

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ŠTUDIJ EKOLOGIJE IN BIODIVERZITETE

Žan KURALT

**BIOKLIMATSKI MODEL POTENCIALNE
RAZŠIRJENOSTI ČRNE VDOVE
(*Latrodectus tredecimguttatus*)**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ŠTUDIJ EKOLOGIJE IN BIODIVERZITETE

Žan KURALT

**BIOKLIMATSKI MODEL POTENCIALNE RAZŠIRJENOSTI ČRNE
VDOVE (*Latrodectus tredecimguttatus*)**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**BIOCLIMATIC MODEL OF POTENTIAL DISTRIBUTION OF
MEDITERRANEAN BLACK WIDOW (*Latrodectus tredecimguttatus*)**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek univerzitetnega študija 2. bolonjske stopnje Ekologija in biodiverziteta. Opravljeno je bilo na Katedri za zoologijo Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje oziroma Senat oddelka je dne 20. 5. 2016 odobrila naslov magistrske naloge. Za mentorja magistrskega dela je bil imenovan red. prof. dr. Rok Kostanjšek, za recenzenta pa doc. dr. Cene Fišer.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: izr. prof. dr. Rudi VEROVNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: red. prof. dr. Rok KOSTANJŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Cene FIŠER
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 6. 9. 2016

Podpisani izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Žan Kuralt

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
DK UDK 638.54(043.2)=163.6
KG *Latrodectus tredecimguttatus*/rdečepikasti pajek/sredozemska črna vdova/modeliranje razširjenosti vrst/klimatske spremembe/Maxent
AV KURALT, Žan, diplomirani biolog (UN)
SA KOSTANJŠEK, Rok (mentor)/FIŠER, Cene (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Študij ekologije in biodiverzitete
LI 2016
IN BIOKLIMATSKI MODEL POTENCIALNE RAZŠIRJENOSTI ČRNE VDOVE (*Latrodectus tredecimguttatus*)
TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP X, 59 str., 5 pregl., 20 sl., 3 pril., 153 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Rdečepikasti pajek, bolje poznan kot sredozemska črna vdova (*Latrodectus tredecimguttatus*), ima obsežen areal razširjenosti, ki se razteza od Portugalske do Kitajske. Kljub temu, da se pojavlja v Istri, vrsta še ni bila najdena na območju Slovenije. Gre za medicinsko pomembno vrsto, saj tvori močan strup, zato je poznavanje njene lokalne razširjenosti velikega pomena. Z uporabo programa Maxent, bioklimatskih spremenljivk iz baze WorldClim in zbranih podatkov o pojavljanju vrste smo izdelali model razširjenosti črne vdove v celotnem arealu ter v Sredozemlju. Natančneje smo analizirali območje Istre in Slovenije, saj nas je zanimalo, če bi se vrsta lahko pojavljala tudi pri nas. Zaradi klimatskih sprememb se areali mnogih vrst pomikajo proti severu. Da bi preverili, če lahko take premike pričakujemo tudi pri črni vdovi, smo izdelali karte razširjenosti za leto 2050 po štirih scenarijih RCP (angl. Representative Concentration Pathways). Rezultati kažejo, da bi črna vdova lahko živela v Sloveniji, kjer se je za najbolj ugoden življenjski prostor izkazalo območje pod Kraškim robom. Premik bioklimatsko ugodnih razmer proti severu smo zaznali pri napovedih modelov po vseh scenarijih RCP. Na terenu smo pregledali pričakovano območje pojavljanja vrste ob Dragonji, a njene prisotnosti nismo uspeli potrditi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2
DC UDC 638.54(043.2)=163.6
CX *Latrodectus tredecimguttatus*/Mediterranean Black Widow/distribution
modelling/climate change/Maxent
AU KURALT, Žan
AA KOSTANJŠEK, Rok (supervisor)/FIŠER, Cene (reviewer)
PP SI-1000, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Master Study Programmes in
Ecology and Biodiversity
PY 2016
TI BIOCLIMATIC MODEL OF POTENTIAL DISTRIBUTION OF
MEDITERRANEAN BLACK WIDOW (*Latrodectus tredecimguttatus*)
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO X, 59 p., 5 tab., 20 fig., 3 ann., 153 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Mediterranean black widow spider (*Latrodectus tredecimguttatus*) has a wide area of distribution that spreads from Portugal to China. Even though it is quite common in Istria, it has not yet been found in Slovenia. All *Latrodectus* species are medically important spiders as they produce a strong toxin. Knowledge of their local distribution is therefore of great importance. We used the Maxent modelling software, a bioclimatic variables available at WorldClim database and data on the presence of the species to study its potential distribution. Model predictions were made for the entire area of distribution and the Mediterranean. The model of species distribution was projected to a wider area of Istria to investigate the possibilities of the species presence in Slovenia. Climate change-induced range-shifts were observed in a number of species. In order to consider such range-shift with the Mediterranean black widow spider, we prepared the distribution prediction models for the above mentioned areas for year 2050 using future environmental conditions from all four RCP (Representative Concentration Pathways) scenarios. Results indicate that the spider could occur in Slovenia, the area with the highest probability of species presence being the region south of Kraški rob. The bioclimatic envelope shift northwards was detected with all RCP scenarios. Despite high possibilities of its presence in the Dragonja Valley the presence of black widow has not been confirmed.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 BIOLOGIJA IN EKOLOGIJA ČRNE VDOVE	4
2.2 LATRODEKTIZEM	8
2.3 RAZŠIRJENOST ČRNE VDOVE	9
2.3.1 Razširjenost v celotnem arealu	9
2.3.2 Razširjenost v Istri in Dalmaciji	9
2.4 MODELI IN MODELIRANJE	11
2.4.1 Modeli, ki temeljijo le na podatkih o prisotnosti vrste (angl. presence only data)	12
2.4.2 Izbira in ločljivost okoljskih spremenljivk	13
2.4.3 Napake pri modeliranju	14
2.4.4 Računalniški program Maxent	15
2.4.4.1 Ocenjevanje uspešnosti modela	17
2.4.4.2 Ocena pomena pozamezne okoljske spremenljivke za izdelavo modela	18
2.4.5 Prostorske analize razširjenosti pajkov	20
2.5 KLIMATSKE SPREMEMBE	21
2.5.1 Scenariji RCP (angl. Representative Concentration Pathways)	21
2.5.1.1 RCP2.6 (Vuuren in sod., 2007)	21
2.5.1.2 RCP4.5 (Clarke in sod., 2007; Smith in Wigley, 2006; Wise in sod., 2009)	22
2.5.1.3 RCP6.0 (Fujino in sod., 2006; Hijioka in sod., 2008)	22
2.5.1.4 RCP8.5 (Riahi in sod., 2007)	22
2.5.2 Vpliv klimatskih sprememb	22
3 MATERIAL IN METODE	24
3.1 OBMOČJE RAZISKAVE	24
3.2 OPIS OBMOČJA	24
3.3 ZBIRANJE PODATKOV	25
3.4 OKOLJSKE SPREMENLJIVKE IN PRIPRAVA BIOKLIMATSKIH SLOJEV	26
3.4.1 Izbira okoljskih spremenljivk	28
3.4.2 Priprava slojev	28
3.4.3 Okoljske spremenljivke s podatki za prihodnost	29

3.5 NASTAVITVE PROGRAMA MAXENT	30
3.6 ANALIZA PODATKOV	30
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	31
4.1 ZBIRANJE PODATKOV	31
4.2 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI VRST NA CELOTNEM OBMOČJU RAZISKAVE	32
4.3 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI VRSTE NA OBMOČJU SREDOZEMLJA	37
4.4 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI NA OBMOČJU SLOVENIJE	39
4.5 PREMIK AREALA ZARADI KLIMATSKIH SPREMENB	41
4.6 OCENA USPEŠNOSTI MODELA	44
4.7 PREGLED OBMOČJIH POTENCIALNE RAZŠIRJENOSTI	45
5 SKLEPI	46
6 POVZETEK	47
6.1 PREDLOGI ZA NADALJNJE RAZISKAVE	49
7 VIRI	50
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Scenariji RCP in napovedi zviševanja povprečne temperature v 21. stoletju.	22
Pregl. 2: Bioklimatske spremenljivke, ki so dostopne na portalu WorldClim.	27
Pregl. 3: Rezultati VIF analize.	28
Pregl. 4: Prispevek posameznih okoljskih spremenljivk pri izdelavi modela.	34
Pregl. 5: Vrednosti AUC za posamezne modele.	44

KAZALO SLIK

Sl. 1: Odrasla samica črne vdove s kokonom v »skalnatem« gnezdu.	6
Sl. 2: Tipičen mikrohabitat, ki ga samice izbirajo za gnezda.	6
Sl. 3: Samica črne vdove v »travnatem« gnezdu.	7
Sl. 4: Samec črne vdove je bil najden v neposredni bližini gnezda samice.	7
Sl. 5: Krivulja ROC, ki prikazuje uspešnost napovedi modela.	18
Sl. 6: Rezultati testa Jackknife.	19
Sl. 7: Primer odzivne krivulje za okoljsko spremenljivko bio5.	20
Sl. 8: Območja raziskave, za katera smo izdelali modele.	24
Sl. 9: Karta območja raziskave s prikazanimi zbranimi podatki o pojavljanju črne vdove.	31
Sl. 10: Zvezna napoved razširjenosti črne vdove na območju areala razširjenosti.	32
Sl. 11: Deli Bližnjega vzhoda z označenimi najdišči vrste.	33
Sl. 12: Prispevek posameznih spremenljivk pri napovedi modela.	35
Sl. 13: Krivulja odziva okoljske spremenljivke bio5.	35
Sl. 14: Karta napovedi razširjenosti črne vdove na območju Sredozemlja.	37
Sl. 15: Prispevek posameznih spremenljivk pri napovedi modela.	38
Sl. 16: Napoved razširjenosti črne vdove na širšem območju Slovenije.	39
Sl. 17: Karta severnega dela Istre in Slovenskega primorja z območji z največjo verjetnostjo pojavljanja črne vdove.	40
Sl. 18: Napovedi modela za leto 2050 po štirih scenarijih RCP.	41
Sl. 19: Primerjava napovedi razširjenosti črne vdove v trenutnih razmerah in razmerah za leto 2050 po scenariju RCP8.5.	42
Sl. 20: Karta napovedi razširjenost črne vdove za leto 2050 na širšem območju Slovenije.	43

KAZALO PRILOG

Pril. A: Zbrani podatki o pojavljanju vrste.

Pril. B: Odzivne krivulje okoljskih spremenljivk za posamezne modele razširjenosti.

Pril. C: Biogeografske regije Evrope.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AUC	Površina pod krivuljo (angl. Area Under Curve)
CFC	Klorofluoroogljikovodiki oz. freoni
RCP	Napovedi gibanja koncentracij toplogrednih plinov v atmosferi (angl. Representative Concentration Pathways)
ROC	Karakteristika delovanja sprejemnika (angl. Receiver Operating Characteristics)
VIF	Faktor povečane variance (angl. Variance Inflation Factor)

1 UVOD

Pajki (Araneae) so skupina členonožcev (Arthropoda), razširjena po vsem svetu. So pestra, številčna in razširjena skupina, ki je prisotna v vseh kopenskih ekosistemih (Coddington in Levi, 1991; Foelix, 2011). Pajki so mezoplenilci, ki zasedajo najrazličnejše mikrohabitate. Zaradi njihove pogostosti in položaja v prehranskem spletu so tudi dobri bioindikatorski organizmi (Maelfait, 1996; Pearce in Venier, 2006). Trenutno je opisanih preko 46.000 vrst pajkov, ki pripadajo 114 družinam (World Spider Catalog, 2016).

Slovenska araneofavna obsega 750 vrst (Kostanjšek in Kuntner, 2015). To je visoko število za relativno majhno državo, a kljub temu skoraj vsako leto pride do najdb novih vrst. Ocenjeno število vrst na ozemlju Slovenije se giblje okrog 1000 (Kostanjšek in Kuntner, 2015). Med pričakovanimi vrstami je kar nekaj takih, ki se že pojavljajo v sosednjih državah, pogosto nedaleč od meje, in živijo v podobnih okoljih, kot so prisotna tudi v Sloveniji. Med njimi je mnogo toploljubnih mediteranskih vrst, ki tudi zaradi klimatskih sprememb širijo svoj areal proti severu.

Ena takih vrst je rdečepikasti pajek ali sredozemska črna vdova *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) (v nadaljevanju črna vdova), ki je razširjena po celotnem Sredozemlju, njen areal pa se razteza tudi preko step osrednje Azije vse do Kitajske (Nentwig in sod., 2016; World Spider Catalog, 2016). Gre tudi za medicinsko pomembno vrsto, ki tvori močan strup; ta je v izrednih primerih lahko nevaren tudi človeku (Jelinek, 1997). V Sloveniji ta vrsta še ni bila zabeležena (Kostanjšek in Kuntner, 2015), čeprav Maretič (1979) poroča o primeru latrodektizma z območja Ankarana. Latrodektizem označuje bolezensko stanje, do katerega lahko pride ob ugrizu črne vdove (Logar, 1999; Vetter in Isbister, 2008).

Klimatske spremembe so spremembe razporeditve ustaljenih vremenskih vzorcev v daljšem časovnem obdobju. Vse več dokazov je, da na njih s svojo aktivnostjo močno vpliva tudi človek (IPCC, 2016). Ta vpliv se je začel z industrijsko revolucijo, ko se je začela masovna uporaba fosilnih goriv in sproščanje različnih oblik ogljika v atmosfero. Nekatere od teh ogljikovih spojin so toplogredni plini (ogljikov dioksid, metan, dušikov oksid, CFC), ki

absorbirajo in oddajajo infrardeče sevanje ter s tem vplivajo na spremembe vremenskih vzorcev (Baede in sod., 2007).

Modeli razširjenosti vrst so v zadnjem času zelo pogosto uporabljana orodja v naravovarstvu, biogeografiji in evolucijski biologiji (Elith in sod., 2006; Phillips in sod., 2006). Z uporabo podatkov o pojavljanju in odsotnosti vrste ter digitaliziranih slojev z bioklimatskimi podatki lahko tako izdelamo napoved razširjenosti preučevane vrste. Tovrstne napovedi so uporabne pri načrtovanju zavarovanih območij ter iskanju kritičnih območij za širjenje invazivnih vrst in/ali še neodkritih populacij (Guisan in Zimmermann, 2000; Phillips in sod., 2006).

Pri izdelavi modela se nemalokrat zgodi, da razpolagamo le s podatki o prisotnosti vrste, medtem ko podatkov o odsotnosti nimamo. V tem primeru so zelo uporabni programi, ki za izdelavo modela uporabljajo le podatke o prisotnosti (Graham in sod., 2004; Phillips in sod., 2004). Med najbolj uporabljanimi za ta namen je vsekakor program Maxent, ki omogoča izdelavo zelo dobrih napovedi tudi ob majhnem številu podatkov o pojavljanju vrste (Georgopoulou in sod., 2016; Merow in sod., 2013).

Biološko terensko delo je lahko zamudno in drago, zato smo se z modelom razširjenosti vrste lotili odkrivanja potencialnega območja v Sloveniji, kjer bi črna vdova lahko živela. Z nalogo smo želeli ugotoviti, kje na širšem območju razširjenosti vrste, v Sredozemlju in v Sloveniji, so ugodne razmere za preživetje vrste. Izdelali smo tudi projekcije modela razširjenosti za leto 2050, s katerimi smo želeli ugotoviti posledice klimatskih sprememb na razširjanje vrste.

Glavni cilji naloge so:

- Zbrati podatke o pojavljanju sredozemske črne vdove.
- Izdelati karte napovedi razširjenosti vrste za celoten areal in Sredozemlje.
- Ugotoviti, ali so tudi v Sloveniji ugodne razmere za življenje črne vdove.
- Izdelati karte napovedi premika areala (angl. range-shift) zaradi klimatskih sprememb.

V nalogi želimo testirati naslednje delovne hipoteze:

- Potencialna razširjenost črne vdove sega tudi na območje Slovenije.
- Črna vdova živi na ozemlju Slovenije, najverjetneje na termofilnih območjih slovenske Istre in Kraškega roba.
- Areal črne vdove se bo zaradi klimatskih sprememb pomaknil proti severu.

2 PREGLED OBJAV

2.1 BIOLOGIJA IN EKOLOGIJA ČRNE VDOVE

Rdečepikasti pajek *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) je pajek iz družine krogljčarjev (Theridiidae). V rod *Latrodectus* (Walckenaer, 1805) uvrščamo 31 vrst, ki so razširjene po vsem svetu. Ugriz vseh je potencialno nevaren, saj tvorijo močan strup. Praviloma nebolečemu ugrizu sledi zaporedje simptomov, ki ga označujemo s skupnim izrazom latrodektizem in se v izrednih primerih lahko konča s hujšimi zdravstvenimi posledicami.

V Evropi je prisotnih pet vrst iz rodu *Latrodectus*, najbolj razširjena pa je sredozemska črna vdova (*Latrodectus tredecimguttatus*). Areal razširjenosti te vrste sega vse od Portugalske na zahodu do Kitajske na vzhodu.

Značilen življenjski prostor črne vdove v Istri je termofilen kamnit travnik z jerovico (ital. terra rossa) preraščen s travami (Slika 3), trnastim grmovjem ter različnimi kserofiti. Tipični mikrohabitati, ki jih zaseda, so robovi jarkov (kjer ruša visi čez rob), pod velikimi kamni ali ob njih (Slika 2), v gostem grmovjem, na njivah z žitom ipd. (Maretić in Lebez, 1979). Ob istrski avtocesti so zelo pogoste tudi na uvozih/izvozih na avtocesto oz. počivališčih, kjer so za potrebe vozišča odstranili vrhnjo plast zemlje in tako neposredno izpostavili matično kamnino skupaj s prstjo (apnenčaste skale in jerovico) ter ustvarili primeren habitat za to vrsto (Landeka, osebna komunikacija).

Za mediteransko črno vdovo je značilno, da za gnezda izbira mesta v neposredni bližini tal. V primeru simpatričnega pojavljanja več vrst črnih vdov posamezne vrste spletejo gnezda na različnih višinah. V Izraelu, na primer, kjer se poleg *L. tredecimguttatus* pojavljata še vrsti *L. revivensis* in *L. pallidus*, *L. tredecimguttatus* gradi gnezdo v neposredni bližini tal, *L. revivensis* na višini 40 cm od tal, *L. pallidus* pa izbira mesta v grmičevju na 60 cm višine (Shulov in Weissman, 1959).

Maretič in Lebez sta v delu *Araneism* iz leta 1979 podrobno opisala biologijo in ekologijo črne vdove. Na območju nekdanje Jugoslavije se odrasle samice, ki merijo od 7 do 15 mm, pojavljajo od sredine julija do zgodnje jeseni. V gnezdu imajo od 2 do 3 kokone s 50 do 300 jajci, ki so nameščena na sredini mreže (Slika 1). Razvoj embrijev se običajno prične pozno jeseni. Temperatura in vlažnost imata velik vpliv na njihovo rast in razvoj. Če je poletje zelo vroče in vlažno, lahko razvoj poteče hitreje in mladi pajki zapustijo kokon že konec avgusta kot druga generacija istega leta. V Istri se prva generacija običajno izleže v aprilu. Samce je težje najti, saj so manjši (dolžina trupa je od 4 do 7 mm) in niso tako izrazito obarvani. Najlažje jih je najti v bližini mrež samic (Slika 4), ki so tik pred zadnjo levitvijo, saj je kopulacija takrat najmanj tvegana in najbolj uspešna. Samčeva mreža je povezana z mrežo samice. Potek paritve je podrobno opisal hrvaški araneolog Damin (1896).

Mladi osebki dosežejo spolno zrelost v začetku poletja. V tem času tudi pride do kopulacije. Po parjenju so samci v okolju zelo redki. Kljub temu, da ime nakazuje, da samice po parjenju pojedjo samca, pa se to zgodi le redko. Pogosto samci zaradi izčrpanosti kmalu po parjenju poginejo.

Mladi pajki se pogosto razširjajo s pomočjo vetra (angl. ballooning) (Decae, 1987; Landeka in Plenković, 2003). Na izpostavljenem mestu mladi osebki v zrak izpuščajo nit prediva, dokler ta ni dovolj dolga, da se vanjo ujame zračni tok, ki majhne osebke (do 1 mg) dvigne in odnese. Na ta način lahko pajki prepotujejo tudi zelo dolge razdalje (Foelix, 2011). Prepreke (npr. vodna telesa) lahko prečkajo tudi tako, da v zrak spustijo lepljivo nit, ki jo veter odnese čez prepreko in se tam prilepi in ustvari nekakšen viseči most (Maretič in Lebez, 1979). Navkljub obema strategijama razširjanja pa je pojavljanje črne vdove večinoma omejeno na ožja območja, kjer je vrsta stalno prisotna (Maretič in Lebez, 1979). Do podobnih zaključkov sta prišla tudi Gaud in Delessale (1949) v Maroku, kjer so se na območju, velikem 700 km², primeri latrodektizma pojavljali le na omejenem območju površine približno desetih kvadratnih kilometrov.



