Genska raznolikost i vijabilnost populacija endemskih vrsta roda Telestes (Cyprinidae, Actinopterygii)

Flauder, Elena

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:405837

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb



Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Elena Flauder

GENSKA RAZNOLIKOST I VIJABILNOST POPULACIJA ENDEMSKIH VRSTA RODA *Telestes* (Cyprinidae, Actinopterygii)

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Ovaj rad, izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Ivane Buj, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistrice ekologije i zaštite prirode.

ZAHVALE:

Velika hvala mentorici doc. dr. sc. Ivani Buj te suvoditelju dr. sc. Zoranu Marčiću na vremenu, strpljenju i pomoći pri izradi diplomskog rada.

Hvala roditeljima Ljubici i Goranu na brizi i potpori tijekom cijelog mog obrazovanja, braći Andreju i Vikiju koji su mi popravljali dan u najtežim trenucima, baki Elzi i didi Dragi koji su željno iščekivali rezultat svakog mog ispita i veselili se zajedno sa mnom.

Hvala mojoj Martini Hojsak koja me je uputila u ovaj diplomski studij i uvijek pomagala i bila uz mene tijekom pohađanja preddiplomskog studija.

Velika hvala mojoj Rebecci koja je sa mnom istraživala čari Zagreba i bez koje moj boravak u Zagrebu ne bi bio toliko ispunjen, zabavan, sretan i divan. Zahvaljujući njoj, razdoblje studiranja u Zagrebu pamtit ću kao najljepše razdoblje u životu.

I na kraju, hvala mom dečku Toniju koji me prati od samog početka studiranja i koji je pokazao veliko strpljenje za sve moje obaveze te uvijek bio potpora u svemu.

Ovaj diplomski rad posvećujem svojoj majci Ljubici i tati Goranu koji su uvijek stavljali moje potrebe ispred svojih, proživljavali sa mnom stresne, ali i sretne trenutke te koji su najponosniji na mene i najzaslužniji za moj uspjeh

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek Diplomski rad

GENSKA RAZNOLIKOST I VIJABILNOST POPULACIJA ENDEMSKIH VRSTA RODA *Telestes* (Cyprinidae, Actinopterygii)

Elena Flauder

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Endemske vrste roda *Telestes* ubrajaju se među najugroženije vrste slatkovodnih riba u Europi, a u Hrvatskoj ih živi čak osam. Zbog opterećenosti slatkovodnih ekosustava, degradacija staništa, melioracija, regulacija vodotoka i unošenja invazivnih svojti, vrste roda *Telestes* smatraju se kritično ugrožene prema kategorijama i kriterijima IUCN-a. Kako bih predložila prikladne mjere zaštite te proširila znanje o biologiji, ekologiji i genetici tih vrsta, izračunala sam mjere varijacija slijedova DNA unutar i između populacija, procijenila povezanost populacija, njihovu efektivnu veličinu i provela ih kroz različite scenarije potencijalnih katastrofa radi ispitivanja njihove vijabilnosti. Migracije populacija iste vrste koje obitavaju na više lokaliteta nisu recipročne i uvijek više jedinki migrira u jednom smjeru – nizvodno, uzvodno i podzemno. S obzirom na to da su efektivne veličine svih istraživanih vrsta relativno male, osjetljivije su na promjene u okolišu. Najosjetljivija vrsta je *T. karsticus*, a najotpornije su *T. turskyi* i *T. fontinalis.*

(73 stranice, 22 tablice, 32 slike, 27 literarnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici
Ključne riječi: Migracije populacija, efektivna veličina populacije, klimatske promjene, zaštita
Voditeljica: Dr. sc. Ivana Buj, doc.
Suvoditelj: Dr. sc. Zoran Marčić
Ocjenitelji:
Dr. sc. Ivana Buj, doc.
Dr. sc. Sofia Ana Blažević, doc.
Dr. sc. Mirta Tkalec, izv. prof.
Rad prihvaćen: 14. 09. 2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

GENETIC DIVERSITY AND POPULATION VIABILITY OF ENDEMIC *Telestes* SPECIES (Cyprinidae, Actinopterygii)

Elena Flauder

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The endemic *Telestes* species are among the most endangered freshwater fish in Europe, in Croatia lives eight of them. Due to the burden of freshwater ecosystems, habitat degradation, melioration, water regulation and invasive species, *Telestes* is classified into the critically endangered IUCN Red List category. To propose adequate protection measures and expand knowledge of biology, ecology and genetics of these species, I calculated the variations of DNA sequences among populations, estimated the population correlation and their effective size, and carried the species through different scenarios of potential disasters to test their viability. Populations migrates are not reciprocal, more and more migrants migrate in one direction - downstream, upstream and underground. Since the effective sizes of all the investigated species are relatively small, they are more sensitive to changes in the environment. The most vulnerable species is *T. karsticus*, and the most resistant are *T. turskyi* and *T. fontinalis*.

(73 pages, 22 tables, 32 figures, 27 references, original language: croatian)
Thesis deposited in the Central Biological Library
Key words: Migration populations, effective population size, climate change, protection
Supervisor: Dr. Ivana Buj, Asst. Prof.
Cosupervisor: Dr. Zoran Marčić
Reviewers:
Dr. sc. Ivana Buj, doc.
Dr. Sofia Ana Blažević, Asst. Prof.
Dr. Mirta Tkalec, Assoc. Prof.
Thesis accepted: 14. 09. 2017.

SADRŽAJ

1 UVOD 6

1.1 BIOLOŠKA RAZNOLIKOST 6

1.2 ROD *Telestes* 8

1.3 UVOD U METODE 16

2 CILJ ISTRAŽIVANJA 18

3 MATERIJAL I METODE 19

3.1 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 19

3.2 ANALIZA GENSKOG POLIMORFIZMA 24

3.3 INTRASPECIJSKA STRUKTURA 25

3.4 EFEKTIVNA VELIČINA POPULACIJE 26

3.5 ANALIZA VIJABILNOSTI 27

4 REZULTATI 34

4.1 GENSKI POLIMORFIZAM 34

4.2 INTRASPECIJSKA STRUKTURA 35

4.3 EFEKTIVNA VELIČINA POPULACIJE 37

4.4 ANALIZA VIJABILNOSTI 38

5 RASPRAVA 61

6 ZAKLJUČAK 66

7 LITERATURA 67

8 ŽIVOTOPIS 70

1 UVOD

1.1 BIOLOŠKA RAZNOLIKOST

Biološka raznolikost je strukturalna i funkcionalna varijabilnost životnih oblika koja se manifestira na genskoj i taksonomskoj razini, kao i na razini viših organizacijskih sustava (JADRAN.IZOR.HR).

Zahvaljujući zemljopisnom položaju koji obuhvaća jadranski i crnomorski sliv, Hrvatska je jedna od ihtiološki najbogatijih zemalja Europe. Po broju vrsta slatkovodnih riba pripada u sam vrh Europe. Zbog posebnih ekoloških, klimatskih i geomorfoloških prilika te velikog broja stanišnih tipova, posebno krških i podzemnih staništa, Hrvatska broji mnoge endeme koji svojom vrijednošću pridonose bogatstvu biološke raznolikosti (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

U svijetu je opisano gotovo 15.000 slatkovodnih riba. U Europi se taj broj kreće oko 560 (KOTTELAT i FREYHOF, 2007), a u slatkim vodama Hrvatske živi približno 140 ribljih svojti. Od njih su 52 nositeljice statusa endema. Jadranski slijev obuhvaća 38 endemskih vrsta, dunavski 12 te Jadran dvije (ĆALETA i SUR., 2015).

Endemske vrste su organizmi s ograničenim područjem rasprostranjenosti. Mogu se nalaziti samo na pojedinim lokalitetima. Stenoendemi imaju male areale rasprostranjenosti. Te su vrste vrlo osjetljive i teško se prilagođavaju promjenama okoliša. Uglavnom su rasprostranjene u nekadašnjim glacijalnim refugijama. Endemske vrste Hrvatske povezane su s krškim staništima te čine važan dio europske bioraznolikosti. Nedovoljna istraženost endemskih vrsta i slaba popularizacija u široj javnosti ne pridonosi njihovoj zaštiti u prirodi. Uništavanje staništa i unos alohtonih vrsta među glavnim su uzrocima izumiranja endemskih vrsta. U većini slučajeva nedostaju podaci o stanju populacija endemskih vrsta prije unosa alohtonih vrsta i zato je teško predvidjeti posljedice. Ne postoji niti stalni monitoring radi utvrđivanja utjecaja alohtonih vrsta na populacije endemskih vrsta, autohtone zajednice i ekosustav u cjelini (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

Ekološka važnost riba u ekosustavu je povezivanje trofičkih lanaca, recikliranje nutrijenata, prenošenje ugljika i minerala te poticanje kruženja ugljika iz vode u atmosferu. Smanjenje biomase riba u ekosustavu dovodi i do smanjenja mase ostalih skupina hranidbenog lanca (ĆALETA i SUR., 2015). One su jedan od najboljih pokazatelja stresa i stanja vodenih

ekosustava, daju nam znanstvene, edukacijske i prirodno - povijesne informacije. Gospodarsko značenje riba je u izvoru proteina za ljudsku populaciju. Mnoge zemlje slatkovodno ribarstvo povezuju s procvatom turističkog sportskog ribolova i boravka u prirodi. Ribe i ljudi djeluju jedni na druge, ali posljedice tog djelovanja teško je procijeniti i odvojiti ih od prirodnih procesa. Zbog povezanosti s vodenim staništima i ljudskog pritiska, ribe su najugroženija skupina kralješnjaka na svijetu. Sinergijsko djelovanje raznih čimbenika, poput promjena brzine toka i pregradnje rijeka, degradacije staništa, zagrijavanja i intenzivnog iskorištavanja voda, unosa alohtonih vrsta, onečišćenja, regulacije vodotoka, izgradnje brana i hidroakumulacija, melioracija te prelova, utječe na riblje zajednice. Njihov opstanak ovisi o iskorištavanju ribljih potencijala koje bi trebalo biti u skladu s održivim razvojem (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

1.2 ROD *Telestes*

Rod *Telestes* (BONAPARTE, 1837) dugo je smatran podrodom roda *Leuciscus* (CUVIER, 1816) i endemski je rod za Euromediteransku ihtiološku podregiju (KETMAIER i SUR., 1998). Od ostalih rodova potporodice razlikuje se po tomu što jedinke ispred analnog otvora nemaju greben bez ljusaka koji prolazi sredinom trbušne strane, što imaju cjelovitu bočnu prugu, završna ili poluzavršna usta, varijabilne ždrijelne zube (mali, kukasti i nazubljeni) poredane u jedan ili dva reda, početak leđne peraje postavljen je neposredno iza početka trbušnih peraja, u podrepnoj peraji imaju 7 - 10½ razgranatih šipčica, u leđnoj peraji imaju 7 - 8½ razgranatih šipčica, duž bočne pruge proteže im se crna crta, a od vrha njuške sredinom boka do repnog drška proteže se crna pruga (KETMAIER i SUR., 1998; KOTTELAT i FREYHOF, 2007) koja nije uvijek uočljiva kod živih primjeraka, ali se kod konzerviranih uvijek jasno vidi (KOTTELAT i FREYHOF, 2007).

Vrste tog roda ubrajaju se među najugroženije slatkovodne ribe u Europi. Od ukupno 14 otkrivenih vrsta roda *Telestes*, u Hrvatskoj ih živi čak osam: *T. croaticus* (STEINDACHNER, 1866); *T. fontinalis* (KARAMAN, 1972); *T. karsticus* MARČIĆ i MRAKOVČIĆ, 2011; *T. miloradi* (BOGUTSKAYA, ZUPANČIČ, BOGUT i NASEKA, 2012); *T. polylepis* (STEINDACHNER, 1866); *T. souffia* (RISSO, 1827); *T. tursky* (HECKEL, 1843); *T. ukliva* (HECKEL, 1843) (MARČIĆ, 2013).

Rod *Telestes* čine isključivo slatkovodne ribe koje obitavaju u staništima od planinskih potoka i jezera do nizinskih rijeka. Preferiraju hladnovodne uvjete i moglo bi ih se svrstati u zonu lipljena, što znači da pretežno žive u gornjim tokovima rijeka ili u manjim potocima (KETMAIER i SUR. 1998; KETMAIER i SUR. 2004). Zadržavaju se u manjim jatima u bistroj i hladnoj vodi, skrivajući se u vodenom bilju (PINTAR, 1964). Za vrijeme nepovoljnih uvjeta povlače se u podzemlje. Opasnost im prijeti od opterećenosti slatkovodnih ekosustava, degradacije staništa, melioracije, regulacije vodotoka i unošenja invazivnih svojti. Stoga ih je nužno zaštiti kako bi populacije tog roda opstale.

Vrste roda *Telestes* imaju jednostavno građeno probavilo smješteno u trbušnoj šupljini u obliku slova „S“, s vidljiva dva zavoja. Prednji je dio probavila širi te se sužava prema stražnjem dijelu, ali ne postoji jasno odvojen želudac. Ne postoje vratarnički privjesci (*appendices pyloricae*). Stijenka probavila je čvrsta i zadebljala gusto poslaganim crijevnim resicama s unutarnje strane (MARČIĆ, 2013).

Kvalitativni sastav prehrane kapelske svijetlice otkriva da je ta vrsta eurifagni omnivor (ZANELLA i SUR. 2009) sa značajnom količinom biljnog materijala. Iako u prehrani dominiraju vodeni kukci, u probavnom sustavu pronađene su i druge skupine vodenih beskralješnjaka, riba, biljni materijali, alge i ostale neidentificirane organske i anorganske tvari. Vrste roda *Telestes* uzimaju hranu s površine vode, a planktonski račići pronađeni u probavilu upućuju na zaključak da se vrste hrane i u vodenom stupcu. Takvom načinu hranjenja odgovaraju i subterminalna usta kakva imaju. S obzirom na to da jedu svu dostupnu hranu, postoje i slučajevi kanibalizma, posebno u ljetnim mjesecima kada su resursi hrane ograničeni. Kanibalizam je zabilježen samo kod jedinki veće dužine od standardne, u čijim je probavilima pronađena riblja mlađ manjih dužina pa se smatra da su samo najveće jedinke sposobne pojesti samo najmanje (MARČIĆ, 2013). Kod riba je to uobičajena pojava jer su juvenilne jedinke male u odnosu na odrasle i jer vanjska oplodnja i visoki fekunditet pružaju mnoštvo prilika za takvo ponašanje (MOYLE i CECH, 2004).

Kvalitativno najraznovrsnija hrana je u proljeće, kada je i fauna beskralješnjaka bogata, a ličinke vodenih kukaca još nisu završile preobrazbu. Tijekom godine u probavilu je zabilježeno ukupno 12 skupina organizama: Diatomeae (alge kremenjašice), Cestoda (trakavice), Gastropoda (puževi), Bivalvia (školjkaši), Nematoda (oblići), Clitellata (pojasnici), Crustacea (rakovi), Arachnida (paučnjaci), Chilopoda (strige), Collembola (skokuni), Insecta (kukci) i Actinopterygii (zrakoperke). U sastavu prehrane razred Clitellata, potkoljeno Crustacea i razred Insecta zastupljeni su cijele godine, a razred Arachnida tijekom ljeta, jeseni i zime. Razredi Bivalvia, Gastropoda i koljeno Nematoda prisutni su zimi i u proljeće. Podrazred Chilopoda zabilježen je samo u proljeće, a podrazred Collembola u jesen (MARČIĆ, 2013).

Poznato je da kod nekih riba određivanje spola ovisi o temperaturi (DEVLIN i NAGAHAMA, 2002; GUERRERO - ESTEVEZ i MORENO-MENDOZA, 2010), tako da povećanje temperature mijenja omjer spolova u korist mužjaka (CONOVER i KYNARD, 1981; ROEMER i BEISENHERZ, 1996; NOMURA i SUR., 1998). Za uspješan mrijest, otpuštanje gameta kod životinja s vanjskom oplodnjom trebalo bi biti sinkronizirano, a okolišni uvjeti poticajni. Vrste se mrijeste u otvorenoj vodi i jaja odlažu na podvodno bilje pa su stoga fitofilne vrste. Kod vrsta roda *Telestes*, maksimum mužjaka i ženki vremenski se podudara, što pokazuje sinkronizaciju procesa sazrijevanja gonada kod suprotnih spolova. Vrijeme mrijesta traje im od kraja ožujka

do početka svibnja, s vrhuncem u travnju. Spolni dimorfizam prisutan je samo u sezoni mrijesta i tada se mužjacima razvijaju kvržice po glavi i ljuskama, a ženkama se zadebljavaju trbusi. Na kraju mrijesnog razdoblja u jatu ostanu samo mužjaci. Za ženke se vjeruje da se povuku u podzemna staništa. Veći mortalitet mužjaka vjerojatno potječe od takvog ponašanja (MARČIĆ, 2013).

U Hrvatskoj obitava šest endemskih vrsta roda *Telestes* čiji kratki opisi slijede u nastavku:

Razred: Actinopterygii (zrakoperke)

Nadred: Teleostei (prave koštunjače)

Red: Cypriniformes (šaranke)

Porodica: Cyprinidae (šarani)

Rod: *Telestes*

- Vrsta: *Telestes polylepis* (svijetlica)



Slika 1. *Telestes polylepis* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Autohtona vrsta iz Šmitovog jezera i ponora Rupećica kod Ogulina (ĆALETA i SUR., 2015) hrvatski je endem koji živi u dunavskom slijevu. Bentopelagička je vrsta i nastanjuje čiste vode brdskih i planinskih tekućica te nizinskih, sporotekućih rijeka. U pojedinim razdobljima godine povlači se u podzemna staništa krških tekućica.

Tijelo svijetlice prekrivaju sitne ljuske, nešto veće širine nego dužine. Leđa su tamnosiva, a trbuh srebrnastobijel. Tamna crta proteže se duž bokova, od vrha rostruma do repne peraje. Leđna peraja znatno je veća od drugih, a počinje sa stražnje strane tijela. Dužina glave čini petinu dužine tijela i ima izrazito velike oči (Slika 1).

Zbog stalnog smanjivanja i narušavanja kakvoće staništa te antropogenog pritiska na podzemna krška područja, svijetlica ima status kritično ugrožene vrste u Hrvatskoj te je međunarodno zaštićena Bernskom konvencijom (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

- Vrsta: *Telestes turskyi* (turski klen)



Slika 2. *Telestes turskyi* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Autohotna vrsta i endem jadranskog sliva, rasprostranjena je u rijeci Čikoli pokraj Drniša (ĆALETA i SUR., 2015), a povijesni nalazi bilježe je u Buškom blatu u Bosni i Hercegovini. Na tom lokalitetu, međutim, nije viđena posljednjih desetak godina. Turski klen također je i stenoendem slijeva Krke.

Prosječno je dug 15 – 20 cm, a najveći nađeni primjerci dosezali su i 25 cm. Leđna peraja smještena je na početku donje polovice tijela. Tamna uzdužna pruga po bokovima prati cijelu dužinu tijela (Slika 2).

Zbog regulacije i onečišćenja rijeke Krke i njezinih pritoka, areal turskog klena kontinuirano se smanjuje i narušava se kvaliteta staništa. Zbog nabrojanih čimbenika turski je klen u statusu kritično ugrožene vrste u Hrvatskoj (CR) i zaštićen je Bernskom konvencijom te Europskom direktivom o zaštiti staništa (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

- Vrsta: *Telestes ukliva* (cetinska ukliva)



Slika 3. *Telestes ukliva* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Vrsta je autohtona, endem je jadranskog slijeva te stenoendem rijeke Cetine (ĆALETA i SUR., 2015). Živi u izvorima, pritocima i akumulacijama, a najčešće se zadržava iznad pijeska ili šljunka. Poput ostalih vrsta unutar roda, hrani se beskralježnjacima, najviše račićima i ličinkama kukaca.

I cetinska ukliva prosječno naraste 15 – 20 cm, a najveći nađeni primjerci bili su dugački do 25 cm. Po srebrnkastim se bokovima pruža tamna pruga cijelom dužinom tijela. Trbuh je bijele, a peraje su pri osnovici žućkaste do narančaste boje. Širina glave upola je manja od dužine (Slika 3).

Onečišćavanje i uništavanje staništa, uski areal na kojem živi i unos alohtonih šaranskih vrsta dovelo je cetinsku uklivu do statusa kritično ugrožene vrste u Hrvatskoj (CR). Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom. Njezinoj ugroženosti doprinosi i pregradnja rijeke Cetine, rascjepkanost staništa i oscilacije u razini vode (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006).

- Vrsta: *Telestes karsticus* (kapelska svijetlica)



Slika 4. *Telestes karsticus* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Kapelska svijetlica je stenoendem voda oko Ogulina i endem Hrvatske, dunavskog slijeva (ĆALETA i SUR., 2015). U prošlosti je bila rasprostranjena sjeveroistočno od planina Velike i Male kapele, a danas jedini poznati lokaliteti podzemno povezuju Zeleno jezero i ponor Rupećicu blizu Ogulina. Smatralo se da su svijetlica i kapelska svijetlica ista vrsta, ali potom je 2011. godine opisana kao nova vrsta koja živi s jugozapadne strane planina Velike i Male Kapele u krškim poljima (Stajničko polje, polje Lug, Drežničko i Jasenačko polje), prema kojima je i dobila naziv *karsticus*.

Tijelo kapelske svijetlice (Slika 4) izduženo je, blago bočno spljošteno i u cijelosti je, osim glave, prekriveno preklapajućim ljuskama (MRAKOVČIĆ i SUR., 2006). Ima 45 do 62 ljuske u bočnoj prugi, 9 do 10 škržnih šipčica i ravan stražnji rub podrepne peraje. Najveća izmjerena dužina tijela kapelske svijetlice u potoku Sušik iznosi 14,6 cm, što je nešto manje od 15,3 cm izmjerenog primjerka iz Stajničkog polja. Ženke kapelske svijetlice iz potoka Sušik standardno su duže od mužjaka. Ženke, juvenilne jedinke i ukupni uzorak kapelske svijetlice iz potoka Sušik, rastu pozitivno alometrijski, dok mužjaci rastu izometrijski (MARČIĆ, 2013).

U potoku Sušik pored polja Lug u srpnju 2008. godine utvrđena je velika infekcija populacije nametnikom *Ichthyophthirius* sp. te sekundarna bakterijska infekcija (ZRNČIĆ I ORAIĆ, neobjavljeni podaci), koje su dovele do ozbiljnog smanjenja brojnosti vrste u potoku. Bolest se manifestirala kao veće ili manje crvene mrlje na glavi i tijelu (MARČIĆ, 2013).

