Reproduktivna biologija poskoka Vipera ammodytes, Linnaeus 1758

Šoltić, Vitomir

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:085388

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski znanstveni studij biologije

Vitomir Šoltić

REPRODUKTIVNA BIOLOGIJA POSKOKA (*Vipera ammodytes* LINNAEUS 1785)

Diplomski rad

Osijek 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Odjel za biologiju
Diplomski znanstveni studij

Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

REPRODUKTIVNA BIOLOGIJA POSKOKA (*Vipera ammodytes* Linnaeus 1758)

Vitomir Šoltić

Rad je izrađen: Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera
Mentor: Dr.sc. Branimir K. Hackenberger**,** izv. prof.
Neposredni voditelj: Dr. sc. Dušan Jelić

Poskok, *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) europska je vrsta otrovnice o čijoj se reprodukciji malo zna. Za potrebe istraživanja prikupljeno je 16 gravidnih ženki s 4 lokaliteta sjeverozapadne Hrvatske koje su okotile sveukupno 113 juvenilnih jedinki. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi morfometrijske i merističke parametre ženki i juvenilnih jedinki, odrediti prisutnost spolnog dimorfizma kod juvenilnih jedinki s parametrima koji mu doprinose, utvrditi postoje li korelacije između ženke i juvenilnih jedinki te odrediti energetski prijenos kroz izračun relativne mase legla. Spolni dimorfizam utvrđen je kod 5 parametara s većim srednjim vrijednostima kod mužjaka. Testiranje korelacija između ženki i juvenilnih jedinki pokazalo je da ženke ulažu u veće leglo i veće jedinke. Relativna masa legla (RCM) iznosila je 59% uložene energije u prosjeku što je visoka vrijednost. Visoka RCM i dvogodišnji reproduktivni ciklus ukazuju na reproduktivnu strategiju koju ženka koristi za optimizaciju reproduktivnog napora.

Broj stranica: 34

Broj slika: 22

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 50

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: reprodukcija, Hrvatska, spolni dimorfizam, relativna masa legla, energetski trošak

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr.sc. *Branimir K. Hackenberger***,** izv.prof.

2. dr.sc. *Dubravka Čerba,* docent

3. dr.sc. *Goran Palijan*, docent

4. dr.sc. *Stjepan Krčmar,* redoviti profesor – trajno zvanje

Rad je pohranjen u: knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer Osijek **Master thesis**
Department for biology
Graduate study of biology

Scientific area: Natural sciences
Scientific field: Biology

Reproductive biology of the nose-horned viper (*Vipera ammodytes* Linnaeus, 1758)

Vitomir Šoltić

Thesis performed at: Department for biology, University of Josip Juraj Strossmayer Osijek
Supervisor: Branimir K. Hackenberger**,** PhD, Associate Professor
Cosupervisor: Dušan Jelić, PhD

Nose-horned viper, *Vipera ammodytes*, (Linnaeus, 1758) is European viper species of which reproduction is little known. For the needs of this research 16 gravid females were collected from 4 localities in northwestern Croatia which gave birth to a total of 113 juveniles. Goals of this research were to determine morphological and meristic parameters of females and juveniles, see whether there is sexual dimorphism present with regard to parameters which contribute to it, assess correlations in morphometric parameters of female and juveniles and calculate energy transfer through relative clutch mass. Sexual dimorphism is present in 5 parameters between juveniles with males having higher values. Tests for correlations showed that females invest in clutch mass as well as in number of juveniles. Relative clutch mass showed 59% of energy investment in average which is considered a high value. High value of RCM and biennial reproductive cycle suggests that female is using this reproductvie strategy to optimize reproductive effort.

Number of pages: 34

Number of figures: 22

Number of tables: 4

Number of references: 50

Original in: Croatian

Key words: reproduction, Croatia, sexual dimorphism, energy cost, relative clutch mass
Date of the thesis defence:

Reviewers:

1. *Branimir K. Hackenberger*, PhD, Associate Professor
2. *Dubravka Čerba*, PhD, Assistant Professor
3. *Goran Palijan*, PhD, Assistant Professor
4. *Stjepan Krčmar*, PhD, Distinguished Professor

Thesis deposited in Library of Department of Biology, University of J.J. Strossmayer Osijek and in National university library in Zagreb in elektronic form. It is also disposable on the web site of Department of Biology, University of J.J. Strossmayer Osijek

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. Opće karakteristike gmazova 1

1.2. Porodica ljutica, Viperidae 2

1.3. Reproduktivne značajke ljutica 3

1.4. Spolni dimorfizam 4

1.5. Biologija poskoka 4

1.6. Dosadašnja istraživanja 7

1.7. Ciljevi istraživanja 8

2. MATERIJALI I METODE 9

2.1. Područje istraživanja 9

2.2. Terenska istraživanja 12

2.3. Laboratorijska istraživanja 12

2.4. Obrada podataka 17

3. REZULTATI 18

3.1. Deskriptivna statistika za ženke 18

3.2. Spolni dimorfizam i omjer spolova mladunaca 18

3.3. Analiza kovarijance (ANCOVA) 20

3.4. Principal Component analiza (PCA) 20

3.5. Diskriminativna analiza (LDA) 22

3.6. Linearni model korelacije i regresijska analiza 22

3.7. Gubitak mase, veličina legla i relativna masa legla (RCM) 24

4. RASPRAVA 25

5. ZAKLJUČCI 30

6. LITERATURA 31

1. UVOD

1.1. Opće karakteristike gmazova

Gmazovi su prvi kralješnjaci koji su se potpuno prilagodili životu na kopnu. Karakterizira ih koža prekrivena ljuskama ili štitovima koji ih štite od isušivanja. Ektotermalni su organizmi što znači da nemaju stalnu tjelesnu temperaturu te je reguliraju temperaturom iz okoline zbog čega mogu imati nižu tjelesnu temperaturu tijekom hladnijih odnosno višu tijekom toplijih dana (Mertz 2005). Za razliku od prethodnika vodozemaca, embrionalni razvoj gmazova odvija se unutar jajeta koje je zaštićeno olupinom ispunjenom žumanjkom što omogućuje kompletan razvoj tijela do izlaska iz jajeta (Brehm 1966).

Prelaskom na kopno gmazovi su razvili unutarnji način oplodnje. Osim kod premosnika dolazi do razvoja muških kopulatornih organa iz dijela kloake. Kod kornjača i krokodila postoji jedan penis dok gušteri i zmije posjeduju parnu strukturu penisa (hemipenis) iako se kod kopulacije u kloaku umeće samo jedan dio. Kako bi došlo do potpunog razvoja, organizam se razvija unutar jajeta čija ljuska pruža zaštitu od isušivanja te također opskrbljuje embrij kisikom i potrebnim tvarima za razvoj organizma. Većina gmazova polaže jaja, no kod mnogih vrsta guštera i zmija razvoj embrija odvija se unutar jajeta u jajovodu. Dolazi do izlaska mladunaca iz jajeta unutar ženke te se rađaju živi mladi (ovoviviparija). Za razliku od većine vrsta oviparnih gmazova čija jaja imaju kalcificiranu ljusku, jaja ovoviviparnih gmazova obavija tanka opna,a kod nekih i nedostaje (Young 1981).