Slika 1: Odrasla samica črne vdove s kokonom v »skalnatem« gnezdu. Iz slike je razviden tipičen mikrohabitat, ki ga za gnezda izbirajo samice. Fotografija je bila posneta na počivališču Bale v hrvaški Istri. (avtor fotografije: Žan Kuralt)



Slika 2: Tipičen mikrohabitat, ki ga samice izbirajo za gnezda. Na sliki je vidna prst jerovica (ital. terra rossa) in apnenčaste skale, ki tvorijo razpoko, v kateri se nahaja gnezdo. (avtor fotografije: Žan Kuralt)



Slika 3: Samica črne vdove v »travnatem« gnezdu. Gnezdo je bilo najdeno v visoki travi na počivališču Bale v Istri. Z močno nitjo so bile travne bilke oblikovane v nekakšen tulec. V gnezdu so bili tudi ostanki plena. (avtor fotografije: Žan Kuralt)



Slika 4: Samec črne vdove je bil najden v neposredni bližini gnezda samice. Na sliki je viden manjši zadek kot pri samicah ter sekundarni kopulacijski organi, ki se nahajajo na pedipalpih. (avtor fotografije: Žan Kuralt)

2.2 LATRODEKTIZEM

Izraz opisuje nabor telesnih odzivov in sprememb kot posledice ugriza pajka iz rodu *Latrodectus* (Jelinek, 1997; Maretić, 1983). Gre za rod (črnih) vdov, ki naj bi bil med medicinsko najpomembnejšimi rodovi pajkov na svetu (Isbister in Gray, 2003; Jelinek, 1997; Stallybrass, 1969; Vetter in Visscher, 1998). Strup je mešanica latrotoksina, encimov in nebeljakovinskih sestavin, ki olajšajo razširjanje toksina (Jelinek, 1997; Logar, 1999; Maretić in Lebez, 1979). Strup vpliva na izločanje neurotransmiterjev (acetilholin, noradrenalin, GABA), kar povzroči znake zastrupitve. Povečano izločanje neurotransmiterjev v motoričnih ploščicah povzroča tetanijo (nenadzorovano, močno in boleče krčenje mišic). Sprva prizadene le mišice v bližini ugriza, ko pa se razširi po telesu, pride do krčev tudi v trebušnih in hrbtnih mišicah ter mišicah nog (Jelinek, 1997; Logar, 1999; Maretić, 1983).

Ugriz črne vdove je običajno neboleč in približno polovica pacientov pred pojavom simptomov ne ve, da je prišlo do ugriza (Maretić, 1983). Resnost ugriza je odvisna od velikosti pajka, števila ugrizov, letnega časa in količine vnesenega strupa (Logar, 1999). Pri približno 75 % ugrizov, ob katerih pride do vnosa toksina, se pojavi le lokalna bolečina. Ob vnosu zadostne količine strupa pa pride do pojava latrodektizma (Vetter in Isbister, 2008). Prvi simptomi se pojavijo v roku ene ure. V začetni fazi v bližini ugriza pride do rdečice, pekočega občutka, prekomernega znojenja in piloerekcije (Jelinek, 1997; Maretić, 1983). Po ugrizu se strup preko limfnega sistema razširi po telesu in preide v kri (Jelinek, 1997; Logar, 1999). Limfni vozli postanejo občutljivi in boleči (Maretić, 1983). Ko strup doseže živčne končiče, pride do pojava krčev, ki se sprva pojavljajo lokalno ob ugrizu, kasneje pa se razširijo tudi v predel hrbta, trebuha in nog. Običajno se pojavljajo le lokalni znaki zastrupitve (Logar, 1999). V nekaterih primerih pride tudi do sistemskega odziva, kot so slabost, glavobol in bruhanje, pogosto pa sistemski odziv vključuje tudi povišan krvni tlak, oteženo dihanje, vročino, hudo tesnobo, priapizem (bolečo erekcijo brez libida), omedlevico, fascikulacije (majhne, nehotene mišične kontrakcije), paralizo in povišano ali znižano frekvenco srčnega utripa (Logar, 1999). Kronična bolečina lahko traja celo več tednov ali mesecev (Logar, 1999).

Zdravljenje običajno poteka simptomatsko (zdravimo posamezne simptome). Bolečine blažimo z analgetiki (npr. morfijem), krče pa z mišičnimi relaksanti (npr. diazepamom). Zdravljenje po svetu sicer ni poenoteno. V preteklosti se je uporabljal tudi kalcijev glukonat, ki naj bi lajšal mišične bolečine in krče, a se ga v zadnjem času opušča, saj naj ne bi bil pretirano učinkovit. Uporaba protistrupa je redka in običajno pride v poštev le pri sistemski zastrupitvi ali v primeru otrok, starejših, nosečnic in bolnikov s kroničnimi boleznimi (Jelinek, 1997; Logar, 1999; Timms in Gibbons, 1986).

2.3 RAZŠIRJENOST ČRNE VDOVE

2.3.1 Razširjenost v celotnem arealu

Kot je že bilo omenjeno, po literaturi sodeč areal sredozemske črne vdove obsega velik del Evrazije in je na severu omejen z zemljepisno širino do približno 50 stopinj SZŠ. Prisotnost je potrjena v vseh sredozemskih državah Evrope, razen v Albaniji, na Kosovu ter Sloveniji (Nentwig in sod., 2016). Hoxha (2006) sicer poroča o dveh smrtnih primerih po ugrizu črne vdove v Albaniji. Prav tako smo med iskanjem podatkov o prisotnosti črne vdove naleteli na publikacijo s terenskega tabora ob reki Vjosa v Albaniji, kjer je araneološka skupina našla odraslo samico črne vdove. Potrjene najdbe v Sloveniji še ni (Kostanjšek in Kuntner, 2015).

2.3.2 Razširjenost v Istri in Dalmaciji

Prvi podatki o prisotnosti črne vdove v Dalmaciji segajo v leto 1774, ko je Fortis v svojem delu *Viaggio in Dalmazia* pisal o ugrizih dveh pajkov (najverjetneje *Lycosa tarentula* in *Latrodectus tredecimguttatus*) v bližini Trogirja. Oba pajka omenja tudi Franz Petter (1834) v delu *Compendio Geographico della Dalmazia*. Podatki se nato pojavljajo bolj zgoščeno z objavami Damina (1889, 1891), ki piše o črni vdovi v vaseh Bakar, Kukuljanovo, Meja, Nehaj blizu Senja, na otoku Krku v vaseh Voz (1891), Omišalj (1892), Kornič (1893) in v vaseh Rude in Vinice blizu Vrbnika. Leta 1952 je prišlo do primera latrodektizma v bližini Reke. V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja so odrasle črne vdove našli tudi na otoku Unije. Že leta 1891 je Damin na otoku Šolta v bližini vasi Sv. Filip in Jakov našel odraslo črno vdovo, ponovno pa je bila tam najdena leta 1967. Znana je tudi iz vasi Brusje na otoku Hvaru. Botteri naj bi leta 1890 prav tako na otoku Hvar našel črno vdovo.

Veliko drugih historičnih podatkov o prisotnosti črne vdove je posrednih in se opirajo na primere latrodektizma. Leta 1899 je v času žetve zabeležen primer iz okolice Biograda na Moru. Leta 1932 in 1933 so bili v reviji *Priroda* objavljeni članki, ki so pisali o latrodektizmu v okolici Šibenika in Benkovca, predvsem v letih 1926 in 1927. Maretič piše tudi o posledicah ugriza črne vdove v bližini Šibenika (1930), Knina (1937, 1948) in kasneje Zadra, kjer so vsako leto hospitalizirali 7-8 žrtev ugriza. Znani so tudi podatki o pojavljanju črne vdove v bližini Splita, Omiša in Trogirja.

Podatki o črni vdovi v Istri kažejo na občasne izbruhe latrodektizma in nenadnega povečanja številčnosti. Na poljih naj bi bilo ob takih izbruhih število črnih vdov tako veliko, da prestrašeni vaščani takrat niso želi pšenice. V vaseh, kjer pred izbruhi niso poznali pajka in latrodektizma, so črno vdovo imenovali »črn pajek z rdečimi pikami«. Podatki o pojavljanju črne vdove ali latrodektizma so tako znani za okolico Pule, Premanture, Bal, Rovinja, Marčane in Poreča. Podatki iz severnega dela Istre so omejeni na primere latrodektizma v Savudriji (1967), bližini vasi Buje in v letih 1950-1960 tudi na slovenski obali (povzeto po Maretič in Lebez (1979)).

Ob pogledu na razporejenost primerov opazimo, da je večina pojavljanj pajka in latrodektizma omejena na del Istre južno od doline reke Mirne. V zadnjih letih se je povečalo število najdb črne vdove tudi severno od omenjene doline, kar Landeka (osebna komunikacija) pripisuje leta 2005 zgrajenemu viaduktu prek doline Mirne. Povečalo se je tudi število najdb črne vdove vzdolž istrske avtoceste, na počivališčih, kjer za gnezda izbirajo zidove sanitarij, stole in klopi ter robnike na parkiriščih (Landeka in Plenković, 2003). Landeka in Plenković (2003) omenjata veliko številčnost črne vdove na rtu Kamenjak; leta 2002 je bila »pod skoraj vsakim kamnom« samica s kokonom. Velika številčnost je znana tudi v naselju Valtura, kjer je gnezda črne vdove moč najti v plastičnih stoli na avtobusni postaji (Landeka in Plenković, 2003).

V splošnem se je številčnost in pojavljanje črne vdove ter latrodektizma zmanjšalo, kar Landeka in Plenković (2003) pripisujeta motorizirani žetvi in uporabi strojev pri drugih kmetijskih opravilih ter uporabi pesticidov in herbicidov. Našteto zagotovo negativno vpliva neposredno na pajka ali posredno na njegov plen, plenilce in parazite.

2.4 MODELI IN MODELIRANJE

Ekološki modeli so abstraktni, poenostavljeni in običajno matematični prikazi naravnih sistemov, ki nam pomagajo pri razumevanju resničnih naravnih sistemov (Hall in Day, 1977). Z uporabo podatkov, pridobljenih na terenu, in teoretičnih znanj nam omogočajo napovedovanje rezultatov delovanja procesov v naravi. Omogočajo nam tudi simulacijo poskusov večjega obsega, katerih izvedba v naravi bi bila predraga, časovno zamudna ali neetična (Hall in Day, 1977). V zadnjem času se v ekologiji, evolucijski biologiji, naravovarstvu in epidemiologiji vse pogosteje uporabljajo modeli potencialne razširjenosti vrst (Elith in sod., 2006).

Modeli razširjenosti vrst (SDM, angl. species distribution models) so produkt računalniških programov (npr. Maxent, ENFA, GARP, BIOCLIM) in nam nudijo prikaz temeljne ekološke niše (oz. niše izbranih okoljskih spremenljivk). Temeljna ekološka niša je nabor vseh dejavnikov (biotskih in abiotskih) ter njihovih lastnosti, ki vrsti omogočajo dolgoročno preživetje v nekem okolju. Temeljna ekološka niša razkriva območja, ki bi jih vrsta lahko zasedla. Običajno je razširjenost bolj omejena. Zaradi biotskih interakcij z drugimi organizmi, človekove aktivnosti in disperzijskih omejitev je zaseden le del temeljne ekološke niše, t.i. realizirana ekološka niša (Tome, 2006).

Modeli razširjenosti omogočajo iskanje še neodkritih populacij, uporabni so pri načrtovanju in upravljanju zaščitenih območij ter nam omogočajo izdelavo napovedi sprememb razširjenosti vrst zaradi različnih dejavnikov (deforestacija, gradnja prometne infrastrukture, klimatske spremembe) (Graham in sod., 2004; Guisan in Zimmermann, 2000; Pearson in Dawson, 2003).

Pogosto so podatki o pojavljanju vrst zbrani naključno in ne v okviru načrtovanih vzorčenj, pri katerih bi na izbranem območju sistematično popisali prisotnost (in odsotnost) preučevane vrste (Elith in sod., 2011). Zato je v večini primerov na voljo veliko podatkov o pojavljanju vrste, le malo pa je podatkov o odsotnosti. V zadnjem času je opaziti tudi porast spletnih podatkovnih baz (npr. GBIF). Tudi muzeji podatke objavljajo na spletu, zato je tam

dostopnih veliko število podatkov iz muzejskih in herbarijskih zbirk, ki nosijo le informacijo o prisotnosti vrste (Elith in sod., 2011; Graham in sod., 2004).

Glede na to, s kakšnimi podatki razpolagamo, lahko izdelamo dva tipa modelov. Če imamo na voljo tako podatke o prisotnosti kot tudi o odsotnosti vrste, ki so običajno rezultat sistematičnega popisa, lahko izdelamo t. i. model »presence in absence occurrence data«. Napovedi teh modelov so običajno natančnejše (Brotons in sod., 2004). Vendar pa so podatki o odsotnosti vrst redko na voljo, v primeru obstoječih podatkov pa je vprašljiva njihova vrednost (Anderson in sod., 2003).

Kadar imamo na voljo le podatke o prisotnosti vrste, lahko izdelamo t.i. model »presence only« (Phillips in sod., 2006, 2004). Izdelavo tovrstnih modelov nam omogočajo številni programi (Maxent, ENFA, GARP). Uspešnost napovedi teh modelov je odvisna od vhodnih podatkov in uporabljenih nastavitev programa, zato je razumevanje teh velikega pomena (Elith in sod., 2011; Merow in sod., 2013). Programi, ki omogočajo izdelavo zanesljivih modelov »presence only«, so zato zelo cenjeni (Graham in sod., 2004).

2.4.1 Modeli, ki temeljijo le na podatkih o prisotnosti vrste (angl. presence only data)

S programi, ki za izdelavo modela uporabljajo le podatke o prisotnosti vrste, lahko skupaj s podatki o okoljskih razmerah na območju prisotnosti vrste izdelamo model okoljskih zahtev vrste (Phillips in sod., 2006). Med digitalnimi sloji z okoljskimi podatki izberemo tiste, ki imajo na primernost okolja za izbrano vrsto največji vpliv (Brown in Lomolino, 1998).

Vsak podatek o pojavljanju vrste nosi informacijo o zemljepisni širini in dolžini, kjer je bila vrsta najdena (Phillips in sod., 2006). Tovrstni podatki so pogosti v muzejskih zbirkah in herbarijih (Ponder in sod., 2001). Okoljske spremenljivke, ki nosijo podatke o okoljskih razmerah preučevanega območja, so urejene v mrežo celic določene ločljivosti (npr. 10x10 km), kjer ima vsaka celica določeno vrednost. Ta vrednost predstavlja podatek o povprečni vrednosti opazovane spremenljivke (npr. povprečna letna temperatura) v celici (Guisan in sod., 2007).

Ob porastu in dostopnosti podatkov o prisotnosti vrst ter različnih računalniških orodij in programov, ki omogočajo izdelavo napovedi potencialnih razširjenosti vrst pa Jiménez-Valverde in sodelavci (2008) opozarjajo na previdnost pri izdelavi in vrednotenju modelov razširjenosti. Izpostavili so predvsem napake na treh področjih:

- razlikovanje med potencialno in realizirano razširjenostjo
- vpliv podatkov o prisotnosti vrst na oceno uspešnosti modela
- splošno nenatančnost napovedi realiziranih razširjenosti, ki jih dobimo z modeli razširjenosti.

2.4.2 Izbira in ločljivost okoljskih spremenljivk

Pri izbiri okoljskih spremenljivk moramo biti pozorni na časovno ujemanje s podatki o pojavljanju (Phillips in sod., 2006) in na to, da bodo spremenljivke primerne za izdelavo napovedi na izbrani velikostni skali (tip in ločljivost (angl. grain size) spremenljivke), ki jo določa geografski obseg raziskave (Pearson in sod., 2004).

Klimatske spremenljivke so primerne za izdelavo napovedi razširjenosti vrst večjega obsega (npr. države, celine ali vsega sveta). V tem primeru govorimo o globalnem in »mezo« merilu (Mackey in Lindenmayer, 2001). Za modele, ki napovedujejo razširjenost na manjših območjih (t. i. »mezo« in »topo« po Mackey in Lindenmayer, 2001) uporabljamo topografske spremenljivke, za analize na »mikro« merilu (Mackey in Lindenmayer, 2001) pa v poštev pridejo sloji, ki prikazujejo rabo tal.

Okoljske spremenljivke lahko razdelimo v tri razrede (Austin, 1980; Austin in Smith, 1990):

- neposredne (temperatura, padavine)
- posredne (nadmorska višina, zemljepisna širina in dolžina)
- viri (svetloba, voda, hrana).

Napovedi modelov, ki uporabljajo neposredne spremenljivke in vire, so običajno natančnejše kot napovedi modelov, ki temeljijo na posrednih spremenljivkah (Guisan in Zimmermann, 2000).

Ko izbiramo okoljske spremenljivke, imamo pogosto na voljo različno ločljivost slojev (različne velikosti mrežnih celic). Ločljivost slojev izberemo glede na podatke, s katerimi razpolagamo, glede na velikost območja modeliranja in želeno ločljivost napovedi modela (Elith in Leathwick, 2009).

Podatki o prisotnosti vrste so pogosto nenatančni (brez navedenih koordinat, lokacija je podana le z opisom ali pa je naveden le najbližji kraj). Uporaba premajhnih mrežnih celic bi v takem primeru lahko vodila do napak pri izdelavi napovedi.

Izbira velikosti mrežnih celic mora temeljiti tudi na velikosti območja, za katerega pripravljamo model (Elith in sod., 2011; Pearce in Boyce, 2006). Če gre za veliko območje (npr. Evrazija), uporabiti pa želimo sloje z ločljivostjo 30 geografskih sekund, lahko pride do različnih težav. Ena je ta, da bo program potreboval ogromno časa za izračun modela. Opravka bomo imeli z velikimi datotekami, kar je lahko ob razpoložljivi strojni opremi lahko velika ovira. Guisan in sodelavci (2007) so pokazali, da kljub povečanju velikosti mrežnih celic (za 10x) napovedi modelov niso bile statistično različne od modelov, izdelanih z uporabo mrežnih celic manjše velikosti. Ugotovili so, da za izboljšanje napovedi ne zadošča le boljša ločljivost okoljskih slojev, temveč tudi večja natančnost podatkov o pojavljanju vrste.

Do zanimivih izsledkov so prišli tudi Graham in sodelavci (2008). Primerjali so napovedi modelov, izdelanih z natančnimi lokacijami pojavljanja vrste in lokacijami z manjšo natančnostjo. Rezultati so pokazali, da pri velikem merilu natančnost lokacij bistveno ne vpliva na napoved modela, saj so takrat običajno uporabljeni sloji z večjimi mrežnimi celicami kot pri modelih z manjšim geografskim obsegom.

2.4.3 Napake pri modeliranju

Do napak pri modeliranju lahko pride zaradi različnih razlogov. Kot je že bilo omenjeno, gre pri podatkih o pojavljanju določene vrste pogosto za naključno zbrane podatke. Ti so bili najverjetneje zbrani na mestih z lažjim dostopom (npr. bližina ceste). Posledica tega je pristranskost podatkov o pojavljanju vrste (angl. sampling bias). Pojavlja pa se tudi razlika

v intenziteti vzorčenja in uporabljenih metodah v različnih delih sveta, ki je ponovno odvisna od dostopnosti lokacije vzorčenja in finančnega vložka (Carlson in Schmiegelow, 2002; Costa in sod., 2010; Danielsen in sod., 2003; Gardner in sod., 2008). Napake pri modeliranju so lahko tudi posledica napak pri vnosu podatkov, nenatančnega opisa lokacije ali napačne določitve vrste (Phillips in sod., 2006).

Pri izdelavi bioklimatskega modela predpostavljamo, da je razširjenost vrste v ravnovesju s trenutnimi okoljskimi razmerami. Zato lahko pride do napačne napovedi razširjenosti vrst, ki so prizadete zaradi vpliva človeka ali dogodkov v preteklosti (Araújo, 2003). Obstaja tudi verjetnost, da uporabljene okoljske spremenljivke ne zadoščajo za opis dejavnikov, ki vplivajo na razširjenost vrste. Posledično lahko taki modeli napovedujejo preveliko razširjenost vrste (Phillips in sod., 2006).

Do napak lahko pride tudi pri izdelavi ali pripravi slojev okoljskih spremenljivk. Napake lahko nastanejo pri obdelavi klimatskih podatkov ali pri izdelavi klimatskih modelov, ki so uporabljeni za izdelavo okoljskih spremenljivk. Zato je prepoznavanje teh napak in omilitev njihovih vplivov pomemben korak pri izdelavi modelov, ki temeljijo na okoljskih spremenljivkah (Phillips in sod., 2006).

2.4.4 Računalniški program Maxent

Maxent (Phillips in sod., 2006, 2004) je med najpogosteje uporabljenimi računalniškimi programi za izdelavo modelov potencialne razširjenosti vrst z uporabo podatkov o prisotnosti vrste (Chefaoui in Lobo, 2008; Elith in sod., 2011; Georgopoulou in sod., 2016; Merow in sod., 2013). V primerjavi z drugimi programi se je izkazal za izredno robustnega (Elith in sod., 2006) in tudi v primeru majhnega števila podatkov o prisotnosti vrste izdelava relativno dobre napovedi razširjenosti (Wisz in sod., 2008).

Za izdelavo modela s programom Maxent potrebujemo podatke o pojavljanju vrste in sloje, ki nosijo podatke o okoljskih spremenljivkah. Okoljski sloji morajo obsegati celotno območje pojavljanja vrste (Elith in sod., 2006; Phillips in sod., 2006).

Okoljski sloji predstavljajo prostor, v okviru katerega bo program izdelal napoved potencialne razširjenosti. Celice, v katerih je bila zabeležena prisotnost vrste, predstavljajo vzorčne točke okoljskih razmer, v katerih se izbrana vrsta pojavlja. Mestom, kjer se vrsta pojavlja, program pripiše vrednosti okoljskih spremenljivk (npr. povprečna letna temperatura, padavine v najbolj sušnem mesecu). Povprečja teh vrednosti program uporabi za oceno pričakovanih vrednosti, ki opisujejo življenjske razmere. Izmed vseh možnih verjetnostih razporeditev v območju omejitev okoljskih spremenljivk program izbere tisto, ki ji izračuna najvišjo entropijo in take razmere poišče v prostoru (območju okoljskih spremenljivk) (Knapič, 2012; Phillips in sod., 2006).

Prevelikemu prileganju modela (angl. over-fitting) se lahko izognemo s postopkom regularizacije (Dudík in sod., 2004). Ta temelji na odstopanju od zahteve, da je pričakovani izid empirične verjetnostne porazdelitve identičen pričakovanemu izidu neznane verjetnostne porazdelitve. Razlika med izidoma je lahko arbitrarno določena (Knapič, 2012). Povečanje koeficienta regularizacije ob izdelavi modela bo botrovalo poenostavljenemu modelu, kjer bo napoved bolj ohlapna, prehodi med ugodnimi in neugodnimi razmerami pa bolj gladki (Merow in sod., 2013).

Podroben opis delovanja programa Maxent je opisan v (Elith in sod., 2011; Merow in sod., 2013; Phillips in sod., 2006, 2004) in ga v tem delu ne navajamo.

