm.

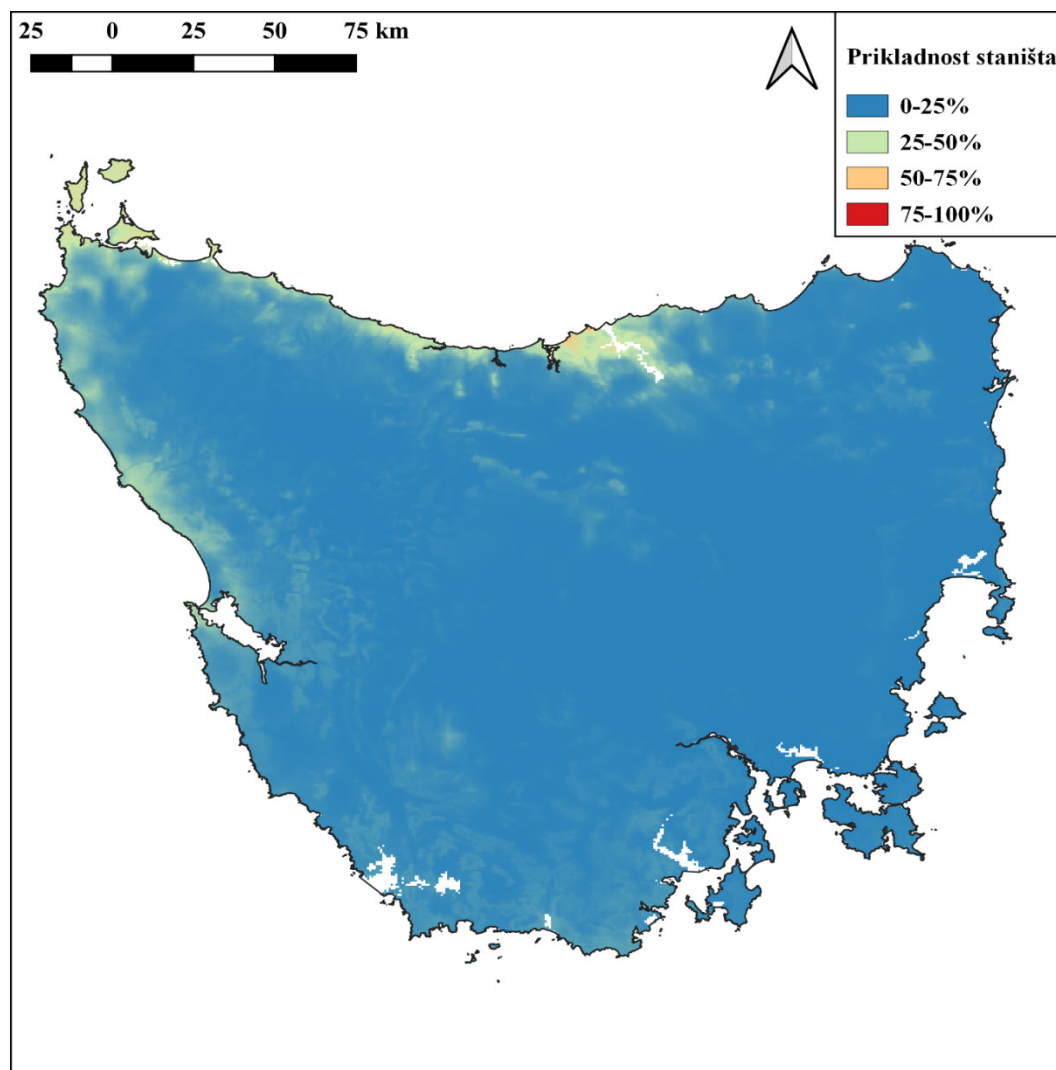
Koeficijent varijacije sezonskih oborina (BIO-15) je mjerilo varijacije u mjesečnim količinama oborina tijekom godine koja može značajno utjecati na distribuciju vrste. Varijabilnost oborina na istraživanom području kreće se od 18 do 46 %, dok dalmatinski buhač čini se preferira nešto užu raspon (24 – 44%).