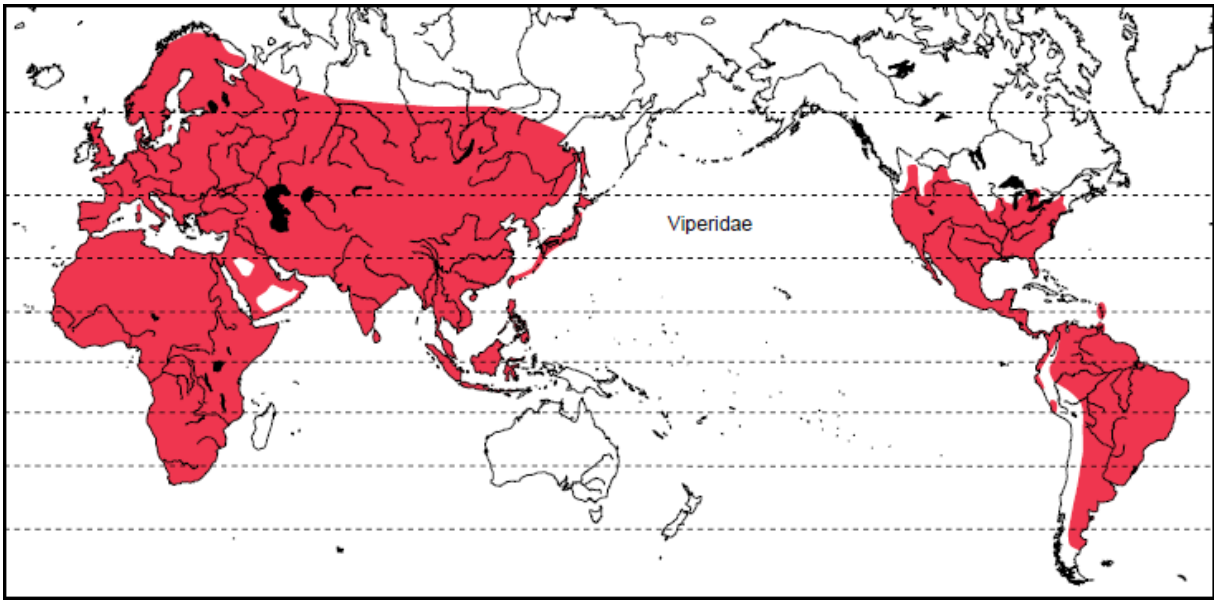
Živući gmazovi danas su podijeljeni u 3 klade: Archosauria u koju spadaju ptice (Aves) i krokodili (Crocodylia), Testudines koje sačinjavaju kornjače i Lepidosauria u koju spadaju ljuskaši (Squamata) i premosnici (Rynchocephalia) (Vitt i Caldwell 2014).

Trenutno na Zemlji obitava 10 450 vrsta gmazova od kojih više od 10 000 pripada redu ljuskaša (Squamata). Ljuskaši se dijele na 3 podreda: prstenaši (Amphisbaenia), gušteri (Sauria) i zmije (Serpentes) s 3619 vrsta (Uetz, Hošek).

1.2. Porodica ljutica, Viperidae

U Europi su zmije zastupljene u 4 porodice: sljeparice (Typhlopidae), boe (Boidae), guževi (Colubridae) i ljutice (Viperidae)(Kreiner 2007). U Hrvatskoj živi 15 vrsta iz porodica guževa i ljutica. Ljutice u Hrvatskoj zastupljene su s 3 vrste: poskok (*Vipera ammodytes*)(Linnaeus, 1758), riđovka (*Vipera berus*)(Linnaeus, 1758) i planinski žutokrug (*Vipera ursinii*) (Bonaparte, 1835) (Jelić i sur. 2012).

Ljutice su porodica zmija otrovnica koje posjeduju prednji par otrovnih zubi koji su privinuti uz gornju čeljust kad ih zmija ne koristi, a izvlače se kad zmija otvara usnu šupljinu najčešće tijekom napada (Vitt i Caldwell 2014). Karakterizira ih trokutasta glava kojoj takav oblik daju žlijezde koje se nalaze postrance na stražnjem dijelu glave. Naseljavaju gotovo sva područja osim Australije, Madagaskara i Antarktike. Dijele se na potporodice Azemiopinae, Causinae, Crotalinae i Viperinae koje sačinjavaju ukupno 342 vrste (Mattison 2007, Uetz, Hošek). Većina je vrsta ovoviviparna dok samo neke vrste polažu jaja.



Slika 1. Geografska distribucija porodice Viperidae (Vitt i Caldwell 2014)

1.3. Reproduktivne značajke ljutica

Ono što čini zmije jednim od zanimljivijih predmeta istraživanja je njihov reproduktivni život. Ovisno o uvjetima u kojima žive mogu biti oviparne, ovoviviparne ili viviparne (Mattison 2007). Spolno sazrijevanje odvija se otprilike kad zmija dostigne pola svoje maksimalne veličine, a rast do tog stadija odvija se prilično brzo kako bi se osigurao maksimalni reproduktivni učinak. Zmije rastu cijeli život, međutim stopa rasta smanjuje se sa starosti. Zbog takvog rasta dolazi i do povećanja tjelesne mase, a posljedica toga ulaganje je više resursa u razvoj legla. Ovisno o uvjetima u okolini ženka može „žrtvovati" veličinu legla za brojnost jedinki ili obrnuto (Mattison 2007, Weatherhead i sur. 1999).

Parenje zmija umjerenih područja u koje spadaju i europske ljutice, počinje nakon hibernacije (Mattison 2007). Mužjak nalazi ženku slijedeći trag mirisa. Kod nekih vrsta ljutica dolazi do borbe mužjaka odnosno „borbenog plesa", rituala koji uključuje ispreplitanje mužjaka i izdizanje prednjeg dijela tijela. Nedovoljno podizanje mužjaka ili prebrza iscrpljenost rezultira povlačenjem tog mužjaka. Mužjak koji nadvlada suparnika ima veće izglede parenja sa ženkom (Kreiner 2007, Speybroeck 2016).

Udvaranje se odvija na način da mužjak palucanjem jezika prolazi cijelim tijelom ženke. Drhtanjem repa ženka označava da je spremna za parenje. Nakon uspješnog rituala udvaranja mužjak i ženka isprepliću se i to tako da im se kloake dodiruju. Taj način omogućava mužjaku da ubaci jedan dio hemipenisa u ženku. Cjelokupni proces kopulacije može trajati par dana nakon čega se mužjak i ženka razilaze (Kreiner 2007).