Nekatere prednosti programa Maxent so (Phillips in sod., 2006):

- za izdelavo modela potrebujemo le podatke o pojavljanju vrste
- za okoljske sloje lahko uporabimo tako kategorizirane kot zvezne okoljske spremenljivke
- uporablja učinkovite algoritme, ki zagotavljajo optimalno verjetnostno porazdelitev
- prevelikemu prileganju modela se lahko izognemo z regularizacijo
- pri izdelavi modela obstaja možnost upoštevanja pristranskega vzorčenja
- karta napovedi je zvezna, kar omogoča večje možnosti analize rezultatov.

2.4.4.1 Ocenjevanje uspešnosti modela

Model, izdelan v programu Maxent, prikaže zvezno napoved razširjenosti, zato za oceno uspešnosti modela lahko uporabimo metode, ki so neodvisne od izbire praga. Prednost takega - logističnega prikaza je nepristranskost v primerjavi z binarnim prikazom (Elith in sod., 2011), kjer je izbira praga le stežka objektivna in nepristranska (Jiménez-Valverde in Lobo, 2007; Liu in sod., 2005, 2016).

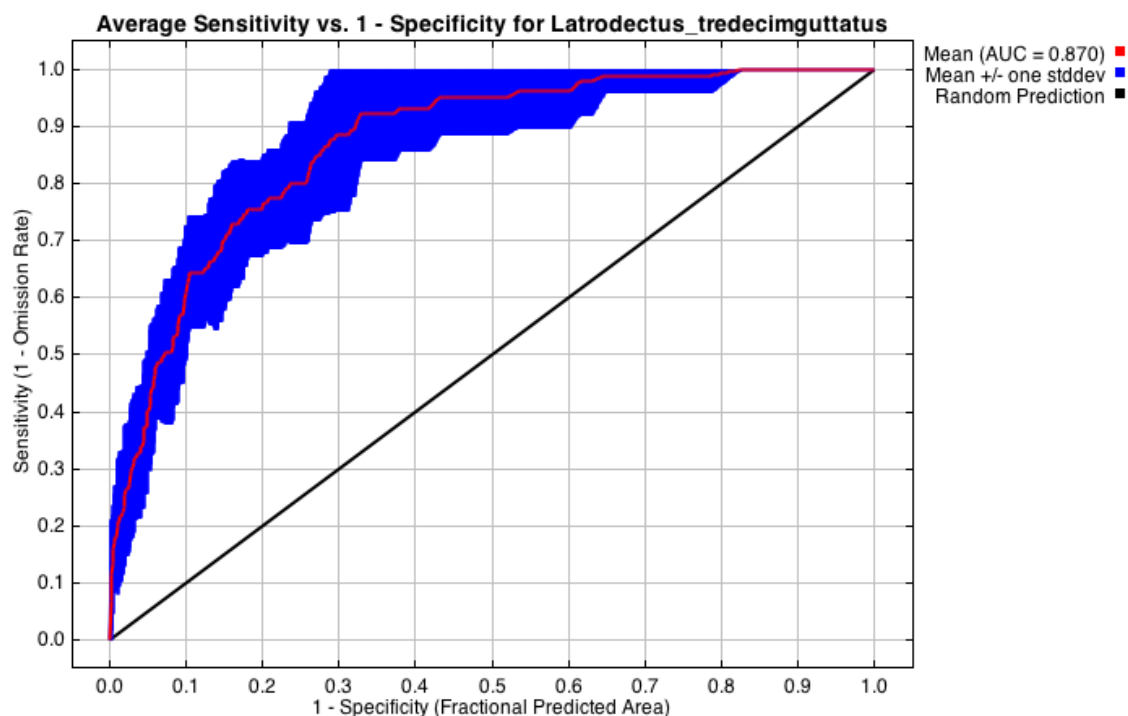
Ena najbolj uporabljenih metod za ocenjevanje uspešnosti modela je metoda AUC (angl. area under the receiver operating characteristic curve) (Fielding in Bell, 1997). Ta predstavlja merilo, ki rangira lokacije glede na uspešnost napovedi in je neodvisno od izbire praga (Merow in sod., 2013; Phillips in sod., 2006). Vrednost AUC je tako verjetnost, da bo naključno izbrana lokacija pojavljanja rangirana višje kot naključno izbrana lokacija iz ozadja (Merow in sod., 2013). Temelji na krivulji ROC (angl. receiver operating characteristic curve) in ovrednoti sposobnost razlikovanja modela med podatki o prisotnosti in odsotnosti preučevane vrste (Fielding in Bell, 1997). Najvišjo AUC vrednost 1 ima model, ki popolnoma razlikuje med podatki, vrednost 0,5 pa ta metoda pripiše popolnoma naključnemu modelu. Elith (2000) kot uporabne omenja modele z AUC vrednostmi nad 0,75.

Krivulja ROC (Slika 5) grafično prikazuje odnos med specifičnostjo in občutljivostjo. Občutljivost (angl. sensitivity) predstavlja delež pravih napovedi in je prikazana na ordinatni osi. Specifičnost pa kaže deleže primerov, ki pravilno napovedujejo odsotnost in jo nanašamo na abscisno os (kot enačba: $1 - \text{specifičnost}$). Krivulja ROC prikazuje vrednosti za vse možne vrednosti praga od 0 do 1 (Fielding in Bell, 1997).

Pri modelih, ki uporabljajo le podatke o prisotnosti, podatkov o odsotnosti, s katerimi bi izračunali specifičnost, nimamo. Takrat namesto enačbe $1 - \text{specifičnost}$ uporabimo delež napovedane prisotnosti (Phillips, 2006).

Program izdela grafe krivulje ROC in izračuna vrednosti AUC. Rdeča krivulja prikazuje prileganje modela podatkom, uporabljenim za izdelavo, modra pa prileganje modela

podatkom, uporabljenim za testiranje uspešnosti modela, in je pravi pokazatelj uspešnosti modela (Phillips, 2006).



Slika 5: Krivulja ROC, ki prikazuje uspešnost napovedi modela. Rdeča črta prikazuje povprečne vrednosti vseh ponovitev izdelave modela, modra pa povprečne vrednosti \pm standardno deviacijo. Črna črta prikazuje uspešnost naključne napovedi.

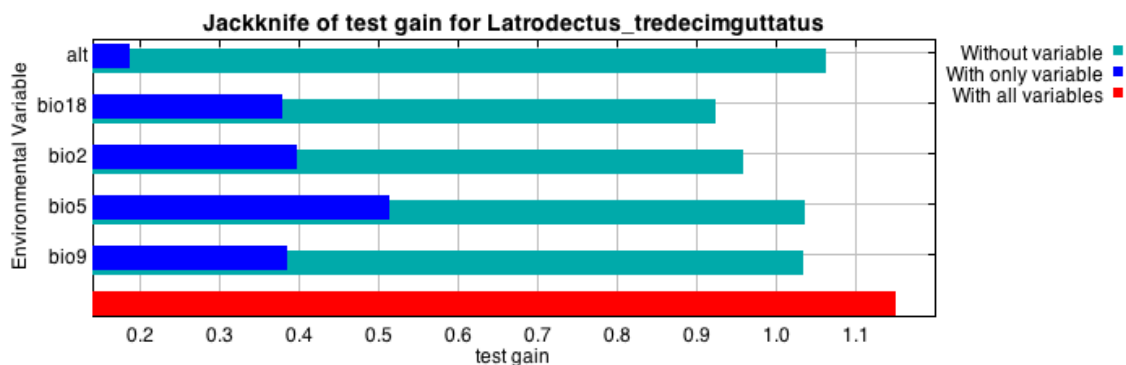
V zadnjem času se pojavlja vse več raziskav, ki opozarjajo na slabosti metode AUC (Lobo in sod., 2008; Peterson in sod., 2008). Metoda namreč ne ponuja informacije o prostorski porazdelitvi napak modela, velikost območja raziskave pa močno vpliva na delež pravilno napovedanih odsotnosti in posledično tudi na vrednost AUC (Lobo in sod., 2008). Ena od možnih rešitev je generiranje bolj realističnih nepravilnih odsotnosti (Lobo in sod., 2006). Peterson in sodelavci (2008) predlagajo spremembe ROC analize in vpeljejo novega parametra E, ki ga določi uporabnik in predstavlja količino še sprejemljive napake vzdolž Y osi (pravilno napovedanih prisotnosti) glede na zahteve raziskave.

2.4.4.2 Ocena pomena pozamezne okoljske spremenljivke za izdelavo modela

Program Maxent nam poleg krivulje ROC in AUC vrednosti izračuna tudi prispevek posamezne okoljske spremenljivke za izdelavo modela. Prispevek posamezne spremenljivke je podan na dva načina. Prvi način opisuje prispevek spremenljivke (v odstotkih) pri izdelavi napovedi modela. Ob interpretaciji tovrstnih rezultatov pa je potrebna previdnost, saj ob spremenljivkah, ki močno korelirajo, metoda eni od spremenljivk pripiše visok prispevek, ostalim pa sorazmerno majhnega. Drugi način je metoda Jackknife, ki vrednost spremenljivk poda v obliki »gain« vrednosti. Pomen posamezne spremenljivke izračuna tako, da oceni uspešnost modela, izdelanega le z uporabo ocenjevane spremenljivke. Spremenljivka z najvišjo »gain« vrednostjo nosi najbolj uporabne informacije.

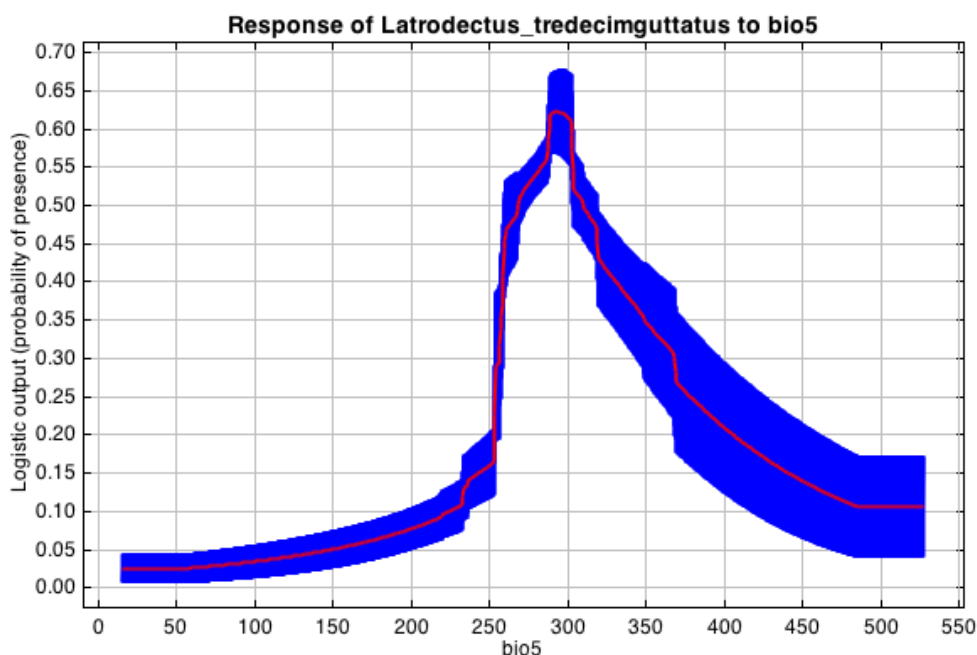
Zelo informativen je tudi prikaz uspešnosti modela z uporabo vseh spremenljivk, razen ocenjevane, saj nam pokaže, da spremenljivka z najnižjo vrednostjo nosi največ informacij, ki jih druge spremenljivke ne vključujejo. »Gain« vrednosti so izračunane za učne in testne podatke (Elith in sod., 2011; Phillips, 2006).

Na sliki 6 je tako razvidno, da spremenljivka »bio5« nosi najbolj uporabne informacije (temno modra črta). Svetlo modra črta pri spremenljivki »bio18« pa kaže na to, da je bila napoved modela najmanj uspešna ob odsotnosti te spremenljivke. To pomeni, da nosi informacije, ki jih druge spremenljivke ne. Rdeča črta kaže uspešnost modela ob uporabi vseh spremenljivk.



Slika 6: Rezultati testa Jackknife, s katerim ugotovljamo pomen posamezne spremenljivke za izdelavo napovedi modela. Temno modra črta prikazuje uspešnost modela z uporabo le ocenjevane spremenljivke. Svetlo modra črta prikazuje uspešnost modela brez uporabe ocenjevane spremenljivke. Rdeča črta pa uspešnost modela z uporabo vseh spremenljivk.

Na sliki 7 vidimo krivulje odziva (angl. response curves), ki jih program izdelava za posamezne spremenljivke. Graf na y osi prikazuje vrednosti napovedane verjetnosti prisotnosti, na x osi pa so navedene vrednosti spremenljivke. Rdeča krivulja prikazuje povprečje vseh krivulj odziva za izbrano spremenljivko, modra krivulja pa razpon krivulj odziva za okoljsko spremenljivko. Iz grafa lahko preprosto odčitamo optimalne vrednosti spremenljivke za vrsto.



Slika 7: Primer odzivne krivulje za okoljsko spremenljivko bio5 (najvišja temperatura najbolj toplega meseca). Rdeča črta prikazuje povprečje vseh ponovitev izdelave modela, modra barva pa prikazuje povprečje \pm standardno deviacijo.

2.4.5 Prostorske analize razširjenosti pajkov

Modeli potencialne razširjenosti vrste so bili večkrat uporabljeni tudi za napovedi razširjenosti vrst pajkov. Takšne napovedi so uporabne predvsem, ko gre za medicinsko pomembne vrste (Krehenwinkel in sod., 2016; Saupe in sod., 2011; Vink in sod., 2010), ogrožene vrste (Dias in sod., 2011; Jiménez-Valverde in Lobo, 2006) ali invazivne vrste pajkov (Simó in sod., 2011; Vink in sod., 2010). Seveda ne gre zanemariti tudi drugih raziskav, ki so se ukvarjale z modeliranjem razširjenosti vrst pajkov v različnih habitatih in delih sveta (Barrientos in Cardoso, 2007; Knapič, 2012; Richardson in sod., 2006; Rubio in sod., 2010; Rubio in Acosta, 2011; Vierling in sod., 2011).

2.5 KLIMATSKE SPREMEMBE

Pojem klimatske spremembe označuje spreminjanje desetletja ustaljenih vremenskih vzorcev. Vzroki za te spremembe so lahko antropogene in neantropogene narave. Med slednje na primer spadajo spremembe v sončnem sevanju in vulkanizem, ki pripomorejo k naravni variabilnosti podnebnega sistema. Nasprotno pa je del podnebnih sprememb posledica človekove dejavnosti, katere največji vpliv se je začel z industrijsko revolucijo in masovno uporabo fosilnih goriv, ki vpliva na plinsko sestavo atmosfere.

Naravna variabilnost, ki je posledica atmosferskih procesov, je prisotna na vseh časovnih skalah. Lahko jo zaznamo na kratki časovni skali v obliki kondenzacije vodne pare v oblakih, ki se zgodi v nekaj trenutkih. Druge komponente podnebnega sistema, kot so ocean in večji fragmenti morskega ledu, pa delujejo na mnogo daljši časovni skali (IPCC, 2016).

2.5.1 Scenariji RCP (angl. Representative Concentration Pathways)

Scenariji opisujejo štiri možne poti gibanja koncentracij toplogrednih plinov v ozračju (Moss in sod., 2008; Vuuren in sod., 2011). Scenariji obsegajo obdobje od 1850 do 2100, možno pa je pridobiti tudi dodatke, ki segajo celo do leta 2300 (Meinshausen in sod., 2011). Scenariji napovedujejo različno visoke pozitivne vrednosti radiacijskih razlik (angl. radiative forcing) - od 2,6 do 8,5 W/m² ob koncu stoletja (Preglednica 1). Radiacijske razlike so razlike med sončno energijo, ki je absorbirana v atmosfero, ter energijo, ki z Zemlje odseva nazaj v vesolje. Pozitivna vrednost pomeni ogrevanje sistema, negativna pa ohlajanje.

2.5.1.1 RCP2.6 (Vuuren in sod., 2007)

Scenarij predvideva vrh količine emisij toplogrednih plinov v letih med 2010 in 2020 ter kasnejši upad količine emisij. Povprečna temperatura naj bi se po tem scenariju do konca stoletja dvignila za eno stopinjo Celzija.

2.5.1.2 RCP4.5 (Clarke in sod., 2007; Smith in Wigley, 2006; Wise in sod., 2009)

Vrh količine emisij toplogrednih plinov po RCP4.5 je predviden okrog leta 2040. Predviden dvig povprečne temperature ozračja ob koncu stoletja je od 1,1 do 2,6 °C.

2.5.1.3 RCP6.0 (Fujino in sod., 2006; Hijioka in sod., 2008)

Po scenariju RCP6.0 naj bi količina emisij toplogrednih plinov vrhunec dosegla okrog leta 2080 in kasneje upadla. Povprečna temperatura naj bi se dvignila za 2,2 °C.

2.5.1.4 RCP8.5 (Riahi in sod., 2007)

Scenarij RCP8.5 predvideva nadaljnje naraščanje količine emisij toplogrednih plinov tekom 21. stoletja, kar bo vodilo do dviga povprečne temperature za 3,7 °C.

Preglednica 1: Scenariji RCP in napovedi zviševanja povprečne temperature v 21. stoletju.

	Scenarij	2046-2065		2081-2100	
		Povprečje	Razpon vrednosti	Povprečje	Razpon vrednosti
Razlika v povprečni temperaturi pri tleh (v °C)	RCP2.6	1	0,4 do 1,6	1	0,3 do 1,7
	RCP4.5	1,4	0,9 do 2,0	1,8	1,1 do 2,6
	RCP6.0	1,3	0,8 do 1,8	2,2	1,4 do 3,1
	RCP8.5	2	1,4 do 2,6	3,7	2,6 do 4,8

2.5.2 Vpliv klimatskih sprememb

Vpliv klimatskih sprememb na kopenske in vodne ekosisteme še ni popolnoma znan, se pa v zadnjem času pojavljajo raziskave, ki se ukvarjajo s tem vprašanjem. Parmesan in Yohe (2003) govorita o dveh pojavih, ki kažeta pozitivno korelacijo s klimatskimi spremembami. V povprečju se je areal razširjenosti 99. vrst (ptic, metuljev in alpskih zelišč) premaknil za 6,1 (\pm 2,4) km na sever/proti severu in 1 m nadmorske višine navzgor. Drugi pojav, ki ga opisujeta, so fenološke spremembe, ki sta jih opazovala pri 172 vrstah (zelišč, grmovnic, dreves, ptic, metuljev in dvoživk). Povprečno so se spomladanski cikli pri preučevanih organizmih pričeli 2,3 dni prej.

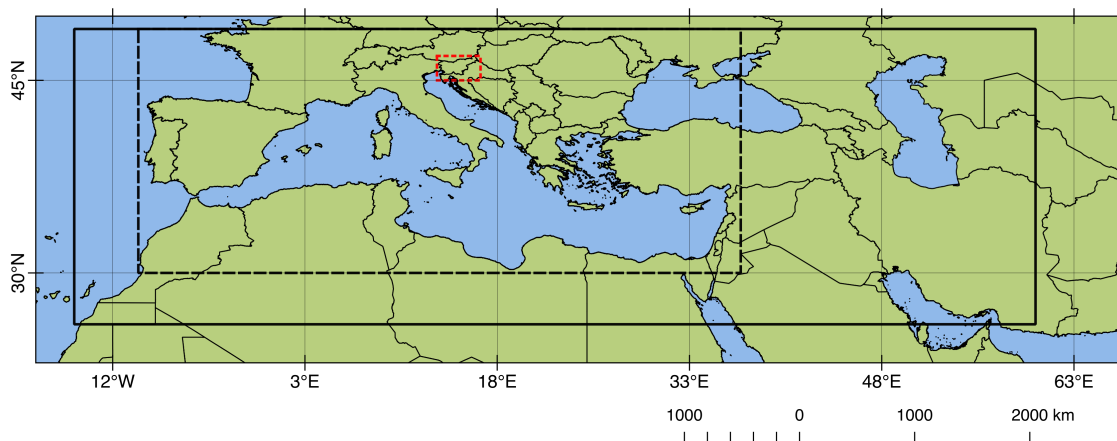
Posledice v morskih ekosistemih so še bolj očitne, kar se kaže v dvigu povprečne temperature vode (Lejeune in sod., 2010), v spremembah oceanskih tokov (Böning in sod., 2008; Kanzow in Visbeck, 2009), tropikalizaciji oz. širjenju tropskih vrst v vodna telesa zmernih zemljepisnih širin (Bello in sod., 2004; Bianchi in Morri, 2003; e Costa in sod., 2014; Vergés in sod., 2014). Posledica višje temperature vode je tudi bledenje koral in koralnih grebenov (Baker in sod., 2008; Glynn, 1993; Parmesan, 2006). Tudi v celinskih vodah prihaja do sprememb v sestavi združb in fizikalno-kemijskih lastnosti vode (Durance in Ormerod, 2007).

Posledice klimatskih sprememb se kažejo tudi pri organizmih in združbah kopenskih ekosistemov (Graham in Grimm, 1990). Evju in Bruteig (2013) sta primerjala združbo lišajev v 15-letnem intervalu in ugotovila spremembe zaradi onesnaženja ter klimatskih sprememb. Vpliv podnebnih sprememb se kaže tudi pri netopirjih (Sherwin in sod., 2013), visokogorskih sesalcih (Rubidge in sod., 2012; Wu, 2015), dvoživkah (Blaustein in sod., 2010; Carey in Alexander, 2003; Lips in sod., 2008), pticah (Both in sod., 2004; Crick, 2004) in tudi različnih skupinah nevretenčarjev (Dell in sod., 2005; Githeko in sod., 2000; Hassall, 2015; Ott, 2001; Sparks in sod., 2007; Wilson in Maclean, 2010). Prizanešeno ni niti rastlinskim združbam (Cannone in Pignatti, 2014; Huntley, 1991; Jump in Peñuelas, 2005). Frekvenca, trajanje in obseg gozdnih požarov so v porastu (Dale in sod., 2001; Gillett in sod., 2004). Spreminjajo se tudi območja razširjenosti rastlinskih vrst (Cannone in Pignatti, 2014; Fordham in sod., 2012; Santonja in sod., 2015).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBMOČJE RAZISKAVE

Izdelali smo model za območje celotnega areala črne vdove. Meje areala smo določili glede na zbrane podatke o pojavljanju po letu 1950. To časovno obdobje smo izbrali zato, ker bioklimatski sloji, ki smo jih uporabili pri izdelavi modela, temeljijo na klimatskih podatkih od leta 1950 naprej. Nato smo se osredotočili na območje Sredozemlja in natančneje še na območje Istre, kjer živi populacija črne vdove, ki bi se lahko razširila tudi na ozemlje Slovenije. Ko bomo v nadaljevanju uporabljali izraz areal, imamo v mislih geografsko območje, od koder so zbrani podatki o pojavljanju črne vdove.