## **4.2. Projekcija modela na područje intenzivnog uzgoja buhača u Tasmaniji**

Reducirani model smo također projicirali na Tasmaniju kao jednog od većih komercijalnih proizvođača buhača u svrhu dodatne procjene kvalitete dobivenog modela u otkrivanju i potvrđivanju regija u svijetu koje trenutno uzgajaju buhač. Prema modelu, prikladna su samo mala obalna područja sjeverne i sjeverozapadne Tasmanije (prikladnost veća od 50 %) i to u manjoj mjeri u usporedbi s Jadranom (Slika 4.4.).

Prosječna temperatura najsušeg tromjesečja (BIO-09) na Tasmaniji znatno je niža od Jadrana (10-18 °C), dok je srednji dnevni raspon temperatura (BIO-02) prilično sličan Jadranu. Izotermalnost (BIO-03) se na Tasmaniji kreće od 45 – 50 %, što je znatno više od Jadrana. Razlike u temperaturnim varijablama između Jadrana i Tasmanije potencijalan su razlog male prikladnosti staništa za ovu vrstu na Tasmaniji. To je dodatno potvrđeno činjenicom da se

vrijednosti padalina u kvartalu s najmanjom količinom padalina (BIO-17) i koeficijenta varijacije sezonskih oborina (BIO-15) na Tasmaniji nalaze u sličnom rasponu kao i na Jadranu (100 – 300 mm padalina kvartalu s najmanjom količinom padalina i 14 – 40 % varijacije sezonskih oborina). Na sjeveru i sjeverozapadu Tasmanije prevladava klima slična našoj, varirajući od umjerene oceanske do umjerene morske klime (tip Cfb i Csb prema Köppen-ovoj klasifikaciji klime) s umjerenim temperaturnim rasponom na obalnim dijelovima i klimatskim gradijentom prema unutrašnjosti. Cijelo područje ima izražen sezonski ciklus (Grose i sur. 2010.).