Vrsta je posebno ugrožena onečišćenjem i regulacijom vodotoka te unošenjem invazivnih vrsta riba, posebno pastrvskih, stoga je svrstana u kritično ugrožene vrste prema Crvenoj listi IUCN-a (ĆALETA, 2015).

- Vrsta: *Telestes croaticus* (hrvatski pijor)



Slika 5. *Telestes croaticus* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Stenoendem Like, endem Hrvatske u rijekama Jadovi i Ričici (ĆALETA i SUR., 2015), obitava u potocima i izvorima bistre i čiste hladne vode. Kao i ostale vrste u rodu, zimu i nepovoljne uvjete provodi u podzemnim vodama.

Ljuskice joj pokrivaju cijelo tijelo osim glave, vrlo su tanke i ne preklapaju se. Od oka do završetka repne peraje proteže se tamna središnja pruga duž pigmentiranog dijela leđa i boka. Njuška im je izrazito zaobljena (Slika 5). Prosječna dužina hrvatskog pijora iznosi 16,5 cm.

Pripada skupini ugroženih vrsta (EN) prema kriterijima IUCN-a zbog uništenja i onečišćenja staništa te prijetnje unesenih alohtonih svojti *Alburnus arborella* (BONAPARTE, 1841) i

Squalius cephalus (LINNAEUS, 1758) (STEINDACHNER, 1866.; BOGUTSKAYA i ZUPANČIĆ, 2003).

- Vrsta: *Telestes fontinalis* (krbavski pijor)



Slika 6. *Telestes fontinalis* (Autor: Perica Mustafić, 2015)

Krbavski pijor je stenoendem Krbavskog polja i endem Hrvatske. Njegova rasprostranjenost pripada dunavskom slijevu. Živi u hladnim i čistim potocima i izvorima, a zimu provodi mirujući u podzemlju ili zakopan u supstrat (ĆALETA i SUR., 2015).

Ljuskice po tijelu jasno su vidljive, tanke su i ne preklapaju se (Slika 6). Poput ostalih vrsta, duž tijela mu se proteže tamna crta, od oka pa sve do repne peraje (BOGUTSKAYA i ZUPANČIĆ, 2002). Prosječno narastu 15 cm.

Vrsta nosi status ugrožene vrste u Hrvatskoj (EN), a prema Crvenoj knjizi IUCN-a kritično je ugrožena (CR) (ĆALETA i SUR., 2015).

1.3 UVOD U METODE

Za mnoge svrhe u biologiji potrebno je znati efektivnu veličinu populacije te njihovu međusobnu interakciju (BEERLI, 2012). Efektivnu veličinu populacije čini broj jedinki koje se razmnožavaju. U nekim jednostavnim slučajevima, efektivna veličina populacije odgovara broju reprodukcijski sposobnih jedinki u realnoj populaciji (DARWIN.EEB.UCONN.EDU).

Postoje različite metode dobivanja informacija o efektivnoj veličini populacije: bihevioralni ili ekološki pristup traži monitoring jedinki u populaciji i razlikovanje pripadajućih i pridošlih jedinki. Često su primjerci obilježeni oznakom, ali takav je pristup teško primjeniti u velikim populacijama, onima s malim brojem imigranata ili kod skrovitih vrsta.

Alternativni pristup koristi gensku raznolikost populacije za procjenu efektivne veličine, ali i njihove međusobne povezanosti putem migracija, odnosno protok gena. U tu se svrhu računaju parametri poput „Fst“, koji pokazuje kako su izolirane populacije međusobno (BEERLI, 2012) i „teta“ koja predstavlja veličinu populacije.

Populacijska genetika je grana evolucijske biologije koja nastoji utvrditi razinu i raspodjelu genskog polimorfizma u prirodnim populacijama i otkriti evolucijske sile (mutacije, migracije, odabir) koje bi mogle objasniti obrazac genske varijacije uočene u prirodnim populacijama. U idealnom slučaju, najpozudanije kvantificiranje genske varijacije u prirodnim populacijama trebalo bi se izvoditi usporedbom slijedova DNA (KREITMAN, 1983).

Pomoću računalnih programa DNAsp, MIGRATE i VORTEX, prethodno prikupljeni podaci (sekvence gena za citokrom *b*) analiziraju se radi utvrđivanja trenutačnog stanja populacija roda *Telestes,* međusobne povezanosti vrsta i upozorenja na potencijalne i stvarne opasnosti njihova opstanka. Istraživanje će obuhvatiti šest hrvatskih endemskih vrsta, predstavljenih uzorcima s 11 lokaliteta.

DNAsp (DNA sequence Polymorphism) je software za izračunavanje nekoliko mjera varijacija slijeda DNA unutar i između populacija, a poslužit će za analizu polimorfizama DNA iz podataka nukleotidnih sekvenci.

Program MIGRATE procjenjuje povezanost populacija na temelju parametara iz genskih markera. Pristup procjene parametara koji sam koristila je Bayesova paradigma. Efektivna

veličina populacije se procijeni kao omjer parametra TETA (ɵ) i stope mutacije (0,0000011) koji su dobiveni u programu MIGRATE.

VORTEX je simulacijski model temeljen na jedinkama za provođenje analize vijabilnosti populacija. Uz pomoć VORTEX-a populacije se provode kroz niz situacija, prateći stopu preživljavanja i predviđajući izglede za opstanak populacija pomoću parametara i događaja koji utječu na vijabilnost.

2 CILJ ISTRAŽIVANJA

Budući da su vrste roda *Telestes* kritično ugrožene i nalaze se na vrlo ograničenim područjima, nužno je donijeti i uvesti primjerene mjere zaštite radi očuvanja bogatstva bioraznolikosti ihtiofaune te proširiti znanje o biologiji, ekologiji i genetici tih vrsta.

Ciljevi rada su:

- Prikupiti podatke o migracijama jedinki roda *Telestes* i ustanoviti povezanost populacija
- Utvrditi intrapopulacijsku i intraspecijsku gensku raznolikost
- Izračunati mjere genske raznolikosti
- Kvantitativno procijeniti vjerojatnost opstanka u idućih stotinu godina
- Identificirati najopasnije prijetnje za vrste roda *Telestes* i na temelju ishoda predložiti prikladne konzervacijske mjere

3 MATERIJAL I METODE

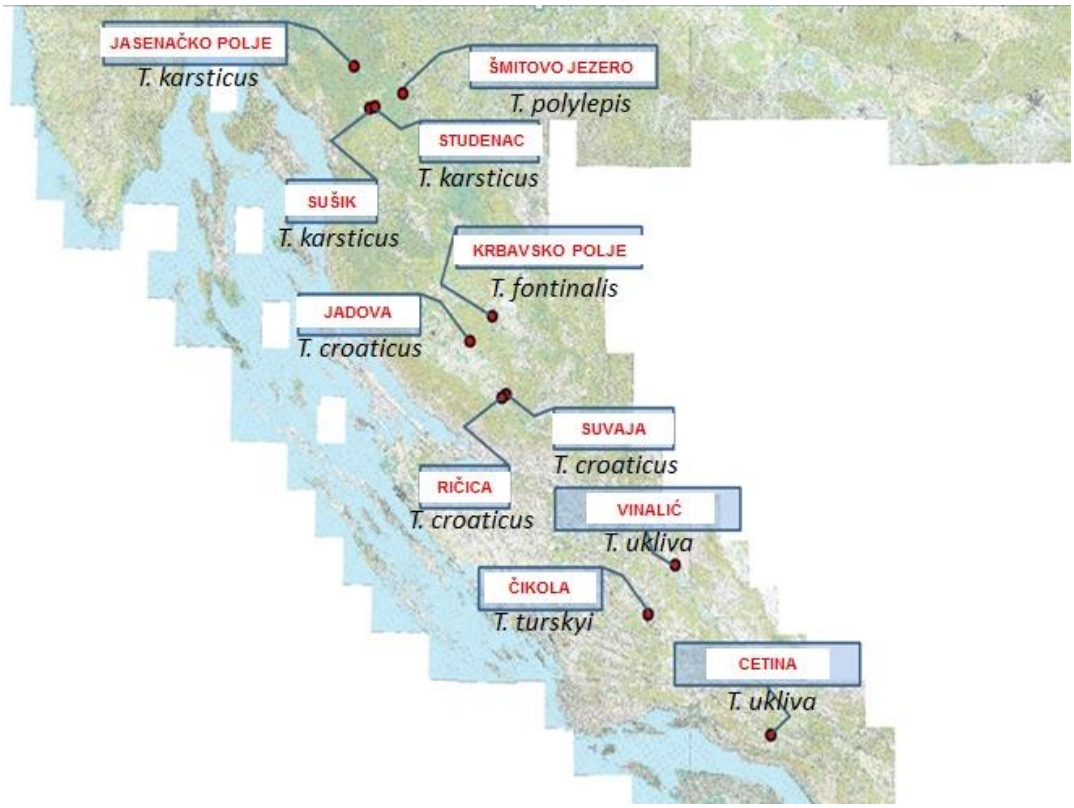
3.1 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Područje krša u Hrvatskoj reljefna je posebnost. Geološki gledano, krš je karakterističan oblik reljefa na vapnenačko-dolomitnoj podlozi, odnosno pretežno kamenoj karbonatnoj površini, oblikovan dugotrajnim djelovanjem oborinske i protočne vode (BOŽIČEVIĆ, 1992).

Područje krša u Hrvatskoj zauzima približno 52 % površine, odnosno 29.350 km^2. Obuhvaća cijelu hrvatsku obalu i zadire u kontinentalni dio zemlje. Na okršenost prostora znatno utječe i klima, posebno raspored oborina s iznimno visokim godišnjim parametrima upravo u planinskom prostoru, a različitost oborinskog čimbenika uočljiva je i na Jadranu. Za vrijeme kvartara, u razdobljima interglacijala, količine oborina bile su nekoliko puta veće. To je najviše utjecalo na izgled okršenosti današnjeg reljefa od Istre i Gorskoga kotara, preko Like, sve do Dalmacije (BOŽIČEVIĆ, 1992).

Reljefna obilježja utječu i na klimu gorske Hrvatske. Velebit i rubne obalne planine Gorskog kotara sprječavaju širenje toplinskog utjecaja Jadranskog mora u unutrašnjost, a veća nadmorska visina utječe na povećanje količine padalina (ŠEGOTA, 1975; NJEGAČ, 2002).

U takvom reljefu svoje su mjesto našle i endemske vrste roda *Telestes*, prethodno uzorkovane iz rijeka Jadove, Ričice, Suvaje, Krbavskog polja, rijeke Čikole i Cetine, Vinalić (Zduški potok), jezera Studenac, Sušik i Šmitovog jezera te Jasenačkog polja (Slika 7). Točne koordinate nabrojanih nalazišta vrsta roda *Telestes* objavljene su u tablici 1. Slijede kratki opisi lokaliteta.



Slika 7. Lokaliteti na kojima su pronađene vrste roda *Telestes*

Jadova

Desni je pritok Like, duga 35 km. Izvire u blizini Gornje Ploče. U gornjem dijelu toka redovito presušuje (PROLEKSIS ENCIKLOPEDIJA, 2012).

Ričica

Rijeka ponornica u Lici, duga 24,3 km, s porječjem od 218 km^2. Izvire u sjeverozapadnom dijelu Gračačkog polja pokraj sela Raduč, na 595 m nadmorske visine, a teče prema jugoistoku krivudajući kraškim terenom (ENCIKLOPEDIJA.HR). Duljina stalnog vodotoka je otprilike 17 km (LIKAWORLD.NET). Ričica je široka 5 do 15 m i duboka do 3 m. Pritoci su joj Jadičevac, Brničevo, Rakitovac i Suvaja. Do izgradnje akumulacijskog jezera Štikadske bare (2 km^2), odnosno hidroelektrane Velebit kod Obrovca, voda joj je otjecala u više ponora. Njezin podzemni tok ispod Velebita javlja se kao Dabarnica, pritok Zrmanje. Ričica prima vodu i od Opsenice, 1.230 m dugim kanalom (ENCIKLOPEDIJA.HR). U Ričici ima krupnih potočnih pastrva, piora i riječnih rakova (LIKAWORLD.NET).

Krbavsko polje

Polje u kršu podno Plješevice u Lici, veličine je 67,3 km^2, a smješteno na 626 – 740 m nadmorske visine u smjeru sjeverozapad – jugoistok (dinarski smjer). Poljem teku rijeke ponornice Krbava i Krbavica. Na rubovima su periodična vrela i ponori, a prolaze i prometnice (PROLEKSIS ENCIKLOPEDIJA, 2016).

Čikola

Rijeka u Dalmaciji, lijevi pritok Krke, duga je 48 km, s porječjem od 837 km^2. Izvire pokraj Vrbe (491 m), sjeverozapadno od Muća pa je u gornjem toku nazivaju Vrba. Teče prema sjeverozapadu širokom dolinom između Svilaje i Moseća, zatim Petrovim poljem prema zapadu. Nizvodno od Drniša prolazi kanjonom prema jugozapadu i ulijeva se u Krku nedaleko Skradinskog buka. Najviši vodostaj ima zimi, dok ljeti gotovo presuši. Dio rijeke i okolnog zemljišta između Drniša i NP Krka zaštićen je od 1967. godine kao geomorfološko – hidrološki rezervat na 925 ha (PROLEKSIS ENCIKLOPEDIJA, 2015).

Cetina

Rijeka u srednjoj Dalmaciji, duga 100,5 km, s porječjem na 1.463 km^2. Izvire iz nekoliko snažnih krških vrela podno Dinare, u sjevernom dijelu Cetinskog polja, pokraj Vrlike. Teče prema jugoistoku do Zadvarja, gdje laktasto skreće na jug i u Omišu se ulijeva u Brački kanal. Duž cijelog toka nižu se dolinska proširenja i kanjoni. U gornjem dijelu toka, uzvodno od Hrvatičkog polja, akumulacijsko je jezero Peruća (13 km^2). U donjem toku usjekla se u duboku, usku i neprohodnu dolinu stvarajući vodopade Veliku Gubavicu visine 49 m i Malu Gubavicu od 7 m. Glavni pritoci su joj Ruda – Grab i Karakašica. U Cetinu dotječu i podemne vode iz jugozapadnog dijela BiH. Od 1963. godine ima status zaštićenog područja. Bogata je ribom. Na njoj je izgrađeno i nekoliko hidroelektrana (Kraljevac, Peruća, Orlovac, Đale...). (PROLEKSIS ENCIKLOPEDIJA, 2015).

Sušik

Potok Sušik kao ponornica protječe krškim poljem na nadmorskoj visini od 463 m. Dugačak je približno 5 km, a širok od 2 do 10 m. Vodostaj mu je promjenjiv pa je nakon velikih kiša ili otapanja snijega na pojedinim dijelovima dublji od 2 m, dok u sušnim razdobljima ljeti

djelomično presuši i padne ispod 20 cm. Prema podacima DHMZ-a, potok teče tek kada mu je prosječan vodostaj iznad 20 cm. Pojedini dijelovi potoka, gdje je korito prošireno i produbljeno, nikad ne presušuju. Višegodišnji srednji maksimum vodostaja po mjesecima, pokazuje najviše vrijednosti u prosincu i travnju. Vodostaji od 150 cm i viši karakteristični su za hladniji dio godine (od listopada do travnja). U srpnju je potok gotovo suh (4 cm). Višegodišnji je srednji minimum 0 cm za gotovo sve mjesece, osim siječnja (2 cm), travnja (10 cm), studenog (3 cm) i prosinca (2 cm) (MARČIĆ, 2013).

Šmitovo jezero

Smješteno je u ogulinskom kraju, na sjeveroistočnim padinama Velike Kapele. Sastoji se od dva povezana jezera, Malog i Velikog. Voda u Malo jezero dotječe iz ponora Rupećica, kroz niz pukotina i preko pličine prelazi u Veliko Jezero, gdje ponire (TANOCKI i CRLJENKO, 2011).

Jasenačko polje

Polje u kršu 15 km zapadno od Ogulina, između Bjelolasice na sjeverozapadu, Debelog vrha na jugoistoku i Jasenačke kose na sjeveroistoku. Sastoji se od Gornjeg (629 m) i Donjeg (619 m) polja. Njime teče i povremeno ga plavi potok Jasenak. Rubom polja prolazi cesta Ogulin – Senj. U jugoistočnom dijelu Jasenačkog polja je selo Jasenak (226 st., 2011) (ENCIKLOPEDIJA.HR).

Tablica 1. Popis vrsta roda *Telestes* s pridruženim lokalitetima, koordinatama na kojima su vrste uzorkovane, brojem sekvenci i kodovima

VRSTA	LOKALITET	X KOORDINATA	Y KOORDINATA	BROJ SEKVENCI	KOD
T. croaticus	Jadova	418.040	4.932.996	13	TEJA 1-13
	Ričica	434.121	4.915.769	4	TERI 1, 3, 5, 6
	Suvaja	435.456	4.916.766	5	TESU 1-6
T. fontinalis	Krbavsko polje	433.978	4.944.424	13	TEKR 6-12, 14
T. turskyi	Čikola	484.915	4.851.684	8	TECI 1-8
T. ukliva	Cetina	527.457	4.815.887	9	TECE 1-8
	Vinalić (Zduški potok)	494.336	4.866.350	5	TEVI 1-5
T. karsticus	Studenac	389.874	5.002.015	10	TESC 2-5, 7-12
	Sušik	388.453	5.001.740	8	TESS 1-5, 7-9, 13-17
	Jasenačko polje	382.844	5.014.027	6	TEJP 1-6
T. polylepis	Šmitovo jezero	399.714	5.006.016	5	TESM 1-5

3.3 ANALIZA GENSKOG POLIMORFIZMA

Pomoću računalnog programa DNAsp odredila sam sljedeće parametre: **N** – broj sekvenci, **h** – broj haplotipova, **Eta** – ukupan broj mutacija, **S** – broj polimorfnih mjesta, **Hd** – raznolikost haplotipova, **hd_var** – varijanca raznolikosti haplotipova, **K** – prosjek nukleotidnih razlika, **Pi** – nukleotidna raznolikost.

Genska raznolikost je različitost genotipova jedinki iste vrste, kao rezultat događanja u mejozi i slučajne oplodnje i mutacija. Ona predstavlja vjerojatnost da se dva slučajno odabrana haplotipa razlikuju unutar jednog uzorka (NEI, 1987). Geni su slijedovi parova nukleotida duž molekule deoksiribonukleinske kiseline (DNA) koji nose informaciju za polipeptidni lanac ili molekulu ribonukleinske kiseline (RNA), transportne RNA i ribosomske RNA (tRNA i rRNA). Aleli su nova inačica (varijanta) gena nastala promjenom u slijedu nukleotida (genskom mutacijom). Unikatni nizovi (jedinstvene sekvence) pokazuju veliku raznolikost i obuhvaćaju najveći broj strukturnih gena koji se mogu javiti u jednoj kopiji, ili svega dvije, tri kopije u genomu. Ponovljeni nizovi (repetitivne sekvence) predstavljaju dijelove DNA u genomu eukariota koji se više puta ponavljaju, odnosno postoje u više kopija (DUMANOVIĆ i SUR., 1985). Haplotip je segment DNA s pripadajućim genima na jednom kromosomu koji se nasljeđuju zajedno. Nukleotidna raznolikost opisuje vjerojatnost da su dva slučajno odabrana homologna nukleotida različita, odnosno predstavlja srednji broj nukleotidnih razlika po nukleotidnom mjestu između dva nasumično odabrana homologna slijeda. Polimorfni lokus sadrži najmanje dva alela, svaki s frekvencijom većom od 1 %. DNA polimorfizmi koriste se za: pozicijsko kloniranje, kartiranje gena, otkriće nositelja u slučajevima kada nije moguća izravna analiza mutacija.

Prosječan broj nukleotidnih razlika (K) (Tajima 1983, jednadžba A3) i nukleotidna raznolikost (Pi) (Nei 1987, jednadžbe 10.5 ili 10.6) izračunavaju se opcijom Pairwise-Deletion. Metoda Sliding Window omogućuje izračunavanje broja polimorfnih mjesta (S). DnaSP može osigurati intervale pouzdanosti broja haplotipova (h), haplotipne raznolikosti (Hd) i nukleotidne raznolikosti (Pi) pomoću računalnih simulacija korištenjem koalescentnog algoritma (DNASPHELP.PDF).

3.4 INTRASPECIJSKA STRUKTURA

Radi razumijevanja međusobne povezanosti populacija roda *Telestes*, potrebno je izračunati koliko jedinki migrira s jednog lokaliteta na drugi, odnosno koliki je protok gena prisutan između populacija. U tu sam svrhu koristila sekvence endemskih vrsta roda *Telestes* (Tablica 1), pohranjene u Zoologijskom zavodu PMF-a u Zagrebu te računalni program MIGRATE. Intenzitet protoka gena procjenjivala sam iz genskih podataka, odnosno na temelju navedenih sekvenci. Kako bih odredila stope migracija između populacija iste vrste, kao i procjenu efektivne veličine svih populacija i vrsta, koristila sam Bayesovu metodu.

Bayesova analiza je statistički postupak za procjenjivanje parametara temeljenih na promatranoj distribuciji. Valjanost Bayesove analize ovisi o tomu koliko je važeća prethodna distribucija, a statistički se ona ne može procijeniti (GELMAN i SUR., 1995).

$$\text{Prob}(\mathcal{P}|\mathcal{D}) = \text{Prob}(\mathcal{P}) \int_G \text{Prob}(G|\mathcal{P})\ \text{Prob}(\mathcal{D}|G)dG \,/\, \text{Prob}(\mathcal{D})$$

Za procjenu stope migracije i efektivne veličine populacije koriste se parametri procjene:

$\mathcal{P} = (\Theta\ M)$

Θ- parametar TETA

M- brojčano pokazuje važnost migracija u odnosu na mutacije u unošenju varijabilnosti u populaciju (što je broj veći, veća je važnost migracija)

3.5 EFEKTIVNA VELIČINA POPULACIJE

Idealna veličina populacije je ona kod koje je broj reproduktivno aktivnih jedinki konstantan u svim generacijama, sve su jedinke reproduktivno aktivne, ne postoje mutacije, migracije ni protok gena. Veličina idealne populacije koja gubi gensku raznolikost ili povećava koeficijent razmnožavanja u srodstvu istom stopom kao realna populacija, efektivna je veličina populacije (JADRAN.IZOR.HR) . Ona je procjenjena pomoću TAU, parametra dobivenog Bayesovom metodom pomoću računalnog programa MIGRATE. Ako realna populacija gubi gensku raznolikost istom brzinom kao idealna populacija od 100 jedinki, tada je efektivna veličina realne populacije 100, bez obzira na to što je ukupna veličina populacije 1.000 jedinki. Ona je uvijek manja od stvarne veličine populacije. Realna populacija odstupa u strukturi od idealne populacije zbog nejednakog odnosa spolova i veličine populacije (NASPORT.PMF.NI.AC.RS).