Slika 8: Območja raziskave, za katera smo izdelali modele. Pravokotnik z neprekinjeno črno predstavlja območje areala, ki smo ga določili iz pridobljenih podatkov. Pravokotnik s prekinjeno črto predstavlja območje Sredozemlja, rdeči pravokotnik s prekinjeno črto pa območje Slovenije, na katerega smo projicirali rezultate modela Sredozemlja.

3.2 OPIS OBMOČJA

Območje raziskave obsega dele treh celin stikajočih se ob Sredozemskem morju, ki velja za vročo točko biodiverzitete (Myers in sod., 2000) in vključuje južno polovico Evrope, obalni del severne Afrike in območje Bližnjega vzhoda do Irana. Kljub temu, da gre za relativno ozek pas zemljepisnih širin in večji del območja leži v zmernem pasu (Slika 8), pa gre za geografsko in klimatsko izredno raznoliko območje. Na območju raziskave prevladuje sredozemsko podnebje, ki se na vzhodu prevesi v stepsko in semi-aridno, na zahodu pa v oceansko (Peel in sod., 2007). Tudi geografsko in geološko gre za zelo pestro območje. Iz

nižinskih predelov vzhodne Evrope, Panonske in Padske nižine se dvigajo visoka gorstva (npr. Pireneji, Apenini, Dinaridi, Alpe, Karpati). Velik del celinske Španije leži na visoki planoti Meseta (od 600 do 700 m.n.m.) in zato tam prevladujejo celinske podnebne razmere, ki jih sicer ne bi pričakovali na tej zemljepisni širini. Tudi severna Afrika je pestro območje z razgibanim reliefom, kjer sredozemsko podnebje preko aridnega hitro preide v puščavsko. Sicer prevladujejo nižje nadmorske višine, na zahodu pa gorovje Atlas dosega tudi do 2400 metrov nadmorske višine. Na Bližnjem vzhodu sredozemsko podnebje prehaja v stepsko, aridno in puščavsko. Na območjih ob Črnem morju se pojavlja celo oceansko, v nekaterih predelih centralne Turčije pa celinsko podnebje. Relief območja je zelo razgiban, z nižinskimi predeli v Iraku ter gorstvi v Turčiji, Gruziji, Armeniji, Azerbajdžanu in Iranu.

3.3 ZBIRANJE PODATKOV

Podatkov o pojavljanju sredozemske črne vdove ni veliko. V literaturi (Maretić in Lebez, 1979) prevladujejo podatki o primerih latrodektizma iz medicinskih publikacij. Za namene modeliranja pa taki podatki niso dovolj natančni.

Podatke smo iskali v objavljenih znanstvenih člankih, pregledih favne in digitalnih podatkovnih zbirkah (GBIF). Publikacije, ki omenjajo črno vdovo, se začnejo z letom 1790, ko je Rossi objavil *Fauna Etrusco* (Rossi, 1790).

Podatke smo zbirali tudi preko osebnega kontaktiranja araneologov in inštitucij v Evropi. Na ta način smo zbrali kar nekaj novejših podatkov.

S programom OpenOffice smo zbrane podatke uredili in vnesli v razpredelnico. Prva vrstica razpredelnice je vsebovala podatke o družini, rodu in vrsti pajka. Vrsta je bila zapisana z veljavnim imenom. Drugi podatki v razpredelnici so še zemljepisna širina in dolžina lokalitete, kjer je bil pajek najden. Koordinate smo zapisali v WGS 1984 koordinatnem sistemu. Če smo prejeli podatek o najdbi s koordinatami v drugem koordinatnem sistemu, smo jih v sistem WGS84 pretvorili s pomočjo pretvornika na spletni strani www.geoplaner.com.

V primeru, da poleg podatka o najdbi pajka ni bilo navedenih koordinat ali pa opis lokalitete ni bil natančen, smo, podobno kot Knapič (2012), koordinate določili po najbližjem topominu na zemljevidu (kraju ali drugem topografskem objektu).

Nekatere publikacije so vsebovale karte z vrisanimi lokacijami najdb črne vdove (Landeka in Plenković, 2003; Melic in sod., 2006), ni pa bilo navedenih točnih koordinat. V teh primerih smo z računalniškim programom QGIS (QGIS Development Team, 2016) in orodjem Georeferencer (Raster > Georeferencer) karte iz publikacij georeferencirali (umestili v geografski prostor) in nato odčitali koordinate vrisanih lokalitet. Natančnost vrisanih točk je sicer vprašljiva, a zaradi uporabljene ločljivosti okoljskih spremenljivk (5 geografskih minut) to ne bi smelo imeti vpliva na napoved modela (Graham in sod., 2008; Guisan in sod., 2007).

V razpredelnici je naveden tudi vir podatka, kdo je vrsto določil, lokaliteta (ožje območje najdbe), regija, datum najdbe in leto najdbe (če sta bila navedena), publikacija, kjer je bil podatek objavljen, in zbirka, če gre za podatek iz zbirke.

Zbrali smo tudi nekaj publikacij, ki jih bodisi zaradi jezika ali uporabljene pisave nismo uspeli prebrati/razumeti, zato podatkov posledično nismo uporabili.

3.4 OKOLJSKE SPREMENLJIVKE IN PRIPRAVA BIOKLIMATSKIH SLOJEV

Za izdelavo modela smo uporabili bioklimatske sloje, ki so dostopni na spletni strani WorldClim (www.worldclim.org) (Hijmans in sod., 2005). Med njimi enajst slojev opisuje različne temperaturne podatke, osem pa podatke o padavinah. Podrobnejši opis posameznih bioklimatskih slojev je podan v preglednici 2. Uporabili smo tudi sloj, pri katerem/kjer posamezne celice nosijo podatek o povprečni nadmorski višini v celici.

Za potrebe modela s celotnega območja zbranih podatkov ter območja Sredozemlja smo uporabili sloje z ločljivostjo 5 geografskih minut (približno 10x10 km), za natančnejši model območja Slovenije pa sloje z ločljivostjo 30 geografskih sekund (približno 1x1 km). Sloje z ločljivostjo 5 geografskih minut smo izbrali zaradi velikega območja modeliranja in možnih

nenatančnih koordinat pri najdbah pajka. Tako smo se izognili tudi napaki v primerih, ko smo zaradi pomanjkanja koordinat podatku o pojavljanju črne vdove pripisali koordinate najbližjega mesta.

Preglednica 2: Bioklimatske spremenljivke, ki so dostopne na portalu WorldClim. S poudarjeno pisavo so označene spremenljivke, ki smo jih uporabili v nadaljnji analizi.

Kratica	Bioklimatska spremenljivka	Enota
bio1	povprečna letna temperatura	°C
bio2	povprečni dnevni razpon (povprečje mesečne (max temp. - min temp.))	°C
bio3	izotermalnost (bio2/bio7)(*100)	°C
bio4	sezonskost temperatur (standardni odklon *100)	°C
bio5	najvišja temperatura najbolj toplega meseca	°C
bio6	najnižja temperatura najbolj hladnega meseca	°C
bio7	letni razpon temperatur (bio5-bio6)	°C
bio8	povprečna temperatura najbolj vlažnega četrletja	°C
bio9	povprečna temperatura najbolj sušnega četrletja	°C
bio10	povprečna temperatura najbolj toplega četrletja	°C
bio11	povprečna temperatura najbolj hladnega četrletja	°C
bio12	letna količina padavin	mm
bio13	padavine v najbolj vlažnem mesecu	mm
bio14	padavine v najbolj sušnem mesecu	mm
bio15	sezonskost padavin (koeficient variacije)	mm
bio16	padavine v najbolj vlažnem četrletju	mm
bio17	padavine v najbolj sušnem četrletju	mm
bio18	padavine v najbolj toplem četrletju	mm
bio19	padavine v najbolj hladnem četrletju	mm

3.4.1 Izbira okoljskih spremenljivk

Bioklimatske spremenljivke smo izbrali glede na biološke in ekološke značilnosti preučevane vrste. Iz literature (Maretić in Lebez, 1979) in ustnih virov (Landeka, osebna komunikacija) smo se odločili za osem spremenljivk, ki so najbolj omejujoče za črno vdovo. Te so označene s poudarjeno pisavo v preglednici 2. Sklepali smo, da je najbolj omejujoča vlaga v najbolj vročih in sušnih mesecih ter najnižja temperatura najbolj hladnega obdobja. Naknadno smo izračunali tudi faktor VIF (angl. Variance Inflation Factor), ki je pokazal na močno korelacijo nekaterih izbranih spremenljivk. Za izračun smo uporabili program RStudio (RStudio Team, 2015) in paketa »raster« (za uvoz rastrov) ter »HH« (za izračun VIF) (Heiberger, 2015). Tako smo izmed osmih spremenljivk izbrali štiri z najnižjim VIF. V literaturi je kot še sprejemljiva navedena VIF vrednost 10 (Dormann in sod., 2013), a smo za model uporabili tudi sloj bio18, katerega VIF vrednost rahlo presega mejo 10 (vrednost 12,92). Izbrani sloji so poudarjeni v preglednici 3.

Preglednica 3: Rezultati VIF analize. S poudarjeno pisavo so označene spremenljivke, ki smo jih uporabili v nadaljnji analizi.

Kratica	VIF
bio11	126,25768
bio14	71,746525
bio17	71,246351
bio18	12,919426
bio2	8,870545
bio5	6,472221
bio6	106,17742
bio9	7,594577

3.4.2 Priprava slojev

Okoljski sloji morajo biti za uporabo v programu Maxent v ascii (.asc) formatu. Zato smo sloje, ki smo jih pridobili na spletni strani WorldClim, najprej pretvorili v ustrezen format. Uporabili smo program QGIS (QGIS Development Team, 2016), v katerega smo uvozili rasterske sloje. Z orodjem za pretvorbo formatov (Raster > Conversion > Translate (Convert

format)) smo sloje pretvorili v format ascii (končnica .asc). Sloje smo nato obrezali na obseg preučevanih območij. Uporabili smo orodje Clipper (Raster > Extraction > Clipper). Obseg območij je bil sledeč:

- Za namen modela razširjenosti v celotnem arealu smo sloje omejili na geografsko območje od 26° do 49° severne geografske širine ter od 15° zahodne geografske dolžine do 60° vzhodne geografske dolžine.
- Za model na območju Sredozemlja smo sloje omejili na geografsko območje od 30° do 49° severne geografske širine ter od 10° zahodne geografske dolžine do 37° vzhodne geografske dolžine.
- Za model na območju Istre in Slovenije smo sloje omejili na geografsko območje od 45° do 47° severne geografske širine ter od 13° do 17° vzhodne geografske dolžine.
- Za model razširjenosti v prihodnosti na območju Evrope smo sloje omejili na geografsko območje od 27° do 72° severne geografske širine ter od 12° zahodne geografske dolžine do 42° vzhodne geografske dolžine.

3.4.3 Okoljske spremenljivke s podatki za prihodnost

Za izdelavo napovedi o potencialni razširjenosti črne vdove leta 2050 smo uporabili okoljske sloje za prihodnost, ki so dostopni na portalu WorldClim (Hijmans in sod., 2005). Gre za globalne klimatske modele (angl. GCM - Global Climate Model). Ti modeli temeljijo na štirih scenarijih povečevanja toplogrednih plinov v ozračju. Uporabili smo rezultate modela BCC-CSM1.1 (Xin in sod., 2012), ki so ga izdelali v Klimatskem centru v Pekingu (angl. BCC - Beijing Climate Center). Za izdelavo napovedi smo uporabili enake spremenljivke kot pri modelih za trenutne razmere (to so bio2, bio5, bio9, bio18 in alt). Območje napovedi pa smo razširili na celotno Evropo. Sloje smo za program Maxent pripravili na enak način, kot je opisan v prejšnjem poglavju.

Uporabili smo globalne klimatske modele za vse štiri scenarije povečevanja toplogrednih plinov v ozračju (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 in RCP8.5).

3.5 NASTAVITVE PROGRAMA MAXENT

Okoljske sloje smo predhodno pripravili (ustrezen format in geografski obseg). Podatke smo uredili v tabelo s tremi stolpci (vrsta, zemljepisna širina, zemljepisna dolžina) in jih shranili v formatu CSV (comma separated values). V programu Maxent smo izbrali izdelavo krivulj odziva (angl. Response curves) in testa Jackknife. Izbrani izhodni format je bil »Logistic«.

Dodatne nastavitve, ki smo jih uporabili, so sledeče. »Random seed«, odstotek testnih podatkov: 30, regularizacija: 2.5, število ponovitev: 100, tip ponovitve: podvzorec (angl. subsample).

Ob izdelavi modela za območje Sredozemlja smo za projekcijske sloje izbrali sloje z ločljivostjo 30 geografskih sekund, ki smo jih predhodno omejili na območje severne Istre in Slovenije.

3.6 ANALIZA PODATKOV

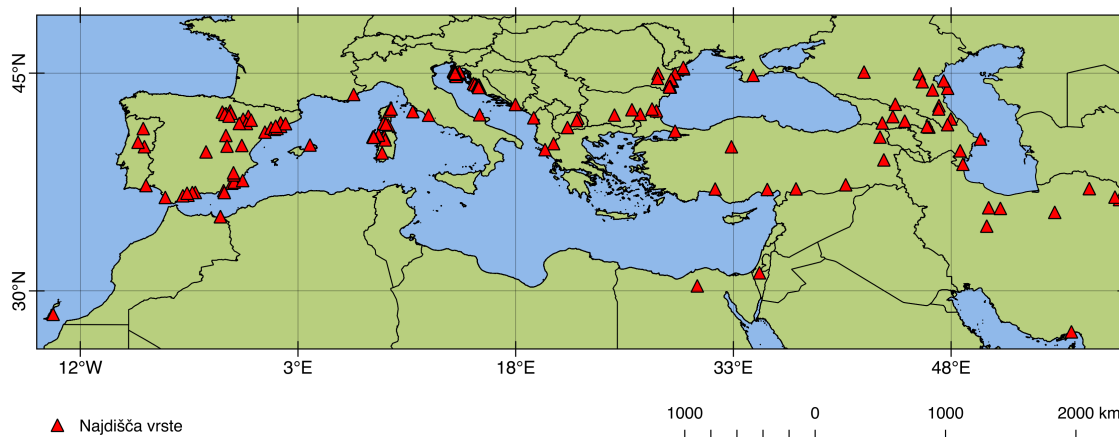
Za oceno uspešnosti napovedi modela program Maxent izdelava krivuljo ROC in izračuna vrednosti AUC. S testom Jackknife ovrednoti pomen in prispevek posameznih okoljskih spremenljivk za izdelavo napovedi. Uspešnost modela smo ugotavljali tudi s primerjavo napovedi ter znanih lokacij pojavljanja črne vdove.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 ZBIRANJE PODATKOV

Zbrali smo 165 novejših (od leta 1950 naprej) podatkov o prisotnosti sredozemske črne vdove. Podatki se raztezajo od Portugalske, Kanarskih otokov ter Maroka na zahodu do Irana na vzhodu. Najsevernejši podatki se pojavljajo okrog 45° severne zemljepisne širine, najjužnejše najdišče pa leži na 27° severne zemljepisne širine (Slika 9). Celotno območje zbranih podatkov v nalogi imenujemo areal.

Podatki se ponekod pojavljajo zelo zgoščeno (npr. v Španiji, na Sardiniji, Korziki, v Istri), medtem ko so drugod bolj enakomerno razporejeni. Nekateri avtorji za primere neenakomerne razporeditve podatkov v prostoru predlagajo uporabo tako imenovanega pristranskega (angl. bias) sloja, ki obteži celice glede na gostoto podatkov v prostoru (Costa in sod., 2010; Kramer-Schadt in sod., 2013; Merow in sod., 2013). Ta sloj smo tudi pripravili ter primerjali rezultate modela za območje celotnega areala ob uporabi pristranskega sloja in brez njega. Bistvenih razlik nismo zaznali, zato pri izdelavi modela za območje Sredozemlja in Slovenije omenjenega sloja nismo uporabili.

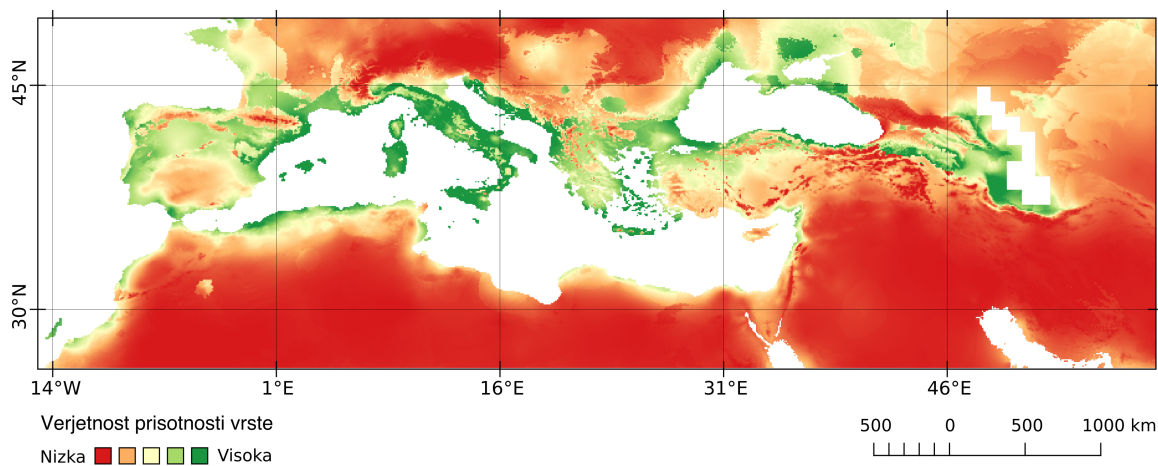


Slika 9: Karta območja raziskave s prikazanimi zbranimi podatki o pojavljanju črne vdove.

Zbrali smo tudi nekaj podatkov o pojavljanju v Albaniji, kjer potrjene najdbe še ni bilo (Nentwig in sod., 2016). Našli smo publikacijo, ki omenja najdbo črne vdove v dolini Vjose (GEO Biodiversity days, 2014), ter publikacijo, ki navaja dva primera smrti zaradi ugriza

črne vdove v Albaniji (Hoxha, 2006). Preko osebnega komuniciranja smo prejeli dva podatka o najdbi črne vdove na jugu Albanije.

4.2 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI VRST NA CELOTNEM OBMOČJU RAZISKAVE

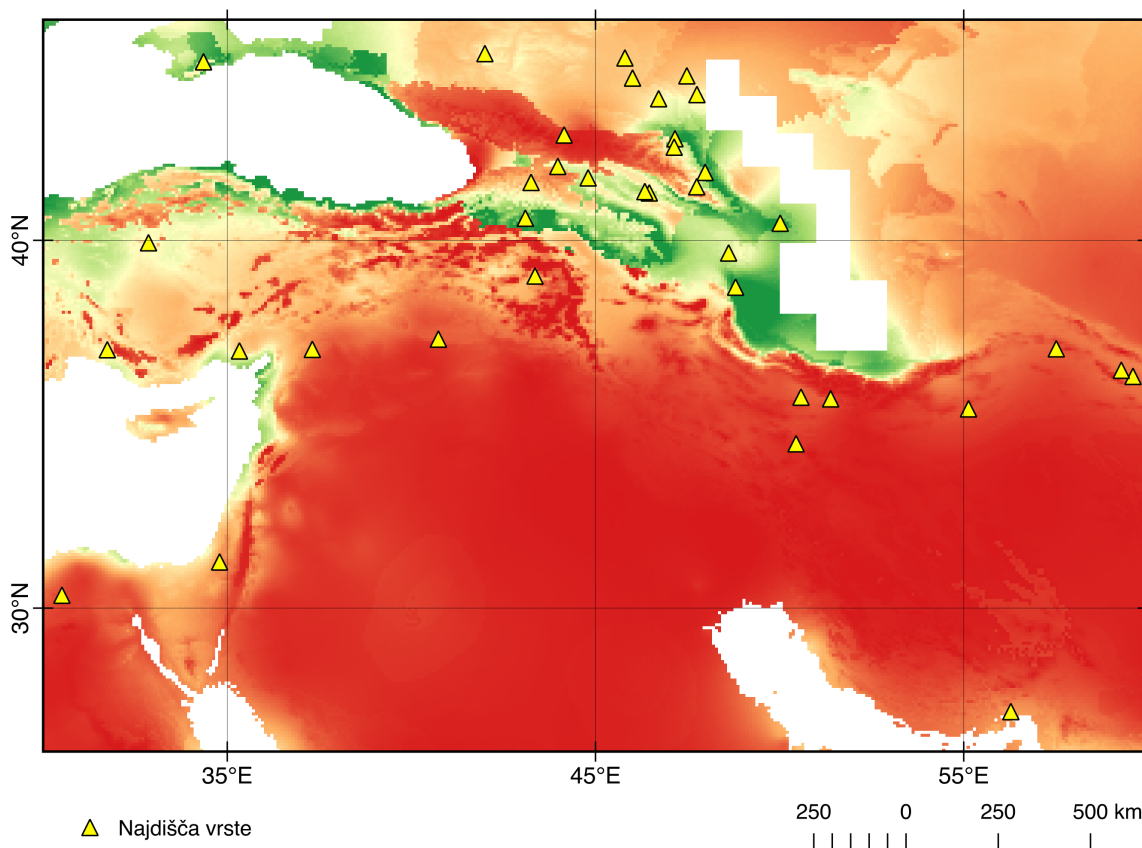


Slika 10: Zvezna napoved razširjenosti črne vdove na območju areala razširjenosti. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Karta (Slika 10) prikazuje napoved modela za celotno območje podatkov o pojavljanju črne vdove od leta 1950 dalje. Temno zelena in zelena barva označujeta področja, ki ga je model prepoznal kot izredno ugodnega za črno vdovo. Opaziti je ujemanje predvidene razširjenosti s tipičnim mediteranskim in submediteranskim podnebjem. Območje, kjer obstaja največja verjetnost, da se črna vdova pojavlja, so severni obalni del Maroka, Alžirije in Tunizije. V večjem delu Portugalske in Španije, na južni obali Francije, na Sardiniji, Korziki, Siciliji in na skoraj celotnem Apeninskem polotoku se prav tako kažejo ugodne razmere za črno vdovo. Ugodne razmere se kažejo tudi v ozkem pasu na vzhodni obali Jadranskega morja (v Sloveniji, Hrvaški, Bosni, Črni gori, Albaniji). Za črno vdovo primerne razmere so tudi v večjem delu Grčije in na otokih Egejskega morja in v Bosporski ožini. Tudi obala Črnega morja, deli Turčije ter ozemlje med Črnim morjem in Kaspijskim jezerom so, po modelu sodeč, zelo ugodni za preživetje črne vdove.