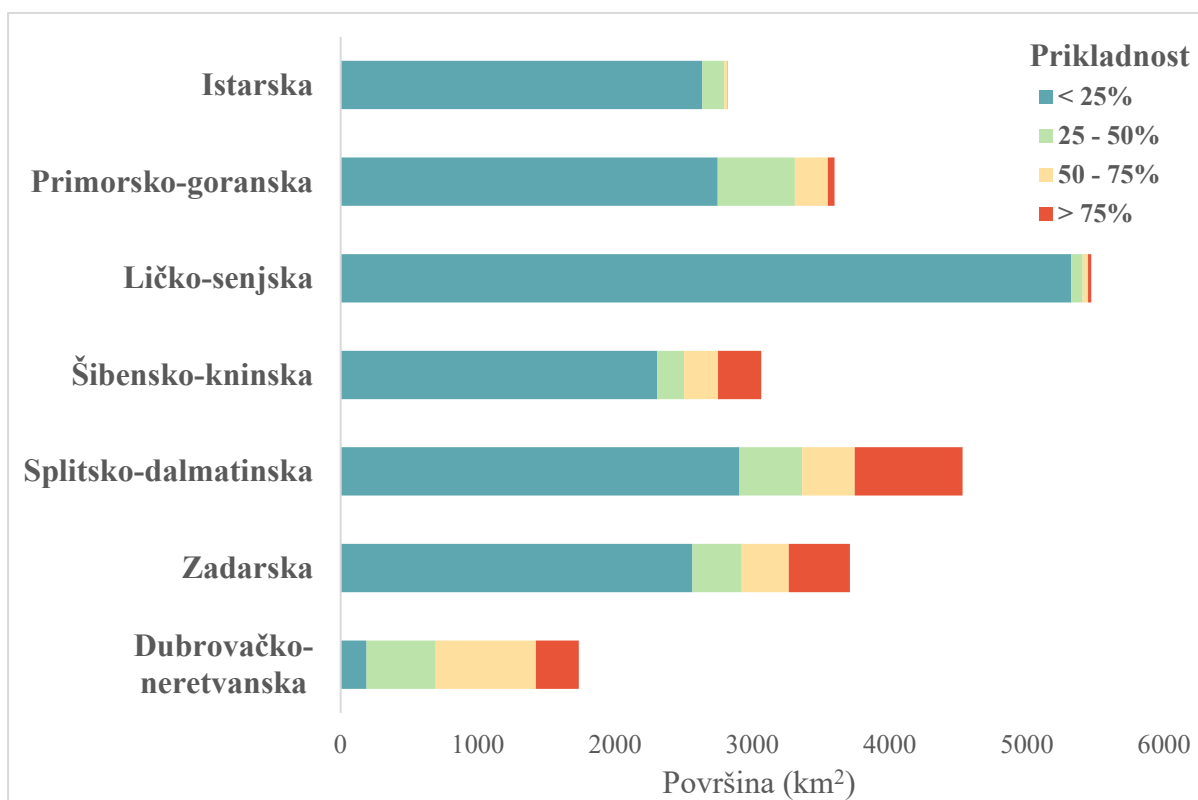


Slika 4.4. Prikladnost staništa dalmatinskog buhača na području Tasmanije

### 4.3. Analiza prikladnosti staništa u RH prema županijama

Analiza prikladnosti staništa po županijama pokazuje da je dubrovačko-neretvanska županija najprikladnije područje za uzgoj buhača u Hrvatskoj sa preko 50 % udjela dvije najbolje klase (Grafikon 4.5.). Istovremeno ova je županija površinom najmanja. To je najjužnija hrvatska županija te se sastoji od pet dijelova: otoka Korčule, Mljeta i Lastova, poluotoka Pelješca te Dubrovačkog primorja. Na otocima su prisutna teško obradiva i plitka tla, a učestalost pojava ljetnih suša, čini tamošnje poljoprivredne površine podložne štetama od isušivanja. Najvišu proizvodnu sposobnost na području županije imaju antropogena tla u većim poljima koja su ručnom obradom pretvorena u vinograde i maslinike. Većina poluotoka Pelješca pripada krškom reljefu, a nešto manji dio geološke podloge čine dolomitske stijene (dolomiti). Cijelo područje županije ima dobre klimatske i pedološke uvjete za proizvodnju mediteranskih kultura (Lokalna razvojna strategija u ribarstvu FLAG-a Južni Jadran 2020.).

Ukupna raspoloživa površina poljoprivrednog zemljišta iznosi oko 12,363 ha, no usitnjenost parcela te specifična geografija područja smanjuje mogućnost primjene intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Prema karakteru poljoprivredne proizvodnje ističu se vinogradarstvo, maslinarstvo, voćarstvo i uzgoj ljekovitog bilja. U vinogradarstvu je ključno vinogorje Pelješca, na kojima se odvija uzgoj vina autohtonih sorata među kojima je najpoznatiji Plavac mali s položaja Dingač. Maslinarstvo čini približno 28 % od ukupne proizvodnje maslina i maslinovog ulja u RH. Ekološka poljoprivredna proizvodnja je tek u početnim stadijima razvoja.