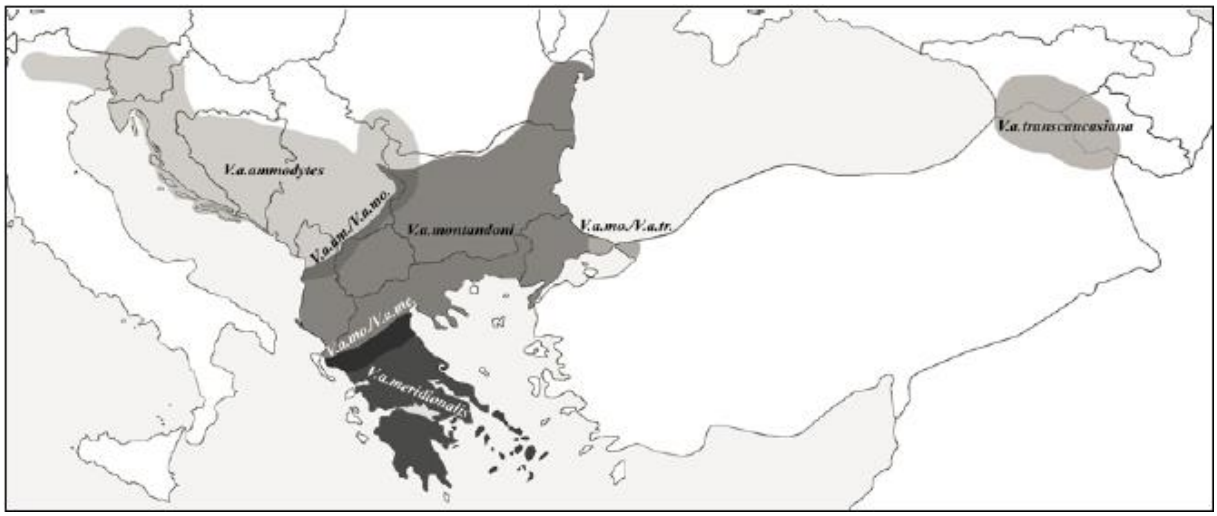
Većina je europskih vrsta iz potporodice Viperinae ovoviviparna (Arnold & Ovenden 2002, Kreiner 2007, Speybroeck 2016). Iznimku čini jedino vrsta *Macrovipera schweizeri* (F.Werner, 1935) koja polaže jaja (Kreiner 2007). Embrionalni se razvoj odvija unutar jaja koja se nalaze u jajovodu ženke. Rađaju se potpuno razvijeni mladunci koji su prethodno izašli iz jaja. Ovakva reproduktivna strategija zastupljena je kod vrsta u hladnijim područjima. Prednost ovakvog razmnožavanja optimalna je temperatura potrebna za inkubaciju jaja u ženki i zaštita jaja od predatora što povećava šanse za preživljavanje mladunaca (Mattison 2007). Još jedna karakteristika ljutica koje žive u sjevernim hladnijim područjima dvogodišnji je ili trogodišnji reproduktivni ciklus (Aldridge 1979, Biella 1983, Kreiner 2007, Mattison 2007). Ljeta u takvim područjima kraća su što znači da ženke nakon okota ne stignu nakupiti dovoljne količine masti koje bi mogle uložiti u produkciju jaja odnosno leglo.

1.4. Spolni dimorfizam

Seksualna selekcija nedvojbeno je jedna od glavnih pokretačkih sila koja uzrokuje spolni dimorfizam (Darwin 1871). Prisutnost spolnog dimorfizma u duljini repa, veličini tijela i obliku glave prisutna je kod mnogih vrsta zmija (King 1989, 1999, Shine 1991, 1994, 1999). Shine (1989) navodi da bi se u obzir trebala uzeti ekološka divergenca odnosno interspecifična različitost ekoloških niša koje bi uzrokovale disproporcionalnost određenih tjelesnih struktura između spolova (duljina čeljusti). Važno je i napomenuti da ekološki parametri mogu povećati ili smanjiti stupanj spolnog dimorfizma nastao djelovanjem seksualne selekcije (Shine 1989).

1.5. Biologija poskoka

Poskok, *V. ammodytes* (Linnaeus, 1758) je palearktička vrsta otrovnice iz potporodice Viperinae čija distribucija obuhvaća središnji dio sjeverne Italije, južnu Austriju, Balkan, južnu Rumunjsku prema sjevernoistočnoj Turskoj i Transkavkazu (Arnold & Ovenden 2002, Böhme 2006). Prema Tomović (2006) postoje 4 podvrste: *V. ammodytes ammodytes* (Linnaeus 1758), *V. a. montadoni* (Boulenger 1904), *V. a. meridionalis* (Boulenger 1904), *V. a. transcaucasiana* (Boulenger 1914). Novija istraživanja pokazala su veliku genetičku varijabilnost na Balkanu gdje je identificirano sedam kladova koji nisu sukladni taksonomskoj podjeli koja se bazira na morfološkim karakteristikama (Ursenbacher i sur. 2008, Speybroeck 2016).



Slika 2. Geografska distribucija poskoka. Na slici su označene podvrste (Tomović 2006)

Poskok je treća po veličini zmija otrovnica u Europi (Kreiner 2007). Prosječna dužina poskoka je od 60 – 80 cm u nekim slučajevima i 90 – 100 cm (Biella 1983, Böhme 2006, Kreiner 2007). Prepoznatljiva karakteristika poskoka je roščić koji se nalazi na prednjem dijelu glave. Što se tiče merističkih karakteristika posjeduju 21, a rijetko 19 ili 23 reda dorzalnih ljuski, 128 – 169 ventralnih ljuski i 29 – 44 para subkaudalnih ljusaka kod mužjaka odnosno 22 – 35 para kod ženki (Tomović 2002, Böhme 2006, Kreiner 2007). Obojenje poskoka uglavnom ovisi o boji supstrata gdje vrsta obitava (osobno opažanje). Mužjaci su kontrastnije obojeni i mogu biti sive, pepeljasto-sive do smećkaste boje dok su ženke svijetlosmeđe, narančaste, crvenkaste iako se u južnom Tirolu i Veneciji mogu naći i svijetlosivi primjerci (Arnold & Ovenden 2002, Böhme 2006, Kreiner 2007). Dorzalno obojenje karakterizira klasičan cik-cak uzorak koji je taman ili tamno obrubljen. Obojenje repa također može varirati. S donje strane može biti crvenkast, zelenkast, narančast ili žut kod oba spola i uglavnom se razlikuje između podvrsta. Spolni dimorfizam prisutan je, a najviše se, osim po obojenju, očituje u razlici između repova. Ženke imaju kraći rep s vidljivim prijelazom između tijela i repa dok mužjaci nemaju prijelaz jer im je lijevi i desni hemipenis smješten kod baze repa (Kreiner 2007; vidi Shine 1999).

Nastanjuje otvorena i poluotvorena suha područja s elementima krša, a u sjevernim dijelovima areala više preferira padine koje su izložene suncu. Preferira kamenite padine, kamenjare, suhozide, vinograde te granična područja između livada i šuma ili šikara. Pojavljuje se i do 2500 m nadmorske visine (Arnold & Ovenden 2002, Kreiner 2007, Speybroeck 2016).

Hrani se uglavnom gušterima, pticama i malim sisavcima.



Slika 3. Odrasli mužjak poskoka (Foto: Vitomir Šoltić)

Hibernacija može potrajati i do 6 mjeseci ovisno o klimatskim uvjetima regije. Obično izlazi iz hibernacije od kraja ožujka do sredine travnja iako u najjužnijim dijelovima areala hibernacija može biti i odsutna (Kreiner 2007). Mužjaci izlaze prije i nakon prvog presvlačenja kreću u potragu za ženkom. Ponekad dolazi do sukoba mužjaka koji vrlo često završava bez ozljeda. Sezona parenja odvija se između sredine travnja do sredine svibnja iako u južnim mediteranskim regijama do toga može doći i prije (Kreiner 2007). Ovisno o vremenskim uvjetima ženka je gravidna između 100 – 120 dana. Veličina legla obično ovisi o starosti i fizičkom stanju ženke stoga leglo može doseći i 20 jedinki iako su takvi slučajevi rjeđi (Biella 1983, Kreiner 2007). Prosječan je broj jedinki u leglu je prema raznim izvorima literature različit; 5 – 10 (Kreiner 2007), 8 – 12 (Biella 1983, Tomović i sur. 2015), 4 – 15 (Arnold i Ovenden 2002). Prosječna veličina juvenilnih jedinki također u literaturi varira: 14 – 26 cm (Biella 1983), 15 – 23 cm (Arnold i Ovenden 2002), 22 cm (Böhme 2006). Spolnu zrelost dostiže nakon 4 – 5 godina života (Biella 1983, Kreiner 2007). Prema tipu spermatogeneze poskok zajedno s riđovkom spada u *berus* tip gdje mužjaci produciraju spermu u jesen za razliku od ljutica *aspis* tipa koje imaju kontinuiranu spermatogenezu (Kreiner 2007).