$Ne = \Theta/\mu$

Ne- efektivna veličina populacije

Θ- parametar TETA

μ- stopa mutacije (0,0000011)

3.6 ANALIZA VIJABILNOSTI

Pomoću simulacijskog modela i računalnog programa VORTEX, temeljenog na jedinkama za provođenje analize vijabilnosti populacija, provela sam šest endemskih vrsta roda *Telestes* kroz niz scenarija koji prikazuju kako se određena populacija nosi s kreiranim događajima koji mogu ugroziti njihov opstanak. Primjerice, pojava invazivnih vrsta, izgradnja hidroelektrane, sušne godine, itd. Svaki događaj opisuje moguć realan scenarij uzevši u obzir tipičan životni ciklus jedinki i karakteristike lokaliteta. Na taj sam način kvantitativno procijenila vjerojatnost opstanka populacija u sljedećih 100 godina, uzimajući u obzir utvrđene populacijske parametre i predviđene antropološke prijetnje.

Svaki scenarij sam imenovala i simulaciju ponovila stotinu puta, a svaki je scenarij projeciran kroz stotinu godina u budućnost. Postavke svih scenarija podrazumijevale su sljedeće populacijske značajke roda *Telestes*: populacije su poligamne, 100 % ženki stvara potomstvo i 100 % ih se razmnožava. Populacije se sastoje od 50 % ženki i 50 % mužjaka. Ženke donose 200 jajašaca godišnje (MARČIĆ, 2013). Nema depresije inbridinga. Te parametre sam unijela radi lakšeg praćenja stanja vijabilnosti kroz scenarije. Vrste *T. karsticus, T. fontinalis, T. polylepis, T. croaticus* spolno su aktivne od prve do pete godine života, a maksimalna dob koju dožive jest šest godina. Godinu više za razmnožavanje i godinu duže požive vrste *T. ukliva i T. turskyi* (MARČIĆ, 2013).

Tablica 2. Ulazni podaci *T. polylepis* za analizu u Vortexu-u

T. polylepis	KATASTROFE (u 100 god, %)		Utjecaj katastrofa (%)	
	1. KATASTROFA	2. KATASTROFA	RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
POLY0	0	0	0	0
POLY1	3	0	50	50
POLY2	15	0	50	50
POLY3	2	0	50	50
POLY4	3	2	50	50
POLY5	2	0	80	50
POLY6	15	0	80	50

POLY0 = bez katastrofa; POLY1 = invazivne vrste; POLY2 = invazivne vrste; POLY3 = bolest; POLY4 = invazivne vrste i bolest; POLY5 = zagađenje; POLY6 = zagađenje

Veličina populacije *T. polylepis* je 1.600 jedinki, a kapacitet okoliša 1.700. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % sa standardnom devijacijom 5.

Scenariji pod brojem nula, kod svih analiziranih vrsta roda *Telestes,* provedeni su bez katastrofa. Katastrofe označuju pojave koja odstupaju od idealnih uvjeta, one koje potencijalno narušavaju stabilnost populacije. U pojedinim scenarijima pojavljuje se jedna, a u nekima dvije katastrofe sa određenim stupnjem frekvencije, koja govori koliko se često one javljaju u 100 godina.

U scenariju POLY1 pojavljuju se invazivne vrste sa frekvencijom 3 % što znači da se pojavljuju svakih 33 godine, dok će u scenariju POLY2 njihov utjecaj biti svakih šest godina (frekvencija 15 %). U POLY3 prisutna je bolest koja zahvaća vrste *T. polylepis* svakih 50 godina. POLY4 scenarij sastoji se od kombinacije dvaju katastrofa, pojavi invazivnih vrsta (frekvencija 3 %) i bolesti (frekvencija 2 %). POLY5 i POLY6 scenariji analiziraju stanje populacije *T. polylepis* kada je prisutno zagađenje okoliša. U POLY5 ono se javlja svakih 50 godina, a u POLY6 svakih šest godina. Scenarij 7 je bez katastrofa, ali se klimatske promjene javljaju jednom u 50 godina. Smanjenje populacije je 1 % godišnje, dok je u scenariju 8 porast populacije 20 % tijekom dvije godine (Tablica 2).

Tablica 3. Ulazni podaci *T. turskyi* za analizu u Vortexu-u

T. turskyi	KATASTROFE (u 100 god, %)		Utjecaj katastrofa (%)	
	1. KATASTROFA	2. KATASTROFA	RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
TUR0	0	0		
TUR1	3	0	80	80
TUR2	3	0	50	80
TUR3	15	0	50	50
TUR4	2	0	50	50
TUR5	15	2	50	50
TUR6	20	0	90	60

TUR0 = bez katastrofa; TUR1 = hidroelektrana; TUR2 = invazivne vrste; TUR3 = invazivne vrste; TUR4 = bolest; TUR5 = invazivne vrste i bolest ; TUR6 = ekstremna suša

Veličina populacije *T. turskyi* je 4.600 jedinki, a kapacitet okoliša 5.000. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % sa standardnom devijacijom 5. Scenarij TUR1 analizira stabilnost populacije vrsta *T. turskyi* uz izgradnju hidroelektrane koja ima utjecaj na populaciju svakih 33 godine. Invazivne vrste se pojavljuju tri puta u 100 godina u scenariju TUR2, a u TUR3 6 puta u 100 godina. Jednom u 50 godina prisutna je bolest kod vrsta u scenariju TUR4. Scenarij TUR5 kombinacija je scenarija TUR3 i TUR4, a u scenariju TUR6 vlada ekstremna suša u frekvenciji od 20 % (Tablica 3).

Tablica 4. Ulazni podaci *T. fontinalis* za analizu u Vortexu-u

T. fontinalis	KATASTROFE (u 100 god, %)		Utjecaj katastrofa (%)	
	1. KATASTROFA	2. KATASTROFA	RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
FONT0	0	0	0	0
FONT1	3	0	50	50
FONT2	15	0	50	50
FONT3	2	0	50	50
FONT4	3	2	50	50
FONT5	13	0	80	50
FONT6	20	0	90	60

FONT0 = bez katastrofa; FONT1 = invazivne vrste; FONT2 = invazivne vrste; FONT3 = bolest; FONT4 = invazivne vrste i bolest ; FONT5 = ekstremna suša; FONT6 = ekstremna suša

Veličina populacije *T. fontinalis* je 2.000 jedinki, a kapacitet okoliša 2.200. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % sa standardnom devijacijom 5. Scenariji FONT1 i FONT2 bilježe pojavu invazivnih vrsta, u prvome scenariju svakih 33 godine, a u drugome svakih šest godina. Bolest je prisutna jednom u 50 godina u scenariju FONT3. FONT4 je kombinacija scenarija FONT1 i FONT3. Svaka sedma do osma godina je sušna godina u scenariju FONT5, a u scenariju FONT6 svaka peta je sušna (Tablica 4).

Tablica 5. Ulazni podaci *T. ukliva* za analizu u Vortexu-u

T. ukliva	KATASTROFE (u 100 god, %)	Utjecaj katastrofa (%)	
		RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
CETINA			
UKL0	0	0	0
UKL1	3	80	50
UKL2	30	80	50
UKL3	20	90	60
UKL4	2	50	50
UKL5	0	0	0
UKL6	3	50	50
VINALIĆ			
UKL0	0	0	0
UKL1	0	0	0
UKL2	10	50	50
UKL3	20	90	60
UKL4	0	0	0
UKL5	2	50	50
UKL6	3	50	50

UKL0 = bez katastrofa; UKL1 = hidroelektrana na Cetini; UKL2 = hidroeletrana na Cetini i invazivne vrste u Vinaliću; UKL3 = ekstremna suša; UKL4 = bolest u Cetini; UKL5 = bolest u Vinaliću; UKL6 = invazivne vrste u Cetini i u Vinaliću

Veličina populacije *T. ukliva* u Cetini je 7.000 jedinki, a kapacitet okoliša 8.000. Mortalitet do 1. godine je 60 %, a od 1. – 2. godine 15 %, standardna devijacija je 5.

Veličina populacije *T. ukliva* u Vinalić je 4.800 jedinki, a kapacitet okoliša 5.000. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % sa standardnom devijacijom 5.

U scenariju UKL1 izgrađena je hidroelektrana na rijeci Cetini koja ima utjecaj na *T.ukliva* tri puta u 100 godina, dok u scenariju UKL2 utjecaj hidroelektrane je deset puta snažniji. UKL2 scenarij pored hidroelektrane, utječe na populacije vrste *T.ukliva* i pojavom invazivnih vrsta u Vinalić u frekvenciji od 10 %. Ekstremna suša u scenariju UKL3 javlja se svakih 5 godina. U scenariju UKL4 prisutna je bolest jednom u 50 godina u Cetini, a u scenariju UKL5 u Vinalić. Invazivne vrste i u Cetini i u Vinalić javljaju se svakih 33 godine u scenariju UKL6 (Tablica 5).

Tablica 6. Ulazni podaci *T. croaticus* za analizu u Vortexu-u

T. croaticus	KATASTROFE (u 100 god, %)		Utjecaj katastrofa (%)	
JADOVA	1. KATASTROFA	2. KATASTROFA	RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
CRO0	0	0	0	0
CRO1	15	0	50	50
CRO2	3	0	50	50
CRO3	3	0	80	50
CRO4	0	0	0	0
CRO5	5	3	80, 50	50
CRO6	20	0	90	60
CRO7	10	0	60	40
RIČICA				
CRO0	0	0	0	0
CRO1	15	0	50	50
CRO2	3	0	50	50
CRO3	0	0	0	0
CRO4	0	0	0	0
CRO5	5	3	80, 50	50
CRO6	20	0	90	60
CRO7	10	0	60	40
SUVAJA				
CRO0	0	0	0	0
CRO1	15	0	50	50
CRO2	3	0	50	50
CRO3	0	0	0	0
CRO4	5	0	80	50
CRO5	5	3	80, 50	50
CRO6	10	0	90	60
CRO7	20	0	60	40

CRO0 = bez katastrofa; CRO1 = invazivne vrste; CRO2 = invazivne vrste; CRO3 = hidroelektrana u Jadovi; CRO4 = bolest u Suvaji; CRO5 = bolest i invazivne vrste; CRO6 = ekstremna suša; CRO7 = ekstremna suša

Veličina populacije *T. croaticus* u Jadovi je 2.270 jedinki, a kapacitet okoliša 3.000, u Ričici je veličina populacije 6.520, a kapacitet okoiliša 7.000, dok je veličina populacije u Suvaji 10.520, a kapacitet okoliša 11.000. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % i standardna devijacija 5, za sve populacije.

U scenarijima CRO1 i CRO2 pojavljuju se invazivne vrste kao prijetnja vrstama *T. croaticus*, u CRO1 svakih 6 godina, a u CRO2 svakih 33 godine. Hidroelektrana na rijeci Jadovi djeluje frekvencijom od 3 % na populacije u scenariju CRO3. Bolest u Suvaji zahvaća populaciju svakih 20 godina u scenariju CRO4, a u CRO5 takva bolest javlja se u sve tri rijeke, ali u kombinaciji sa pojavom invazivnih vrsta u frekvenciji 3 %. Sušne godine prevladavaju u scenarijima CRO6 i CRO7, u frekvencijama 10 % i 20 % (Tablica 6).

Tablica 7. Ulazni podaci *T. karsticus* za analizu u Vortexu-u

T. karsticus	KATASTROFE (u 100 god, %)		Utjecaj katastrofa (%)	
STUDENAC	1. KATASTROFA	2. KATASTROFA	RAZMNOŽAVANJE	OPSTANAK
KAR0	0	0	0	0
KAR1	20	0	90	60
KAR2	0	0	0	0
KAR3	3	0	50	50
KAR4	3	0	50	50
KAR5	0	0	0	0
SUŠIK				
KAR0	0	0	0	0
KAR1	20	0	90	60
KAR2	2	0	50	50
KAR3	0	0	0	0
KAR4	3	2	50	50
KAR5	0	0	0	0
JAS.POLJE				
KAR0	0	0	0	0
KAR1	20	0	90	60
KAR2	0	0	0	0
KAR3	0	0	0	0
KAR4	3	0	50	50
KAR5	3	0	50	50

KAR0 = bez katastrofa; KAR1 = ekstremna suša; KAR2 = bolest u Sušiku; KAR3 = invazivne vrste u Studencu; KAR4 = bolest u Sušiku i invazivne vrste u svim rijekama; KAR5 = zagađenje u Jasenačkom polju

Veličina populacije *T. karsticus* u Studencu je 700 jedinki, a kapacitet okoliša 1.000, u Sušiku je veličina populacije 2.000, a kapacitet okoliša 2.200, dok je populacija u Jasenačkom polju veličine 1.000 jedinki, a kapacitet okoliša iznosi 1.200. Mortalitet do 1. godine je 70 %, a od 1. – 2. godine 25 % za populaciju iz Studenca. Za populacije iz Sušika i Jasenačkog polja, mortalitet iznosi za 1. godinu 60 %, a za 1. – 2. godine 15 % sa standardnom devijacijom 5.

Ekstremne suše uslijed klimatskih promjena javljaju se svakih 5 godina u scenariju KAR1. U scenariju KAR2 bolest zahvaća populacije *T. croaticus* u Sušiku jednom u 50 godina. Invazivne vrste u potoku Studenac pojavljuju se 3 puta u 100 godina u scenariju KAR3. Scenarij KAR4 kombinacija je scenarija KAR2 i pojave invazivnih vrsta u svim rijekama u frekvenciji od 3 %. Zagađenje u Jasenačko polju svakih 33 godine provedeno je u scenariju KAR5 (Tablica 7).

4 REZULTATI

4.1 GENSKI POLIMORFIZAM

Najveći broj haplotipova utvrđen je kod populacije *T. ukliva* iz rijeke Cetine i jednak je broju sekvenci te iste vrste, a najmanji broj haplotipova prisutan je u populaciji *T. karsticus* iz potoka Studenac, nakon čega slijedi populacija iz Jasenačkog polja. Vrsta *T. croaticus* iz Jadove također se odlikuje i najvećim brojem mutacija, jednakim broju polimorfnih mjesta. Raznolikost haplotipova proporcionalan je s brojem mutacija i brojem polimorfnih mjesta. Donja granica visoke raznolikosti haplotipova iznosi 0,8 (Tablica 8).

Tablica 8. Genski polimorfizam endemskih vrsta roda *Telestes*

VRSTA	LOKALITET	N	h	Eta	S	Hd	hd_var	K	Pi
T. croaticus	Jadova	13	8	29	29	0,885	0,00488	7,718	0,00677
	Ričica	4	4	7	7	1	0,03125	3,5	0,00307
	Suvaja	5	5	17	17	1	0,016	8	0,00702
T. fontinalis	Krbavsko polje	13	7	15	15	0,897	0,00289	3,41	0,00299
T. turskyi	Čikola	8	7	12	12	0,964	0,00596	3,571	0,00314
T. ukliva	Cetina	9	9	18	18	1	0,00274	5,389	0,00473
	Vinalić	5	5	14	14	1	0,016	6,6	0,00579
T. karsticus	Studenac	10	1	0	0	0	0	0	0
	Sušik	8	4	6	6	0,643	0,0339	1,5	0,00132
	Jasenačko polje	6	2	1	1	0,333	0,0463	0,333	0,00029
T. polylepis	Šmitovo jezero	5	4	4	4	0,9	0,02592	2	0,00175

N - broj sekvenci, h - broj haplotipova, Eta - totalni broj mutacija, S - broj polimorfnih mjesta, Hd - raznolikost haplotipova, hd_var – varijanca raznolikosti haplotipova, K - prosjek nukleotidnih rasjeka, Pi - nukleotidna raznolikost

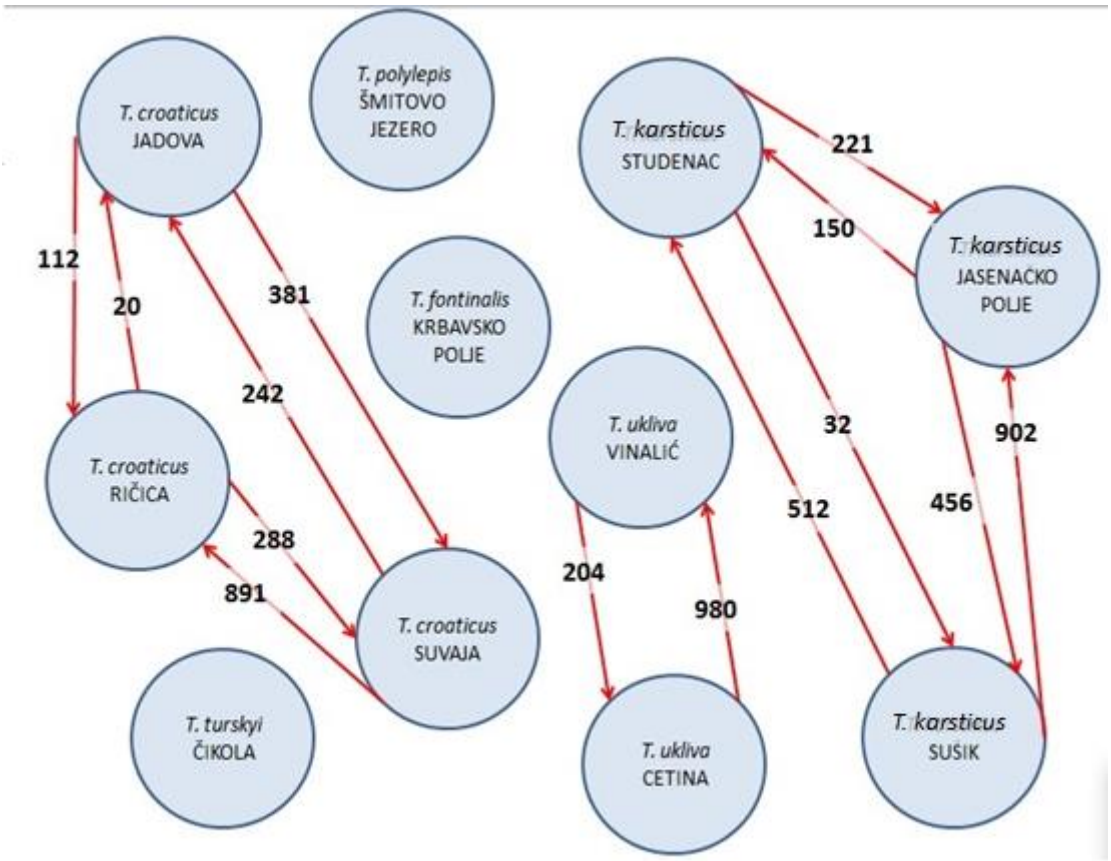
4.2 INTRASPECIJSKA STRUKTURA

U tablici 9 prikazane su sve primijećene stope migracija i to stope migracija iz potoka Studenac u Sušik ($M_{2->1}$), iz Jasenačkog polja u Sušik ($M_{6->1}$), iz Sušika u Studenac ($M_{1->2}$), Jasenačkog polja u Studenac ($M_{6->2}$), Suvaje u Jadovu ($M_{4->3}$), Ričice u Jadovu ($M_{5->3}$), Jadove u Suvaju ($M_{3->4}$), Ričice u Suvaju ($M_{5->4}$), Jadove u Ričicu ($M_{3->5}$), Suvaje u Ričicu ($M_{4->5}$), iz Sušika u Jasenačko polje ($M_{1->6}$), Studenca u Jasenačko polje ($M_{2->6}$), iz Vinalića u Cetinu ($M_{10->9}$) i iz Cetine u Vinalić ($M_{9->10}$). Jedinke vrste *T. croaticus* migriraju između rijeka Jadove, Suvaje i Ričice, najviše ih migrira iz Suvaje u Ričicu, a najmanje iz Ričice u Jadovu. Iz Cetine u Vinalić migrira gotovo pet puta više jedinki vrste *T. ukliva,* nego iz Vinalića u Cetinu. Najviše jedinki vrste *T. karsticus* migrira iz Sušika u Jasenačko polje, a najmanje iz Studenca u Sušik. Vrste *T. polylepis*, *T. fontinalis* i *T. turskyi* predstavljene su samo jednom populacijom, nalaze se na samo jednom lokalitetu te ne migriraju (Slika 8).

Tablica 9. Stope migracija populacija roda *Telestes* iskazane kao broj imigranata po generaciji, u vjerojatnostima od 2,5 %, 25 %, 75 %, 97,5 % te u postotcima najveće vjerojatnosti, medijana i srednje vrijednosti

MIGRACIJE	2,5 %	25 %	NAJVEĆA VJEROJATNOST	75%	97,5 %	MEDIJAN	SREDNJA VRIJEDNOST
$M_{2->1}$	0	0	32,3	186	456,7	280,3	357
$M_{6->1}$	164	420,7	455,7	474	612,7	417	463,6
$M_{1->2}$	134	419,3	511,7	591,3	687,3	471,7	443,8
$M_{6->2}$	4,7	120	149,7	234	640	331	345,5
$M_{4->3}$	0	198	241,7	411,3	680	330,3	375,6
$M_{5->3}$	0	0	20,3	103,3	161,3	389,7	384,9
$M_{3->4}$	69,3	292	381	518	780,7	397	407
$M_{5->4}$	104,7	209,3	287,7	347,3	515,3	497,7	529,4
$M_{3->5}$	18,7	79,3	111,7	210	374	176,3	203,6
$M_{4->5}$	459,3	748,7	891	977,3	998	697,7	600,6
$M_{1->6}$	344,7	726	901,7	984,7	1000	719	681,7
$M_{2->6}$	104	147,3	221	263,3	460,7	538,3	526,6
$M_{10->9}$	37,3	124	204,3	269,3	550	229,7	264,2
$M_{9->10}$	762	897,3	980,3	997,3	1000	537	563,9

M_1- *T. karsticus*, Sušik; M_2- *T. karsticus*, Studenac; M_3- *T. croaticus*, Jadova; M_4- *T. croaticus*, Suvaja; M_5- *T. croaticus*, Ričica; M_6- *T. karsticus*, Jasenačko polje; M_7- *T. polylepis*, Šmitovo jezero; M_8- *T. fontinalis*, Krbavsko polje; M_9- *T. ukliva*, Cetina; M_{10}- *T. ukliva*, Vinalić



Slika 8. Shematski prikaz interpopulacijskih migracija roda *Telestes* s prikazom broja jedinki i smjerom kojim migriraju

4.3 EFEKTIVNA VELIČINA POPULACIJE

Efektivne veličine populacija istraživanih vrsta uvelike se razlikuju te se kreću od samo 700, koliko je procijenjenu za populaciju vrste *T. karsticus* u Studencu pa do preko 10.000 jedinki koliko broji populacija vrste *T. croaticus* u Suvaji. Gotovo tri puta veća efektivna veličina populacije vrste *T. karsticus* je u potoku Sušik od one u potoku Studenac, dok je u Jasenačkom polju brojnost jedinki 1000. Veličina populacija vrste *T. croaticus* razlikuje se od lokaliteta do lokaliteta. U Suvaji efektivna veličina populacije iznosi preko 10.000, u Ričici je gotovo upola manja, a u Jadovi drastično manja, tek nešto više od 2000 jedinki. Vrsta *T. ukliva* pokraj sela Vinalić ima gotovu jednaku veličinu populacije kao i *T. turskyi* koja se nalazi u rijeci Čikoli (Tablica 10).