Ob pregledu podatkov o pojavljanju vrste pa ugotovimo, da se nekaj lokacij, kjer je bila črna vdova najdena, ne sklada z napovedjo modela. Večina teh lokacij je v skrajno vzhodnem in

južnem delu areala, kjer mediteransko podnebje že prehaja v aridno in semiaridno podnebje (Peel in sod., 2007). Na karti (Slika 11) je prikazana napoved modela in podatki o pojavljanju z območja neujemanja.



Slika 11: Deli Bližnjega vzhoda z označenimi najdišči vrste, kjer prihaja do razhajanja med napovedjo modela in podatki o prisotnosti. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Po posodobljeni Koppen-Geigerjevi klasifikaciji (Peel in sod., 2007) podnebnih razmer večina Irana ter jugovzhodni deli Turčije sodijo v hladni semi-aridni klimatski razred. Območje na jugu Izraela ter v Egiptu pa sodi v razred s toplim puščavskim podnebjem (Peel in sod., 2007). Večina podatkov o pojavljanju črne vdove prihaja iz Sredozemlja, kjer prevladujeta toplo in zmerno mediteransko podnebje. Na nekaterih lokacijah najdb črnih vdov gre celo za zmerno oceansko podnebje. Le v centralnem in južnem delu osrednje Španije se pojavlja hladno semi-aridno podnebje (Peel in sod., 2007). To je verjetno en od razlogov, zakaj je model ta območja prepoznal kot neugodna, saj so bili učni podatki

zgoščeni v sredozemskem območju. Obstaja tudi verjetnost, da izbrane okoljske spremenljivke ne zadoščajo za opis okoljskih razmer, ki v aridnih območjih ustrezajo vrsti. Možno je tudi, da so bili pajki, ujeti v teh območjih, napačno določeni. Ne izključujemo možnosti, da gre za drug ekotip ali celo podvrsto. Glede na to, da v različnem okolju na vrsto delujejo različni selekcijski pritiski, bi vsekakor lahko prišlo do prilagoditev, ki jih model, katerega glavnina učnih podatkov izvira iz Sredozemlja, ne bi zaznal. Ekološko modeliranje namreč ne privzema evlucijskega potenciala vrste. Za razjasnitev tega pojava bi bile potrebne nadaljnje raziskave na področju fiziologije posameznih populacij, ki presegajo okvire naloge.

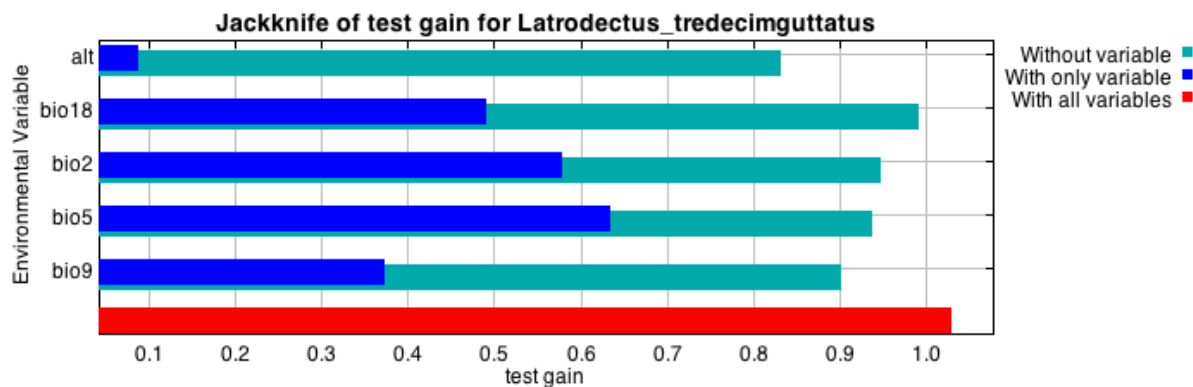
Zanimivo je tudi dejstvo, da model južnega in jugozahodnega dela obale Turčije ne prepozna kot ugodnega za črno vdovo, čeprav je tam tipična topla sredozemska klima (Peel in sod., 2007).

Preglednica 4: Prispevek posameznih okoljskih spremenljivk pri izdelavi modela.

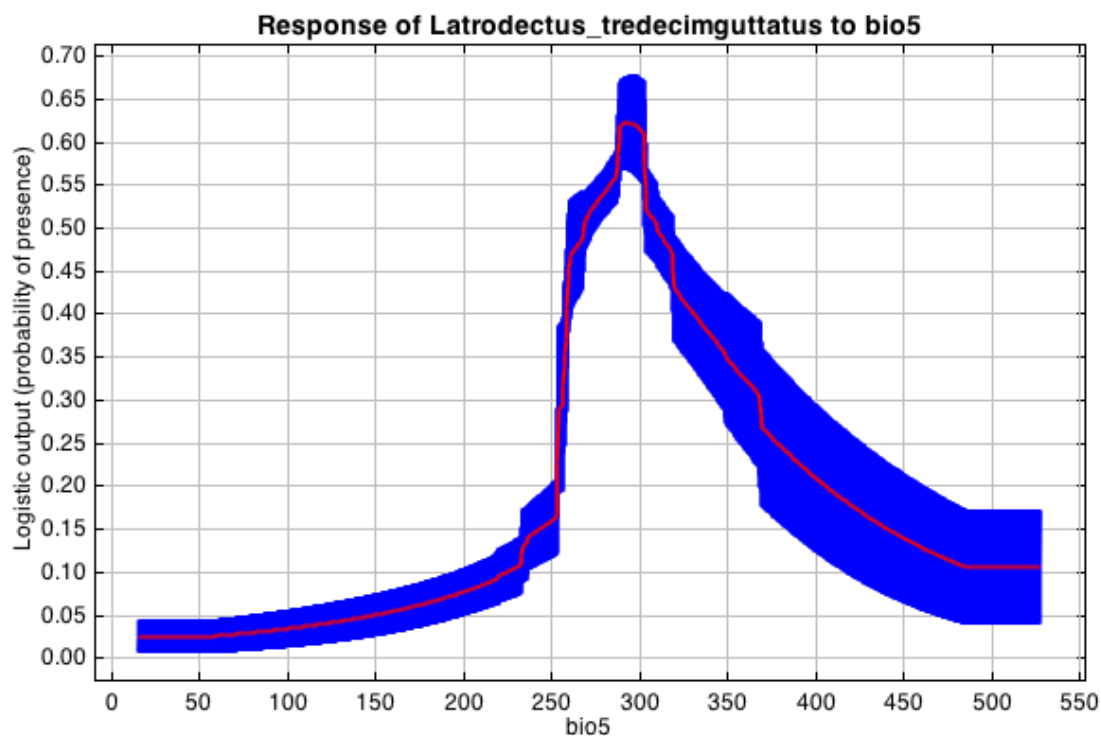
kratica	odstotek prispevka
bio5	46.1
bio2	22.4
bio18	13.4
bio9	10.8
alt	7.4

Iz preglednice 4 je razvidno, da se je pri modelu za celoten areal vrste za spremenljivko z največjim prispevkom pri napovedi izkazala »bio5« (najvišja temperatura najbolj toplega meseca). To ugotovitev potrjuje tudi test Jackknife, pri katerem najdaljši moder stolpec kaže na pomen spremenljivke za končno napoved modela (Slika 12). Največ informacij, ki jih ne vsebujejo druge spremenljivke, pa nosi nadmorska višina (spremenljivka »alt«) (Slika 12). To je smiselno, saj spremenljivka »alt« ne izvira iz vremenskih podatkov in je na nek način neodvisna od vseh ostalih spremenljivk. Ker smo z analizo VIF zaznali okoljske spremenljivke z močno korelacijo in jih kasneje pri izdelavi modela nismo uporabili, so prispevki posameznih spremenljivk primerljivi. V nasprotnem primeru bi prišlo do tega, da

bi model posamezni korelirajoči spremenljivki pripisal večinski delež, ostalim pa zelo majhnega, kar bi izkrivilo dejansko sliko pomena posamezne spremenljivke.



Slika 12: Prispevek posameznih spremenljivk pri napovedi modela. Temno modra črta prikazuje uspešnost modela z uporabo le ocenjevane spremenljivke. Svetlo modra črta prikazuje uspešnost modela brez uporabe ocenjevane spremenljivke. Rdeča črta pa uspešnost modela z uporabo vseh spremenljivk.



Slika 13: Krivulja odziva okoljske spremenljivke bio5. Rdeča črta prikazuje povprečje vseh ponovitev izdelave modela, modra barva pa prikazuje povprečje \pm standardno deviacijo. V grafu so vrednosti okoljske spremenljivke pomnožene z 10.

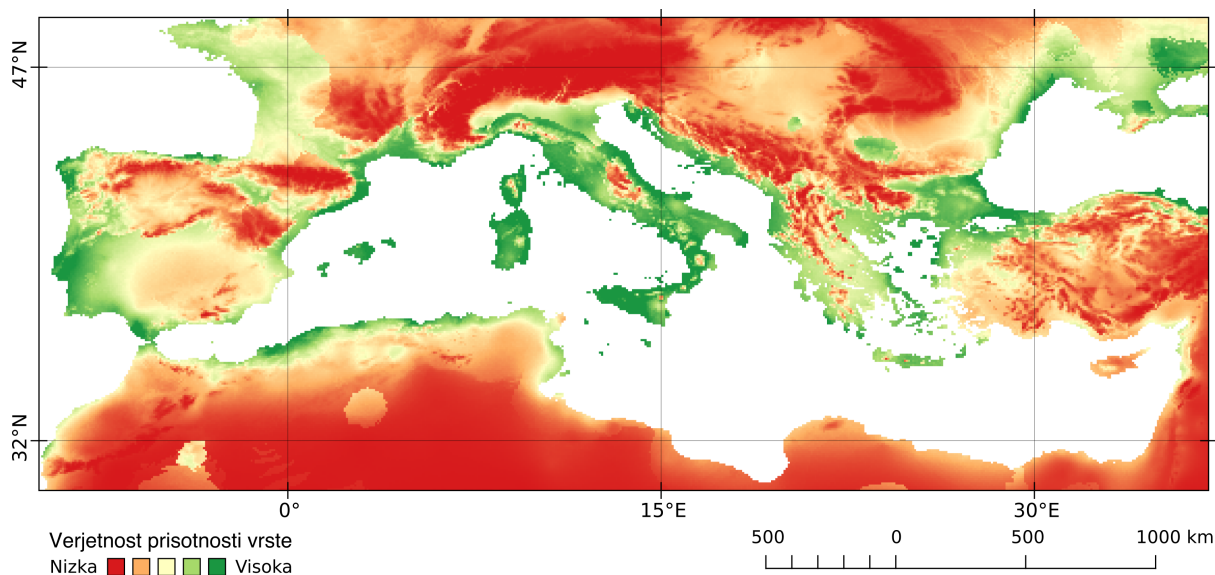
Natančneje smo analizirali krivuljo odziva za spremenljivko »bio5«, ki se je izkazala kot najbolj uporabna pri izdelavi napovedi. Na grafu je viden ozek optimalni temperaturni razpon tam, kjer je verjetnost prisotnosti vrste najvišja.

Ta se giblje med 25 in 32 °C (slika 13). Iz tega lahko sklepamo, da so visoke temperature in posledično pomanjkanje vlage zelo omejujoče za odrasle osebkke črne vdove.

To potrjujejo tudi opažanja Maretiča in Lebeza (1979). Prav tako so lahko za posamezne odrasle osebkke lahko omejujoč dejavnik nizke temperature. V Istri in Dalmaciji pride do prezimovanja odraslih osebkov le redko, saj ti preko zime običajno poginejo (Landeka, osebna komunikacija). To pa ne velja za jajca in zarodke v kokonu, ki so v laboratorijskih poskusih preživeli tudi zamrzovanje na -6 °C in kasnejše ogrevanje na sobno temperaturo (Maretić in Lebez, 1979).

Vsakoletni pogin odraslih osebkov tako za preživetje vrste na določenem območju ni problem, saj te prihodnjo pomlad nadomesti nova generacija. V primeru ugodnih temperaturnih razmer in zadostne količine vlage se lahko nova generacija izlega že v avgustu (Maretić in Lebez, 1979). Če se nova generacija pred zimo ne bi uspela pariti, bi to lahko pomenilo lokalno izumrtje vrste in bi bila za ponovno naselitev območja potrebna rekolonizacija iz okoliških območij.

4.3 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI VRSTE NA OBMOČJU SREDOZEMLJA



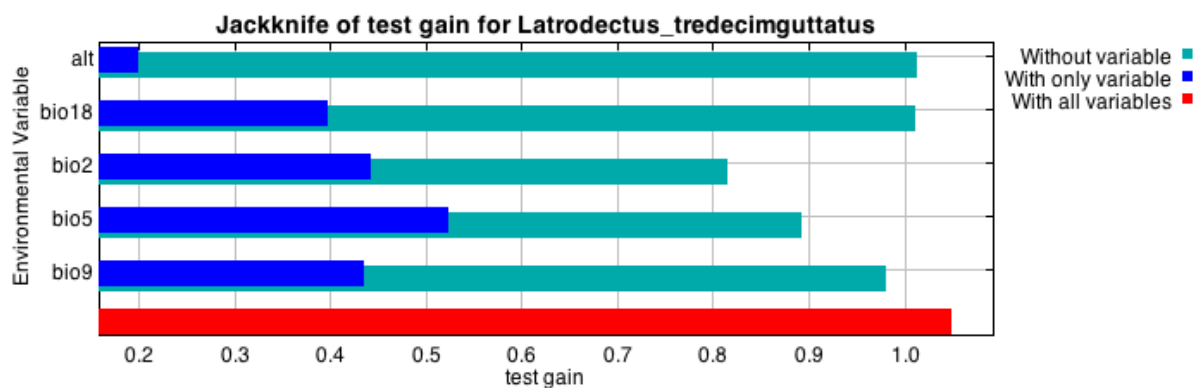
Slika 14: Karta napovedi razširjenosti črne vdove na območju Sredozemlja. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Ker so si bili podatki o pojavljanju vrste ter napoved modela za celoten areal v vzhodnih delih areala delno nasprotujoči, smo izdelali model za območje Sredozemlja, kjer prevladuje mediteransko podnebje (Peel in sod., 2007). Iz Sredozemlja imamo tudi največ podatkov o pojavljanju črne vdove.

Za izdelavo modela smo uporabili le podatke o pojavljanju iz preučevanega območja. Karta, ki prikazuje napoved modela, se bistveno ne razlikuje od napovedi celotnega areala. Južni del Portugalske, deli Španije, severna obala Maroka, Alžirije in Tunizije, sredozemska obala Francije, Apeninski polotok, Sardinija, Korzija in Sicilija (razen Etna) so ugodne za črno vdovo (Slika 14). Tudi na vzhodni obali Jadranskega morja, na Balkanu, v Egejskem morju, Bosporski ožini in na obali Črnega morja ni bistvenih razlik. Opazna je sprememba v ustreznosti razmer v celinski in južni Turčiji. Za celinski del je značilno stepsko podnebje (Peel in sod., 2007), kar bi lahko vplivalo na napoved modela, ponovno pa preseneča neustreznost okoljskih razmer na južni in jugozahodni obali Turčije, kjer so podnebne razmere sicer opredeljene kot sredozemske (Peel in sod., 2007).

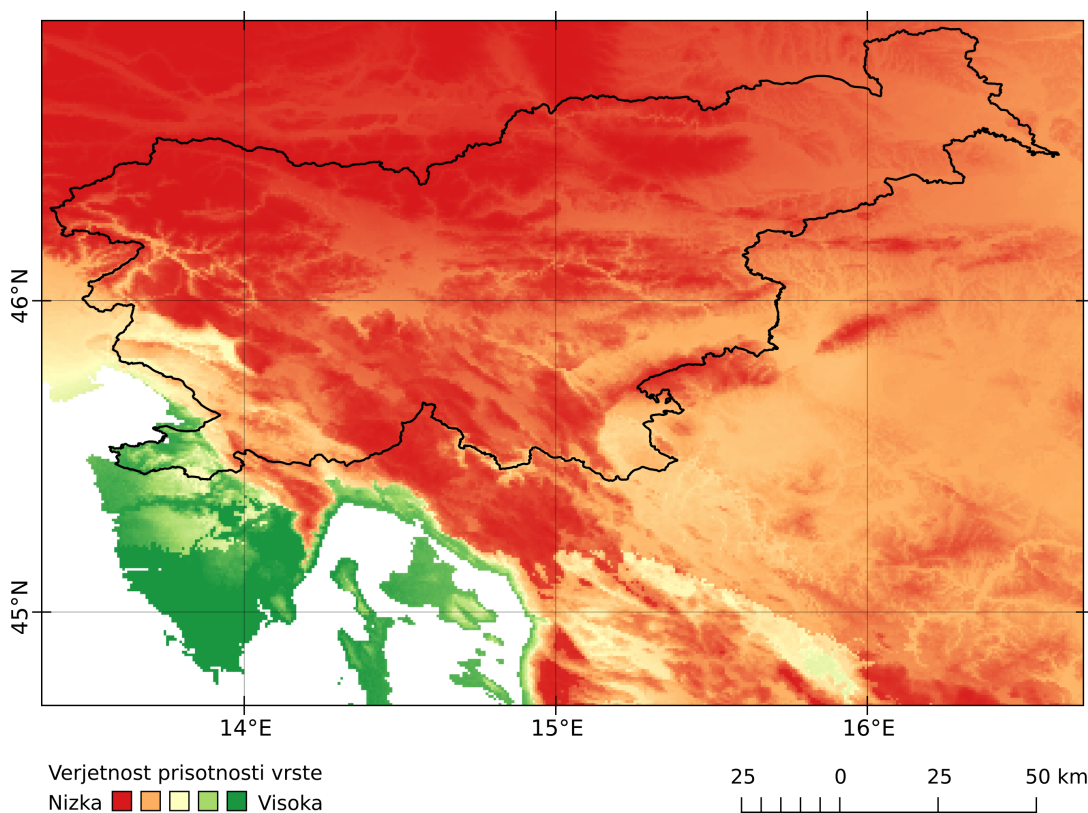
Okoljska spremenljivka »bio5« je ponovno imela največji prispevek k napovedi ter se je izkazala tudi za najbolj informativno pri testu Jackknife. V primerjavi z napovedjo za celoten

areal je pri napovedi za Sredozemlje največ edinstvenih informacij nosila spremenljivka »bio2« (povprečni dnevni razpon (povprečje mesečne (max temp. - min temp.))) (Slika 15). Z uporabo okoljske spremenljivke »alt« (nadmorska višina) je model uspel zaznati neugodne razmere na območju Etne (Slika 14).



Slika 15: Prispevek posameznih spremenljivk pri napovedi modela. Temno modra črta prikazuje uspešnost modela z uporabo le ocenjevane spremenljivke. Svetlo modra črta prikazuje uspešnost modela brez uporabe ocenjevane spremenljivke. Rdeča črta pa uspešnost modela z uporabo vseh spremenljivk.

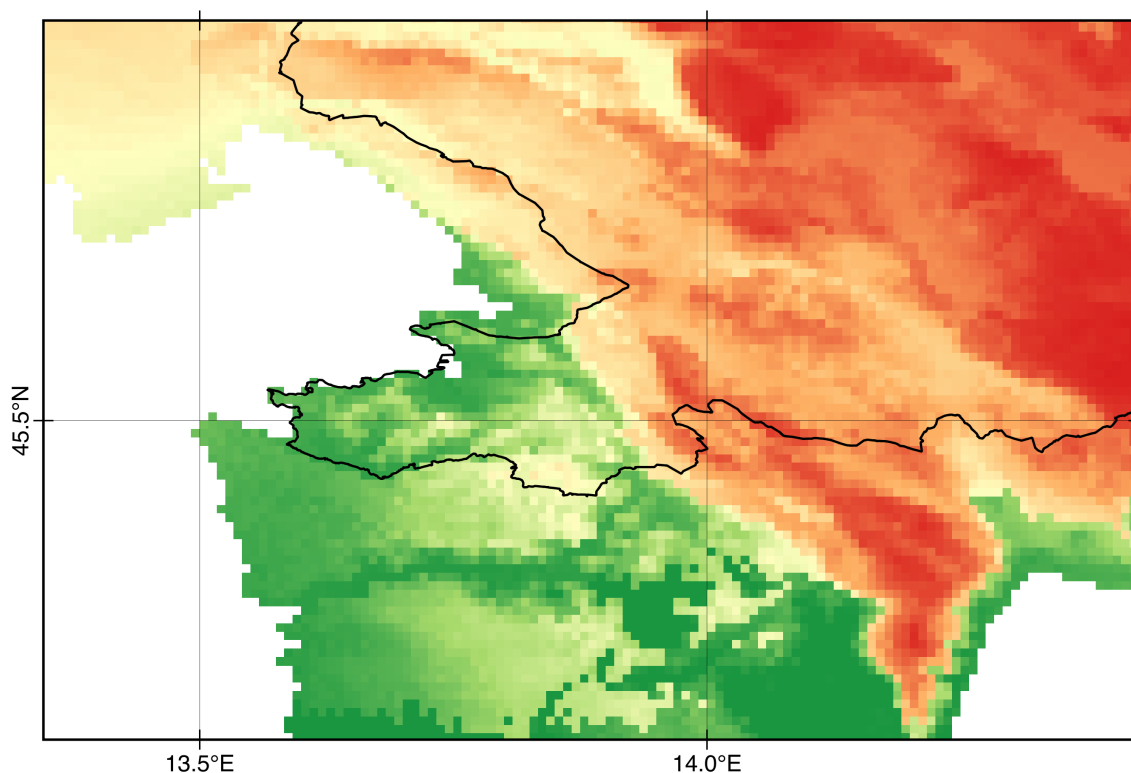
4.4 NAPOVED RAZŠIRJENOSTI NA OBMOČJU SLOVENIJE



Slika 16: Napoved razširjenosti črne vdove na širšem območju Slovenije. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Ob izdelavi modela za Sredozemlje smo izvedli tudi projekcijo modela na območju Slovenije in Istre. Projekcijski sloji so imeli ločljivost 30 geografskih sekund, kar pomeni, da so celice velike približno 1x1 km. To nam omogoča natančnejši vpogled v napoved potencialne prisotnosti črne vdove v Sloveniji.