Slika 4. Juvenilne jedinke poskoka u Rinkovcu (Foto: Vitomir Šoltić)

Poskok je otrovnica koja spada u fanerotoksičnu skupinu organizama. Otrov, koji sadržava citotoksične i neurotoksične komponente, čini jedan od najjačih kod europskih ljutica (Arnold & Ovenden 2002, Kreiner 2007). Ugriz u 90% slučajeva izaziva otekline, a povećanom riziku izložena su djeca i starije osobe (Kreiner 2007, Speybroeck 2016).

Po globalnoj, europskoj i mediteranskoj kategorizaciji, kao i Hrvatskoj, poskok ima "najmanje zabrinjavajući" status ugroženosti (LC) na IUCN crvenim listama. Nalazi se i na Dodatku IV Direktive o staništima te Dodatku II Bernske konvencije (Jelić i sur.2012). Prema novom Pravilniku o strogo zaštićenim vrstama (Anonimus 2013), strogo je zaštićena svojta u Hrvatskoj.

1.6. Dosadašnja istraživanja

O reprodukciji poskoka generalno se malo zna. Razlog je tome premalo podataka ili premali uzorak za vjerodostojnu obradu podataka. Napravljen je pregled literature i istraživanja s ciljem boljeg uvida na zadanu temu. Postoje podaci o veličini legla i veličini mladunaca u zatočeništvu (Biella 1983). Sistematikom, taksonomijom i filogenijom bave se Tomović i Đukić (2003), Tomović (2006). Jelić (2013) i Ursenbacher i sur. (2008) istražuju distribuciju. Obrascima aktivnosti poskoka bavi se Crnobrnja-Isailović i sur. (2007). Prisutnost spolnog dimorfizma i razlike između morfometrijskih parametara istražuje Tomović (2002). Halassy i sur. (2008, 2011), Kurtović i sur. (2011, 2012) istražuju otrov i njegove komponente.

Za ovu vrstu još nije napravljeno ovako opširno istraživanje na temu reprodukcije.

1.7. Ciljevi istraživanja

Odrađen je preliminarni teren na području Belca, Lobora, Rinkovca i Marčana te su sljedeći ciljevi postavljeni za bolji uvid u reproduktivne karakteristike poskoka:

- Utvrditi veličinu legla, morfometrijske i merističke parametre ženki i juvenilnih jedinki te ih usporediti s podacima u postojećoj literaturi.

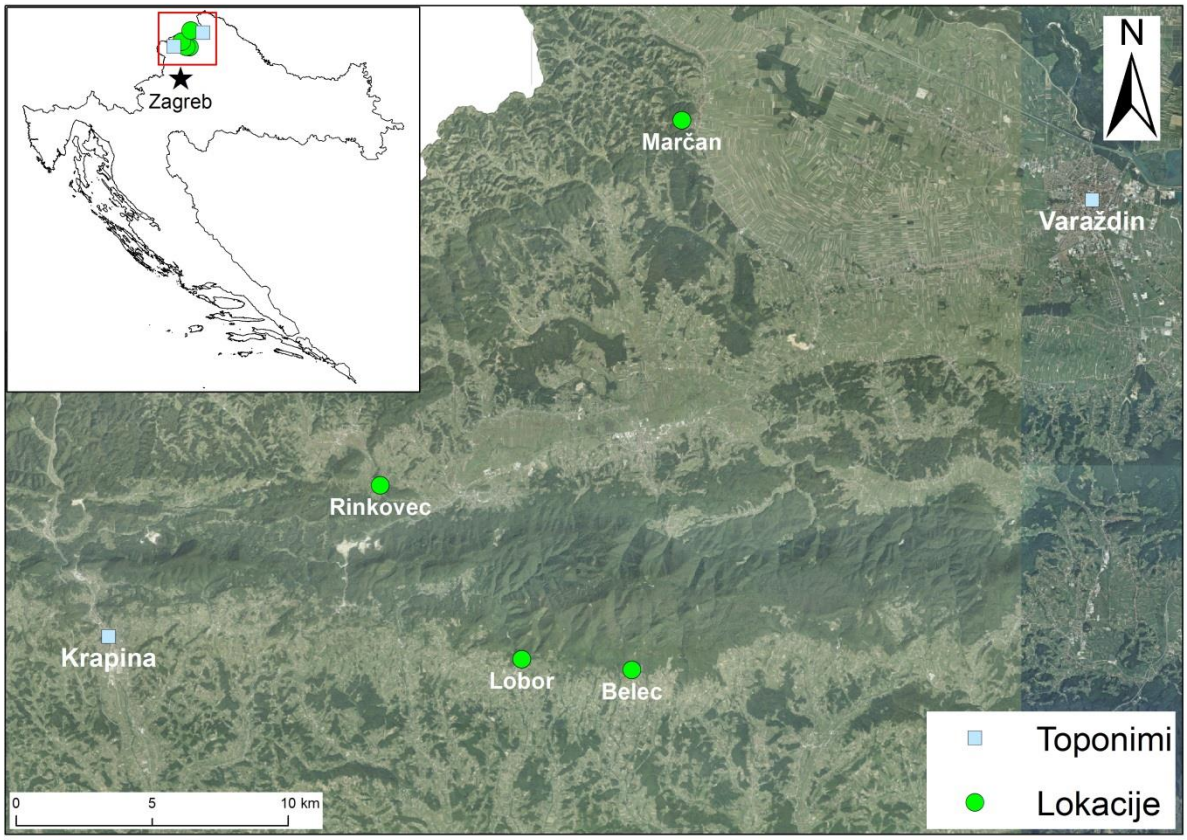
- Utvrditi prisutnost spolnog dimorfizma između juvenilnih jedinki i morfometrijskih/merističkih parametara koji doprinose tome i usporediti s postojećim podacima za odrasle jedinke.

- Odrediti reproduktivnu strategiju koju ženka koristi kroz testiranje korelacija između mase i veličine ženke s veličinom legla i juvenilnih jedinki te izračunom relativne mase legla (RCM).

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Terenski dio istraživanja proveden je u Hrvatskom zagorju na 4 lokacije: Belec, Lobor, Marčan i Rinkovec. Svi lokaliteti imaju slični floristički sastav i klimu sa slabije ili jače vidljivim elementima krša.



Slika 5. Lokacije na kojima je provedeno istraživanje

Belec

Belec je mjesto u Krapinsko-zagorskoj županiji smješteno 2 kilometra južno od Ivanščice i 20 km zapadno od Novog Marofa na oko 300 – 400 m nadmorske visine. Područje se sastoji od otvorenih travnjaka, šikara i šumske vegetacije u različitom stupnju sukcesije sa slabije vidljivim elementima krša.

U floističkom sastavu šikara prevladava *Rubus sp.* – kupina, *Rosa sp.* – ruža, *Cornus sanguinea* – svibovina dok u šumskoj vegetaciji prevladava *Quercus sp.* – hrast.



Slika 6. Stanište poskoka u Belcu (Foto:Vitomir Šoltić)

Lobor

Mjesto smješteno podno Ivanščice (1061 n.m.v.) na oko 250 – 350 m nadmorske visine. Područje istraživanja karakteriziraju poluotovoreni travnjaci sa šumskom vegetacijom i vidljivim elementima krša.