Tablica 10. Efektivna veličina populacije prema Bayesovom pristupu s vjerojatnošću 25 %, 75 %, 2,5 %, 97,5 % te postotokom najveće vjerojatnosti

VRSTA	NAJVEĆA VJEROJATNOST	25%	75 %	2,5%	97,5 %
T.karsticus, Sušik	1.972,72	909,09	3.027,27	0	9.936,36
T.karsticus, Studenac	700	118,18	1.209,09	0	2.545,45
T.croaticus, Jadova	2.272,72	1.272,72	3500	0	6.609,09
T.croaticus, Suvaja	10.518,12	4.609,09	24.427,27	1.818,18	46.363,63
T.croaticus, Ričica	6.518,18	2000	16.181,81	1.272,72	35.700
T.karsticus, Jasenačko polje	1.000	0	2.000	0	10.727,27
T.polylepis, Šmitovo jezero	1.609,09	609,09	2.481,81	0	8.063,63
T.fontinalis, Krbavsko polje	1.972,72	972,72	2.845,45	0	6.727,27
T.ukliva, Cetina	7.000	3.209,09	11.636,36	1.454,54	46.000
T.ukliva, Vinalić	4.754,54	2.481,81	18.845,45	1.881,81	39.090,90
T. turskyi, Čikola	4.572,72	2.427,27	9.154,54	727,27	22.545,45

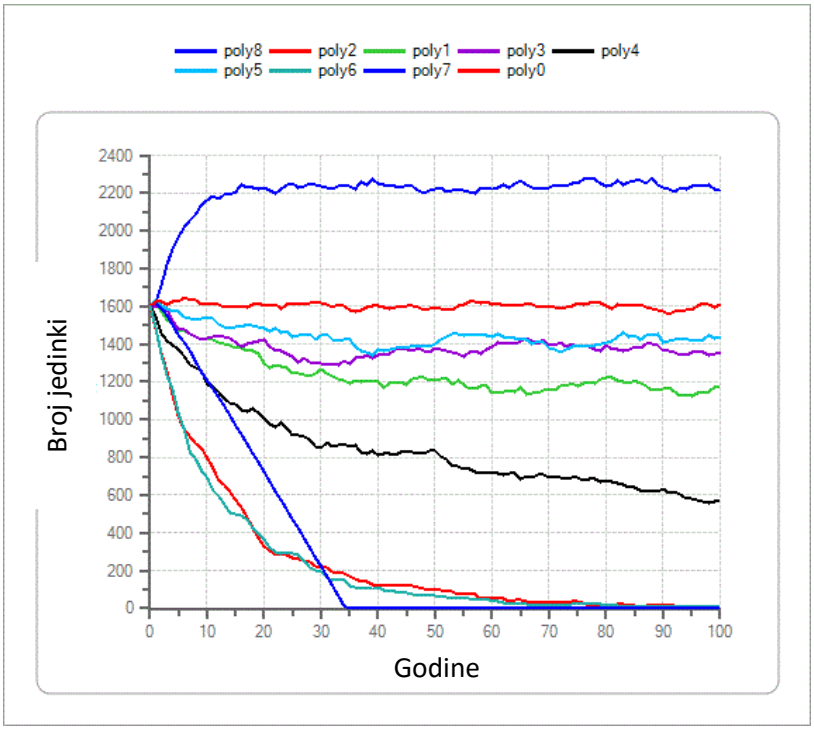
4.4 ANALIZA VIJABILNOSTI

1.1.1. *Telestes polylepis*

U scenariju 0 bez ikakvih katastrofa, *T. polylepis* ima održivu populaciju u kontinuitetu i bez oscilacija u brojnosti vrsta. Uz pojavu invazivnih vrsta u frekvenciji od 3 % (scenarij poly1), populacija se smanjila za otprilike 400 jedinki, ali je i dalje održiva. Uz pojačanu frekvenciju invazivnih vrsta od 15 % (poly2) nije više održiva. U prvoj godini drastično počne opadati, a nakon 70 godina potpuno nestaje. Pojava bolesti (poly3) nije uništila populaciju, samo joj je smanjila brojnost za 200 – 300 jedinki. Pojava invazivnih vrsta u frekvenciji od 3 % uz pojavu bolesti (poly4) ostavlja značajniji trag na populaciju pa se godinama sve više smanjuje, ali ne izumire u prvih stotinu godina. U stotoj godini smanjila se za 1.000 jedinki.

Zagađenje u frekvenciji od 2 % (poly5) smanjilo bi veličinu populacije za otprilike 200 jedinki, ali je ona i dalje održiva. Veliko zagađenje koje se pojavljuje 15 puta u stotinu godina (poly6) ima gotovo jednake posljedice za populaciju kao i pojava invazivnih vrsta (poly2), ali s većim postotokom smrtnosti u pedesetoj godini (64 %) u odnosu na poly2 (42 %). Populacija izumre u 65-toj godini, a drastično se smanjuje već nakon prve godine.

Klimatske promjene u 50 godina, u vidu učestalih ekstremnih suša te smanjenje populacije za 2 % godišnje (poly7) izaziva njezino uništenje. Nagli pad brojnosti jedinki od prve godine linearno opada sve do 35. godine u kojoj populacija izumire. U zadnjem scenariju nema katastrofa, ali je tijekom dvije godine porast broja jedinki 20 % (poly8) te se bilježi porast za 600 jedinki u desetoj godini (Slika 9). Kod vrsta *T. polylepis* iz scenarija 8 utvrđeno je najviše alela i najveća raznolikost haplotipova.



Slika 9. Analiza vijabilnosti vrste *T. polylepis* na temelju analiza osam scenarija (POLY0 = bez katastrofa; POLY1 = invazivne vrste; POLY2 = invazivne vrste; POLY3 = bolest; POLY4 = invazivne vrste i bolest; POLY5 = zagađenje; POLY6 = zagađenje; POLY7= klimatske promjene jednom u 50 godina; POLY8= porast populacije 20 % tijekom dvije godine)

U tablici 11 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon prvih 50 godina za vrstu *Telestes polylepis.* Tako je iz podataka vidljivo izumiranje vrste pod utjecajem ekstremne suše (POLY7).

Tablica 11. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. polylepis*

T. polylepis	GODINA 50					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
POLY0	1.568	0%	100%	0,9887	155,85	46,12
POLY1	1.187	0%	100%	0,9803	115,84	34,53
POLY2	160	42%	58%	0,8324	20,67	6,76
POLY3	1.392	0%	100%	0,9836	128,63	38,47
POLY4	613	2%	98%	0,9559	69,17	21,6
POLY5	1.403	0%	100%	0,9867	136,62	40,76
POLY6	183	64%	36%	0,8601	28,83	9,44
POLY7	0	100	0	0	0	0
POLY8	2.222	0%	100%	0,9917	209,72	62,36

(POLY0 = bez katastrofa; POLY1 = invazivne vrste; POLY2 = invazivne vrste; POLY3 = bolest; POLY4 = invazivne vrste i bolest; POLY5 = zagađenje; POLY6 = zagađenje; POLY7= klimatske promjene jednom u 50 godina; POLY8= porast populacije 20 % tijekom dvije godine)

U tablici 12 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 100 godina za vrstu *Telestes polylepis.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. To su scenariji u kojima se pojavljuju invazivne vrste svakih 6 do 7 godina, veliko zagađenje staništa vrste te sušne godine.

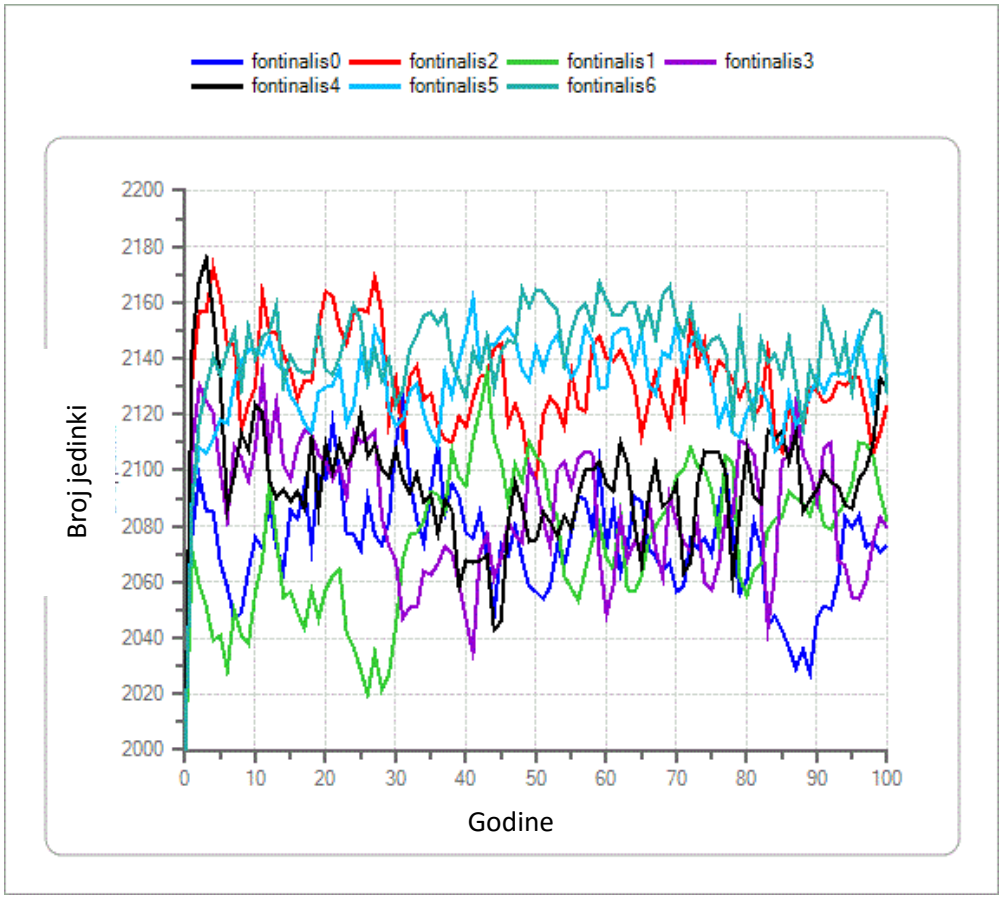
Tablica 12. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. polylepis*

T. polylepis	GODINA 100					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
POLY0	1.608	0%	100%	0,976	79,82	23,57
POLY1	1.131	0%	100%	0,9382	53,21	15,57
POLY2	53	91%	9%	0,602	7,44	2,89
POLY3	1.288,23	0%	100%	0,9652	61,17	17,7
POLY4	447	12%	88%	0,8519	23,27	7,34
POLY5	1.439	0%	100%	0,972	68,85	20,02
POLY6	142	94%	6%	0,6601	10,33	3,67
POLY7	0	100	0	0	0	0
POLY8	2.216,82	0%	100%	0,9827	109,56	32,3

(POLY0 = bez katastrofa; POLY1 = invazivne vrste; POLY2 = invazivne vrste; POLY3 = bolest; POLY4 = invazivne vrste i bolest; POLY5 = zagađenje; POLY6 = zagađenje; POLY7= klimatske promjene jednom u 50 godina; POLY8= porast populacije 20 % tijekom dvije godine)

1.1.2. *Telestes fontialis*

U svim provedenim scenarijima, vrsta *T. fontinalis* ne pokazuje znatna odstupanja u veličini populacije. Kroz sve scenarije brojnost jedinki kreće se u rasponu od 2.020 do 2.180. Unutar tog raspona zabilježene su oscilacije u broju jedinki. Niti u jednom scenariju nije bio ugrožen opstanak populacije (Slika 10). Raznolikost haplotipova i broj alela kroz sve provedene scenarije su podjednaki.



Slika 10. Brojnosti jedinki od 2.000 -2.200 analize vijabilnosti vrste *T. fontinalis* na temelju analiza sedam scenarija (FONT0 = bez katastrofa; FONT1 = invazivne vrste; FONT2 = invazivne vrste; FONT3 = bolest; FONT4 = invazivne vrste i bolest; FONT5 = ekstremna suša; FONT6 = ekstremna suša)

U tablici 13 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 50 godina za vrstu *Telestes fontinalis.* Niti jedan provedeni scenariji nije doveo do izumiranja u prvih 50 godina.

Tablica 13. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. fontinalis*

T. fontinalis	GODINA 50					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
FONT0	2.049	0%	100%	0,9912	196,38	58,54
FONT1	2.114	0%	100%	0,9913	203,85	61
FONT2	2.084	0%	100%	0,9913	206,58	62,44
FONT3	2.067	0%	100%	0,9914	202,32	60,09
FONT4	2.084	0%	100%	0,9909	206,24	61,44
FONT5	2.144	0%	100%	0,9914	206,11	60,94
FONT6	2.165	0%	100%	0,9911	205,31	61,32

(FONT0 = bez katastrofa; FONT1 = invazivne vrste; FONT2 = invazivne vrste; FONT3 = bolest; FONT4 = invazivne vrste i bolest; FONT5 = ekstremna suša; FONT6 = ekstremna suša)

U tablici 14 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 100 godina za vrstu *Telestes fontinalis.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. Niti jedan provedeni scenariji nije doveo do izumiranja u stotinu godina.

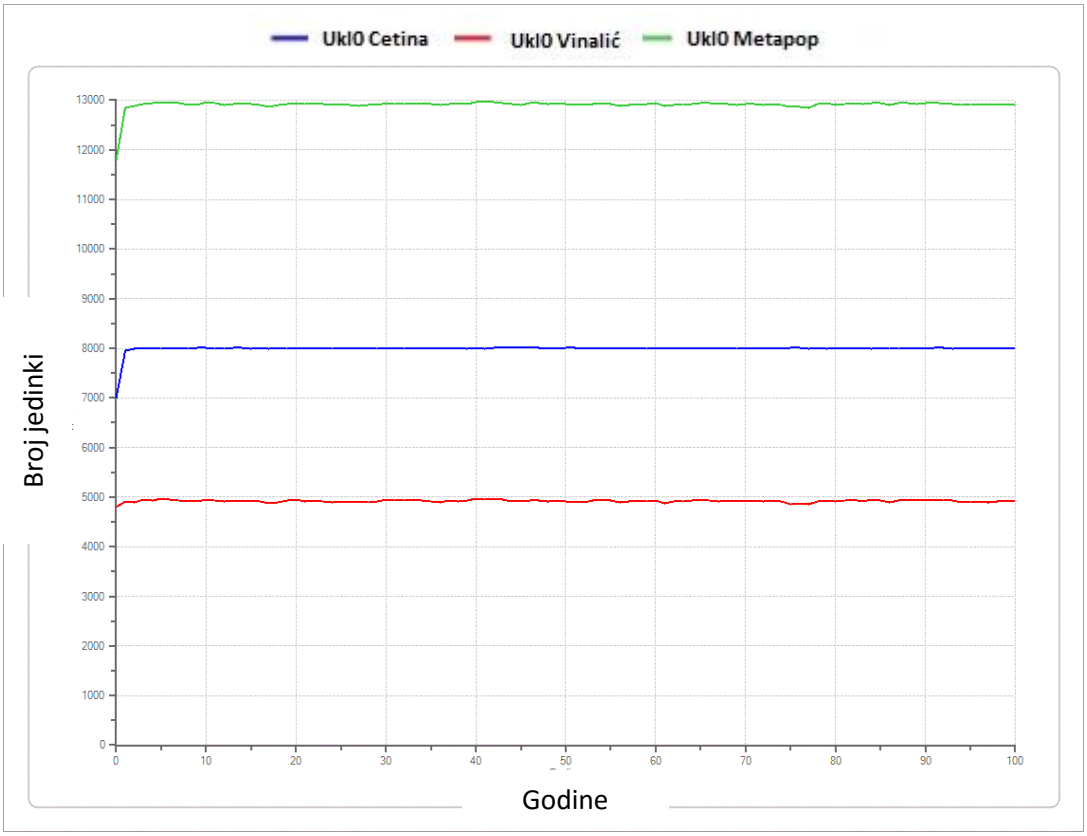
Tablica 14. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. fontinalis*

T. fontinalis	GODINA 100					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
FONT0	2.053	0%	100%	0,9821	104,6	30,43
FONT1	2.115	0%	100%	0,9821	105,04	30,46
FONT2	2.150	0%	100%	0,9819	106,48	31,61
FONT3	2.068	0%	100%	0,9822	103,01	30,17
FONT4	2.073,32	0%	100%	0,9816	105,6	30,58
FONT5	2.137	0%	100%	0,9824	106,51	31,4
FONT6	2.127	0%	100%	0,9823	105,55	31,32

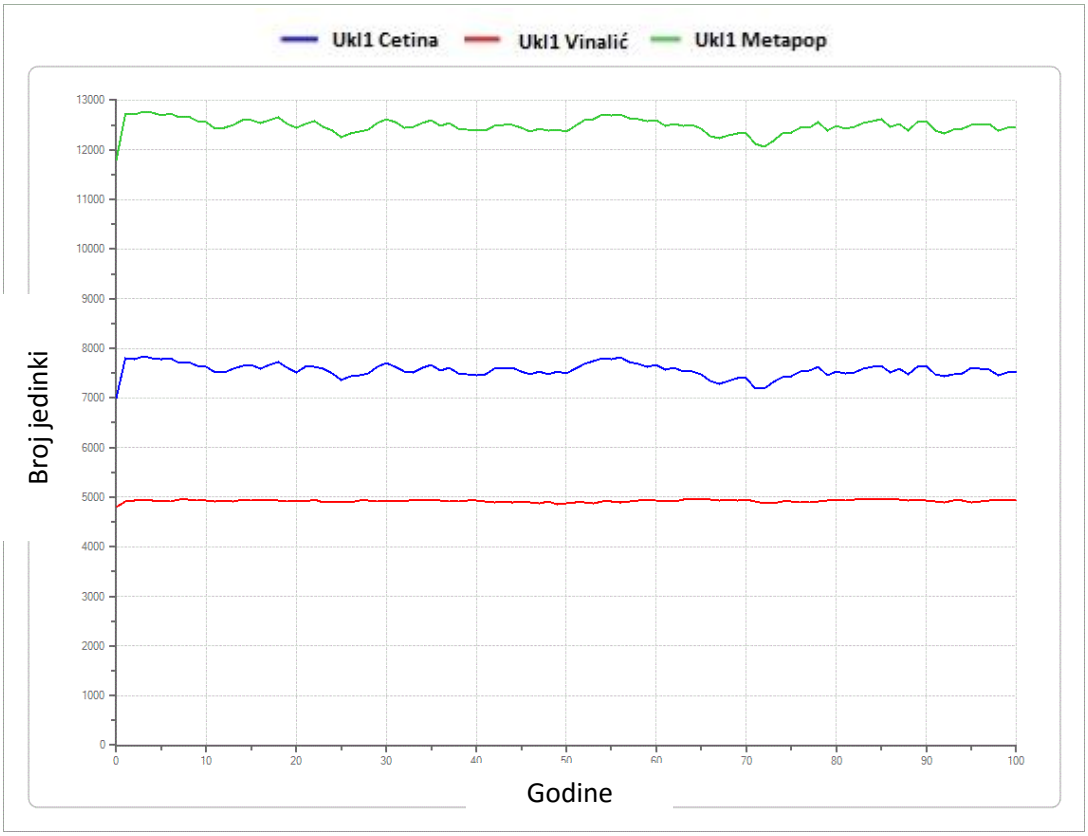
(FONT0 = bez katastrofa; FONT1 = invazivne vrste; FONT2 = invazivne vrste; FONT3 = bolest; FONT4 = invazivne vrste i bolest; FONT5 = ekstremna suša; FONT6 = ekstremna suša)

1.1.3. *Telestes ukliva*

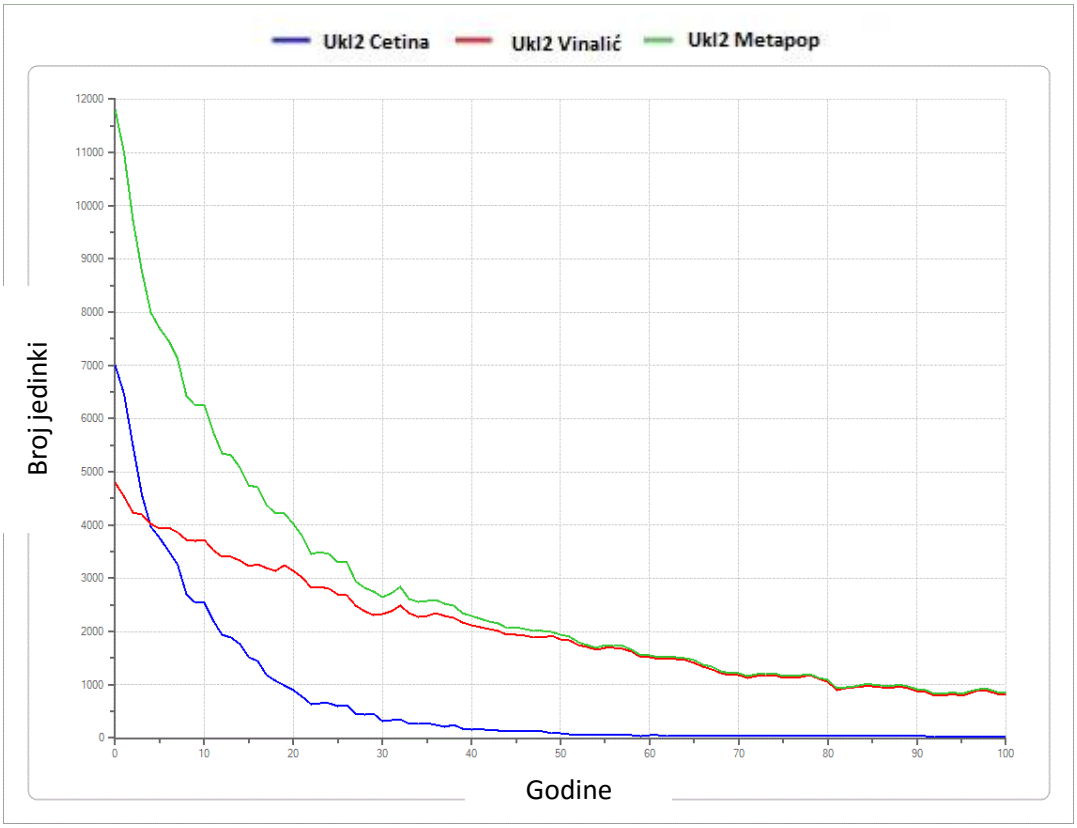
Početna veličina populacije u Cetini je 7.000, a u Vinaliću 4.800 jedinki (procijenjena efektivna veličina populacija). U scenarijima UKL0 – bez katastrofe (Slika 11), UKL1 – hidroelektrana na Cetini (Slika 12), UKL4 – bolest u Cetini (Slika 15), UKL5 – bolest u Vinaliću (Slika 16) te UKL6 – invazivne vrste u Vinaliću i Cetini, broj jedinki u populacijama nije značajno oscilirao, osim u scenariju 2 (Slika 13) i 3 (Slika 14). Gradnja hidroelektrane na Cetini u frekvenciji od 30 % te istodobno pojavljivanje invazivnih vrsta u Vinaliću u frekvenciji od 10 %, rezultiralo je naglim padom broja jedinki u obje populacije – populacija iz Cetine izumrla je nakon 55 godina, a ona iz Vinalića spustila se na 1.000 jedinki nakon 70 godina, ali nije izumrla (Slika 13). Ekstremna suša svakih pet godina obje populacije je dovela do izumiranja nakon 70 godina (Slika 14).