Grafikon 4.5. Prikladnost staništa dalmatinskog buhača po hrvatskim županijama izražena u km<sup>2</sup>

Iako u Splitsko-dalmatinskoj i Zadarskoj županiji većinu područja zauzima najnepovoljnija klasa prikladnosti staništa, u obzir se mora uzeti i činjenica da su ovo površinom veće županije od Dubrovačko-neretvanske županije te samim time i podjednaku površinu prikladnih staništa za rast dalmatinskog buhača. Prema Popisu poljoprivrede Državnog zavod za statistiku (2003) iz 2003. godine, površina ukupnog raspoloživog poljoprivrednog zemljišta u splitsko-dalmatinskoj županiji iznosi 40,277 ha, a koristi se svega 51.49 % što predstavlja određeni uzgojni potencijal za dalmatinski buhač. U strukturi nekorištenog zemljišta zapuštene površine zauzimaju 6,888 ha. Maslinarstvo je od izuzetnog značaja za cijelo područje o čemu govori i brojka da se na Županiju odnosi gotovo polovina ukupne proizvodnje maslinovog ulja Republike Hrvatske u 2007. godini (48%). Izrazitu važnost ima i vinogradarstvo koja je tradicionalna poljoprivredna djelatnost ovog područja, s udjelom od 10.81 % u proizvodnji vina na razini RH. Važno je istaknuti nedostatak vode i male površine obradivog zemljišta ograničavaju razvoj poljoprivrede u ovoj županiji.

Zadarska županija posjeduje tradiciju uzgoja voća (višnja maraska, breskva, nektarina, trešnja, smokva i jabuka), povrća, maslina te vinove loze. Područje Ravnih kotara ima visoki potencijal za intenzivnu proizvodnju zbog količine sunčeve svjetlosti s preko 2500 sati godišnje. Takvi uvjeti omogućuju dulju vegetaciju termofilnih kultura. Područje županije obiluje eko tipovima ratarskog bilja nastalih prirodnom selekcijom pod ekološkim uvjetima proizvodnog područja i uslijed prirodne hibridizacije, no nepoznato je koliko je od tog bogatstva ostalo očuvano budući da su zanemarena znanstvena istraživanja dalmatinskih ratarskih kultura (Program ruralnog razvoja Zadarske županije 2012.). Zadarska županija je jedna od vodećih u Jadranskoj regiji po ekološkoj proizvodnji, te je značajna neiskorištenost poljoprivrednih površina i neobrađenih zemljišta dobar potencijal za daljnji razvoj ekološke poljoprivrede, i ponovni uzgoj dalmatinskog buhača.



## 5. Zaključak

Cilj rada bio je ustanoviti pogodna područja za uzgoj dalmatinskog buhača u Republici Hrvatskoj na temelju predviđanja MaxEnt modela. Na temelju dobivenih rezultata doneseni su slijedeći zaključci:

1. Maxent model pokazao je da najveću prikladnost staništa imaju otoci Ist, Molat, Dugi otok, Iž, Ugljan, Pašman, Vrgrada, Žirje, Murter i Kornatsko otočje. AUC parametar iznosio je 0.980 sa standardnom devijacijom 0.004 što ukazuje na visoku prediktivnu snagu modela.
2. Prosječna temperatura najsušeg tromjesečja (BIO-09) imala je daleko najveći doprinos u izradi modela prikladnih staništa dalmatinskog buhača pri čemu je dalmatinski buhač bio prisutan dominantno na lokalitetima gdje se prosječna temperatura najsušeg tromjesečja kreće od 22 do 25 °C.
3. U svrhu ispitivanja prediktivne snage modela za područja uzgoja buhača u svijetu, reducirani model staništa projiciran je na kartu Tasmanije koja je jedan od najvećih komercijalnih proizvođača buhača. Prema modelu, prikladna su mala obalna područja sjeverne i sjeverozapadne Tasmanije.
4. Analizom prikladnosti staništa po županijama ustanovljeno je da je najprikladnija županija za uzgoj buhača u Hrvatskoj dubrovačko-neretvanska županija gdje više od 50 % površine otpada na klase iznimno prikladnog i prikladnog staništa.
5. Po svim navedenim rezultatima moguće je zaključiti da postoji određeni potencijal za uzgoj i ponovnu komercijalizaciju buhača u Republici Hrvatskoj. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao temelj za daljnja istraživanja u svrhu ponovnog uvođenja dalmatinskog buhača u poljoprivrednu proizvodnju.