U šikarama prevladavaju vrste roda *Rubus sp.* – kupina, *Rosa sp.* – ruža dok su značajni predstavnici za šumsku vegetaciju *Quercus sp.* – hrast i *Acer campestris* – klen. Na nekim prijelaznim dijelovima između livade i šume prisutna je *Corylus avellana* – lijeska.



Slika 7. Područje istraživanja u Loboru (Foto:Vitomir Šoltić)

Marčan

Marčan je mjesto smješteno oko 10 km zapadno od Varaždina na oko 200 – 250 m nadmorske visine. Područje istraživanja manji je kamenolom odnosno padina sa zapadnom ekpozicijom.

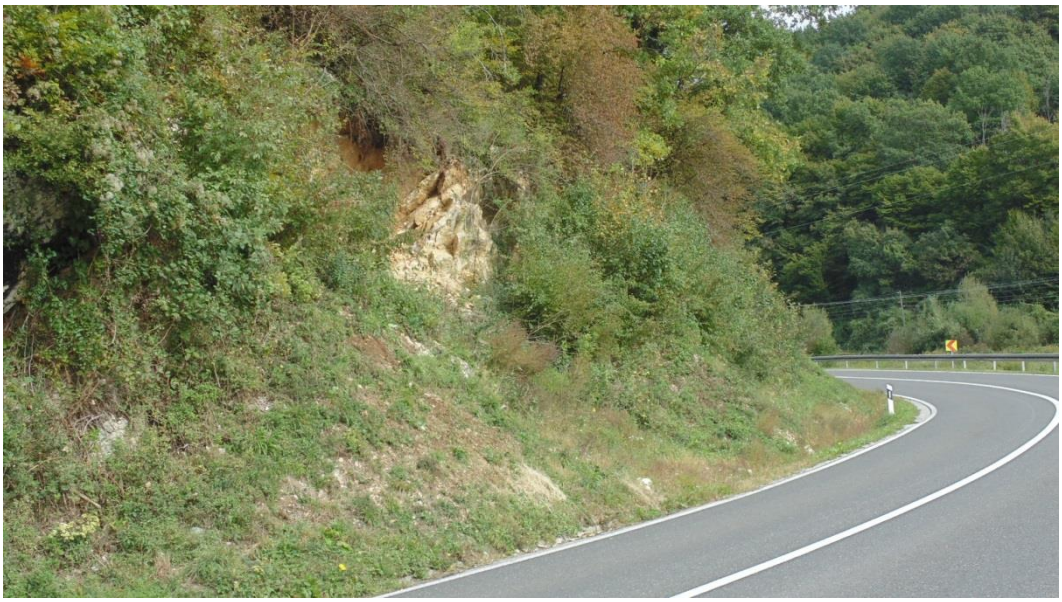
Floristički sastav čini uglavnom grmlje i šumska vegetacija. Od grmolike vegetacije značajni su *Corylus avellana* – lijeska, *Rubus sp*. – kupina, dok u šumskoj vegetaciji prevladava *Quercus sp*. – hrast, *Robinia pseudoacacia* – obični bagrem, *Salix sp*. – topola, *Prunus sp.*



Slika 8. Kamenolom u Marčanu (Foto: Vitomir Šoltić)

Rinkovec

Rinkovec je naselje smješteno oko 3 km zapadno od Lepoglave na oko 250 m nadmorske visine. Područje istraživanja padina je s južnom ekpozicijom koja se nalazi pokraj ceste. Padina je većinom stjenovita ponad koje se nalazi šumska vegetacija s niskom grmolikom vegetacijom. Tu se nalazi vrste roda *Quercus sp*., *Rubus sp*., *Cornus sanguinea* i *Rosa sp*.



Slika 9. Područje istraživanja nedaleko od Rinkovca (Foto: Vitomir Šoltić)

2.2. Terenska istraživanja

Napravljen je preliminarni teren u kolovozu 2014. godine kako bi se odredile lokacije za prikupljanje gravidnih ženki. Lokacije na kojima je ulovljena bar jedna gravidna ženka, uzete su kao lokacije za provođenje terenskog dijela istraživanja. Terenski dio istraživanja proveden je u kolovozu i rujnu 2015. godine. Gravidne ženke prikupljene su nasumičnim pretraživanjem lokacija pomoću zaštitnih rukavica. Odmah nakon ulova, zmijama je izmjerena masa s digitalnom vagom marke Vivax BK-100 preciznosti 1 g nakon čega su označene sa oznakom lokacije i pripadnim brojem ovisno o redoslijedu ulova te stavljene u pamučne vreće.

Nakon terenskog dijela gravidne ženke prevezene su u Zoološki vrt grada Zagreba gdje su stavljene pojedinačno u prethodno pripremljene terarije i držane do okota. Ženke su hranjene *ad libitum* s uzgojnim miševima. Masa im je mjerena svaki drugi dan kako bi se odredila što preciznija masa netom prije okota. Nakon okota ženke i juvenilne jedinke vraćene su na mjesto prikupljanja u najkraćem mogućem roku.

2.3. Laboratorijska istraživanja

Neposredno nakon okota ženkama je digitalnom vagom ponovno izmjerena masa dok se masa juvenilnih jedinki mjerila džepnom vagom model TP-100B s preciznošću od 0,01 g. Uz masu, ženkama i juvenilnim jedinkama određeno je 13 morfometrijskih i tri meristička parametra. Mjerenja na ženkama napravljena su nakon okota kako ih se ne bi uznemiravalo prije poroda.



Slika 10. Dvije gravidne ženke pronađene u limenci na lokaciji Rinkovec (Foto: Vitomir Šoltić)

Spol većine juvenilnih jedinki određen je na temelju boje, kontrasta, zadebljanja repa i broju podrepnih ljusaka (Tomović i sur. 2002). Ostalim jedinkama spol je određen sondiranjem. Sondiranje se vrši na način da se „sonda“ koja ima oblik igle, provuče ispod kloakalne ljuske prema smjeru repa. Ako je jedinka mužjak tada će sonda ući u šupljinu u kojoj je smješten jedan od hemipenisa i lagano će se odbijati prema van. U protivnom ako je jedinka ženskog spola tada će sonda ući veoma plitko ispod ljuske i „udariti“ u mišićni zid smješten u bazi repa.



Slika 11. Ženka poskoka s novookoćenim juvenilnim jedinkama (Foto: Vitomir Šoltić)

Morphometric characters:

1. Total length (LTOT) _____ cm
2. Snout-vent length (SVL) _____ cm
3. Tail length (TL) _____ cm
4. Tail width (TW) _____ mm
5. Body width (BW) _____ mm
6. Body height (BH) _____ mm
7. Head length (HL) _____ mm
8. Head width (HW) _____ mm
9. Head height (HH) _____ mm
10. Mouth length (ML) _____ mm
11. Mouth width (MW) _____ mm
12. Internasal distance (IN) _____ mm
13. Intersupraocular distance (ISO) _____ mm

Meristic characters:

14. Dorsalia (D) _____
15. Ventralia (V) _____
16. Subcaudalia (SC) _____
17. Apical 1 2 ____

Other characteristics:

Weight _____ g

Sex _____ **Reproductive condition** _____

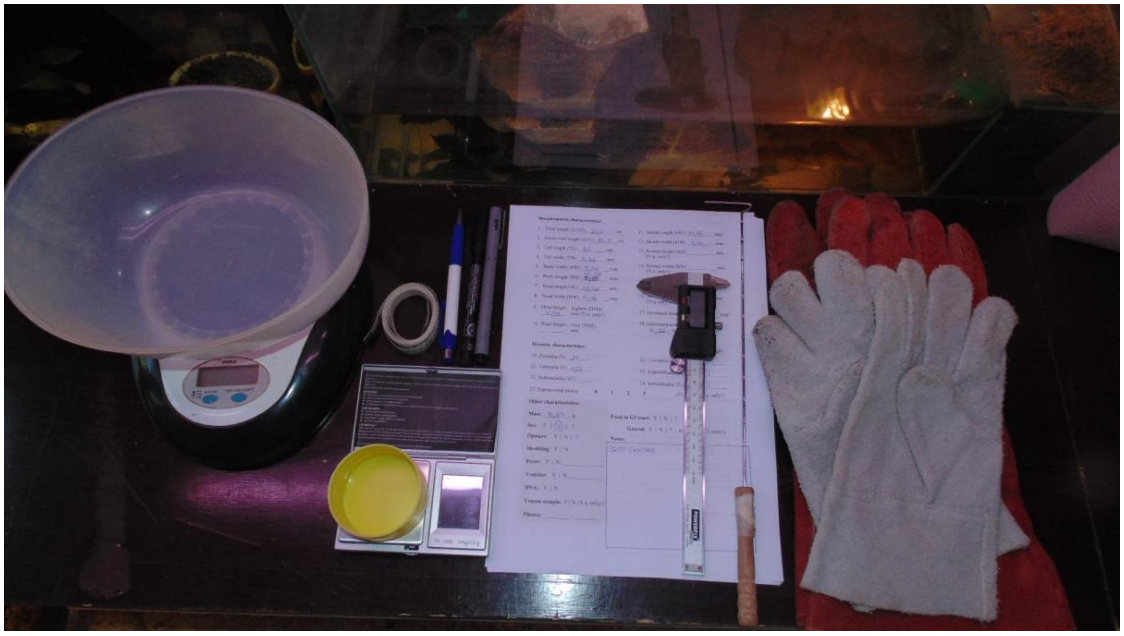
Slika 12. Obrazac za unos 13 morfometrijskih mjera, merističkih mjera i ostalih podataka

Za mjerenje ukupne duljine tijela (LTOT) i duljine tijela do kloake (SVL) koristio se krojački metar. Duljina repa (TL) izračunala se oduzimanjem SVL od LTOT.

Ostali morfometrijski parametri izmjereni su digitalnom pomičnom mjerkom s preciznošću od 0,01 mm (Powerfix profi +). Mjereni su širina repa (TW), širina tijela (BW), visina tijela (BH), duljina glave (HL), širina glave (HW), visina glave na najvišoj točki kod žlijezda (HH), duljina usta (ML), širina usta (MW), udaljenost između očiju (ISO) i udaljenost između nazalnih otvora (IN).

Meristički parametri određeni su brojanjem ljusaka pomoću oznaka markerom. Ventralne ljuske (V) brojale su se od kloake prema glavi gdje je svaka 10. ljuska označena radi lakšeg

brojanja. Također je i zabilježena prisutnost sraštenih ljusaka ili poluljusaka (Slika 14). Kloakalna ljuska uzima se kao nulta te se ne ubraja. Broj redova dorzalnih ljusaka (D) određen je poprečnim brojanjem ljusaka s dorzalne strane u „V“ obliku. Zbog velikog broja uzorka i nedovoljno vremena fotografirana je ventralna strana repa te je kasnije određen broj parova podrepnih ljusaka (SC).



Slika 13. Potrebna oprema za mjerenje i terenski dio istraživanja (Foto: Vitomir Šoltić)

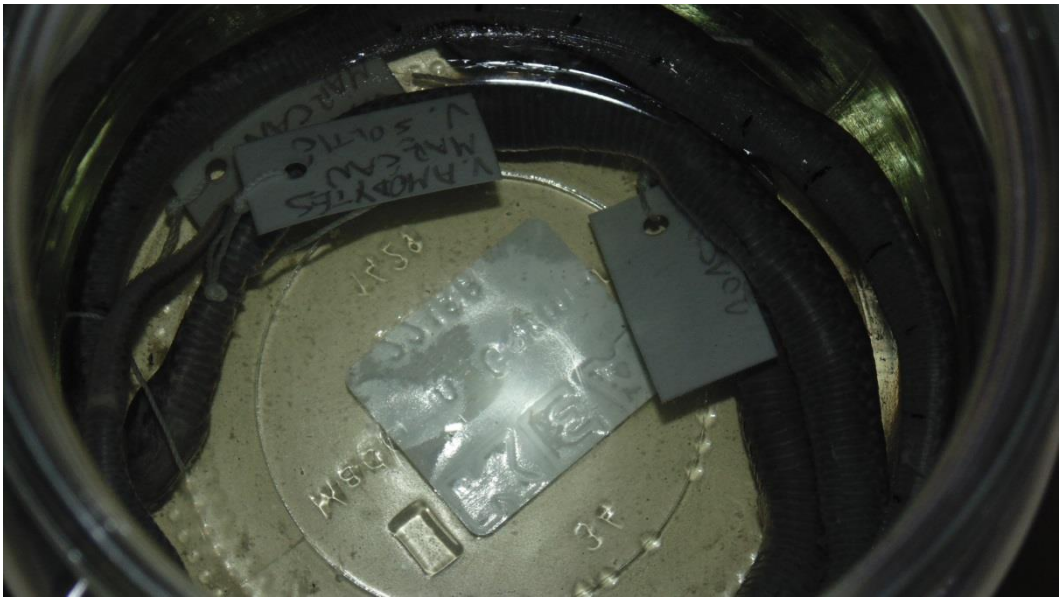


Slika 14. Brojanje ventralnih ljusaka (lijevo). Svaka deseta ljuska označena je markerom. Mjerenje glave digitalnom pomičnom mjerkom (desno)(Foto: Vitomir Šoltić)

Mrtvorođenim jedinkama također su izmjereni svi parametri ako jedinka nije bila previše deformirana. Nakon mjerenja jedinke su označene prema mjestu ulova ženke s datumom i nalaznikom te stavljene u formalin za buduća istraživanja (Slika 16).



Slika 15. Mrtvorođena jedinka ženke iz Belca (Foto: Vitomir Šoltić)



Slika 16. Nakon mjerenja mrtvorođene jedinke označene su i stavljene u formalin (Foto: Vitomir Šoltić)

2.4. Obrada podataka

Za sve morfometrijske i merističke parametre (LTOT, SVL, TL, TW, BW, BH, HH, HW, HL, ML, MW, ISO, IN, V, D, SC) napravljena je deskriptivna statistika u Microsoft Office Excel programu. Izračunata je srednja vrijednost (MEAN), minimalna vrijednost (MIN), maksimalna vrijednost (MAX), standardna devijacija (SD) i standardna greška (SD).

Provjerena je normalnost distribucije podataka. Napravljen je studentski t-test između mase i morfometrijskih parametara dok je za testiranje merističkih parametara korišten chi-square test kod juvenilnih jedinki na temelju spola.

Kako bi se odredile spolne razlike određenih parametara neovisno o SVL, napravljena je jednofaktorska analiza kovarijance (ANCOVA) gdje je spol uzet kao faktor, SVL kao kovarijan s ostalim morfometrijskim parametrima kao zavisnim varijablama. Isto je napravljeno za determinaciju razlika veličine i oblika glave gdje se spol koristio kao faktor, duljina glave (HL) kao kovarijan, a širina glave (HW) kao zavisna varijabla.