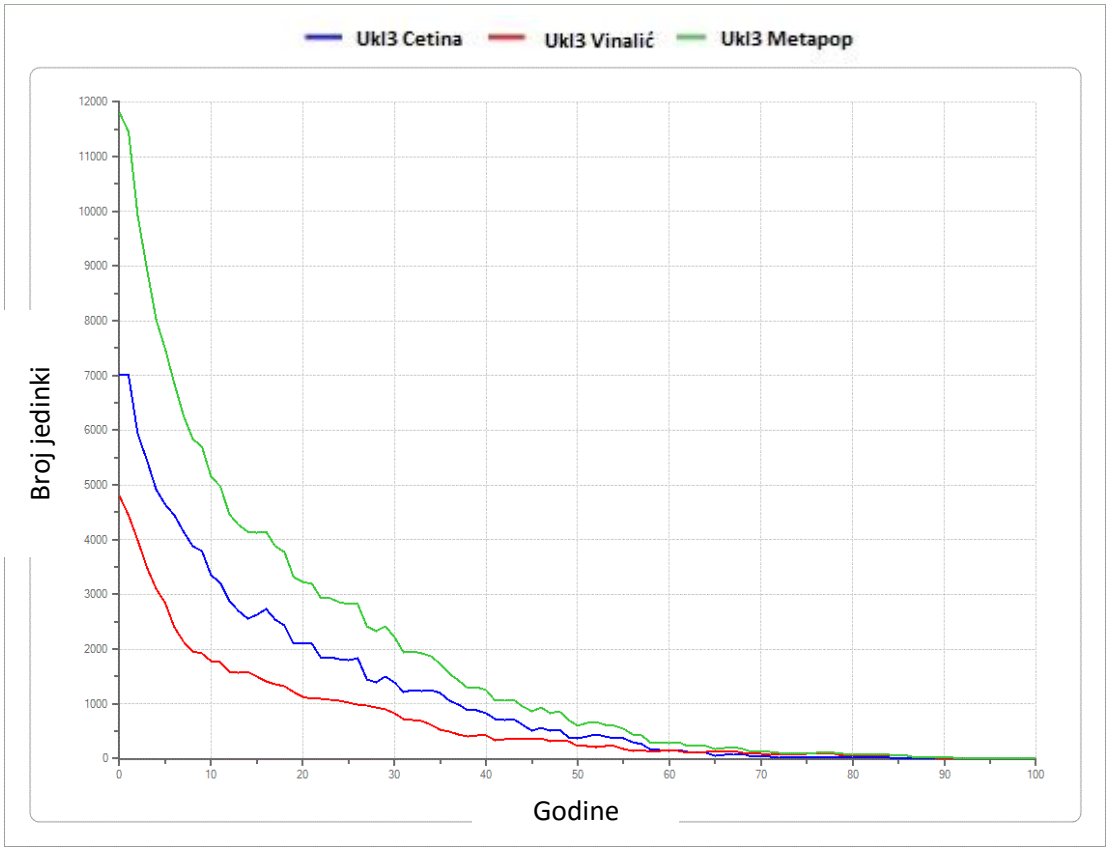
Slika 11. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij bez katastrofa



Slika 12. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij hidroelektrane na Cetini



Slika 13. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij hidroeletrana na Cetini i invazivne vrste u Vinaliću



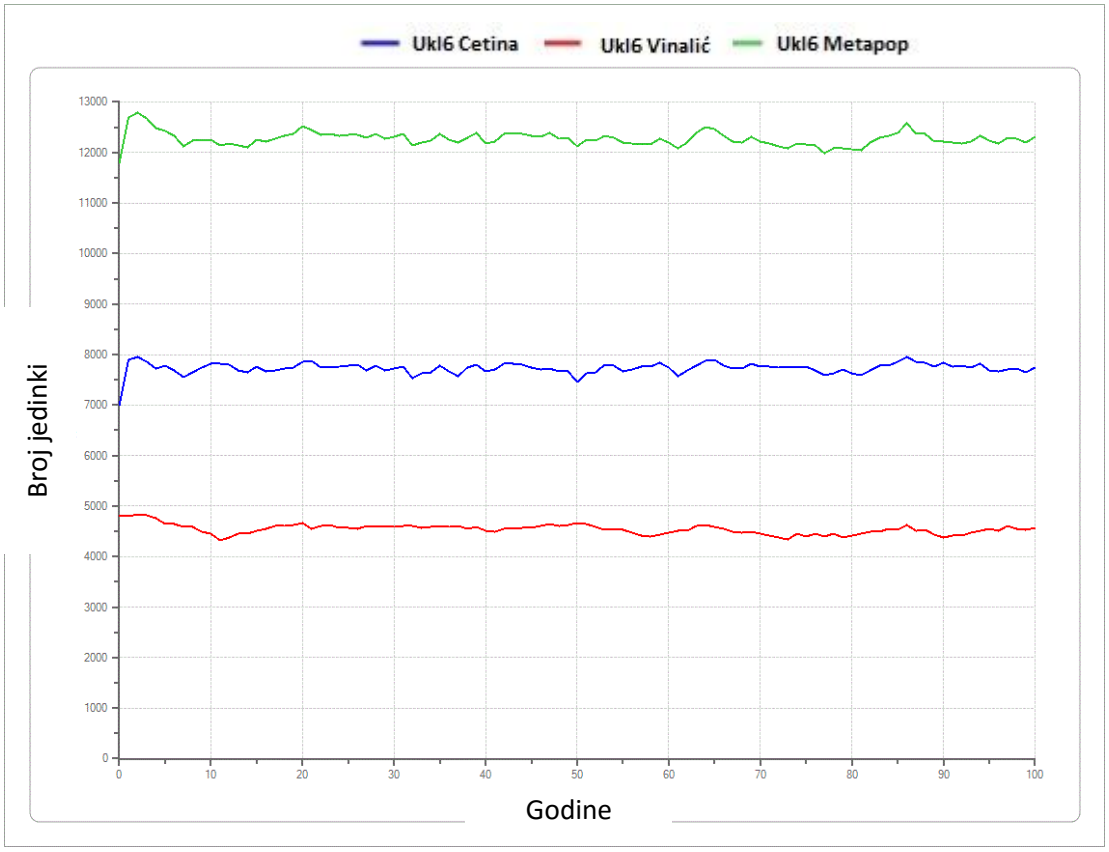
Slika 14. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij ekstremne suše



Slika 15. Analize vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij bolesti u Cetini



Slika 16. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij bolesti u Vinaliću



Slika 17. Analiza vijabilnosti vrste *T. ukliva* za scenarij invazivne vrste u Cetini i u Vinaliću

U tablici 15 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 50 godina za vrstu *Telestes ukliva.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. Određeni broj izumrlih vrsta prisutan je u scenarijima hidroelektrane na Cetini sa kombinacijom pojave invazivnih vrsta u Vinaliću te za vrijeme ekstremnih suša.

Tablica 15. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. ukliva*

T. ukliva	GODINA 50					
CETINA	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
UKL0	8.003	0%	100%	0,998	948,15	288,96
UKL1	7.486	0%	100%	0,9979	882,01	270,84
UKL2	94	8%	92%	0,9875	68,62	28,16
UKL3	372	54%	46%	0,9565	120,26	41,33
UKL4	7.791	0%	100%	0,9979	925,39	283,81
UKL5	8.005	0%	100%	0,998	935,58	286,15
UKL6	7.465	0%	100%	0,9978	892,58	273,35
VINALIĆ						
UKL0	4.919	0%	100%	0,9982	1.074,8	334,67
UKL1	4.875	0%	100%	0,9983	1.036,3	324,17
UKL2	1.860	12%	88%	0,9919	275,64	83,25
UKL3	230	69%	31%	0,9893	209,58	71,06
UKL4	4.909	0%	100%	0,9983	1.060,4	330,03
UKL5	4.745	0%	100%	0,9981	1.025,5	322,82
UKL6	4.662	0%	100%	0,9982	989,41	310,74
METAPOP.						
UKL0	12.921	0%	100%	0,9981	1.272,4	375,26
UKL1	12.361	0%	100%	0,9981	1203	357,32
UKL2	1.947	8%	92%	0,9875	266,8	80,38
UKL3	602	54%	46%	0,9571	171,91	55,91
UKL4	12.699	0%	100%	0,9981	1.246,5	369,64
UKL5	12.750	0%	100%	0,9981	1.221,5	363,8
UKL6	12.128	0%	100%	0,998	1.166,7	346,38

(UKL0 = bez katastrofa; UKL1 = hidroelektrana na Cetini; UKL2 = hidroelektrana na Cetini u kombinaciji sa invazivnim vrstama u Vinaliću; UKL3 = ekstremna suša; UKL4 = bolest u Cetini; UKL5 = bolest u Vinaliću; UKL6 = invazivne vrste u Cetini i Vinaliću)

U tablici 16 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 100 godina za vrstu *Telestes ukliva.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. Određeni broj izumrlih vrsta prisutan je u scenarijima hidroelektrane na Cetini sa kombinacijom pojave invazivnih vrsta u Vinaliću te za vrijeme ekstremnih suša. Scenarij u kojemu vladaju ekstremne suše, najviše ugrožava vrstu *T. ukliva.*

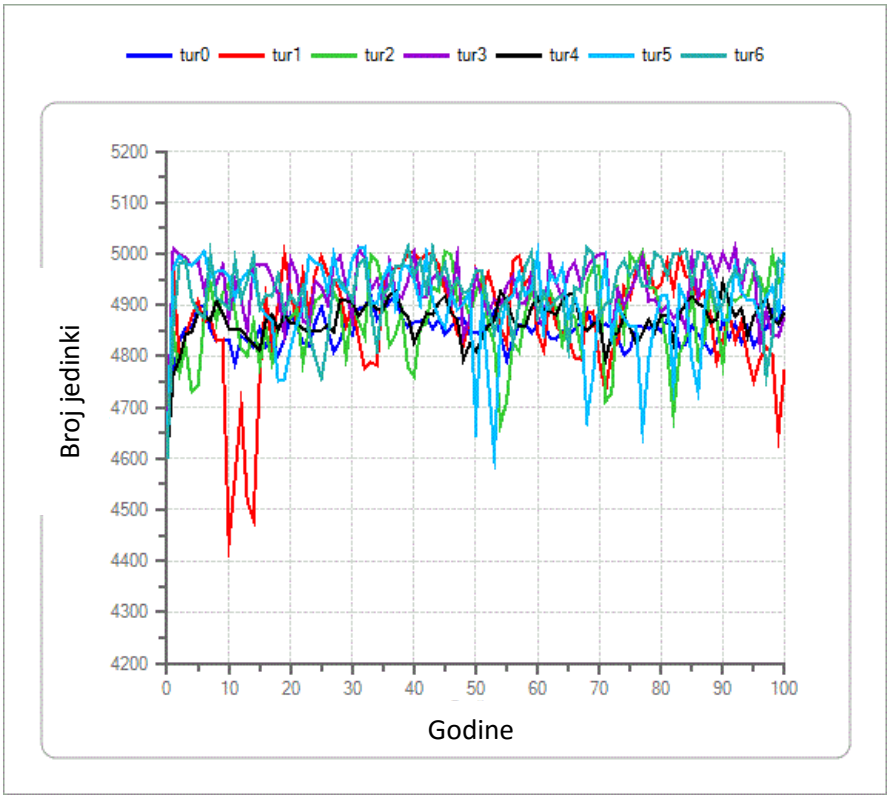
Tablica 16. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. ukliva*

T. ukliva	GODINA 100					
CETINA	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
UKL0	8.000	0%	100%	0,996	510,18	151,14
UKL1	7.526	0%	100%	0,9957	468,85	141,01
UKL2	49	50%	50%	0,9623	44,86	16,02
UKL3	23	97%	3%	0,9015	18,33	7
UKL4	7.989	0%	100%	0,9959	499,5	149,08
UKL5	7.997	0%	100%	0,996	498,51	148,67
UKL6	7.735	0%	100%	0,9956	471,72	141,33
VINALIĆ						
UKL0	4.904	0%	100%	0,9967	568,14	169,17
UKL1	4.927	0%	100%	0,9964	537,45	161,09
UKL2	820	58%	42%	0,9807	109,55	31,64
UKL3	5	99%	1%	1	10	3
UKL4	4.933	0%	100%	0,9966	560	168,37
UKL5	4.680	0%	100%	0,9965	540,93	162,33
UKL6	4.575	0%	100%	0,9962	153,77	
METAPOP.						
UKL0	12.904	0%	100%	0,9962	616,74	178,23
UKL1	12.452	0%	100%	0,9959	576,27	168,57
UKL2	1.690	50%	50%	0,9594	95,04	27,64
UKL3	25	97%	3%	0,9043	19,33	7
UKL4	12.922	0%	100%	0,9962	605,83	176,66
UKL5	12.678	0%	100%	0,9962	589,43	171,98
UKL6	12.310	0%	100%	0,9958	554,7	162,52

(UKL0 = bez katastrofa; UKL1 = hidroelektrana na Cetini; UKL2 = hidroelektrana na Cetini u kombinaciji sa invazivnim vrstama u Vinaliću; UKL3 = ekstremna suša; UKL4 = bolest u Cetini; UKL5 = bolest u Vinaliću; UKL6 = invazivne vrste u Cetini i Vinaliću)

1.1.4. *Telestes turskyi*

Populacija vrste *T. turskyi* održiva je kroz provedene scenarije. Broj alela i raznolikost haplotipova kroz sve scenarije su podjednaki, nema odstupanja. U scenariju 1, s gradnjom hidroelektrane s frekvencijom tri puta u stotinu godina, zabilježen je pad broja jedinki u desetoj godini na 4.400. U scenariju 5, pojavom invazivne vrste s frekvencijom 15 % i bolesti što zahvaća populacije dva puta u stotinu godina, također su zabilježene oscilacije u brojnosti jedinki od 50. do 85. godine. Bez obzira na postojeće oscilacije, populacija pokazuje stabilnost u svim scenarijima i predviđenim katastrofama (Slika 18).



Slika 18. Brojnost jedinki na temelju analiza sedam scenarija (TUR0 = bez katastrofa; TUR1 = hidroelektrana; TUR2 = invazivne vrste (3 %); TUR3 = invazivne vrste (15 %); TUR4 = bolest; TUR5 = invazivne vrste i bolest ; TUR6 = ekstremna suša)

U tablici 17 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 50 godina za vrstu *Telestes turskyi.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste.

Tablica 17. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. turskyi*

T. turskyi	GODINA 50					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
TUR0	4.797	0%	100%	0,9964	513,81	152,08
TUR1	4.967	0%	100%	0,9969	513	153,2
TUR2	4.778	0%	100%	0,9967	514	149,1
TUR3	4.811	0%	100%	0,9962	507,9	154,6
TUR4	4.846	0%	100%	0,9966	517,27	151,77
TUR5	4.877	0%	100%	0,9963	505,7	148
TUR6	4.965	0%	100%	0,9962	504,7	151,4

(TUR0 = bez katastrofa; TUR1 = hidroelektrana; TUR2 = invazivne vrste (3 %); TUR3 = invazivne vrste (15 %); TUR4 = bolest; TUR5 = invazivne vrste i bolest ; TUR6 = ekstremna suša)

U tablici 18 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 100 godina za vrstu *Telestes turskyi.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. U provedenim scenarijima nema izumrlih vrsta.

Tablica 18. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. turskyi*

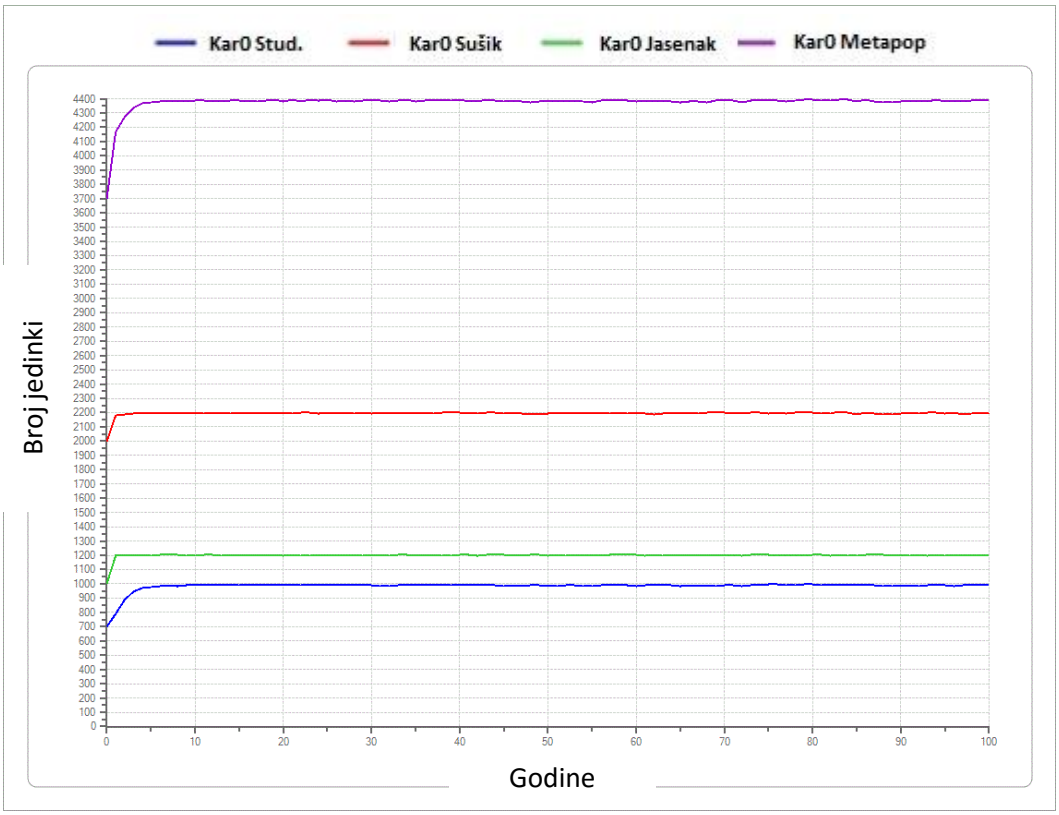
T. turskyi	GODINA 100					
	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
TUR0	4.898	0%	100%	0,9931	265,7	76,56
TUR1	4.774	0%	100%	0,9925	264,9	76,5
TUR2	4.820	0%	100%	0,9925	264,1	74,4
TUR3	4.748	0%	100%	0,9925	262,1	78,7
TUR4	4.862	0%	100%	0,9931	266,22	76,99
TUR5	4.917,3	0%	100%	0,933	261,4	73,3
TUR6	4.979	0%	100%	0,9927	256,1	75,1

(TUR0 = bez katastrofa; TUR1 = hidroelektrana; TUR2 = invazivne vrste (3 %); TUR3 = invazivne vrste (15 %); TUR4 = bolest; TUR5 = invazivne vrste i bolest ; TUR6 = ekstremna suša)

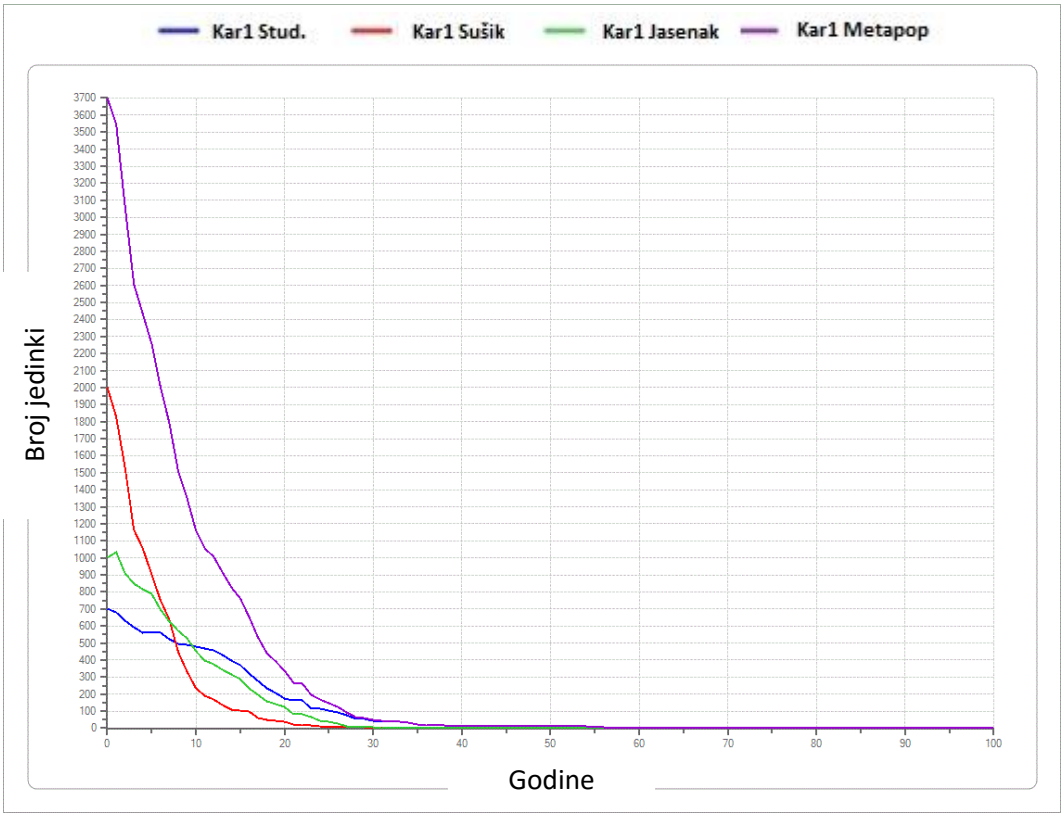
1.1.5. *Telestes karsticus*

Vrsta *T. karsticus* nalazi se na tri lokaliteta: Studenac, Sušik i Jasenačko polje. Provela sam populacije kroz pet scenarija: KAR0 – bez katastrofa (Slika 19), KAR1 – ekstremna suša uslijed klimatskih promjena (Slika 20), KAR2 – pojava bolesti u Sušiku (Slika 21), KAR3 – introdukcija invazivnih vrsta u Studencu (Slika 22), KAR4 – pojava bolesti u Sušiku i invazivnih vrsta na svim lokalitetima (Slika 23) te KAR5 – zagađenje u Jasenačkom polju (Slika 24). Sve tri populacije zadržale su početni broj jedinki i bile održive u scenarijima 0, 3 i 5. U scenariju 1 su izumrle, iz Sušika već nakon 25 godina, iz Jasenačkog polja poslije 30 i Studenca nakon 40 godina. Pojava bolesti u Sušiku prepolovila je broj jedinki tamošnje populacije, ali nije utjecala na populacije iz Studenca i Jasenačkog polja (Tablica 19).