Napoved razširjenosti obsega celotno Istro, Kvarner ter tudi slovenski del Istre vse do Kraškega roba. Kraški rob, ki se na Hrvaškem s Čićarijo v smeri jugovzhoda nadaljuje vse do Kvarnerskega zaliva, predstavlja zelo izrazito mejo med izredno ugodnimi in manj ugodnimi okoljskimi razmerami za življenje črne vdove. Opazna je tudi izrazita meja med ugodnimi in manj ugodnimi razmerami v italijanskem delu Kraškega roba (Slika 17).



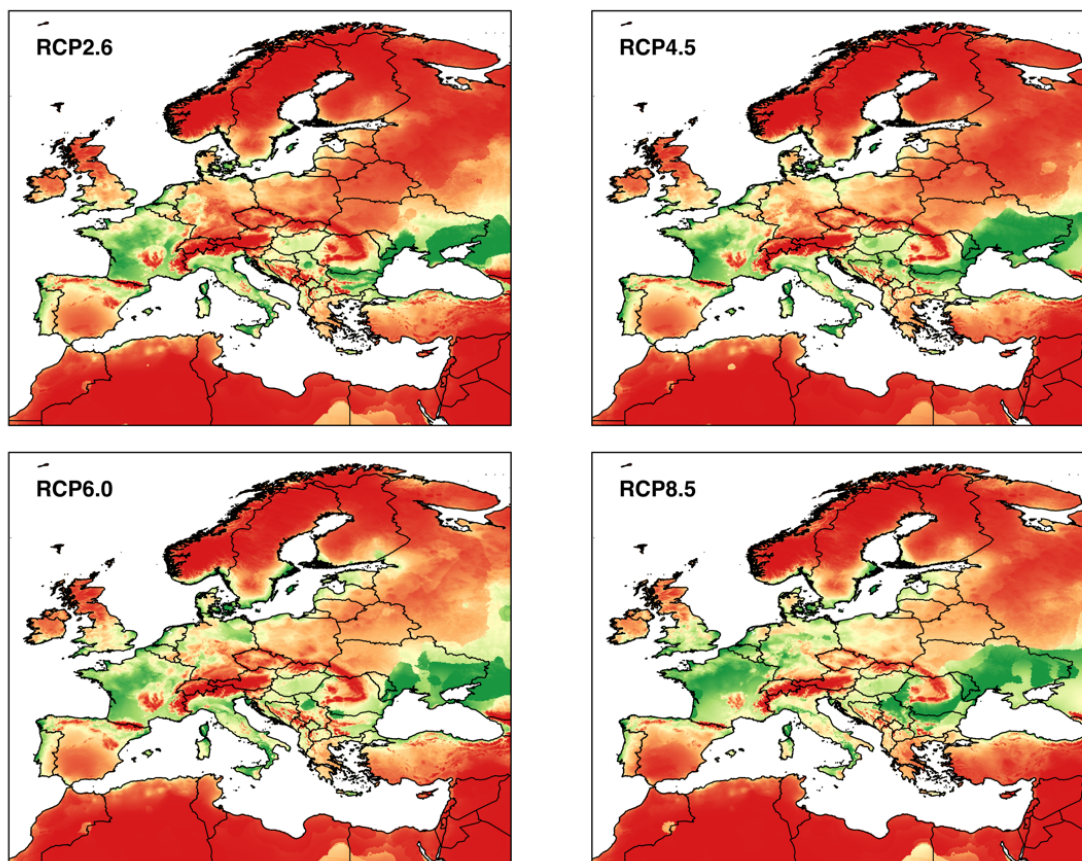
Slika 17: Karta severnega dela Istre in Slovenskega primorja z območji z največjo verjetnostjo pojavljanja črne vdove. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Napoved modela kaže, da bi črna vdova lahko živelna tudi na območju Slovenije. Trenutno najsevernejša najdba v Istri je v okolici kraja Buje (Landeka, osebna komunikacija), ki leži le nekaj kilometrov južno od slovensko-hrvaške meje. Zato bi ob disperzijskih sposobnostih črne vdove, predvsem mladičev, ki se razširjajo tudi z jadranjem (angl. ballooning) (Decae, 1987; Foelix, 2011; Greenstone, 1990; Maretić in Lebez, 1979) vsekakor lahko pričakovali najdbo črne vdove na ozemlju Slovenije. V pogovoru je g. Landeka omenil tudi možnost razširjanja s prometom, ko mladi osebkki med jadranjem pristanejo na avtomobilu. Tako del poti opravijo s prevoznim sredstvom, in ko se to (npr. na mejnem prehodu ali ob zastoju) ustavi, v zrak ponovno spustijo jadrarno nit in nadaljujejo pot z vetrom.

Dodaten razlog, ki bi lahko povzročil širjenje oz. premik areala črne vdove na sever, pa so tudi klimatske spremembe. V naslednjem poglavju bomo predstavili potencialne premike areala črne vdove kot posledico klimatskih sprememb.

4.5 PREMİK AREALA ZARADI KLIMATSKIH SPREMEMB

Pripravili smo napovedi potencialne razširjenosti za leto 2050 na podlagi štirih scenarijev o povečevanju količine toplogrednih plinov v ozračju (RCP2.6, RCP4.5, RCP6 in RCP8.5). Iz napovedi modelov smo izdelali karte za celotno Evropo.



Slika 18: Napovedi razširjenosti vrste oziroma ekološke niše primerne za črno vdovo za leto 2050 po štirih scenarijih RCP. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

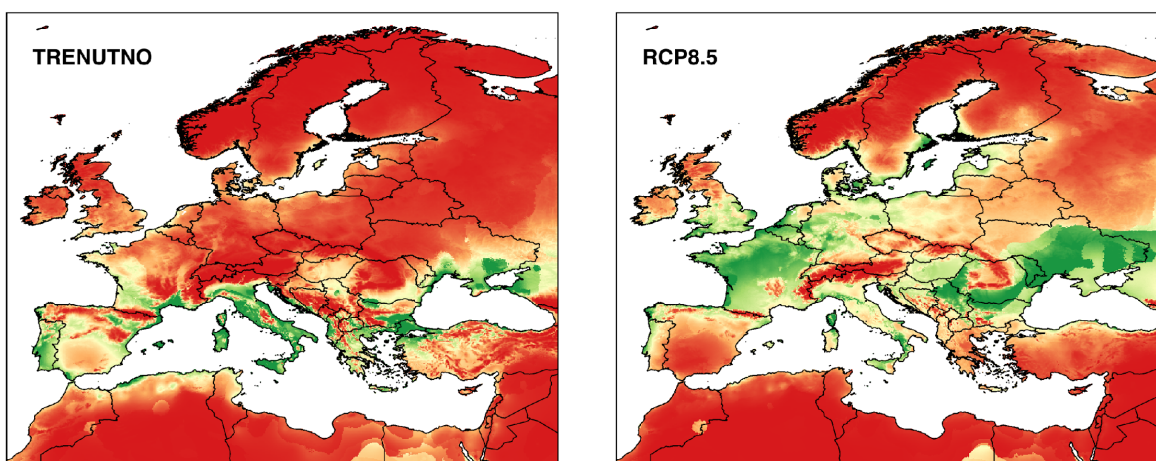
Na kartah (Slika 18) so prikazane napovedi modela za leto 2050 po vseh štirih scenarijih RCP. Opazen je premik pasu bioklimatsko ugodnih razmer oz. bioklimatske ovojnice (angl. bioclimatic envelope) proti severu, prav tako pa je opaziti nastanek neugodnih razmer v trenutno ugodnih sredozemskih območjih. To je še posebno izrazito na obali severne Afrike (v Maroku, Alžiriji, Tuniziji). Ugodne razmere se bodo po napovedih izoblikovale tudi v

zahodni Evropi in v Panonski nižini. Prav tako je model prepoznal kot ugodna območja ob Baltskem morju ter celo v Skandinaviji.

Ob tem je treba upoštevati, da model ne vključuje disperzijskih sposobnosti vrste. Podatki iz literature navajajo relativno slabe sposobnosti razširjanja črne vdove (Gaud in Delessale, 1949; Maretić in Lebez, 1979). Zato težko verjamemo, da bo vrsta v tako kratkem časovnem obdobju dejansko uspela kolonizirati Skandinavijo in Britansko otočje. Hitre spremembe razmer, ki jih napovedujejo modeli, in omenjene disperzijske sposobnosti črne vdove bi lahko bile omejujoče za širjenje vrste na sever.

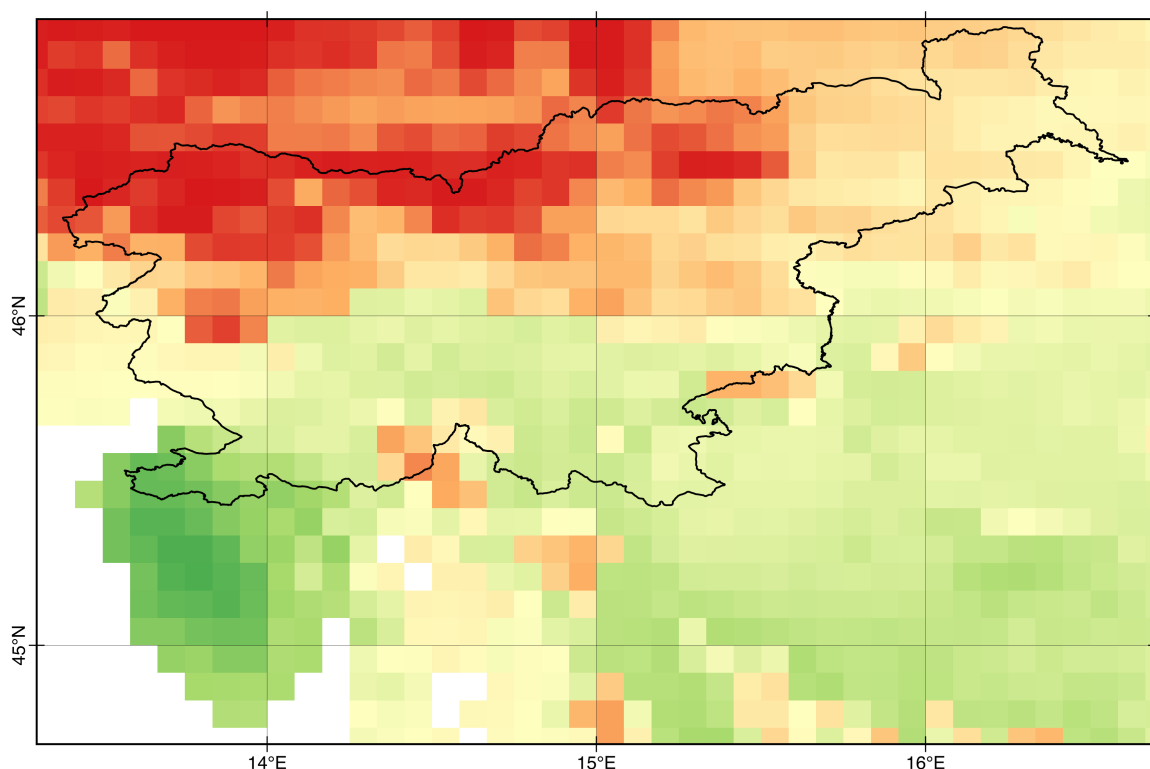
Postavi se tudi vprašanje o tem, kateri scenarij RCP je najbolj verjeten. Sanford in sod. (2014) so pokazali, da se trenutne emisije toplogrednih plinov gibljejo najbližje scenariju RCP8.5, ki je edini od scenarijev, ki napoveduje nadaljnjo nezmanjšano rast količine toplogrednih plinov v ozračju.

Ker je ta scenarij po trenutnih podatkih najbolj verjeten, smo primerjali napovedi razširjenosti vrste ob trenutnih razmerah ter ob razmerah po scenariju RCP8.5 (Slika 19) za leto 2050. Poblizje smo pogledali tudi napoved razširjenosti na območju Slovenije.



Slika 19: Primerjava napovedi razširjenosti črne vdove v trenutnih razmerah in razmerah za leto 2050 po scenariju RCP8.5. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Ko primerjamo napovedi razširjenosti za trenutne razmere in napoved za leto 2050, opazimo znaten premik bioklimatske ovojnice proti severu. V trenutnih razmerah se črna vdova pojavlja v mediteranski, celinski in deloma stepski biogeografski regiji Evrope (European Environment Agency, 2016). Zaradi klimatskih sprememb se obeta skorajšnje izginotje črne vdove iz sredozemske regije in širjenje vrste v panonsko in atlantsko regijo ter povečanje obsega razširjenosti v stepski regiji. Karta z biogeografskimi regijami (European Environment Agency, 2016) je dodana v prilogi 3.



Slika 20: Karta napovedi razširjenost črne vdove za leto 2050 na širšem območju Slovenije. Temno zelena barva označuje območja z visoko verjetnostjo pojavljanja vrste, rdeča pa območja z nizko verjetnostjo pojavljanja vrste.

Na sliki 20 vidimo, da se po napovedi modela območje ugodnih razmer razširi na celotno južno in osrednjo Slovenijo. Na teh območjih lahko dobro razločimo Trnovski gozd, Snežniški masiv ter najvišje vrhove Dinaridov in Velebita kot območja z neugodnimi razmerami. Opazen je tudi pas neugodnih razmer na območju Gorjancev.

4.6 OCENA USPEŠNOSTI MODELA

Uspešnost napovedi smo ocenjevali z metodo AUC, ki je standardna metoda za vrednotenje modelov. AUC vrednosti za posamezne modele so prikazane v spodnji preglednici 5.

Preglednica 5: Vrednosti AUC za posamezne modele.

Model	AUC učnih podatkov	AUC testnih podatkov
Areal	0,8999	0,8566
Sredozemlje	0,8626	0,8599
RCP2.6	0,869	0,8432
RCP4.5	0,8678	0,8538
RCP6.0	0,8652	0,854
RCP8.5	0,8675	0,8513

Vrednosti AUC so za vse napovedi modelov visoke in presegajo mejno vrednost 0,75 (Elith, 2000). Za oceno uspešnosti modela so bistvenega pomena vrednosti AUC testnih podatkov, saj ti podatki niso bili uporabljeni za izdelavo modela in so tako pravi pokazatelj uspešnosti napovedi. Učni podatki so bili namreč uporabljeni za izdelavo modela in imajo zato višje vrednosti AUC.

Lobo in sod. (2008) opozarjajo, da verjetnostne vrednosti (angl. probability scores) ne odražajo dejanske primernosti okolja. Zato visoke vrednosti AUC ne pomenijo nujno natančne napovedi ustreznosti modela. Avtorji navajajo, da so tako negotovost pri izbiri podatkov o odsotnosti (angl. absence) kot tudi prostorske dimenzije območja pojavljanja vrstno specifične in zato omejujejo uporabnost metode AUC pri vrednotenju modelov.

Prava vrednost metode AUC je v tem, da z razlikovanjem med podatki o pojavljanju in odsotnosti lahko oceni stopnjo omejenosti vrste z okoljskimi spremenljivkami. Z drugimi besedami, AUC vrednost modela za široko razširjeno vrsto bo nizka, kar bo kazalo na generalističen značaj vrste.

AUC tako ob uporabljenih okoljskih spremenljivkah nudi informacijo o splošni ali omejeni razširjenosti vrste.

Veliko je tudi govora o izbiri mest odsotnosti vrste (Lobo in sod., 2010; Pearce in Boyce, 2006; Phillips in sod., 2009), ki so v primeru modelov, ki uporabljajo le podatke o prisotnosti, naključno izbrane na območju izdelave modela (angl. pseudo-absence).

Kljub temu, da »pseudo-absence« namiguje na to, da program dejansko izbere mesta odsotnosti, gre v praksi za to, da model pridobi vzorec vseh različnih razmer, ki so na voljo v celotnem območju izdelave modela.

Zato pomislek o izbiri mest odsotnosti pri modelih, ki uporabljajo le podatke o prisotnosti (Lobo in sod. 2008) po našem mnenju lahko zanemarimo. Iz visokih vrednosti AUC naših modelov lahko tako sklepamo na omejeno razširjenost črne vdove.

4.7 PREGLED OBMOČJIH POTENCIALNE RAZŠIRJENOSTI

Območja z največjo verjetnostjo prisotnosti črne vdove v Sloveniji smo preiskali tudi na terenu, a iskane vrste nismo našli. To bi lahko pomenilo, da je vrsta kljub temu prisotna, a je nismo zaznali. Obstaja pa tudi verjetnost, da vrsta dejansko ni prisotna.

Odsotnost vrste je lahko bila posledica različnih dejavnikov. Možno je, da geografske ovire onemogočajo širjenje vrste (Svenning in Skov, 2005) proti severu. Omenjali smo že dolino Mirne, ki je do izgradnje viadukta predstavljala prepreko za širjenje črne vdove. Tako oviro bi lahko predstavljala tudi dolina Dragonje. Razlog za odsotnost bi lahko bili tudi različni historični dogodki (McGlone, 1996), ki so vodili v lokalno izumrtje vrste (Hanski, 1998), rekolonizacija pa je zaradi slabših disperzijskih sposobnosti vrste upočasnjena. Seveda pa so lahko po sredi tudi biotske interakcije z drugimi organizmi (npr. predacija s strani neprave črne vdove *Steatoda paykulliana* (Walckenaer, 1805)) oziroma razpoložljivost ugodnega življenjskega prostora (Hirzel in Le Lay, 2008).

5 SKLEPI

V okviru naloge smo zbrali 165 novejših podatkov o pojavljanju črne vdove in jih uporabili za izdelavo modela. Pripravili smo karte napovedi razširjenosti preučevane vrste za celoten areal ter Sredozemlje in Slovenijo. Ugotovili smo, da napovedi modelov kažejo na ugodne razmere za črno vdovo v Sloveniji.

Na podlagi zbranih recentnih podatkov smo izdelali tudi napovedi razširjenosti črne vdove za leto 2050, pri čemer smo uporabili štiri različne scenarije povečevanja količine toplogrednih plinov v ozračju (RCP).

- Hipotezo, da potencialna razširjenost črne vdove sega tudi na območje Slovenije, lahko potrdimo.
- Hipoteze, da črna vdova živi na območju Slovenije, ne moremo potrditi, prav tako pa ne ovreči, saj vrste v Sloveniji nismo uspeli najti, kar pa ne pomeni, da ni prisotna.
- Hipotezo, da se bo areal črne vdove zaradi klimatskih sprememb premaknil proti severu, lahko potrdimo.

6 POVZETEK

Rdečepikasti pajek, verjetno bolje poznan kot sredozemska črna vdova (*Latrodectus tredecimguttatus*), je pajek iz družine krogličarjev (Theridiidae). Vse vrste rodu *Latrodectus* proizvajajo močan strup, ki je v nekaterih primerih lahko nevaren tudi človeku. Kot nakazuje že ime vrste, se pajek pojavlja tudi v Sredozemlju, sicer pa območje razširjenosti sega od Portugalske vse do Kitajske. Pajek v Sloveniji še ni bil najden, čeprav se v zmernih gostotah pojavlja v hrvaški Istri.

Modeli razširjenosti vrst so vse bolj uporabljana metoda za odkrivanje območij, kjer se vrsta pojavlja. Ta informacija je velikega pomena v naravovarstvu (načrtovanje varovanja vrste in rezervatov), v ekologiji (ugotavljanje okoljskih zahtev in rabe prostora vrste), v raziskavah invazivnih vrst (iskanje kritičnih območij, kamor bi se lahko širile invazivne vrste). Uporabni so tudi za iskanje še neodkritih populacij vrst.

V nalogi smo s programom Maxent izdelali model razširjenosti vrste, kjer bi se črna vdova lahko pojavljala. Še posebej nas je zanimalo območje Istre in Slovenskega primorja, kjer bi pričakovali prisotnost omenjene vrste. Izdelali smo tudi napovedi razširjenosti leta 2050, saj se zaradi klimatskih sprememb areali mnogih vrst pomikajo proti severu, kar bi bil lahko dodaten razlog za širjenje vrste tudi na območje Slovenije.

Za izdelavo takega modela potrebujemo podatke le o pojavljanju vrste (ne potrebujemo podatkov o odsotnosti vrste) ter okoljske spremenljivke, ki nosijo podatke o razmerah v naravi. Program Maxent izdelava natančne napovedi razširjenosti vrst že ob majhnem številu podatkov o prisotnosti vrste.

Podatke o prisotnosti vrste smo zbirali iz zbirk prirodoslovnih muzejev, različnih publikacij, pregledov favne, digitalnih podatkovnih zbirk (GBIF) ter preko osebne komunikacije z araneologi. Zbrali smo 165 recentnih podatkov o pojavljanju vrste širom areala razširjenosti.

Za izdelavo modela smo uporabili štiri bioklimatske sloje in sloj s povprečnimi višinami v celicah. Vsi uporabljeni sloji so dostopni na spletnem portalu Worldclim. Uporabili smo

sloje ločljivosti 5 geografskih minut, le za model Istre in Slovenije smo uporabili natančnejšo resolucijo (30 geografskih sekund). Na omenjenem portalu so dostopni tudi sloji s podatki za prihodnost. Uporabili smo podatke za leto 2050 po štirih scenarijih gibanja količine toplogrednih plinov v ozračju (RCP).