PCA (Principal Component Analysis) napravljena je na logaritmiranim podacima kako bi se smanjio utjecaj veličine na varijabilnost uzorka (Manly 1986). Ova analiza koristi se za određivanje parametara koji najviše pridonose varijabilnosti u uzorku te da se odrede razlike u veličini i obliku komponenata između spolova.

Diskriminativnom analizom obrađeni su svi parametri kako bi se odredilo u kojoj mjeri parametri razdvajaju spolove i koji parametri djeluju kao glavni diskriminatori u razdvajanju. (Manly 1986, Tomović i sur. 2002).

Kako bi se odredilo postoji li korelacija mase i SVL ženki s masom i brojem mladunaca koristio se linearni regresijski model.

Za statističku obradu podataka koristio se Past ver 3.0, a tablice i grafovi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2010.

Program ESRI ArcGIS ver. 10.2 korišten je za izradu karte istraživanih područja.

Kako bi se izračunala uložena i izgubljena energija izračunat je RCM (Vitt & Congdon 1978, Shine 1980, 1988, 1992). RCM (relativna masa legla) računa se kao omjer ukupne mase legla i mase ženke nakon okota. Povezuje se još i sa reproduktivnim tipom i klimom na određenom području, a ujedno je pokazatelj energetskog ulaganja u potomstvo (Crnobrnja-Isailović, Aleksić 2004).

3. REZULTATI

Ulovljeno je ukupno 16 gravidnih ženki u periodu od šest dana, pet u Loboru, po četiri u Belcu i Marčanu te tri u Rinkovcu. Ženke su u periodu od 28 dana okotile 113 juvenilnih jedinki od kojih je pet mrtvorođenih koji su također uključeni u analizu.

3.1. Deskriptivna statistika za ženke

Prosječne vrijednosti s minimalnim i maksimalnim rasponom 13 morfometrijskih i 3 meristička parametra za gravidne ženke prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Prosječne vrijednosti morfometrijskih i merističkih parametara gravidnih ženki (n=16) *V. ammodytes* s ukupnim rasponom

Parametri	Gravidne ženke	
	$\chi \pm$ S.D.	min – max
LTOT	628,0 ± 4,4	558,0 – 711,0
SVL	566,0 ± 4,31	503,0 – 645,0
TL	61,0 ± 0,5	53,0 – 72,0
TW	10,1 ± 1,09	8,8 – 13,1
BW	20,9 ± 1,99	17,5 – 24,8
BH	24,7 ± 2,56	19,1 – 28,2
HL	28,6 ± 2,69	23,1 – 32,9
HW	21,1 ± 1,81	17,4 – 24,1
HH	10,4 ± 0,98	8,5 – 11,9
ML	22,6 ± 1,79	19,1 – 26,1
MW	19,0 ± 2,09	16,0 – 23,7
IN	6,2 ± 0,46	5,3 – 7,3
ISO	10,9 ± 1,57	5,5 – 12,5
D	21,0 ± 0,36	20,0 – 22,0
V	153,2 ± 2,04	149,0 – 157,0
SC	29,7 ± 1,84	25,0 – 33,0

3.2. Spolni dimorfizam i omjer spolova mladunaca

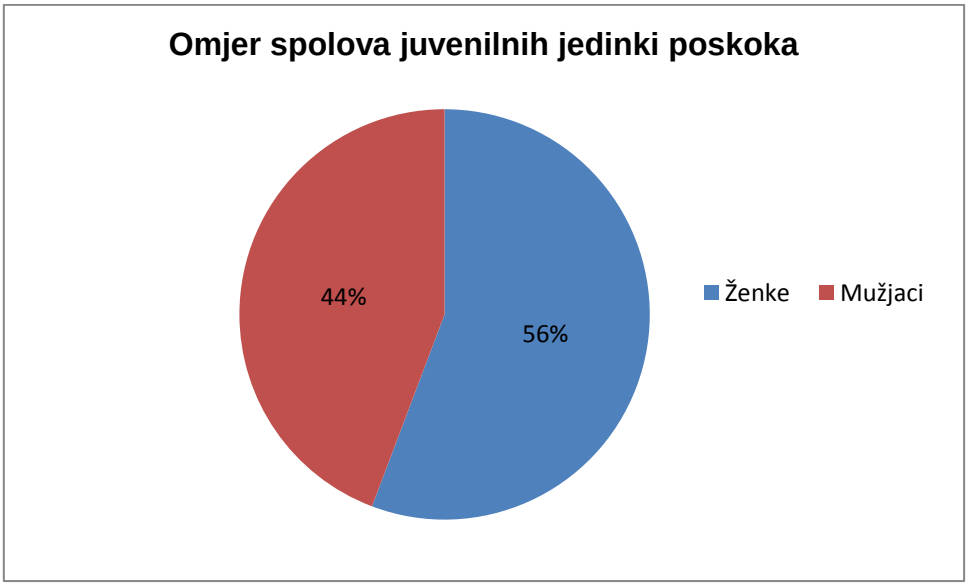
Spolni dimorfizam opažen je kod juvenilnih jedinki. T-test pokazao je da se očituje u razlici duljine tijela do kloake (SVL, $p<0,001$) i mase ($p<0,001$), dok su rezultati chi² testa pokazali statistički značajnu razliku između merističkih parametara koja se očituje u broju ventralnih ljusaka (V, $p<0,001$) i broju podrepnih ljusaka (SC, $p<0,001$)(Tablica 3). Svi parametri kod kojih je očitana razlika između spolova imali su više srednje vrijednosti kod mužjaka.

Prosječne vrijednosti s ukupnim rasponom za juvenilne jedinke prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Deskriptivna statistika za 13 morfometrijskih parametara i mase oba spola juvenilnih jedinki *V. ammodytes*

Parametri	Mužjaci			Ženke			t-test
	N	χ ± S.D.	min – max	N	χ ± S.D.	min – max	
LTOT	50	239 ± 1,29	210,0 – 267,0	63	226,6 ± 1,29	170,0 – 259,0	p<0,001
SVL	50	208 ± 1,13	185,0 – 235,0	63	200,6 ± 1,15	151,0 – 226,0	p<0,001
TL	50	30,7+0,24	24,0 – 36,0	63	26,1 ± 0,25	19,0 – 33,0	p<0,001
TW	49	3,8 ± 0,36	2,6 – 4,6	63	3,8 ± 0,34	3,1 – 5,1	p=0,523
BW	49	9,0 ± 0,98	6,8 – 11,1	63	8,6 ± 0,8	6,3 – 10,9	p=0,0557
BH	49	9,8 ± 1,30	7,8 – 13,0	63	9,5 ± 1,01	6,2 – 12,3	p=0,152
HL	49	14,5 ± 1,02	11,9 – 16,7	63	14,3 ± 0,88	11,0 – 15,6	p<0,001
HW	49	10,5 ± 0,69	9,2 – 12,4	63	10,3 ± 0,72	8,9 – 12,2	p=0,11
HHH	46	5,5 ± 0,42	4,1 – 6,5	53	5,4 ± 0,32	4,7 – 6,4	p=0,1
ML	49	11,9 ± 0,85	9,8 – 14,4	63	11,8 ± 0,69	9,8 – 13,2	p=0,411
MW	49	9,2 ± 0,79	7,8 – 12,0	63	9,0 ± 0,74	7,2 – 10,3	p=0,2
IN	49	3,6 ± 0,34	2,9 – 4,4	63	3,5 ± 0,26	3,0 – 4,1	p=0,288
ISO	49	6,6 ± 0,28	5,9 – 7,3	63	6,5 ± 0,23	6,0 – 7,0	p<0,001
Masa	49	10,2 ± 1,55	5,2 – 12,8	63	9,5 ± 1,41	5,4 – 12,9	p<0,001

Prema analizi određenih morfometrijskih i morfoloških obilježja te sondiranjem utvrđeno je 63 ženki i 50 mužjaka. Omjer mužjaka i ženki je 1 : 1,26 (slika 17). Od ukupno 16 legla, omjer spolova u njih 9 bio je u korist ženki dok je kod njih 6 omjer spolova bio u korist mužjaka. Samo jedno leglo imalo je jednak omjer spolova.