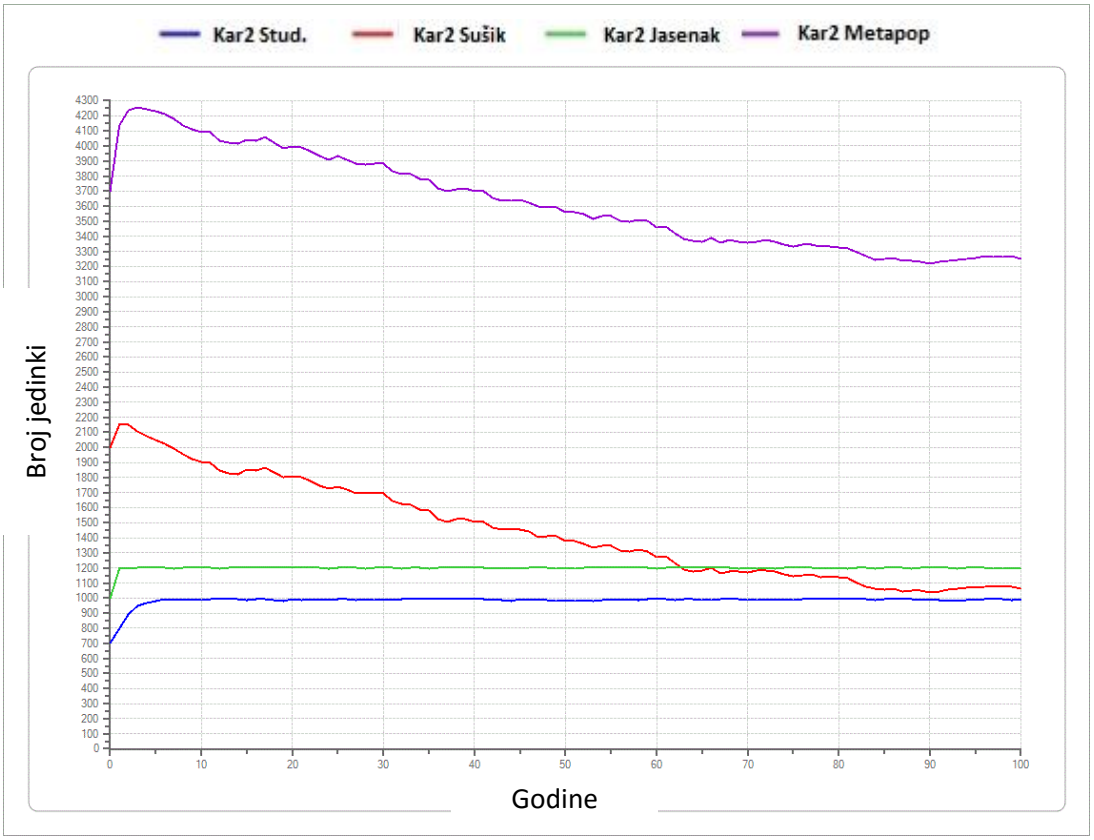
Kombinacija introdukcije invazivnih vrsta u svim lokalitetima i bolesti u Sušiku, populaciju iz Sušika s početnom veličinom populacije 2.000, dovela je do tri stotine jedinki nakon stotinu godina (Tablica 20). Populacije iz Studenca i Jasenačkog polja prolazile su kroz vrlo male oscilacije u brojnosti jedinki i nakon stotinu godina brojnost im je ostala nepromijenjena (Tablica 20).



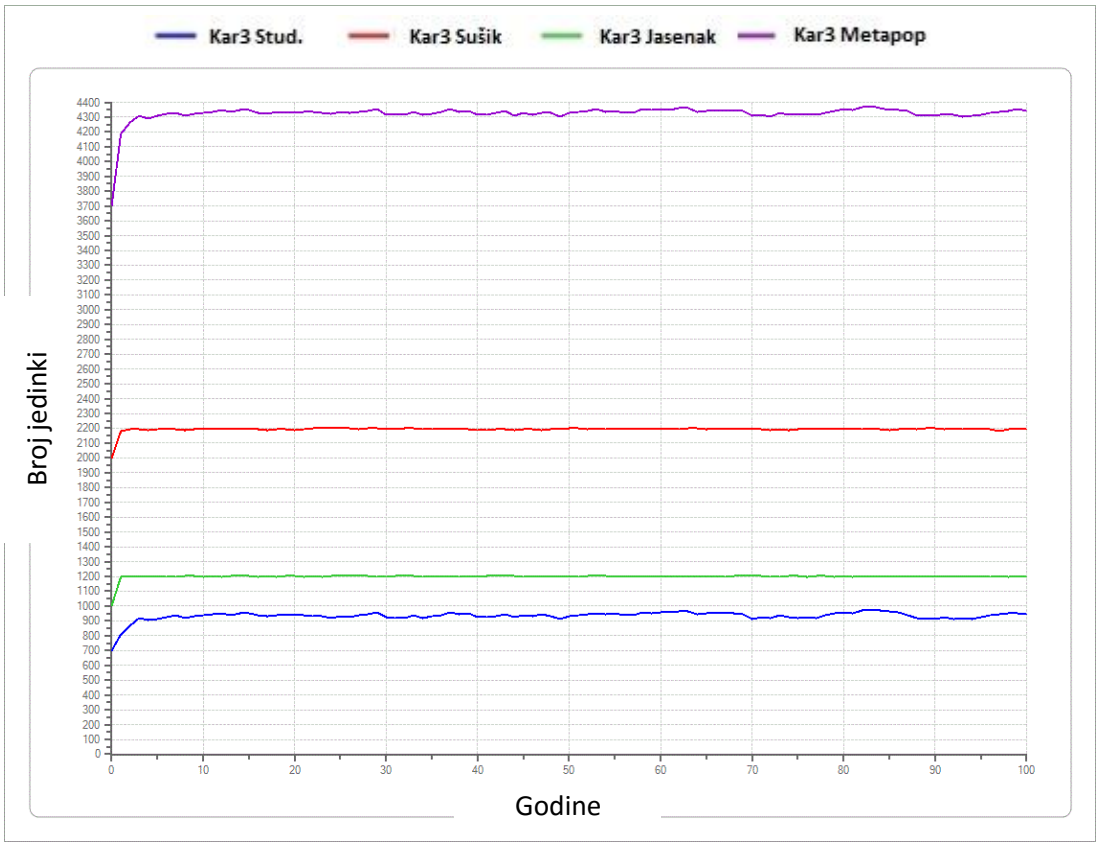
Slika 19. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* za scenarij bez katastrofa



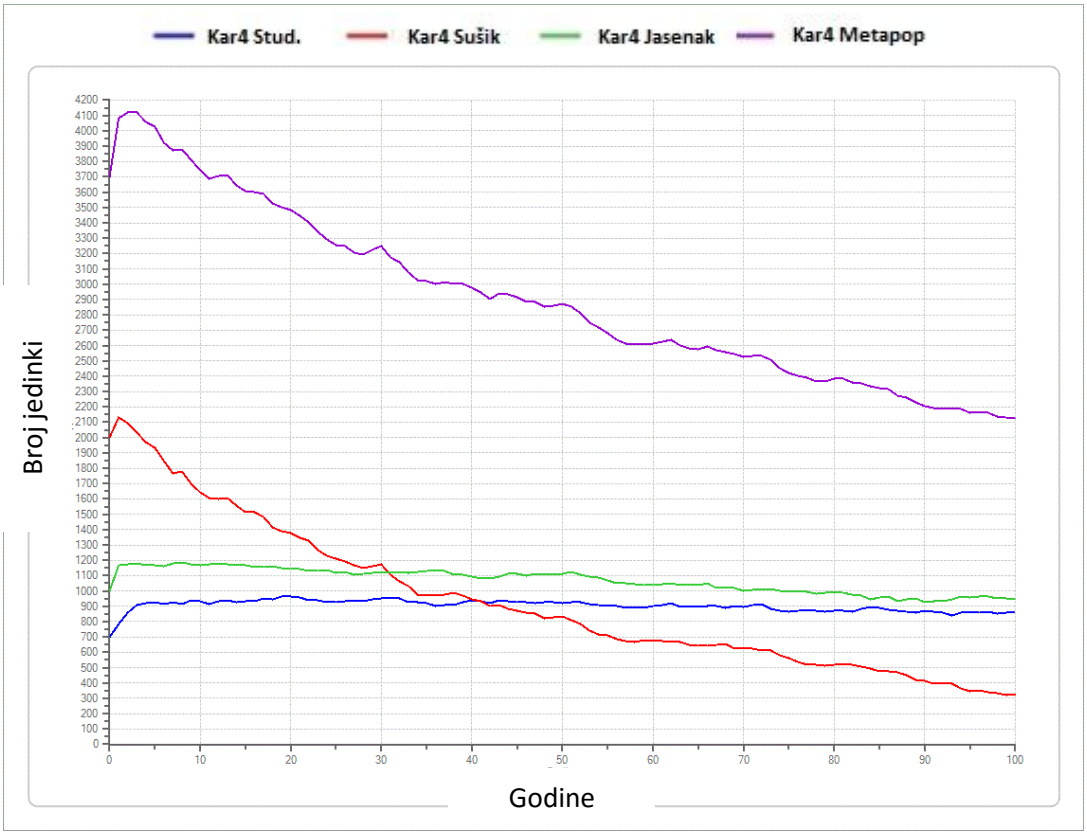
Slika 20. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* za vrijeme ekstremne suše



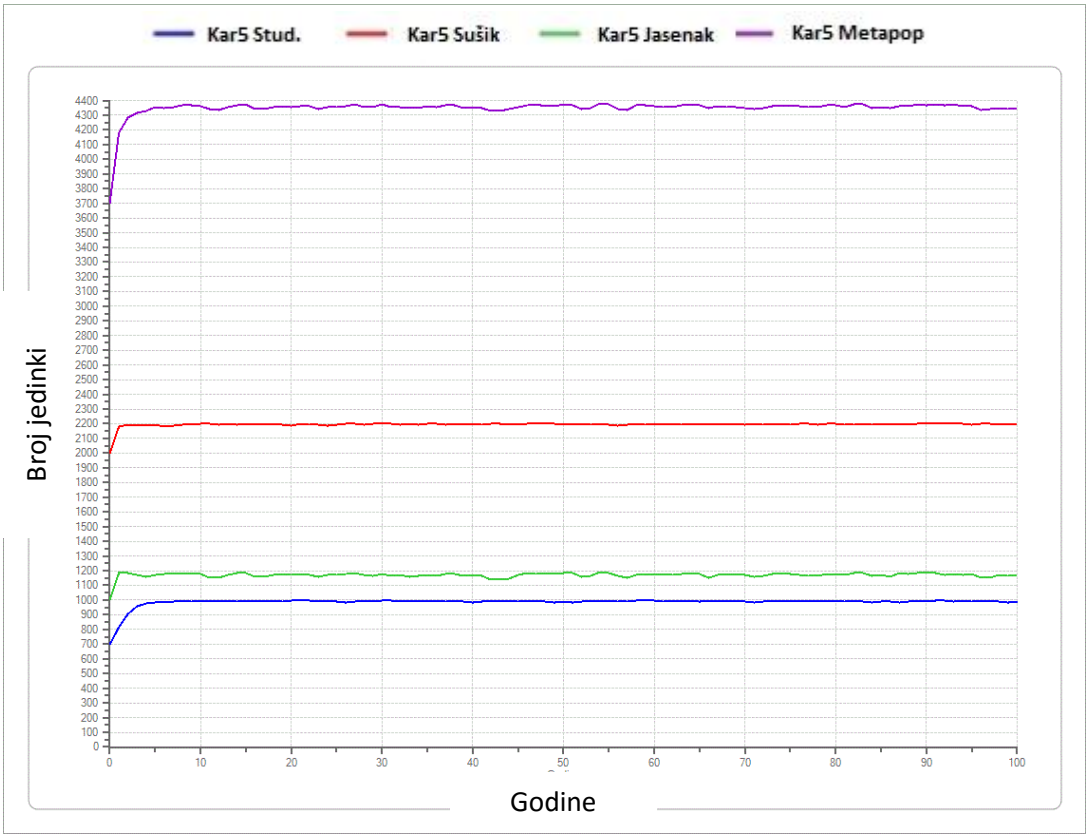
Slika 21. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* nakon pojave bolesti u Sušiku



Slika 22. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* nakon pojave invazivnih vrsta u Studencu



Slika 23. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* pod utjecajem invazivnih vrsta u svim rijekama i istodobnoj pojavi bolesti u Sušiku



Slika 24. Analiza vijabilnosti vrste *T. karsticus* nakon zagađenja u Jasenku

U tablici 19 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 50 godina za vrstu *Telestes karsticus.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. U scenariju gdje vladaju ekstremne suše dolazi do izumiranja vrste.

Tablica 19. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. karsticus*

T. karsticus	GODINA 50					
STUDENAC	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
KAR0	986	0%	100%	0,9947	295,68	94,48
KAR1	10	99%	1%	0,975	78	28
KAR2	983	0%	100%	0,9936	269,86	86,28
KAR3	934	0%	100%	0,9943	288,58	92,34
KAR4	923	0%	100%	0,9912	230,96	72,59
KAR5	992	0%	100%	0,9943	291,87	93,37
SUŠIK						
KAR0	2.193	0%	100%	0,994	312,54	95,88
KAR1	0	99%	1%	1	7	4
KAR2	1.380	0%	100%	0,9939	231,52	74,58
KAR3	2.199	0%	100%	0,9942	310,79	94,51
KAR4	835	2%	98%	0,9926	167,82	56,1
KAR5	2.197	0%	100%	0,9938	306,94	93,78
JAS.POLJE						
KAR0	1.198	0%	100%	0,9944	307,63	96,98
KAR1	0	100%	0%	0	0	0
KAR2	1.197	0%	100%	0,9933	272,76	85,5
KAR3	1.199	0%	100%	0,9947	305,58	95,56
KAR4	1.112	5%	95%	0,9922	236,58	74,12
KAR5	1.183	0%	100%	0,994	301,73	94,77
METAPOP.						
KAR0	4.378	0%	100%	0,9943	367,54	109,18
KAR1	10	99%	1%	0,9751	78	28
KAR2	3.560	0%	100%	0,9932	323,22	96,8
KAR3	4.332	0%	100%	0,9943	362,34	107,54
KAR4	2.869	0%	100%	0,9912	268,27	80,61
KAR5	4.371	0%	100%	0,994	361,44	107,22

(KAR0 = bez katastrofa; KAR1 = ekstremna suša; KAR2 = bolest u Sušiku KAR3 = invazivne vrste u Studencu; KAR4 =invazivne vrste u svim lokalitetima uz pojavu bolesti u Sušiku; KAR5 = zagađenje u Jasenku)

U tablici 20 mogu se vidjeti parametri kroz sve provedene scenarije, kako bismo imali bolji uvid u posljedice provedene katastrofe pojedinog scenarija nakon 50 godina za vrstu *Telestes karsticus.* Iz tih podataka se predviđaju scenariji koji bi u budućnosti uzrokovali nestanak vrste. U scenariju gdje vladaju ekstremne suše dolazi do izumiranja vrste.

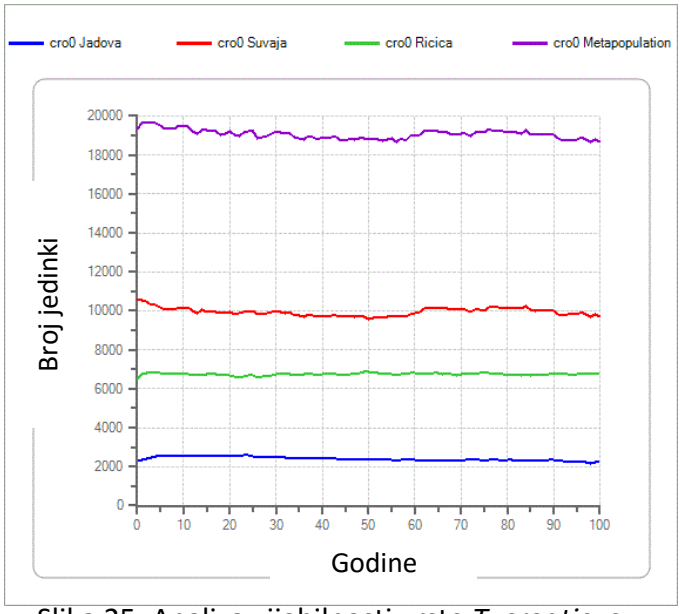
Tablica 20. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. karsticus*

T. karsticus	GODINA 100					
STUDENAC	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
KAR0	992,53	0%	100%	0,9872	159,25	49,66
KAR1	0	100%	0%	0	0	0
KAR2	991	0%	100%	0,9859	133,07	40,39
KAR3	947	0%	100%	0,9884	157,32	47,64
KAR4	856	4%	96%	0,9815	105,28	31,77
KAR5	987	0%	100%	0,9878	157,87	47,58
SUŠIK						
KAR0	2.192	0%	100%	0,988	164,12	49,78
KAR1	0	100%	0%	0	0	0
KAR2	1.062	0%	100%	0,9852	108,52	34,25
KAR3	2.197	0%	100%	0,9884	163,18	48,21
KAR4	326	5%	95%	0,9753	69,97	23,41
KAR5	2.193	0%	100%	0,9879	162,15	47,66
JAS.POLJE						
KAR0	1.200	0%	100%	0,9885	162,39	50,31
KAR1	0	100%	0%	0	0	0
KAR2	1.198	0%	100%	0,9846	132,45	39,93
KAR3	1.200	0%	100%	0,9887	161,53	48,66
KAR4	945	16%	84%	0,9834	109,9	33,27
KAR5	1.164,6	0%	100%	0,9888	160,27	47,81
METAPOP.						
KAR0	4.384	0%	100%	0,9879	179,07	53,5
KAR1	0	100%	0%	0	0	0
KAR2	3.250	0%	100%	0,9851	144,27	42,59
KAR3	4.344	0%	100%	0,9885	177,16	51,5
KAR4	2.127	4%	96%	0,9815	111,25	32,93
KAR5	4.344	0%	100%	0,9881	176,15	51,07

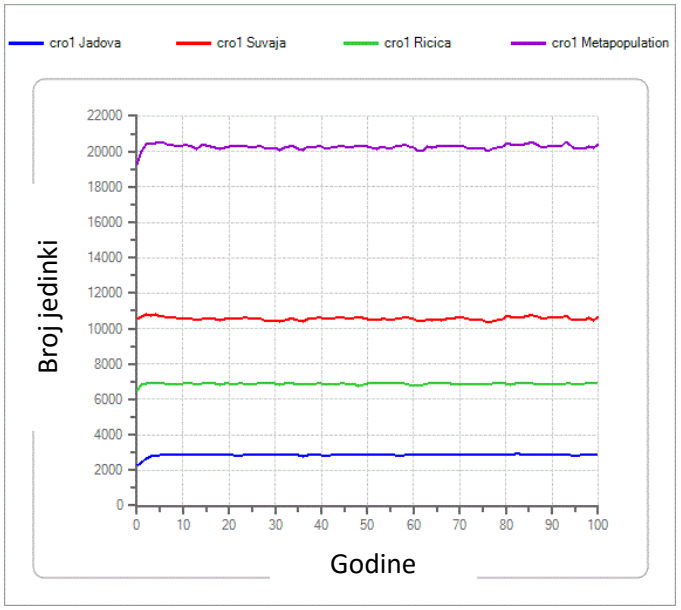
(KAR0 = bez katastrofa; KAR1 = ekstremna suša; KAR2 = bolest u Sušiku KAR3 = invazivne vrste u Studencu; KAR4 =invazivne vrste u svim lokalitetima uz pojavu bolesti u Sušiku; KAR5 = zagađenje u Jasenku)

1.1.1. *Telestes croaticus*

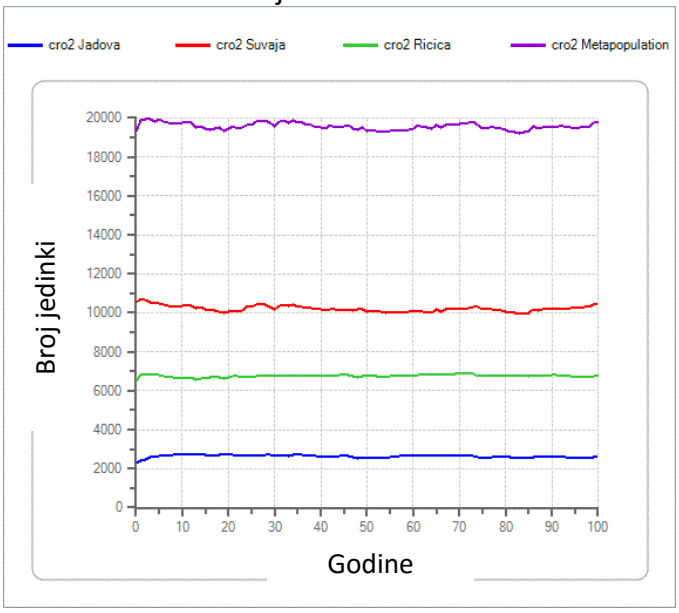
Populacije vrste *T. croaticus* u rijekama Jadova, Suvaja i Ričica stabilne su u provedenim scenarijima 0- bez katastrofa (Slika 25), 1- invazivne vrste 15 % (Slika 26), 2- invazivne vrste 3 % (Slika 27), 3- hidroelektrana u Jadovi (Slika 28), 4- bolest u Suvaji (Slika 29), 5- bolest i invazivne vrste (Slika 30)i 6- suša svakih 10 godina (Slika 31), osim u zadnjem, pri ekstremnoj suši (Slika 32). Ona pogubno djeluje na vrstu i brojnost jedinki počne se drastično smanjivati već nakon prve godine (Tablica 21). Populacija iz Jadove pokazuje najveći pad brojnosti jedinki. Raznolikost haplotipova i broj alela najmanji je u scenariju 7 u svim populacijama (Tablica 22).