## 6. Literatura

1. Abad M. J., Bermejo P., Villar A. (1995). An approach to the genus *Tanacetum* L. (Compositae): Phytochemical and pharmacological review. *Phytotherapy Research* 9: 79 – 92
2. Ambrožić-Dolinšek J., Kovač M., Žel J., Camloh M. (2007). Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*) from the Northern Adriatic as a potential source of natural insecticides. *Annales. Ser His Nat* 17 (1): 39 – 46
3. Anderson R. P., Martínez-Meyer E. (2004). Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116, 2, 167-179.
4. Anderson D. R., Burnham K. P. (2002). Avoiding Pitfalls When Using Information Theoretic Pitfalls Avoiding. *The Journal of Wildlife Management*, 66(3), 912–918.
5. Barbosa A.M., Real R., Munoz A.R., Brown J.A. (2013). New measures for assessing model equilibrium and prediction mismatch in species distribution models, *Diversity Distrib.* 19, 1333-1338
6. Benić Penava M. (2012). Proizvodnja buhača u Dubrovačkom kotaru između dva Svjetska rata. *Ekonomika i ekohistorija* 8: 108 – 115
7. Boršić I., Vuković N., Župan D., Mlinarić S., Bilbiloska G., Miteva S. (2005). Izvještaj botaničke sekcije o istraživanju u Parku prirode "Biokovo". U: Mazija, M. ur.: Zbornik istraživačkih radova Udruge studenata biologije - "BIUS" u Parku prirode "Biokovo". Udruga studenata biologije - BIUS : 20-31.
8. Brana S. (2007). Prijedlog za proglašenje dijela Značajnog krajobraza Donji Kamenjak i medulinski arhipelag, posebnim botaničkim rezervatom flore. 1-45.
9. Britvec M., Ungar V., Bogdanović S. (2014). Flora nakovanske visoravni i okolice (poluotok Pelješac). *Agronomski Glasnik* 76(1-2): 61-82.
10. Casida, J. (1973). *Pyrethrum: the natural insecticide*. Academic press, New York i London, 329.
11. Davies T. G. E., Field L. M., Usherwood P. N. R., Williamson M. S. (2007). DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. *IUBMB Life* 59: 151 – 162

12. Dudík M., Phillips P.J., Schapire R.E. (2005). Correcting sample selection bias in maximum entropy density estimation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 18, 323-330.
13. Đaković M., Modeli rasprostranjenosti i ekološke značajke dugoušana (rod *Plecotus*; Chiroptera, Mammalia) u Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2017.
14. Elith J., Graham C. H., Anderson R. P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R. J., Huettmann F., Leathwick J. R., Lehmann A., Li J., Lohmann L. G., Loiselle B. A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., McC. M. Overton J., Townsend Peterson A., Phillips S. J., Richardson K., Scachetti-Pereira R., Schapire R. E., Soberón J., Williams S., Wisz M. S., Zimmermann N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.
15. Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57.
16. Fick S.E., and R.J. Hijmans, (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315
17. Filipaj B. (1997). Ekstrakt buhača – prošlost i budućnost. *Malinka-ZUPP* Zagreb, 55-62
18. Franklin J. (2009). *Mapping species distributions: Spatial inference and predictions*. Cambridge: Cambridge University Press.
19. Glasnović P., Novak Š., Behrić S., Fujs N. (2015). Towards a checklist of the vascular flora of the Neretva River Delta (Croatia). *Natura Croatica* 24(2): 163-190.
20. Godin P. J., Inglis H. S., Snarey M., Thain E. M. (1963). Biosynthesis of the pyrethrins. Part II. Pyretric acid and the origin of ester–methyl groups. *Journal of Chemical Society (B)*: 5878 – 5890
21. Grdiša M. (2011). Morfološka, kemijska i genetska raznolikost dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium* /Trev. / Schultz Bip.). Doktorski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
22. Grdiša M., Babić S., Periša M., Carović-Stanko K., Kolak I., Liber Z., Jug-Dujaković M., Šatović Z. (2013). Chemical diversity of the natural populations of