Program izdelava zvezne napovedi, iz katerih smo pripravili karte potencialne razširjenosti vrste na območju areala vrste, za območje Sredozemlja ter za prej omenjeno območje Slovenije in Istre. Napoved razširjenosti za leto 2050 smo izdelali za celotno Evropo.

Rezultati kažejo ozko razširjenost vrste, ki je večinoma vezana na mediteransko podnebje. V primeru napovedi za celoten areal je prišlo do neujemanja napovedane razširjenosti z zbranimi podatki. Razlogov za to je lahko več (izbrane okoljske spremenljivke ne zadoščajo opisu razmer v celotnem arealu, veliko učnih podatkov iz Sredozemlja in manj iz drugih območij, napačne določitve pajkov, drugi ekotip vrste ali celo druga podvrsta) in jih bo potrebno v prihodnosti bolj raziskati.

Kot kažejo rezultati, bi po napovedi modela vrsta lahko živel v Sloveniji. Največja verjetnost prisotnosti vrste je tako na območjih pod Kraškim robom. Del tega območja smo preiskali tudi na terenu, a črne vdove nismo našli.

Napovedi modela za razširjenost vrste v bližnji prihodnosti kažejo premik bioklimatske ovojnice proti severu. To bi lahko povečalo verjetnost kolonizacije delov Slovenskega primorja s strani črne vdove.

Uspešnost modelov smo ocenjevali z metodo AUC, katere vrednosti vseh modelov so bile visoke (večje od mejne 0,75), kar kaže na dobro napovedno vrednost modelov. S testom Jackknife smo ugotavljali tudi pomen posameznih okoljskih spremenljivk za izdelavo modela. Za napomembnejšo, torej najbolj omejujočo, se je izkazala spremenljivka »bio5«, ki nosi podatke o najvišji temperaturi najbolj toplega meseca.

6.1 PREDLOGI ZA NADALJNJE RAZISKAVE

V nadaljnjem delu na tem področju bi se bilo potrebno osredotočiti na druge parametre (abiotske in biotske), ki bi lahko vplivali na prisotnost črne vdove. V model bi bilo tako dobro vključiti tudi pedološke in geološke sloje. V okviru naše naloge jih nismo vključili zaradi omejene dostopnosti teh slojev za celotno območje modeliranja. Tako bi bil lahko naslednji korak izdelava modela le za ožje območje Istre in Slovenije z vključenimi omenjenimi sloji. Interakcija črne vdove z nepravo črno vdovo *Steatoda paykulliana* bi prav tako lahko bila omejujoča, saj je slednja znan plenilec pajkov, tudi črne vdove. Zato bi bilo potrebno raziskati tudi interakcijo med omenjenima vrstama.

Potrebno bi bilo raziskati razloge za neujemanje napovedi modela in podatkov o prisotnosti na Bližnjem vzhodu. Potreben bi bil pregled in primerjava primerkov, zbranih na celotnem območju pojavljanja vrste, in primerjava izbire mikrolokacije gnezd vzdolž areala. Razlogi za neujemanje so lahko tudi fiziološke prilagoditve, ki bi jih bilo potrebno raziskati. Na območju Istre pa bi bila smiselna študija populacijske genetike, saj bi tako ugotovili od kod izvirajo severnejše subpopulacije črne vdove, kar bi nam dalo podatke o disperziji vrste na sever.

7 VIRI

- Araújo, M.B. 2003. The coincidence of people in biodiversity in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 12: 5–12
- Austin, M.P. 1980. Searching for a model for use in vegetation analysis. *Vegetatio*, 42: 11–21
- Austin, M.P., Smith, T.M. 1989. A new model for the continuum concept. *Vegetatio*, 83: 35–47
- Baede, A.P.M., van der Linden, P., Verbruggen, A. 2007. Appendix - IPCC Fourth Assessment Report. Geneva. Switzerland.
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_appendix.pdf (13. 7. 2016)
- Baker, A.C., Glynn, P.W., Riegl, B. 2008. Climate change in coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends in future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80: 435–471
- Barrientos, J.A., Cardoso, P. 2007. The genus *Malthonica* Simon, 1898 in the Iberian Peninsula (Araneae: Agelenidae). *Zootaxa*, 1460: 59–68
- Bayram, A., Yigit, N., Danisman, T., Corak, I., Sancak, Z. and Ulasoglu, D. 2007. Venomous Spiders of Turkey (Araneae). *Journal of Applied Biological Sciences*, 1: 33–36
- Bello, G., Casavola, N., Rizzi, E. 2004. Aliens in visitors in the southern Adriatic Sea: Effects of tropicalization. *Rapport du 37e Congres de la Ciesm*, 37: 491
- Bianchi, C.N., Morri, C. 2003. Global sea warming and »tropicalization« of the Mediterranean Sea: biogeographic in ecological aspects. *Biogeographia*, 24: 319–328
- Blaustein, A.R., Walls, S.C., Bancroft, B.A., Lawler, J.J., Searle, C.L., Gervasi, S.S. 2010. Direct in Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. *Diversity*, 2: 281–313
- Böning, C.W., Dispert, A., Visbeck, M., Rintoul, S.R., Schwarzkopf, F.U. 2008. The response of the Antarctic Circumpolar Current to recent climate change. *Nature Geoscience*, 1: 864–869
- Both, C., Artemyev, A.V., Blaauw, B., Cowie, R.J., Dekhuijzen, A.J., Eeva, T., Enemar, A., Gustafsson, L., Ivankina, E.V., Järvinen, A., Metcalfe, N.B., Nyholm, N.E.I., Potti, J., Ravussin, P.-A., Sanz, J.J., Silverin, B., Slater, F.M., Sokolov, L.V., Török, J., Winkel, W., Wright, J., Zang, H., Visser, M.E. 2004. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271: 1657–1662
- Brotons, L., Thuiller, W., Araújo, M.B., Hirzel, A.H. 2004. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 27: 437–448
- Brown, J.H., Lomolino, M.V. 1998. *Biogeography*. 2nd ed. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates: 691 str.
- Cannone, N., Pignatti, S. 2014. Ecological responses of plant species in communities to climate warming: upward shift or range filling processes? *Climate Change*, 123: 201–214

- Carey, C., Alexander, M.A. 2003. Climate change in amphibian declines: is there a link? *Diversity in Distributions*, 9: 111–121
- Carlson, M., Schmiegelow, F. 2002. Cost-effective sampling design applied to large-scale monitoring of boreal birds. *Conservation Ecology*, 6: 11
- Chefaoui, R.M., Lobo, J.M. 2008. Assessing the effects of pseudo-absences on predictive distribution model performance. *Ecological Modelling*, 210: 478–486
- Clarke, L., Edmonds, J., Jacoby, H., Pitcher, H., Reilly, J., Richels, R. 2007. Scenarios of greenhouse gas emissions in atmospheric concentrations. US Department of Energy Publications
- Coddington, J.A., Levi, H.W. 1991. Systematics in Evolution of Spiders (Araneae). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 22: 565–592
- Costa, G.C., Nogueira, C., Machado, R.B., Colli, G.R. 2010. Sampling bias in the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. *Biodiversity Conservation*, 19: 883–899
- Crick, H.Q.P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146: 48–56
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J. 2001. Climate change in forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, in timing of fire, drought, introduced species, insect in pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *Bioscience*, 51: 723–734
- Damin, N. 1896. Prilog fauni dalmatinskih i istarskih pauka. *Glasnik Hrvatskoga naravoslovnoga društva*, 9: 298–342
- Danielsen, F., Mendoza, M.M., Alviola, P., Balete, D.S., Enghoff, M., Poulsen, M.K., Jensen, A.E. 2003. Biodiversity monitoring in developing countries: what are we trying to achieve? *Oryx*, 37: 407–409
- Decae, A.E. 1987. Dispersal: Ballooning and Other Mechanisms, *Ecophysiology of Spiders*. Berlin. Springer Berlin Heidelberg: str. 348–356
- Dell, D., Sparks, T.H., Dennis, R.L.H. 2005. Climate change in the effect of increasing spring temperatures on emergence dates of the butterfly *Apatura iris* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 102: 161–167
- Dias, M.A., Simó, M., Castellano, I., Brescovit, A.D. 2011. Modeling distribution of *Phoneutria bahiensis* (Araneae: Ctenidae): an endemic in threatened spider from Brazil. *Zoologia*, 28: 432–439
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D., Lautenbach, S. 2013. Collinearity: A review of methods to deal with it in a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36: 27–46
- Dudík, M., Phillips, S.J., Schapire, R.E. 2004. Performance guarantees for regularized maximum entropy density estimation. *International Conference on Computational Learning Theory*, Berlin. Springer Berlin Heidelberg: str. 472–486

- Duma, I. 2006. *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) (Araneae: Theridiidae) in Romania: distribution and ecology. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle*: 75-81
- Durance, I., Ormerod, S.J. 2007. Climate change effects on upland stream macroinvertebrates over a 25-year period. *Global Change Biology*, 13: 942–957
- e Costa, B.H., Assis, J., Franco, G., Erzini, K., Henriques, M., Gonçalves, E.J., Caselle, J.E. 2014. Tropicalization of fish assemblages in temperate biogeographic transition zones. *Marine Ecology Progress Series*, 504: 241–252
- Elith, J., 2000. *Quantitative Methods for Modeling Species Habitat: Comparative Performance in an Application to Australian Plants*. New York, Springer New York: str. 39–58.
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. M. Overton, J., Townsend Peterson, A., J. Phillips, S., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., E. Schapire, R., Soberón, J., Williams, S., S. Wisz, M., E. Zimmermann, N. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129–151
- Elith, J., Leathwick, J.R. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 40: 677
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity in Distributions*, 17: 43–57
- European Environment Agency, 2016. Biogeographical regions of Europe. www.eea.europa.eu (22. 7. 2016)
- Evju, M., Bruteig, I.E. 2013. Lichen community change over a 15-year time period: effects of climate in pollution. *Lichenologist*, 45: 35–50
- Fielding, A.H., Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24, 38–49
- Foelix, R. 2011. *Biology of Spiders*. New York, Oxford University Press, 432 str.
- Fordham, D.A., Resit Akçakaya, H., Araújo, M.B., Elith, J., Keith, D.A., Pearson, R., Auld, T.D., Mellin, C., Morgan, J.W., Regan, T.J., Tozer, M., Watts, M.J., White, M., Wintle, B.A., Yates, C., Brook, B.W. 2012. Plant extinction risk under climate change: are forecast range shifts alone a good indicator of species vulnerability to global warming? *Global Change Biology*, 18: 1357–1371
- Fujino, J., Nair, R., Kainuma, M., Masui, T., Matsuoka, Y. 2006. Multi-gas mitigation analysis on atabilization scenarios using aim global model. *The Energy Journal*, 27: 343–353
- Gardner, T.A., Barlow, J., Araujo, I.S., Ávila-Pires, T.C., Bonaldo, A.B., Costa, J.E., Esposito, M.C., Ferreira, L.V., Hawes, J., Hernandez, M.I.M. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters*, 11: 139–150
- Gaud, J., Delessale, D. 1949. Araneisme du aux morsures de Latrodectes au Maroc. *Bulletin de l'Inst d'Hygiene du Maroc*, 9: 233–237

- GEO Biodiversity days 2014, Vjosa river, 2014. GEO Magazine, Riverwatch, Euronatur, PPNEA
- Georgopoulou, E., Djursvoll, P., Simaiakis, S.M. 2016. Predicting species richness in distribution ranges of centipedes at the northern edge of Europe. *Acta Oecologica*, 74: 1–10
- Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W., Flannigan, M.D. 2004. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters*, 31
- Githeko, A.K., Lindsay, S.W., Confalonieri, U.E., Patz, J.A. 2000. Climate change in vector-borne diseases: a regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 78: 1136–1147
- Glynn, P.W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12: 1–17
- Graham, C.H., Elith, J., Hijmans, R.J., Guisan, A., Townsend Peterson, A., Loiselle, B.A. 2008. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology*, 45: 239–247
- Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., Peterson, A.T. 2004. New developments in museum-based informatics in applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 497–503
- Graham, R.W., Grimm, E.C. 1990. Effects of global climate change on the patterns of terrestrial biological communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 5: 289–292
- Greenstone, M.H. 1990. Meteorological determinants of spider ballooning: the roles of thermals vs. the vertical windspeed gradient in becoming airborne. *Oecologia*, 84: 164–168
- Guisan, A., Graham, C.H., Elith, J., Huettmann, F. 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions*, 13: 332–340
- Guisan, A., Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. 135: 147–186
- Hall, C.A.S., Day, J.W.J. 1977. *Ecosystem modeling in theory in practice: an introduction with case histories*. New York, John Wiley and Sons: 684 str.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature* 396: 41–49
- Hassall, C. 2015. Odonata as candidate macroecological barometers for global climate change. *Freshwater Science*, 34: 1040–1049
- Heiberger, R.M. 2016. HH: Statistical Analysis in Data Display: Heiberger and Holland. R package version 3.2-32. cran.r-project.org/package=HH
- Hijioka, Y., Matsuoka, Y., Nishimoto, H., Masui, T., Kainuma, M. 2008. Global GHG emission scenarios under GHG concentration stabilization targets. *Journal of Environmental Engineering*, 13: 97–108
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965–1978
- Hirzel, A.H., Le Lay, G. 2008. Habitat suitability modelling in niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1372–1381

- Hoxha, R. 2006. Two Albanians die from black widow spider bites. *British Medical Journal*, 333: 278
- Huntley, B. 1991. How Plants Respond to Climate Change: Migration Rates, Individualism in the Consequences for Plant Communities. *Annals of Botany*, 67: 15–22
- IPCC. 2016. Understanding in Attributing Climate Change. Intergovernmental panel on climate change.
www.ipcc.ch/publications_in_data/ar4/wg1/en/ch9s9-1.html (17. 6. 2016)
- Isbister, G.K., Gray, M.R. 2003. Latrodectism: a prospective cohort study of bites by formally identified redback spiders. *Medical Journal of Australia*, 179: 88–91
- Jelinek, G.A. 1997. Widow spider envenomation (latrodectism): a worldwide problem. *Wilderness & Environmental Medicine*, 8: 226–231
- Jiménez-Valverde, A., Lobo, J.M. 2006. Distribution Determinants of Endangered Iberian Spider *Macrothele calpeiana* (Araneae, Hexathelidae). *Environmental Entomology*, 35: 1491–1499
- Jiménez-Valverde, A., Lobo, J.M. 2007. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either–or presence–absence. *Acta Oecologica*, 31: 361–369
- Jiménez-Valverde, A., Lobo, J.M., Hortal, J. 2008. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and distributions*, 14: 885–890
- Jump, A.S., Peñuelas, J. 2005. Running to stand still: adaptation in the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*, 8: 1010–1020
- Kanzow, T., Visbeck, M. 2009. Ocean Current Changes as an Indicator of Global Change. V: *Climate Change: Observed impacts on Planet Earth*. Letcher T. (ur.). Amsterdam. Elsevier: 349–366
- Knapič, T. 2012. Biogeografska analiza evropskih vrst pajkov rodu *Evarcha* (Aranea, Salticidae). Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Kommenov, M. 2013. Spider fauna of the Osogovo Mt. Range, Northeastern Macedonia. *Fauna Balkana*. University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, 2: 1-267
- Kostanjšek, R., Kuntner, M. 2015. Araneae Sloveniae: a national spider species checklist. *Zookeys*, 91: 1–91
- Kramer-Schadt, S., Niedballa, J., Pilgrim, J.D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., Stillfried, M., Heckmann, I., Scharf, A.K., Augeri, D.M., Cheyne, S.M., Hearn, A.J., Ross, J., Macdonald, D.W., Mathai, J., Eaton, J., Marshall, A.J., Semiadi, G., Rustam, R., Bernard, H., Alfred, R., Samejima, H., Duckworth, J.W., Breitenmoser-Wuersten, C., Belant, J.L., Hofer, H., Wilting, A. 2013. The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions*, 19: 1366–1379
- Krehenwinkel, H., Rödder, D., Năpăruș-Aljančić, M., Kuntner, M. 2016. Rapid genetic and ecological differentiation during the northern range expansion of the venomous yellow sac spider *Cheiracanthium punctorium* in Europe. *Evolutionary Applications*. doi: 10.1111/eva.1239, 32 str.

- Landeka, N., Plenković, J. 2003. Crna udovica - pojavnost i suzbijanje. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 54: 11–18
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., Pérez, T. 2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. Trends in Ecology & Evolution, 25: 250–260
- Levi, H.W. 1966. The three species of *Latrodectus* (Araneae), found in Israel. Journal of Zoology, 150: 427–432
- Lips, K.R., Diffendorfer, J., Mendelson, J.R., Sears, M.W. 2008. Riding the wave: reconciling the roles of disease in climate change in amphibian declines. PLOS Biology, 6, 3, e72. doi: 10.1371/journal.pbio.0060072, 13 str.
- 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
- Liu, C., Newell, G., White, M. 2016. On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data. Ecology and Evolution, 6: 337–348
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A., Hortal, J. 2010. The uncertain nature of absences in their importance in species distribution modelling. Ecography, 33: 103–114
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A., Real, R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. Global Ecology and Biogeography, 17: 145–151
- Lobo, J.M., Verdú, J.R., Numa, C. 2006. Environmental in geographical factors affecting the Iberian distribution of flightless *Jekelius* species (Coleoptera: Geotrupidae). Diversity in Distributions 12: 179–188
- Logar, J. 1999. Parazitologija v medicini. Ljubljana, DZS: 228 str.
- Mackey, B.G., Lindenmayer, D.B. 2001. Towards a hierarchical framework for modelling the spatial distribution of animals. Journal of Biogeography, 28: 1147–1166
- Maelfait, J.-P. 1996. Spiders as bioindicators. Bioindicator Systems for Soil Pollution, 165–178
- Maretić, Z. 1983. Latrodectism: variations in clinical manifestations provoked by *Latrodectus* species of spiders. Toxicon, 21: 457–466
- Maretić, Z., Lebez, D. 1979. Araneism, with special reference to Europe. Ljubljana, Nolit Publishing House: 255 str.
- McGlone, M.S. 1996. When History Matters: Scale, Time, Climate in Tree Diversity. Global Ecology & Biogeography Letters, 309–314
- Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K., Daniel, J.S., Kainuma, M.L.T., Lamarque, J.-F., Matsumoto, K., Montzka, S.A., Raper, S.C.B., Riahi, K., Thomson, A., Velders, G.J.M., Vuuren, D.P.P. 2011. The RCP greenhouse gas concentrations in their extensions from 1765 to 2300. Climate Change, 109: 213–241
- Melic, A., Baquero, E., Jordana, R. 2006. Sobre la aparente extinción «atlántica» de la araña viuda negra y primer registro de la especie para Navarra y La Rioja (Araneae : Theridiidae : *Latrodectus*). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 39: 402–403
- Merow, C., Smith, M.J., Silander, J. a. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling

- species' distributions: what it does, in why inputs in settings matter. *Ecography*, 36: 1058–1069
- Metwally, A.S.M., Mohafez, M.A., El-Danasory, M.A. and El-Gendy, A.A. 2015. Notes on the biology of *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) (Araneae: Theridiidae). *Serket*, 14: 189-195
- Moss, R.H., Babiker, M., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J.A., Elgizouli, I., Emori, S., Lin, E., Hibbard, K., Jones, R., Kainuma, M., Kelleher, J., Lamarque, J.F., Manning, M., Matthews, B., Meehl, J., Meyer, L., Mitchell, J., Nakicenovic, N., O'Neill, B., Pichs, R., Riahi, K., Rose, S., Runci, P.J., Stouffer, R., VanVuuren, D., Weyant, J., Wilbanks, T., van Ypersele, J.P., Zurek, M. 2008. Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts and Response Strategies. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), Richland, ZDA: 24 str.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858
- Nadolny, A. A. 2013. Первая находка каракурта, *Latrodectus tredecimguttatus* (Araneae, Theridiidae), на Главной гряде Крымских гор. *Vestnik Zoologii*, 47: 432
- Nentwig, W., Blick, T., Gloor, D., Hänggi, A., Kropf, C. 2016. Spiders of Europe. Version 07.2016. www.araneae.unibe.ch. (27. 7. 2016)
- Ott, J. 2001. Expansion of Mediterranean Odonata in Germany in Europe - consequences of climatic changes, »Fingerprints« of Climate Change. Springer: str. 89–111
- Pantini, P., Sassu, A. and Serra, G. 2013. Catalogue of the spiders (Arachnida Araneae) of Sardinia. *Biodiversity Journal*, 4: 3-104
- Parmesan, C. 2006. Ecological in Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 37: 637–669
- Parmesan, C., Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37–42
- Pearce, J.L., Boyce, M.S. 2006. Modelling distribution in abundance with presence-only data. *Journal of Applied Ecology*, 43: 405–412
- Pearce, J.L., Venier, L.A. 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators*, 6: 780–793
- Pearson, R.G., Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361–371
- Pearson, R.G., Dawson, T.P., Liu, C. 2004. Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate in land-cover data. *Ecography*, 27: 285–298
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., Mc Mahon, T.A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1633–1644
- Peterson, A.T., Papeş, M., Soberón, J. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213: 63–72
- Phillips, S.J. 2006. A brief tutorial on Maxent. AT&T Research: 10 str.

- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231–259
- Phillips, S.J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C.H., Lehmann, A., Leathwick, J., Ferrier, S. 2009. Sample selection bias in presence-only distribution models: implications for background in pseudo-absence data. *Ecological Applications*, 19: 181–197
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling, New York, USA, ACM Press: 83 str.
- Ponder, W.F., Carter, G.A., Flemons, P., Chapman, R.R. 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology*, 15: 648–657
- QGIS Development Team, 2016. QGIS Geographic Information System.
- Riahi, K., Grübler, A., Nakicenovic, N. 2007. Scenarios of long-term socio-economic in environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change*, 74: 887–935
- Richardson, B.J., Zabka, M., Gray, M.R., Milledge, G. 2006. Distributional patterns of jumping spiders (Araneae: Salticidae) in Australia. *Journal of Biogeography*, 33: 707–719
- Rossi, P. 1790. *Fauna Etrusca*. Livorno, Thomae Masi & Sociorum, 714 str.
- RStudio Team, 2015. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, Inc., Boston, MA
- Rubidge, E.M., Patton, J.L., Lim, M., Cole Burton, A., Brashares, J.S., Moritz, C. 2012. Climate-induced range contraction drives genetic erosion in an alpine mammal. *Nature Climate Change*, 2: 285–288
- Rubio, G.D., Acosta, L.E. 2011. Geographical distribution of the space-weaving spider, *Chibchea salta*, from northwestern Argentina: New records and bioclimatic modeling. *Journal of Insect Science*, 11: 54
- Rubio, G.D., Rodrigues, E.N.L., Acosta, L.E., 2010. Description of the male of the spider *Dubiaranea difficilis* (Araneae: Linyphiidae), with new records in modeling of its potential geographic distribution. *Zootaxa*, 2405: 55–62
- Sanford, T., Frumhoff, P.C., Luers, A., Gullede, J. 2014. The climate policy narrative for a dangerously warming world. *Nature Climate Change*, 4: 164–166
- Santonja, M., Baldy, V., Fernandez, C., Balesdent, J., Gauquelin, T. 2015. Potential shift in plant communities with climate change: Outcome on litter decomposition in nutrient release in a Mediterranean oak forest. *Ecosystems*, 18: 1253–1268
- Saupe, E.E., Papes, M., Selden, P.A., Vetter, R.S. 2011. Tracking a medically important spider: climate change, ecological niche modeling, in the brown recluse (*Loxosceles reclusa*). *PLoS One* 6, e17731, doi: 10.1371/journal.pone.0017731, 10 str.
- Sherwin, H.A., Montgomery, W.I., Lundy, M.G. 2013. The impact in implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43: 171–182
- Shulov, A., Weissman, A. 1959. Notes on the life habits in potency of the venom of the three *Latrodectus* spider species of Israel. *Ecology*, 40: 515–518
- Simó, M., Laborda, Á., Jorge, C., Guerrero, J.C., Dias, M.A., Castro, M. 2011. Introduction,

- distribution in habitats of the invasive spider *Badumna longinqua* (L. Koch, 1867) (Araneae: Desidae) in Uruguay, with notes on its world dispersion. *Journal of Natural History*, 45: 1637–1648
- Smith, S.J., Wigley, T.M.L. 2006. Multi-Gas Forcing Stabilization with Minicam. *The Energy Journal*, 27: 373–391
- Sparks, T.H., Dennis, R.L.H., Croxton, P.J., Cade, M. 2007. Increased migration of Lepidoptera linked to climate change. *European Journal of Entomology*, 104: 139
- Stallybrass, F.C. 1969. Spider bites. *Lancet*, 1: 572
- Svenning, J.-C., Skov, F. 2005. The relative roles of environment in history as controls of tree species composition in richness in Europe. *Journal of Biogeography*, 32: 1019–1033
- Timms, P.K., Gibbons, R.B. 1986. Latrodectism - effects of the black widow spider bite. *Western Journal of Medicine*, 144: 315–317
- Tome, D., 2006. Ekologija: organizmi v prostoru in času. Tehniška založba Slovenije. Ljubljana: 344 str.
- Varol, İ. 2014. Phenology of *Latrodectus tredecimguttatus* (Rossi, 1790) (Araneae: Theridiidae) in Gaziantep Province, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 66: 139–140
- Vergés, A., Steinberg, P.D., Hay, M.E., Poore, A.G.B., Campbell, A.H., Ballesteros, E., Heck, K.L., Jr, Booth, D.J., Coleman, M.A., Feary, D.A., Figueira, W., Langlois, T., Marzinelli, E.M., Mizerek, T., Mumby, P.J., Nakamura, Y., Roughan, M., van Sebillie, E., Gupta, A.S., Smale, D.A., Tomas, F., Wernberg, T., Wilson, S.K. 2014. The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate-mediated changes in herbivory in community phase shifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281: 1789
- Vetter, R.S., Isbister, G.K. 2008. Medical aspects of spider bites. *Annual Review of Entomology*, 53: 409–429
- Vetter, R.S., Visscher, P.K. 1998. Bites in stings of medically important venomous arthropods. *International Journal of Dermatology*, 37: 481–496
- Vierling, K.T., Bässler, C., Brandl, R., Vierling, L.A., Weiss, I., Müller, J. 2011. Spinning a laser web: predicting spider distributions using LiDAR. *Ecological Applications*, 21: 577–588
- Vink, C.J., Derraik, J.G.B., Phillips, C.B., Sirvid, P.J. 2010. The invasive Australian redback spider, *Latrodectus hasseltii* Thorell 1870 (Araneae: Theridiidae): current and potential distributions, and likely impacts. *Biological Invasions*, 13: 1003–1019
- Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climate Change*, 109: 5–31
- Vuuren, D.P., Elzen, M.G.J., Lucas, P.L., Eickhout, B., Strengers, B.J., Ruijven, B., Wonink, S., Houdt, R. 2007. Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies in costs. *Climate Change*, 81: 119–159
- Wilson, R.J., Maclean, I.M.D. 2010. Recent evidence for the climate change threat to

- Lepidoptera in other insects. *Journal of Insect Conservation*, 15: 259–268
- Wise, M., Calvin, K., Thomson, A., Clarke, L., Bond-Lamberty, B., Sands, R., Smith, S.J., Janetos, A., Edmonds, J. 2009. Implications of limiting CO₂ concentrations for land use in energy. *Science*, 324: 1183–1186
- Wisz, M.S., Hijmans, R.J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14: 763–773
- World Spider Catalog, 2016. World Spider Catalog. Natural History Museum Bern. wsc.nmbe.ch, version 17.5 (25. 7. 2016)
- Wu, J. 2015. Detecting in attributing the effect of climate change on the changes in the distribution of Qinghai-Tibet plateau large mammal species over the past 50 years. *Mammal Research*, 60: 353–364
- Xin, X., Wu, T., Zhang, J. 2012. Introductions to the CMIP5 simulations conducted by the BCC climate system model. *Advances in Climate Change Research*, 8: 378–382
- Zamani, A., Mirshamsi, O., Savoji, A., Shahi, M. 2014. Contribution to the distribution of spiders with significant medical importance (Araneae: *Loxosceles* and *Latrodectus*) in Iran, with a new record for the country. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 10: 57-66

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil vsem, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku magistrskega dela.

V prvi vrsti gre zahvala Roku Kostanjšku s katerim sodelujeva že nekaj časa in je bil pripravljen prevzeti mentorstvo moji nalogi. Hvala za spodbude in usmerjanje pri izdelavi naloge.

Tea Knapič mi je dala kar nekaj dragocenih nasvetov glede modeliranja, za kar sem ji resnično hvaležen. Brez nasvetov in idej, ki so se porodile v pogovorih z Romanom Luštrikom, ta naloga zagotovo ne bi bila taka, kot je.

Zahvaljujem se tudi recenzentu Cenetu Fišerju in predsedniku komisije Rudiju Verovniku, saj sta prispevala mnogo konstruktivnih predlogov, popravkov ter razmišljanj o tematikah, ki jih obravnava naloga.

Zahvaljujem se Nini Grahek Križnar za lektoriranje naloge ter za predloge slogovnih popravkov.

Navsezadnje pa nič od tega ne bi bilo mogoče brez družinskih članov, ki so me podpirali tekom celotnega študija.

Največja zahvala pa gre Ani Križnar, ki je bila zelo razumevajoča v času nastajanja naloge in mi je vedno stala ob strani.

Hvala!

PRILOGE

Priloga A

Zbrani podatki o pojavljanju vrst.

zemljepisna širina	zemljepisna dolžina	država	leto podatka
40.15167	20.60600	Albanija	2012
39.73667	20.01917	Albanija	2013
40.4644012	50.0185013	Azerbajdžan	po 1950
38.7253500	48.8068008	Azerbajdžan	po 1950
39.6548700	48.6172500	Azerbajdžan	po 1950
43.9630440	47.7562640	Dagestan	po 1950
42.7636900	47.1602700	Dagestan	po 1950
42.5330600	47.1380500	Dagestan	po 1950
43.8500000	46.7166670	Dagestan	po 1950
44.4725000	47.4827800	Dagestan	po 1950
44.9586100	45.8005600	Dagestan	po 1950
44.4122000	46.0080000	Dagestan	po 1950
41.8471870	47.9794240	Dagestan	po 1950
41.4563010	47.7509080	Dagestan	po 1950
30.348545	30.508971	Egipt	2014
43.536768	6.833845	Francija	2001
36.91090	-2.124600	Francija	2006
41.436039	9.216597	Francija	2007
42.4	9.283333	Francija	2007
42.533333	9.416667	Francija	2007
41.55725	8.886917	Francija	2011
37.4230202	-1.5588883	Francija	2011
41.49174	9.05574	Francija	2013
41.2883300	46.4630600	Gruzija	po 1950
41.6972990	44.8018900	Gruzija	po 1950
42.0100400	43.9777100	Gruzija	po 1950
41.3252640	46.3411560	Gruzija	po 1950
41.5739200	43.2512900	Gruzija	po 1950
45.1620822829	13.7116708561	Hrvaška	2003
45.1801237768	13.7785305101	Hrvaška	2003
45.107957801	13.7159159135	Hrvaška	2003
45.1238767663	13.8347775206	Hrvaška	2003
45.0400368827	13.7753467171	Hrvaška	2003
45.0633846984	13.881473152	Hrvaška	2003
45.0877937784	14.1223801593	Hrvaška	2003

zemljepisna širina	zemljepisna dolžina	država	leto podatka
44.907378839	13.9557616565	Hrvaška	2003
44.8967661955	13.9324138408	Hrvaška	2003
44.8776634372	13.8878407381	Hrvaška	2003
44.8235389554	13.8591866007	Hrvaška	2003
44.8256614841	13.9281687834	Hrvaška	2003
44.780027117	13.9069434964	Hrvaška	2003
44.2982131024	15.087069453	Hrvaška	2003
44.2419660919	15.2483816341	Hrvaška	2003
44.2133119544	15.1857670375	Hrvaška	2003
44.1761677022	15.3958973787	Hrvaška	2003
44.1273495421	15.3767946204	Hrvaška	2003
44.1623712656	15.481859791	Hrvaška	2003
44.1453910361	15.4203064588	Hrvaška	2003
44.1857190813	15.4478993319	Hrvaška	2003
44.0424483942	15.4861048484	Hrvaška	2003
44.0318357507	15.524310365	Hrvaška	2003
44.0159167854	15.4425930101	Hrvaška	2003
44.9309924	13.8916433	Hrvaška	2003
44.9617159	13.8726425	Hrvaška	2003
44.9929084	13.8421136	Hrvaška	2003
45.0409657	13.831991	Hrvaška	2003
45.0489517	13.8321197	Hrvaška	2003
45.0895260	13.8317496	Hrvaška	2003
45.0491961	13.8318381	Hrvaška	2003
44.9910343	13.8270262	Hrvaška	2003
37.05000	57.51667	Iran	2010
27.18333	56.28333	Iran	2011
35.73333	50.58333	Iran	2011
36.30000	59.60000	Iran	2012
34.46667	50.45000	Iran	2013
36.46667	59.28333	Iran	2013
35.41667	55.13333	Iran	2013
35.68920	51.38897	Iran	2014
42.13700	15.51314	Italija	1955
42.35497	10.90719	Italija	1957
40.613978	8.919538	Italija	1981
40.61806	8.94436	Italija	1981
40.406125	9.011083	Italija	2005
40.73522	8.54947	Italija	2006
40.588808	8.218603	Italija	2009
40.587012	8.225028	Italija	2009
40.584363	8.215836	Italija	2011
40.586964	8.227292	Italija	2012
40.60466	8.157174	Italija	2012
40.609056	8.158528	Italija	2012
40.580165	8.243242	Italija	2012
42.10875	11.99311	Italija	2013

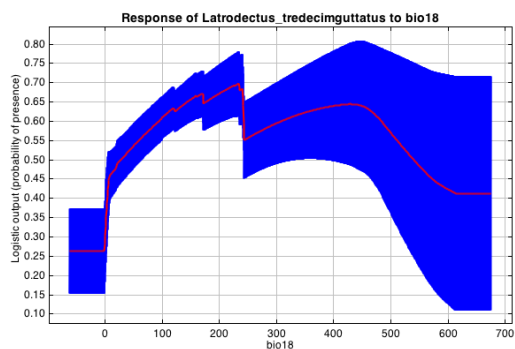
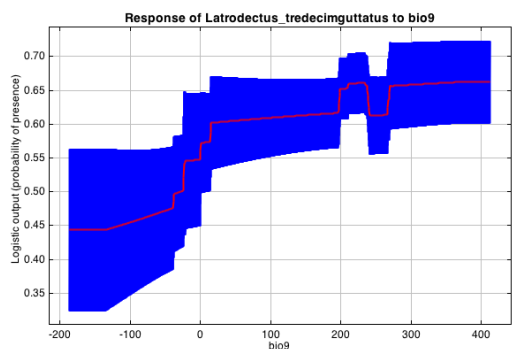
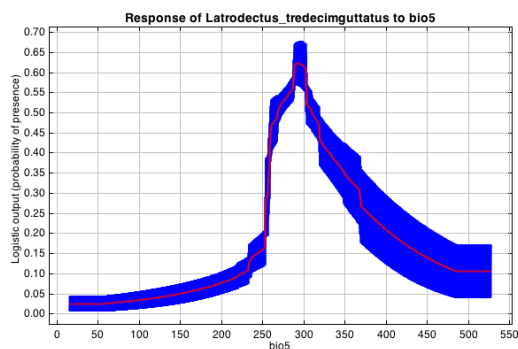
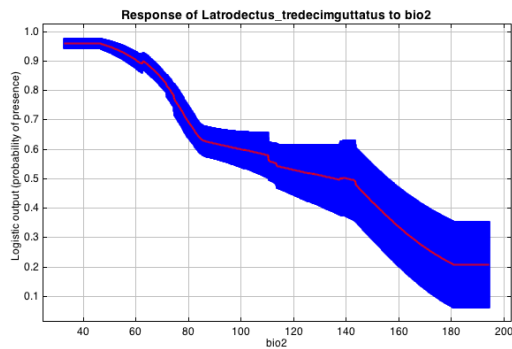
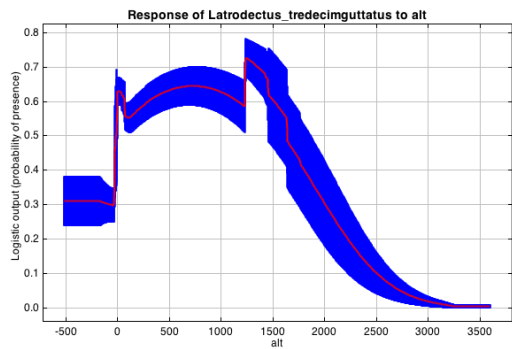
zemljepisna širina	zemljepisna dolžina	država	leto podatka
39.505407	8.794041	Italija	2015
40.590965	8.211322	Italija	2015
31.25297	34.79146	Izrael	1966
42.846522	17.978680	Izrael	1966
28.392885	-13.869896	Kanarski otoki	2011
41.907628	22.277039	Makedonija	2010
41.26095	21.56555	Makedonija	2016
35.11725	-2.343783	Maroko	2013
35.11725	-2.343783	Maroko	2013
35.11725	-2.343783	Maroko	2013
39.9393724877	-7.5811831838	Portugalska	2006
37.2634560814	-7.4733695863	Portugalska	2006
41.1865564292	-7.6621479716	Portugalska	2006
40.2459159588	-8.0213442192	Portugalska	2006
36.443893466	-6.1436490213	Portugalska	2006
45.300015	29.567023	Romunija	1961
44.969129	28.975145	Romunija	1965
44.969129	28.975145	Romunija	1965
45.401365	29.546175	Romunija	1968
44.045806	28.643904	Romunija	2004
44.080961	28.640876	Romunija	2004
44.458	28.796233	Romunija	2011
44.535783	28.73935	Romunija	2013
44.239453	28.588419	Romunija	2013
44.985563	27.807279	Romunija	2004
44.57044	28.71224	Romunija	2004
44.08278	28.64111	Romunija	2004
44.06394	28.63153	Romunija	2004
44.04468	28.64439	Romunija	2004
44.05548	28.58989	Romunija	2004
44.64491	27.75887	Romunija	2004
41.742594	22.194336	Romunija	po 1950
41.928331	19.241242	Romunija	po 1950
39.93336	32.85974	Romunija	po 1950
36.99142	35.33083	Romunija	po 1950
37.31290	40.73395	Romunija	po 1950
39.02907	43.35915	Romunija	po 1950
44.85306	34.35464	Rusija	2011
45.0776300	41.9976100	Rusija	po 1950
42.408396	27.692321	Rusija	po 1950
42.8639490	44.1497960	Severna Osetija- Alanija	Po 1950
42.40446	-1.67738	Španija	2003
42.22244	-1.95794	Španija	2003
42.32507	-2.21353	Španija	2005
40.05058	3.82406	Španija	2015
36.7820032686	-2.0778036555	Španija	2006
39.5793263253	-3.3365010097	Španija	2006

zemljepisna širina	zemljepisna dolžina	država	leto podatka
36.7876357732	-4.0742544747	Španija	2006
36.5954965069	-4.5811428936	Španija	2006
36.7825704574	-4.2809760648	Španija	2006
36.5579405988	-4.9341687591	Španija	2006
36.7355787453	-4.6442512182	Španija	2006
37.5012549165	-1.3949275219	Španija	2006
37.6077942981	-0.8123255285	Španija	2006
37.992971965	-1.4182229994	Španija	2006
38.1427097371	-1.4429498116	Španija	2006
40.94347	0.7196	Španija	2006
41.2234179008	1.1416713956	Španija	2006
41.1371618479	1.3844314226	Španija	2006
41.1996613049	1.5530951103	Španija	2006
41.3384089446	1.8021212248	Španija	2006
41.5821441912	1.8042052789	Španija	2006
41.5252264302	2.1396599722	Španija	2006
41.3525084731	1.4588390174	Španija	2006
42.166012632	-2.0451639515	Španija	2006
42.2427496443	-1.60771183	Španija	2006
42.0435777297	-1.7548064279	Španija	2006
42.0265848444	-0.4229678602	Španija	2006
41.8322619918	-0.7804733549	Španija	2006
41.5353992138	-0.5504087006	Španija	2006
41.5398952381	-1.0425711312	Španija	2006
41.7667926954	-0.2240192609	Španija	2006
40.7099638607	-1.9673469687	Španija	2006
39.975471344	-1.8914274344	Španija	2006
40.0219453016	-0.8728498219	Španija	2006
37.03389	37.31000	Turčija	2002
41.00824	28.97836	Turčija	po 1950
37.02458	31.74103	Turčija	2013
42.534994	27.390910	Turčija	po 1950
42.168511	26.578900	Turčija	po 1950
42.482472	26.004389	Turčija	po 1950
42.118619	24.801179	Turčija	po 1950
40.60134	43.09745	Turčija	po 1950

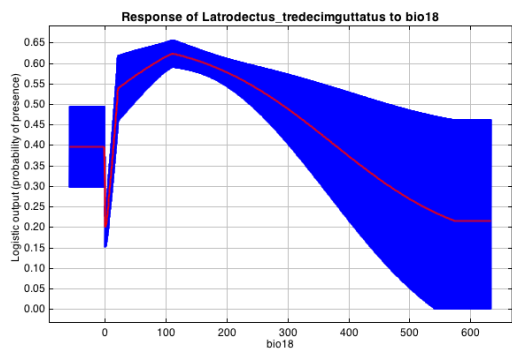
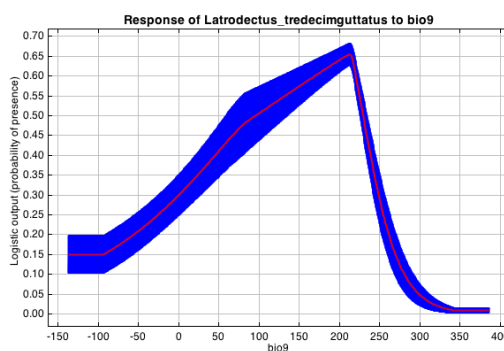
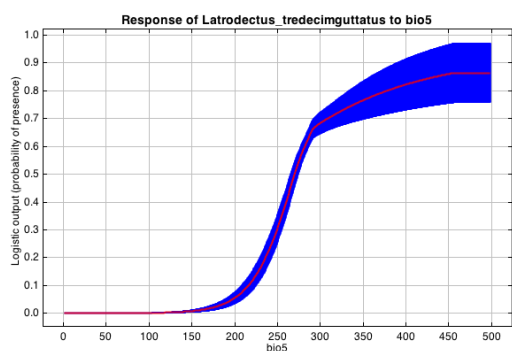
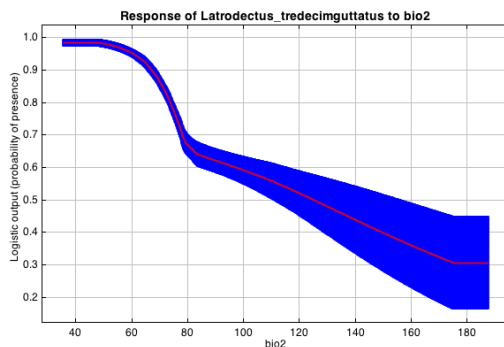
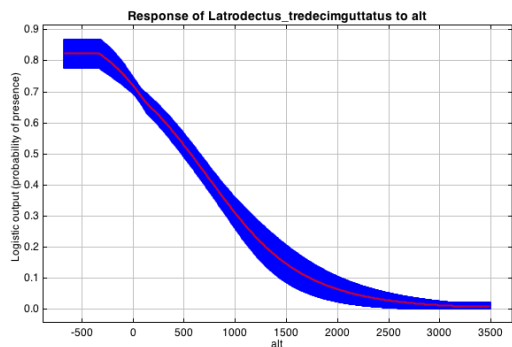
Priloga B

Odzivne krivulje okoljskih spremenljivk za posamezne modele razširjenosti.

Odzivne krivulje okoljskih spremenljivk za model razširjenosti v celotnem arealu.



Odzivne krivulje za model razširjenosti na območju Sredozemlja.



Priloga C

Biogeografske regije Evrope.