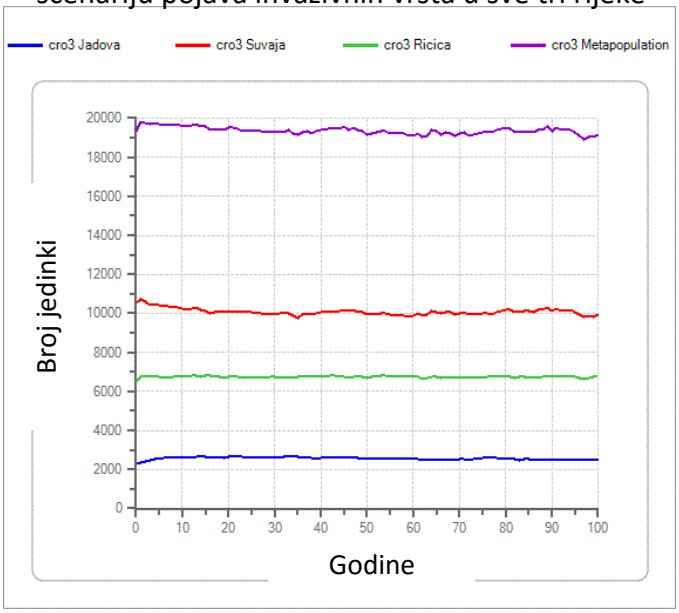
Slika 25. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju bez katastrofa



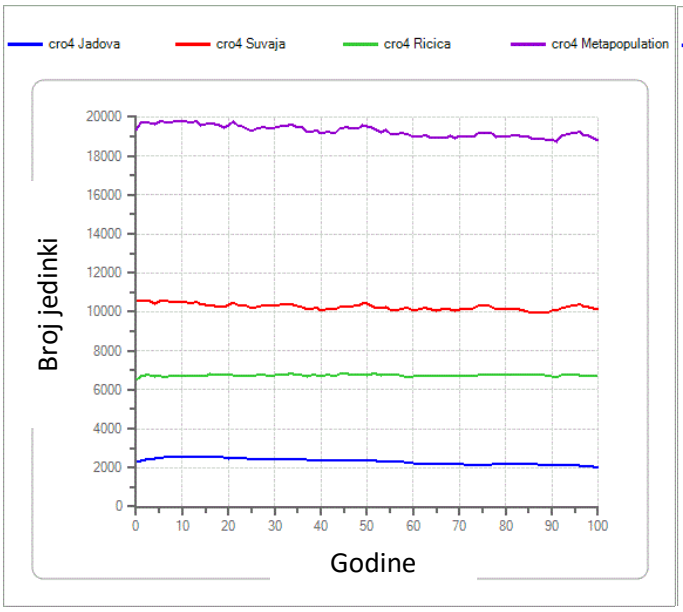
Slika 26. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke



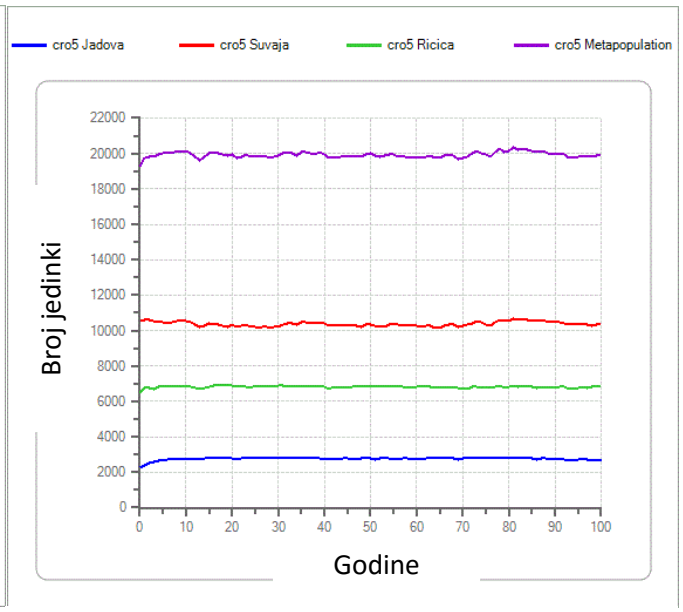
Slika 27. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke (3 %)



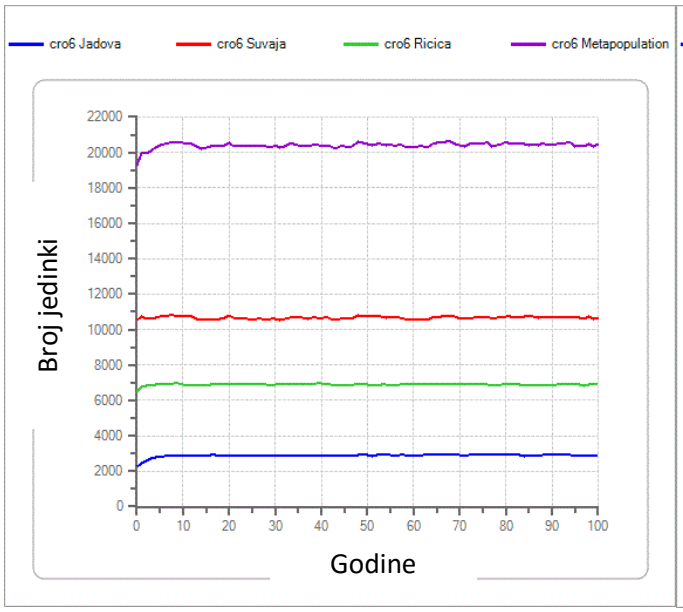
Slika 28. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju hidroelektrana u Jadovi



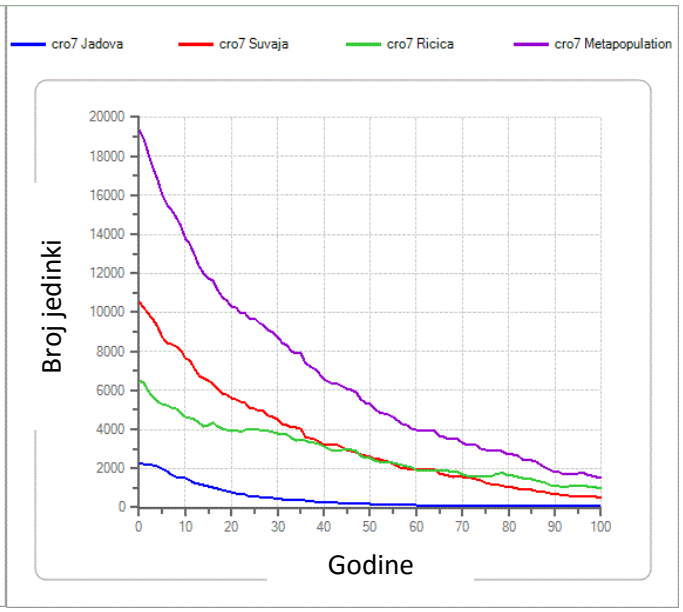
Slika 29. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju bolest u Suvaji



Slika 30. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju bolest i invazivne vrste u sve tri rijeke



Slika 31. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju ekstremna suša (10 %)



Slika 32. Analiza vijabilnosti vrste *T. croaticus* u scenariju ekstremna suša (20 %)

Tablica 21. Izlazni podaci u pedesetoj godini za vrstu *T. croaticus*

T. croaticus	GODINA 50					
JADOVA	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
CRO0	2.334	0%	100%	0,9961	543,33	187,13
CRO1	2.863	0%	100%	0,9959	577,84	198,1
CRO2	2.535	0%	100%	0,9959	569,82	195,99
CRO3	2.518	0%	100%	0,9958	564,8	193,93
CRO4	2.354	0%	100%	0,9965	538,22	185,22
CRO5	2.785	0%	100%	0,996	577,11	198,21
CRO6	2.896	0%	100%	0,9959	571,42	196,37
CRO7	154	1%	99%	0,9958	112,08	47,67
SUVAJA						
CRO0	9.594	0%	100%	0,9986	1.386,15	430,43
CRO1	10.516	0%	100%	0,9986	1.456,72	456,64
CRO2	10.066	0%	100%	0,9986	1.437,08	445,8
CRO3	9.922	0%	100%	0,9986	1.427,52	442,24
CRO4	10.421	0%	100%	0,9986	1.424,69	444,03
CRO5	10.362	0%	100%	0,9986	1.442,35	452,27
CRO6	10.719	0%	100%	0,9986	1.453,23	455,85
CRO7	2.631	2%	98%	0,9962	455,05	150,07
RIČICA						
CRO0	6.846	0%	100%	0,9985	1.399,12	446,89
CRO1	6.874,43	0%	100%	0,9985	1.400,19	451,76
CRO2	6.729	0%	100%	0,9986	1.413,38	450,81
CRO3	6.698	0%	100%	0,9986	1.416,55	449,49
CRO4	6.736	0%	100%	0,9985	1.422,71	453,04
CRO5	6.884	0%	100%	0,9986	1.413,44	452,27
CRO6	6.875	0%	100%	0,9986	1.394,37	450,51
CRO7	2.605	2%	98%	0,9965	604,79	196,38
METAPOP.						
CRO0	18.774	0%	100%	0,9983	1.819,73	537,97
CRO1	20.254	0%	100%	0,9982	1.913,02	572,61
CRO2	19.330	0%	100%	0,9982	1.872,32	553,47
CRO3	19.138	0%	100%	0,9982	1.859,27	548,64
CRO4	19.511	0%	100%	0,9983	1.863,5	553,01
CRO5	20.032	0%	100%	0,9982	1.888,47	563,13
CRO6	20.490	0%	100%	0,9982	1.910,45	573,42
CRO7	5.337	1%	100%	0,9962	712,92	218,59

(CRO0=bez katastrofa; CRO1 pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke (15 %); CRO2=pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke (3 %); CRO3=hidroelektrana u Jadovi; CRO4=bolest u Suvaji; CRO5=bolest i invazivne vrste u sve tri rijeke; CRO6=ekstremna suša (10 %); CRO7=ekstremna suša (20 %))

Tablica 22. Izlazni podaci u stotoj godini za vrstu *T. croaticus*

T. croaticus	GODINA 100					
JADOVA	SREDNJA VELIČINA POPULACIJE	BROJ IZUMRLIH	BROJ OPSTALIH	DOBIVENA HETEROZIGOTNOST	BROJ ALELA	RAZNOLIKOST HAPLOTIPOVA
CRO0	2.217	0%	100%	0,9945	368,1	122,6
CRO1	2.860	0%	100%	0,9938	411,82	136,82
CRO2	2.596	0%	100%	0,9941	399,03	131,16
CRO3	2.509	0%	100%	0,9938	390,03	130,34
CRO4	2.017	0%	100%	0,9949	360,48	121,62
CRO5	2.690	0%	100%	0,9937	412,58	135,61
CRO6	2.869	0%	100%	0,9939	410,03	135,46
CRO7	93	43%	57%	0,966	25,95	
SUVAJA						
CRO0	9.711	0%	100%	0,9972	761,73	229,66
CRO1	10.653	0%	100%	0,9974	807,18	245,94
CRO2	10.402	0%	100%	0,9973	782,75	236,85
CRO3	9.919	0%	100%	0,9974	777,66	235,6
CRO4	10.101	0%	100%	0,9974	773,18	232,96
CRO5	10.327	0%	100%	0,9974	797,01	241,33
CRO6	10.701	0%	100%	0,9973	805,54	245,77
CRO7	1.095	55%	45%	0,9922	168,09	56,07
RIČICA						
CRO0	6.772	0%	100%	0,9974	788,71	239,68
CRO1	6.892	0%	100%	0,9974	819,89	252,59
CRO2	6.830	0%	100%	0,9974	807,49	244,45
CRO3	6.742	0%	100%	0,9975	803,74	243,84
CRO4	6.704	0%	100%	0,9975	801,8	244,11
CRO5	6.831	0%	100%	0,9976	816,58	248,91
CRO6	6.916	0%	100%	0,9975	817,05	253,41
CRO7	2.124	56%	44%	0,9928	248,11	74,91
METAPOP.						
CRO0	18.700	0%	100%	0,9969	901,49	262,41
CRO1	20.405	0%	100%	0,9969	957,51	283,27
CRO2	19.827	0%	100%	0,9969	925,68	270,19
CRO3	19.170	0%	100%	0,997	918,54	267,9
CRO4	18.823	0%	100%	0,9971	916,59	267,81
CRO5	19.848	0%	100%	0,997	944,68	276,15
CRO6	20.485	0%	100%	0,9969	959,11	284,23
CRO7	2.597	43%	57%	0,965	210,18	62,63

(CRO0=bez katastrofa; CRO1 pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke (15 %); CRO2=pojava invazivnih vrsta u sve tri rijeke (3 %); CRO3=hidroelektrana u Jadovi; CRO4=bolest u Suvaji; CRO5=bolest i invazivne vrste u sve tri rijeke; CRO6=ekstremna suša (10 %); CRO7=ekstremna suša (20 %))

5 RASPRAVA

S obzirom na to da se prvi put istražuje i analizira genska raznolikost i vijabilnost roda *Telestes*, literatura je ograničena. U objavljenom istraživanju i analizi endemskih vrsta riba *Telestes multicellus* (BONAPARTE, 1837), koristile su se filogenetske analize na osnovi mitohondrijskih DNA sekvenci kao varijacije haplotipova rekonstruirane Bayesovom statističkom metodom, kao i za analizu genske strukture roda *Telestes.* Istraživalo se mogu li podaci o evolucijskoj povijesti i genskoj strukturi i raznolikosti populacija dovesti do pronalaženja razlika među vrstama, pomoći u preciznijem procjenjivanju opasnosti od izumiranja i predlagati odgovarajuće mjere zaštite i očuvanja bioraznolikosti ispod razine vrste. Odnosi između filogenije haplotipova i geografske raspodjele vrsta *T. multicellus*, pokazali su tipičan obrazac ograničenog genskog toka, s predodređenim haplotipovima raspoređenim na širi raspon, a izvedeni su u lokalno ograničenim područjima istraživanja na talijanskom poluotoku (STEFANI i SUR., 2004). Genetska mjerenja populacije mogu otkriti razlike između blisko lociranih i srodnih vrsta te procjenjivati rizik izumiranja još preciznije od trenutačnih IUCN kriterija. Iste mjere očuvanja ne mogu biti primjenjene na svim istraženim vrstama, baš kao što se i njihov realni status razlikuje (BUJ i SUR., 2015).

Ne podnose sve vrste roda *Telestes* jednako promjene u okolišu. Budući da je genska raznolikost u pozitivnom odnosu s veličinom populacije, vrste s manjom genskom raznolikošću imaju i slabije izglede za preživljavanje, ne samo zbog manjeg fitnesa djelotvornosti populacije, nego i zbog slabijeg kapaciteta prilagodbe promjenama uvjeta okoliša. Zahvaljujući visokoj genskoj raznolikosti, vrste se uspješno bore s promjenama u okolišu. Velika otpornost vrsta na okolišne promjene proizlazi iz njihove visoke genske raznolikosti. Visokom razinom genske diferencijacije odlikuju se vrste *T. croaticus*, posebno populacije iz rijeka Ričice i Suvaje te vrste *T. ukliva* koje se nalaze u rijeci Cetini i u Zduškom potoku pokraj sela Vinalić. Vrste koje se nalaze na samo jednom lokalitetu, a to su vrsta *T. turskyi*, *T. polylepis* te vrsta *T. fontinalis*, također imaju visoku razinu genske diferencijacije, iz koje proizlazi i visoka raznolikost haplotipova te visoka nukleotidna raznolikost i velik broj mutacija koje su se nakupljale bez ometanja. Te populacije su stare populacije koje su prolazile kroz neometani evolucijski razvoj. To je vjerojatno posljedica povijesnih razdoblja u kojima nije bilo stresnih situacija, okolišnih anomalija te vremenu u kojemu su te vrste uspjele postići stabilnost populacije nagomilavanjem broja mutacija koje im pomažu u

prilagodbi na promjene u okolišu. S obzirom da vrste s visokom genskom raznolikošću imaju visok prag tolerancije na stres te čine stabilne populacije, one nisu toliko osjetljive na buduće antropogene i invazivne promjene u okolišu, kao što je to vrsta *T. karsticus*.

Tako je najosjetljivija vrsta *T. karsticus*, jer ima malu efektivnu veličinu populacije i nisku raznolikost haplotipova. Teško se prilagođava nailazećim promjenama, što je dokazano i u analizi vijabilnosti. Mala genska raznolikost vrste *T.karsticus* ukazuje na to da su populacije bile pod utjecajem jakog selekcijskog pritiska. S obzirom da vrsta *T. karsticus* obitava u sjevernim hladnijim krajevima, razlog niskoj genskoj diferencijaciji najvjerojatnije je razdoblje ledenog doba kada su temperature bile vrlo niske. Zbog male raznolikosti haplotipova, ta će se vrsta najteže prilagoditi promjenama koje slijede, posebice populacija iz Studenca koja uopće nije raznolika, a time će i cijela metapopulacija biti u opasnosti.

Katastrofe koje se javljaju svakih šest do sedam godina, poput pojave invazivnih vrsta ili velikog zagađenja, uzrokovale bi u stotinu godina izumiranje populacije vrste *Telestes polylepis.* Pojava invazivnih vrsta uz pojavu bolesti svakih tridesetak godina, ostavlja takav trag na populaciji da se njezina veličina godinama smanjuje, ali ne izumire u prvih stotinu godina. Značajnije klimatske promjene u pedeset godina i smanjenje populacije za 2 % godišnje, dovode do uništenja populacije. Budući da se vrsta *T. polylepis* nalazi samo na jednom lokalitetu s malim brojem jedinki (oko 1.600) i nema velik broj mutacija, vrsta je osjetljivija na intenzivnije promjene u okolišu kroz duže vremensko razdoblje, iako ima visoku gensku raznolikost. U slučaju porasta broja jedinki 20 % u prve dvije godine, bilježi se porast za 600 jedinki nakon deset godina. Kod tih jedinki utvrđeno je najviše alela i najveća raznolikost haplotipova.

Vrsta *Telestes fontinalis* obitava samo u Krbavskom polju, ali premda jedinke ne migriraju u druga područja, populacija je vrlo stabilna. Unatoč pojavi invazivnih vrsta, širenju bolesti i sušnim godinama, brojnost jedinki kreće se od 2.020 do 2.180. i niti u jednom scenariju nije došlo do izumiranja populacije. Raznolikost haplotipova i broj alela u svim provedenim scenarijima su podjednaki.

Svoje mjesto u rijeci Cetini i Zduškom potoku pored sela Vinalić, pronašla je vrsta *Telestes ukliva*. Početna veličina populacije bila je 7.000, a kod Vinalića 4.800 jedinki. Nakon izgradnje hidroelektrane na rijeci Cetini, čiji se utjecaj manifestira svake tri godine, uz istodobno

pojavljivanje invazivnih vrsta svake desete godine u lokalitetu pored sela Vinalić, došlo je do propadanja obje populacije. Ona iz Cetine izumrla je nakon 55 godina, a iz potoka kod Vinalića pala je na tisuću jedinki nakon sedamdeset godina, ali nije izumrla. Ekstremna suša svakih pet godina obje populacije dovela je do izumiranja nakon sedamdeset godina. Iz Cetine u Vinalić migrira oko pet puta više jedinki, nego iz Vinalića u Cetinu.

Populacija vrste *Telestes turskyi* održiva je u svim provedenim katastrofama. Broj alela i raznolikost haplotipova u svim su scenarijima podjednaki. Pri gradnji hidroelektrane na rijeci Čikoli s frekvencijom tri puta u stotinu godina, zabilježen je pad broja jedinki u desetoj godini na 4.400 i ponovni pad u 15. godini na 4.470 jedinki. U scenariju gdje se javljaju invazivne vrste svakih šest do sedam godina i bolesti što zahvaćaju populacije dva puta u stotinu godina, također su zabilježene oscilacije u brojnosti jedinki od 50. do 85. godine. Bez obzira na postojeće oscilacije, populacija pokazuje stabilnost u svim scenarijima i predviđenim katastrofama.