- Dalmatian pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir. /Sch. Bip.) in Croatia. Chemistry & biodiversity. 10(3): 460 – 472
23. Grdiša M., Carovic-Stanko K., Kolak I., Šatovic Z. (2009). Morphological and biochemical diversity of Dalmatian pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.). Agriculturae conspectus scientificus, Vol. 74 No.2: 73-80.
  24. Grdiša M., Liber Z., Radosavljević I., Carović-Stanko K., Kolak I., Šatović Z. (2014). Genetic diversity and structure of dalmatian pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* Trevir. /Sch./ Bip., Asteraceae) within the Balkan refugium. PLoS ONE 9(8)
  25. Greenhill M. (2007). Pyrethrum production: Tasmanian success story. Chronica Horticulturae 47(3): 5 – 8
  26. Grinnell J. (1917). Field tests of theories concerning distributional control. The American Naturalist, 51, 602, 115-128.
  27. Grose M., Barnes K.I., Corney S., White C., Holz G., Bennett J., Bindoff N. (2010). Climate Futures for Tasmania: General Climate Impacts. Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, Hobart, Tasmania.
  28. Guisan, A., N. E. Zimmermann. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecol. Model. 135:147–186.
  29. Hazdovac I., Modeliranje koridora kretanja medvjeda (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) u Hrvatskoj, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2017.
  30. Heywood V.H. (1976). *Tanacetum*. In: Flora Europaea, Plantaginaceae to Compositae (and Rubiaceae). Volume 4. (TG Tutin, VH Heywood, NA Burges, DM Moore, DH Valentine, SM Walters, DA Webb, ur.). Cambridge University Press, Cambridge, str. 169 – 171
  31. Hitmi A., Sallanon H., Barthomeuf C. (2001). Effects of plant growth regulators on the growth and pyrethrin production by cell cultures of *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Australian Journal of Botany 49: 81 – 88
  32. Hulina N. (2011). Više biljke stablašice: sistematika i gospodarsko značenje. Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 344.
  33. Hutchinson G. E. (1957). Concluding Remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22, 415-427.

34. Jasprica N., Škvorc Ž., Dolina K., Ruščić M., Kovačić S., Franjić J. (2015). Composition and ecology of the *Quercus coccifera* L. communities along the eastern Adriatic coast (NE Mediterranean) Plant Biosystems 1-16.
35. Jasprica N., Terzi M. (2017). Limestone cliff vegetation of *Portenschlagiello ramosissimae-Campanuletum portenschlagianae*, Croatia. Natura Croatica 26(2): 331-337.
36. Kolak I., Šatović Z., Rukavina H., Filipaj B. (1999). Dalmatinski buhač (*Tanacetum cinerariifolium* /Trevir./ Sch. Bip.). Sjemenarstvo, Vol. 16 No. 5: 425-440.
37. Kovačević M. (1999). Prirodna obnova šume i makije na požarištima u Arboretumu Trsteno. Šumarski list 123(3-4): 109-118.
38. Kovačić, S., Nikolić, T., Ruščić, M., Milović, M., Stamenković, V., Mihelj, D., Jasprica, N., Bogdanović, S., Topić, J. (2008). Flora jadranske obale i otoka: 250 najčešćih vrsta. Školska knjiga, Zagreb. 559.
39. Kremer D., Lukač G., Randić M., Krušić I., Kosalec I., Ruščić M. (2014). New localities of *Berberis croatica* Horvat and *Teucrium arduini* L. in the Croatian Dinaric mountains. Natura Croatica 23(1): 147-162.
40. Liu, C., Berry P.M., Dawson T.P., Pearson. R.G (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. Ecography 28: 385-393.
41. Ljubičić I. (2012): Utjecaj ovčje ispaše na biljnu raznolikost kamenjarskih pašnjaka sjevernojadranskih otoka. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 139.
42. Marković Lj., Ilijanić Lj., Lukač G., Hršak V. (1993). Kvalitativni sastav flore papratnjača i sjemenjača NP "Krka". Nepoznato.
43. Milović M. (2002). The flora of Šibenik and its surroundings. Natura Croatica 11(2): 171-223.
44. Morris S. E., Davies N. W., Brown P.H., Groom T. (2005). Effect of drying conditions on pyrethrins content. Ind Crop Prod 23 (1): 9 – 14
45. Moslemi, A. (2017). The pathology of pyrethrum yield – decline in Australia. Doktorska disertacija. Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, The University of Melbourne, Melbourne.
46. Nikolić, T. (2013). Sistematska botanika. Raznolikost i evolucija biljnog svijeta. Alfa. Zagreb. 872.