Invazivne vrste u svim rijekama svakih šest do sedam godina, hidroelektrana na Jadovi, bolest u Suvaji, bolest i invazivne vrste u svim rijekama istodovno te suša svakih pet godina, nisu uništili populaciju vrste *Telestes croaticus* u rijekama Jadova, Suvaja i Ričica. Međutim, ekstremna suša djeluje pogubno na vrstu i brojnost jedinki drastično pada već nakon prve godine. Populacija iz Jadove pokazuje najveći pad brojnosti jedinki. Raznolikost haplotipova i broj alela najmanji je za vrijeme ekstremne suše. Najviše jedinki migrira iz Suvaje u Ričicu, a najmanje iz Ričice u Jadovu. Za 1,6 % migrira više jedinki iz Jadove u Suvaju, nego iz Suvaje u Ričicu.

Vrsta *Telestes karsticus* obitava na tri lokaliteta: potok Studenac, jezero Sušik i Jasenačko polje. Uz ekstremnu sušu zbog klimatskih promjena sve tri populacije su izumrle, iz Sušika već nakon 25 godina, iz Jasenačkog polja poslije 30 i Studenca nakon 40 godina. Pojava bolesti u Sušiku prepolovila je broj jedinki tamošnje populacije, ali nije utjecala na one iz Studenca i Jasenačkog polja. Kombinacija introdukcije invazivnih vrsta u svim lokalitetima i bolesti u Sušiku, populaciju iz Sušika dovela je s početne veličine od 2.000, do samo 300 jedinki nakon stotinu godina. Populacije iz Studenca i Jasenačkog polja prolazile su kroz vrlo male oscilacije u brojnosti jedinki, ali nakon stotinu godina brojnost im je ostala nepromijenjena. Najviše jedinki migrira iz Sušika, a najmanje ih dolazi u Sušik.

Generalno, najopasnije prijetnje vidljive iz analize vijabilnosti populacija vrsta roda *Telestes,* zasigurno su klimatske promjene. Globalno zagrijavanje izaziva promjene u temperaturi vode, koja je čimbenik određivanja spola jedinke, iz čega proizlazi sve manji broj ženki u budućnosti, time i sve manje potomaka. Ekstremne suše vode ka gubitku staništa i puteva migracija, koje su važne za održavanje stabilnosti metapopulacija i razmjenjivanje genskog materijala. S obzirom da se trenutno nalazimo u razdoblju globalnog zagrijavanja, potrebno je što prije reagirati adekvatnim mjerama zaštite. Nužno je zakonski regulirati čimbenike koji uzrokuju klimatske promjene i omogućiti navodnjavanje vodotoka u sušno doba. Potrebno je održavati odgovarajuću temperaturu vode te pratiti mikrobiološko stanje radi prevencije razvitka bolesti. Također pojava invazivnih vrsta kod većine slučajeva u analizi vijabilnosti pokazala se velikom prijetnjom. Treba biti oprezan s unosom invazivnih svojti koje vrlo brzo stvaraju stabilnu populaciju i zauzimaju teritorij autohtonim vrstama istiskujući ih s dotadašnjih obitavališta. Zahvaljujući transportnim putevima, čestim migracijama ljudi u egzotične zemlje i namjernim ili nenamjernim unosom invazivnih svojti, nedovoljnom edukacijom stanovništva, danas je lakše nego ikada unijeti invazivnu vrstu među autohtone populacije. Evidentna je i potreba educiranja lokalnog stanovništva o značenju i korisnosti autohtonih vrsta riba, o prijetećim opasnostima njihovu opstanku i načinima sprječavanja izumiranja vrsta, provoditi redoviti monitoring te provjeriti pri povratku iz strane zemlje jesmo li upravo mi prenosioci invazivne svojte. Potrebno je pronaći najbolje metode uklanjanja invazivnih svojti, bez ugrožavanja autohtonih vrsta.

Važna je i provedba redovitog monitoringa o stanju populacija, kvaliteti vode i okoliša, kako bi se moglo preventivno djelovati na mogući razvoj i širenje bolesti. Podaci o genskoj raznolikosti kao i međuuvjetovanosti populacija iste vrste te predviđanju nastanka mogućih scenarija, iako se obično ne smatraju procjenama rizika od izumiranja, mogu biti od velike pomoći u očuvanju vrsta, njihovu razvoju i odlukama o njihovoj zaštiti (BUJ i SUR., 2015).

U nekim scenarijima provedenih u analizi vijabilnosti, kombinacija dvaju katastrofa rezultirala je nestankom populacije, kao što je to kod vrste *T. ukliva* bila izgradnja hidroeletrane na Cetini i pojava invazivnih vrsta u Vinaliću. Taj scenarij je dobar primjer kako u metapopulacijama labilnost jedne populacije izaziva labilnost druge, što znači da su populacije međusobno zavisne jedna o drugoj. S obzirom na to da jedinke migriraju između lokaliteta vrsta s metapopulacijskom strukturom, očito je da jedinke plivaju i uzvodno, kao

naprimjer populacija vrste *T. karsticus* iz potoka Sušik pliva uzvodno u Jasenačko polje. Kod svih vrsta predstavljenih sa više populacija utvrđene su migracije. Tako vrsta *T. croaticus* migrira iz rijeke Ričice u Suvaju i Jadovu, iz Jadove u Suvaju i Ričicu, a iz Suvaje u Jadovu i Ričicu. Slično je utvrđeno za populacije vrste *Delminichthys adspersus* (Heckel, 1843), kod koje su također utvrđene aktivne, uzvodne i podzemne migracije (PALANDAČIĆ i SUR., 2012).

Migracije nisu jednako jake u svim smjerovima i gotovo uvijek su jače u jednom smjeru, kao kod vrste *T. ukliva* koja iz rijeke Cetine u Vinalić migrira sa oko 980 jedinki, dok iz Vinalića u Cetinu sa samo 200 jedinki. Taj lokalitet iz kojeg je migracija jača, održava stabilnost metapopulacije. Kada bi se to stanište poremetilo nekim antropološkim djelovanjem ili pojavom bolesti, cijela metapopulacija bi doživjela stres i najvjerojatnije bi vrsta izumrla. Rizik izumiranja metapopulacije ili vrste ne ovisi samo o navedenim čimbenicima, nego i o onima koji karakteriziraju uzajaman utjecaj tih populacija (AKÇAKAYA, 1999). Saznanja o metapopulacijskoj strukturi važna su za konzervaciju. Onaj lokalitet koji drži cijelu metapopulaciju stabilnom treba najviše zaštititi jer promjene u strukturi populacije tog lokaliteta imat će za posljedicu tragične ishode za cijelu vrstu te metapopulacije.

Efektivna veličina populacije različita je između vrsta. Većina vrsta roda *Telestes* ima malu efektivnu veličinu, ali ona ipak ne ugrožava opstanak vrste. One jesu osjetljivije što je veličina populacije manja jer se takva populacija teže oporavlja od utjecaja katastrofe. Maloj populaciji treba više napora i vremena uloženog u povratak u prvobitno stanje, nego što je to slučaj kod velikih populacija koje imaju i višu gensku raznolikost i time su otpornije na stres. Najmanja efektivna veličina je samo 700 jedinki, koliko je procijenjena za populaciju vrste *T. karsticus* u Studencu pa do preko 10.000 jedinki koliko broji populacija vrste *T. croaticus* u Suvaji. Veličina populacije ovisi o veličini lokaliteta, o stanišnim uvjetima života te o količini stresa kojega je populacija izložena.

Sinergija svih istraživanih elemenata iz rada, kao što su efektivna veličina populacije, genska raznolikost i migracije populacija, čini vrstu stabilnom. Jedan faktor proizlazi iz drugog, zajedno doprinose otpornosti i stabilnosti populacije te njezinoj vijabilnosti, sposobnosti vrste za preživljavanje. Kod donošenja konzervacijskih mjera treba sagledati vrstu u cjelini, sve njezine puteve migracija, gensku raznolikost te veličinu populacije i procjenu vijabilnosti.

6 ZAKLJUČAK

- Populacije iste vrste što obitavaju na više lokaliteta, migriraju unutar njih u svim smjerovima, uzvodno, podzemno i nizvodno.
- Migracije nisu recipročne i uvijek više jedinki migrira u jednom smjeru.
- Populacije u metapopulaciji ovisne su jedna o drugoj.
- Visoka genska raznolikost i visok broj mutacija čini vrstu otpornijom na promjene u okolišu.
- S obzirom da su efektivne veličine svih istraživanih vrsta relativno male, osjetljivije su na promjene u okolišu.
- Kao najveće prijetnje pokazale su se klimatske promjene, naročito ekstremne suše koje su izazvale izumiranje najvećeg broja vrsta roda *Telestes*.
- Pojava invazivnih vrsta u visokoj frekvenciji – prosječno svake tri godine – u kombinaciji s velikim zagađenjem ili izgradnjom hidroelektrane, predstavlja ozbiljnu prijetnju izumiranju vrsta roda *Telestes*.
- U provedenim scenarijima katastrofa jedino vrste *T. fontinalis* i *T. turskyi* nisu dovedene do izumiranja. Obje su podnijele pojavu invazivnih vrsta, bolesti, njihovu kombinaciju i sušne godine. Osim navedenih katastrofa, *T. turskyi* dobro je podnijela i izgradnju hidroelektrane na rijeci Čikoli.
- Najosjetljivija vrsta je *T. karsticus* zbog male efektivne veličine populacije, niske raznolikosti haplotipova te malog broja mutacija.
- Izgradnju hidroelektrane na rijeci Cetini treba zabraniti, jer bi prema izvedenom scenariju ona svake tri godine štetno utjecala na održanje populacije vrste *T. ukliva* i postupno je dovela do izumiranja.
- Potrebno je zakonski regulirati čimbenike koji uzrokuju klimatske promjene i omogućiti navodnjavanje vodotoka u sušno doba.
- Evidentna je potreba educiranja lokalnog stanovništva o značenju i korisnosti autohtonih vrsta riba, o prijetećim opasnostima i načinima sprječavanja izumiranja vrsta.
- Važna je provedba redovitog monitoringa o stanju populacija, kvaliteti vode i okoliša.

7 LITERATURA

1. BEERLI P. (2012) Migrate Documentation. Department of Scientific Computing, Florida State University Tallahassee, 101 str.
2. BOŽIČEVIĆ S. (1992) Fenomen krš. Školska knjiga, Zagreb, 104 str.
3. BUJ I.; ĆALETA M.; MARČIĆ Z.; ŠANDA R.; VUKIĆ J.; MRAKOVČIĆ M. (2015) Different Histories, Different Destinies–Impact of Evolutionary History and Population Genetic Structure on Extinction Risk of the Adriatic Spined Loaches (Genus *Cobitis*; Cypriniformes, Actinopterygii). PLoS ONE 10(7)
4. CONOVER D. O.; KYNARD, B. E. (1981) Environmental sex determination: interaction of temperature and genotype in a fish. Science 213: 577– 579
5. ĆALETA M.; BUJ I.; MRAKOVČIĆ M.; MUSTAFIĆ P.; ZANELLA D.; MARČIĆ Z.; DUPLIĆ A.; MIHINJAČ A.; KATAVIĆ I. (2015) Hrvatske endemske ribe. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 116 str.
6. DEVLIN R. H.; NAGAHAMA Y. (2002) Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191-36
7. DUMANOVIĆ J.; MARINKOVIĆ D.; DENIĆ M. (1985) Genetički Rečnik. Naučna knjiga, Beograd, 224 str.
8. GELMAN A.; CARLIN J. B.; HAL S. S.; DONALD B.R. (1995) Bayesian Data Analysis, CHAPMAN & HALUCRC, 675 str.
9. GUERRERO-ESTÉVEZ S. i MORENO-MENDOZA N. (2010) Gonadal morphogenesis and sex differentiation in the viviparous fish *Chapalichthys encaustus* (Teleostei, Cyprinodontiformes, Goodeidae). Journal of Fish Biology, 80: 572–594
10. KETMAIER V.; BIANCO P. G.; COBOLLI M.; KRIVOKAPIC M.; CANIGLIA R.; DE MATTHAEIS E. (2004) Molecular phylogeny of two lineages of Leuscinae cyprinids (Telestes and Scardinius) from the peri-Mediterranean area based on cytochrome b data. Molecular Phylogenetics and Evolution 32: 1061-1071
11. KETMAIER V.; COBOLLI M.; DE MATTHAEIS E.; BIANCO P. G. (1998) Allozymic variability and biogeographic relationships in two *Leuciscus* species complexes

(Cyprinidae) from southern Europe, with rehabilitation of the genus Telestes Bonaparte. It. J. Zool. 65: 41-48

12. KOTTELAT M.; FREYHOF J. (2007) Handbook of European Freshwater Fishes. Publications Kottelat Cornol, Switzerland and Freyhof Berlin, Germany, 646 str.
13. KREITMAN M. (1983) Nucleotide polymorphism at the alcohol dehydrogenase locus of Drosophila melanogaster. Nature 304: 412 - 417
14. MARČIĆ Z. (2013) Taksonomske i biološko-ekološke značajke roda *Telestes* Bonaparte 1837(Actinopterygii) na području Velike i Male Kapele, Doktorski rad, 178 str.
15. MOYLE P.B. i CECH J. J. (2004) Fishes: An Introduction to Ichthyology. Pearson Prentice Hall, 726 str.
16. MRAKOVČIĆ M.; BRIGIĆ A.; BUJ I.; ĆALETA M.; MUSTAFIĆ P.; ZANELLA D. (2006) Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 256 str.
17. NEI M. (1987) Molecular Evolutionary Genetics. Columbia university Press. New York, NY, USA, 512 str.
18. NOMURA H.; TURCO A. E.; PEI Y.; KALAYDJIEVA L.; SCHIAVELLO T.; WEREMOWICZ S.; JI W.; MORTON C. C.; MEISLER M.; REEDERS S. T.; ZHOU J. (1998) Identification of PKDL, a novel polycystic kidney disease 2-like gene whose murine homologue is deleted in mice with kidney and retinal defects. J. Biol. Chem. 273: 25967-25973
19. NJEGAČ D. (2002) Gorska Hrvatska. Mozaik knjiga, Zagreb, 480 str.
20. PALANDAČIĆ A.; MATSCHINER M.; ZUPANČIĆ P.; SNOJ A. (2012) Fish migrate underground: the example of *Delminichthys adspersus* (Cyprinidae). Mol. Ecol. 21(7): 1658-71
21. PAVIĆ R. (1975) Gorski Kotar i ogulinsko-plašćanska udolina. Geografija SR Hrvatske, knjiga 4, Gorska Hrvatska. Školska knjiga, Zagreb, 68 str.
22. ROEMER U. i BEISENHERZ W. (1996) Environmental determination of sex in *Apistogramma* (Cichlidae) and two other freshwater fishes (Teleostei). J. Fish Biol. 48: 714– 725
23. STEFANI F.; GALLI P.; ZACCARA S.; CROSA G. (2004) Genetic variability and phylogeography of the cyprinid *Telestes multicellus* within the Italian peninsula as revealed by mitochondrial DNA. J. Zool. Syst. Evol. Research 42: 323-331

24. TANOCKI i CRLJENKO (2011) Jezera Hrvatske. Školska knjiga, Zagreb, 239 str.
25. ZANELLA D.; MIHALJEVIĆ Z.; MRAKOVČIĆ M.; ĆALETA M. (2009) Ecology and diet of the endemic *Telestes ukliva* (Cyprinidae) in the Cetina River system, Croatia. Cybium 33(2): 97-105
26. PINTAR Z. (1964b) Svijetlica – naš lički endem. Priroda LI 10:317-318
27. AKCAKAYA H. R; BURGMAN M. A.; GINZBURG L. R. (1999). Applied Population Ecology: Principles and Computer Exercises Using RAMASt EcoLab 2.0. 81(4): 1179-1181

- http://proleksis.lzmk.hr/373/ (preuzeto 24.05.2017.)
- http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA/PREDAVANJA/11.%20STRUKTURA%20POPULACIJA.pdf (preuzeto 24.05.2017.)
- http://www.likaworld.net/forum/index.php?topic=307.0;wap2(preuzeto 25.05.2017.)
- http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28791 (preuzeto 25.05.2017.)
- http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA%20MORA/PREDAVANJA/12.%20BIOLOSKA%20RAZNOLIKOST%20U%20MORU.pdf (preuzeto 25.05.2017.)
- http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA/PREDAVANJA/01.%20STO%20JE%20EKOLOGIJA.pdf (preuzeto 25.05.2017.)
- www.zastita-prirode-animalia.hr (preuzeto 27.05.2017.)
- http://www.ub.edu/dnasp/DnaSPHelp.pdf (preuzeto 29.08.2017.)
- http://jadran.izor.hr/hr/nastava/solic/EKOLOGIJA/PREDAVANJA/22.%20BIOLOSKA%20RAZNOLIKOST.pdf (preuzeto 20.05.2017.)
- nasport.pmf.ni.ac.rs/materijali/991/konzervaciona%205.ppt (preuzeto 23.05.2017.)
- https://web.archive.org/web/20050524233613/http://darwin.eeb.uconn.edu/eeb348/lecture-notes/drift/node7.html (preuzeto 20.5.2017.)

8 Europass

Životopis

Osobni podaci

Prezime(na) / Ime(na)	**Elena Flauder**		
Adresa(e)	Prominska 7, 31000 Osijek, Hrvatska		
Telefonski broj(evi)	031/303 023	Broj mobilnog telefona:	095/911 0837
E-mail	elena.flauder@gmail.com		
Državljanstvo	Hrvatsko		
Datum rođenja	30.11.1992.		
Spol	žensko		

Radno iskustvo

Datumi	01.05.2017.- 15.06.2016.-30.09.2016.
Zanimanje ili radno mjesto	Menadžerica apartmana
Glavne vještine i kompetencije	Komunikacija s gostima, turističkim agencijama, briga o rezervacijama, računima, gostima i apartmanima, prijava i odjava gostiju, promocija apartmana
Ime i adresa poslodavca	Mali Nono, obrt Josipa Jurja Strossmayera 39 51 500 Krk
Vrsta djelatnosti ili sektor	Turizam

Datumi	15.10.2016.-15.04.2017., 20.11.2015.-10.06.2016.
Zanimanje ili radno mjesto	Promotorica
Glavni poslovi i odgovornost	Predstavljanje i prodaja proizvoda, briga o urednosti promocijskog štanda i polica na kojima se nalazi proizvod, izrazita komunikativnost i srdačnost prema kupcima u trgovačkim centrima i privatnim i gradskim ljekarnama
Ime i adresa poslodavca	Martis usluge d.o.o. Vlaška 93A 10 000 Zagreb
Vrsta djelatnosti ili sektor	Prodaja
Datumi	25.05.2015.-20.09.2015., 13.06.2014.-15.09.2014., 25.06.2013.-17.09.2013., 30.06.2012.-03.09.2012., 15.06.2011.-31.08.2011.
Zanimanje ili radno mjesto	Turistička animatorica
Glavni poslovi i odgovornost	Animiranje i zabavljanje gostiju kroz sportske, rekreativne, kreativne i društvene aktivnosti te animiranje djece
Ime i adresa poslodavca	Riviera adria Podružnica Zlatni otok Vršanska 8 51500 Krk Agencija Valamar
Vrsta djelatnosti ili sektor	Turizam
Datumi	06.12.2014.-01.03.2015.
Zanimanje ili radno mjesto	Prodavačica i blagajnica u Kući zelenog čaja
Glavni poslovi i odgovornosti	Potrebno znanje o čajevima i znanje fitoterapije, rad na blagajni, pisanje obračuna, komunikacija s ljudima, preciznost
Ime i adresa poslodavca	TC PORTANOVA,Svilajska 31a, 31000 Osijek Zastupnik:Adis d.o.o.
Vrsta djelatnosti ili sektor	Trgovina

Naziv dodjeljene kvalifikacije	Aromaterapeut
Glavni predmeti/ stečene profesionalne vještine	Poznavanje kemizma i svojstava esencijalnih ulja, kozmetičkih sirovina i biljnih ulja, vještina izrade prirodne kozmetike te aromatretmana
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Učilište Adrianus
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Turistički animator
Glavni predmeti / stečene profesionalne vještine	Allround animator, profesionalno pristupanje poslu, kreativnost, komunikativnost, ekspeditivnost, snalažjivost
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Valamar

Osobne vještine i kompetencije

Materinski jezik(ci) **Hrvatski**

Drugi jezik(ci) **Engleski, talijanski, njemački**

Samoprocjena	**Razumijevanje**				**Govor**				**Pisanje**	
Europska razina (*)	Slušanje		Čitanje		Govorna interakcija		Govorna produkcija			
Engleski	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik
Talijanski	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik	B2	Samostalni korisnik
Njemački	B1	Samostalni korisnik	B1	Samostalni korisnik	B1	Samostalni korisnik	B1	Samostalni korisnik	B1	Samostalni korisnik

(*) Zajednički europski referentni okvir za jezike

Društvene vještine i kompetencije	Vrijedna, pouzdana, vedra, pozitivna, srdačna i pristupačna, elokventna, komunikativna, motivirana i ambiciozna, odgovorna i savjesna, dobre komunikacijske vještine stečene tijekom iskustva kao animatorica i kroz rad u seminarima, timski duh
Organizacijske vještine i kompetencije	Organizacija rada i planiranje radnih aktivnosti, otvorena za unapređivanje postojećih i usvajanje novih znanja, iskustvo u timskom radu
Računalne vještine i kompetencije	Osnove rada na računalu, poznavanje rada u MS Office-u, služenje internetom, poznavanje rada u R-u

Umjetničke vještine i kompetencije	Batik tehnika, izrada minijatura od suhoga cvijeća, izrada nakita, slikarstvo i oslikavanje predmeta, dekupaž tehnika, zidni mozaik, maketarstvo, izrada aromakozmetike
Druge vještine i kompetencije	Ples u vodi (sinkronizirano plivanje), pilates, aerobic, aqua aerobic, nordijsko hodanje, hodanje na štulama, biciklizam, rolanje, plivanje, vođenje programa i igara, proučavanje znanstvenih radova, alternativne medicine i modnih časopisa, kazališna gluma
Obrazovanje	univ. bacc. biol. Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku Aromaterapeut, Učilište Adrianus u Zagrebu
Vozačka dozvola	B kategorija