47. Nikolić, T., Milović M., Bogdanović S., Jasprica N. (2015). Endemi u hrvatskoj flori. Alfa, Zagreb, 491.
48. Osredečki, A. Biokemijska raznolikost prirodnih populacija dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium*). Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 2019.
49. Ožanić S. (1955). Poljoprivreda Dalmacije u prošlosti. Izdanje društva agronoma NRH- Podružnica Split. 230-231
50. Pandža M. (1998). Flora of the island of Murter (Central Adriatic). Acta Botanica Croatica 57 99-122.
51. Pandža M. (1998). Flora of the islands of Krapanj and Prvić. Natura Croatica 7(4): 321-339.
52. Pandža M. (2002). Flora of the small islands of Murter. Natura Croatica 11(1): 77-101.
53. Pandža M. (2003). Flora of the island Žirje and the small islands around it (eastern Adriatic coast, Croatia). Acta Botanica Croatica 62(2): 115-139.
54. Pandža M., Franjić J., Škvorc Ž. (2002). The flora of some uninhabited Šibenik archipelago islands (Dalmatia, Croatia). Natura Croatica 11(4): 367-385.
55. Pandža M., Stančić Z. (2004). Second contribution to the flora of the Kornati islands (Croatia). Natura Croatica 13(1): 47-61.
56. Pavlić, S. Mogućnost proizvodnje dalmatinskog buhača (*Chrysanthemum cinerariifolium* Vis.) na području sjeveroistočne Hrvatske. Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2010.
57. Penava, M. B. (2013). Growing the pyrethrum and olives in Dalmatia in the inerbellum. Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety, Vol. 7 Part 2: 130-137.
58. Perinčić B., Franin K., Marčelić Š., Radović I., Židovec V. (2016). Hortikulturalna flora okućnica zadarskog arhipelaga. Agronomski Glasnik 78(4): 171-197.
59. Pethybridge S. J., Jones, S. J., Shivas, R. G., Hay, F. S., Wilson, C. R., Groom, T. (2008c). Tan spot: a new disease of pyrethrum caused by *Microsphaeropsis tanacetii* sp. nov. Plant pathology, Vol. 57: 1058-1065.
60. Phillips S. J., Dudík M., Elith J., Graham C. H., Lehmann A., Leathwick J. i Ferrier S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models:

- implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, 19, 1, 181-97.
61. Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259.
  62. Radić Lakoš T., Milović M., Jelaska S.D. (2014). Possible Implications of Two Management Types in Olive Groves on Plant Diversity. *Poljoprivredna znanstvena smotra* 79(4): 209-220.
  63. Ruščić M. (2003). Urbana flora Splita. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
  64. Simoes M., Romero A.D., Nuñez P.C., Nuñez, Jiménez L., Cobos E. M. (2020). General Theory and Good Practices in Ecological Niche Modelling: A Basic Guide. *Biodiversity Informatics*, 15(2): 67-68
  65. Šilić, Č. (1988). Endemične biljke. Svjetlost, Sarajevo, 218.
  66. Španjol Ž., Barčić D., Rosavec R., Marković N., Maršić M., Galić I. (2009). Regeneration of burned stands of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) and holm oak (*Quercus ilex* L.) in the Zadar area. *Periodicum biologorum an interdisciplinary international journal of the Societas Scientiarum Naturalium Croatica established 1885* 111(4): 505-514.
  67. Topić J., Šegulja N. (2000). Floristic and ecological characteristics of the southernmost part of Istria (Croatia). *Acta Botanica Croatica* 59(1): 179-200.
  68. Toth, Š., Stričik, M., Tyr, Š., Vereš, T. (2012). The possibilities of Slovakian pyrethrum production. *Pesticides and phytomedicine (Belgrade)*, Vol.27 No. 3: 245-252.
  69. Trinajstić I. (2005). Travnjaci as. *Koelerio macranthae-Brachypodietum retusi* Trinajstić, ass. nov. u Hrvatskom primorju. *Agronomski Glasnik* 67(6): 347-357.
  70. Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D.M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A. („ur“) (1976). *Flora Europaea: Volume 4: Plantaginaceae to Compositae (and Rubiaceae)*. Cambridge University Press, Cambridge, 505.
  71. Višić M, Buhač (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trevir.) Vis.) - morfološka obilježja, uzgoj i insekticidna svojstva. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanost, Osijek, 2019.

72. Vukelić M, Modeliranje koridora kretanja vukova (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2017
73. Yost, A. C., Petersen, S. L., Gregg, M., Miller, R. (2008). Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics*, 3(6), 375–386.
74. Zieg R. G., Zito S. W., Staba E. J. (1983). Selection of high pyrethrin production tissue cultures. *Planta Medica* 48: 88 – 89
75. Ževrnja N. (2010). Flora otoka Čiova i Sv. Fumije. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, iii-vii, 1-96, viii-xxi.

#### Izvori s web stranica

1. Narodne novine. (2013). Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. NN 144/2013 [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013\\_12\\_144\\_3086.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2013_12_144_3086.html)  
pristupljeno - 03.07.2020.
2. Program ruralnog razvoja zadarske županije, (2012). <http://www.investinzadarcroatia.com/media/pdf/PROGRAM%20RURALNOG%20RAZVOJA%20ZADARSK E%20ZUPANIJE%202012.-2014..pdf>  
pristupljeno – 07.08.2020.
3. Lokalna strategija u ribarstvu FLAG-a Južni Jadran, (2020). <https://flagjuznijadran.hr/wp-content/uploads/2017/04/LRSR-FLAG-JJ-2.-IZMJENA-PDF.pdf>  
pristupljeno - 31.07.2020.
4. Bioklimatske varijable (slojevi) <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>  
pristupljeno - 04.08.2020.
5. FAOSTAT statistički podaci <http://www.fao.org/statistics/en/>  
pristupljeno - 01.07.2020.



## Računalni programi i paketi

1. Raster paket: Robert J. Hijmans (2020). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.3-6. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
2. Maptools paket: Roger Bivand and Nicholas Lewin-Koh (2020). maptools: Tools for Handling Spatial Objects. R package version 1.0-1. <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>
3. Rgdal paket: Roger Bivand, Tim Keitt and Barry Rowlingson (2020). rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library. R package version 1.5-12. <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
4. Ecospat paket: Olivier Broennimann, Valeria Di Cola and Antoine Guisan (2020). ecospat: Spatial Ecology Miscellaneous Methods. R package version 3.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ecospat>
5. QGIS.org (2020). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>
6. RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>