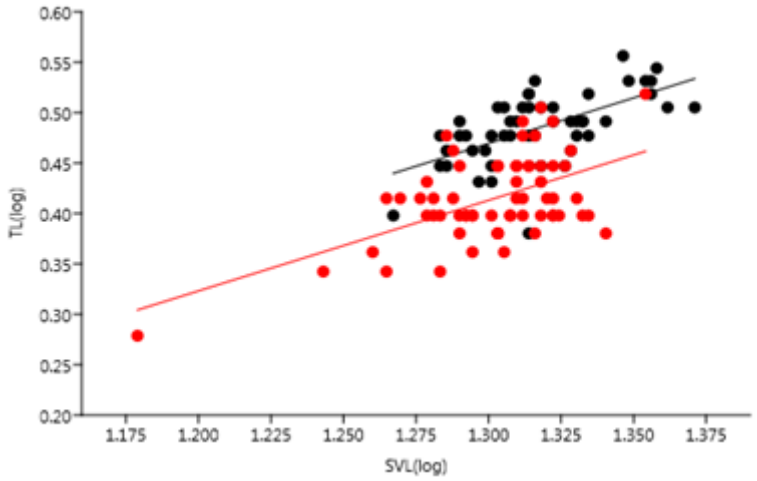
Slika 17. Graf prikazuje omjer između spolova 113 juvenilnih jedinki poskoka

Tablica 3. Prikaz prosječnih vrijednosti merističkih parametara oba spola juvenilnih jedinki *V. ammodytes*

Parametri	Mužjaci			Ženke			chi² test
	N	χ ± S.D.	min - max	N	χ ± S.D.	min - max	
D	49	21,1 ± 0,39	20,0 – 23,0	63	21,0 ± 0,3	20,0 – 23,0	p=0,45
V	49	154,5 ± 2,27	150,0 – 159,0	63	152,9 ± 3,7	143,0 – 161,0	p<0,001
SC	47	36,6 ± 1,55	29,0 – 40,0	61	31,3 ± 3,1	25,0 – 39,0	p<0,001

3.3. Analiza kovarijance (ANCOVA)

Jednofaktorska ANCOVA sa spolom kao faktorom, SVL kao kovarijanom pokazala je da juvenilne jedinke muškog spola imaju dulje repove (F = 76,29; p<0,001)(Slika 18). Testiranje HL kao kovarijana i HW kao zavisne varijable nije pokazalo razliku u veličini glave između juvenilnih mužjaka i ženki.

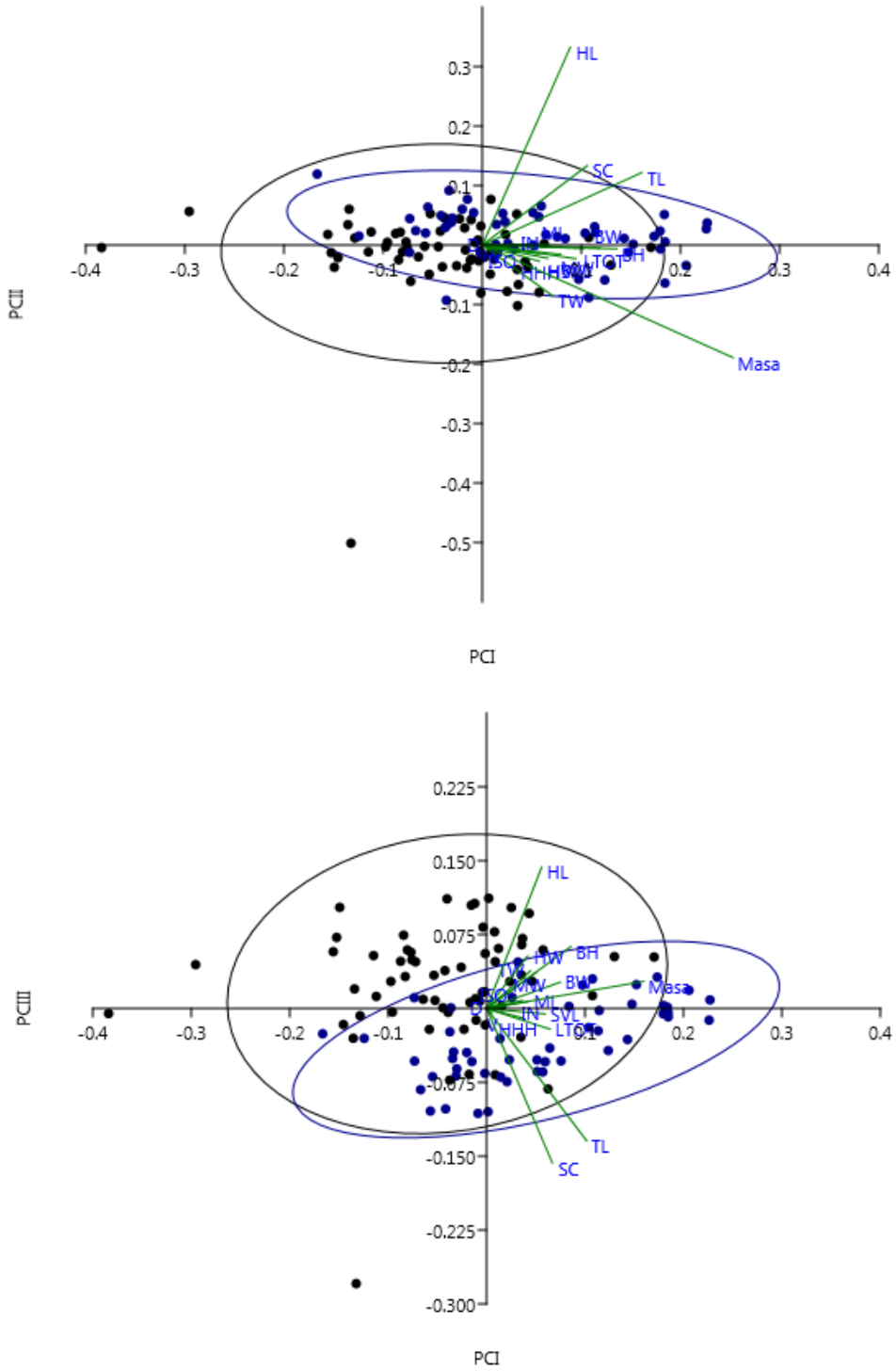


Slika 18. Mužjaci *V. ammodytes* (označeno crnim točkama) pokazuju veće vrijednosti za duljinu repa nego ženke (označeno crvenim točkama) (p<0,001)

3.4. Principal Component analiza (PCA)

PCA analizom analizirani su svi parametri juvenilnih jedinki od kojih najvećoj varijabilnosti doprinose masa, dužina repa (TL), dužina glave (HL) i broj podrepnih ljusaka (SC) (Slika 19 i 20).

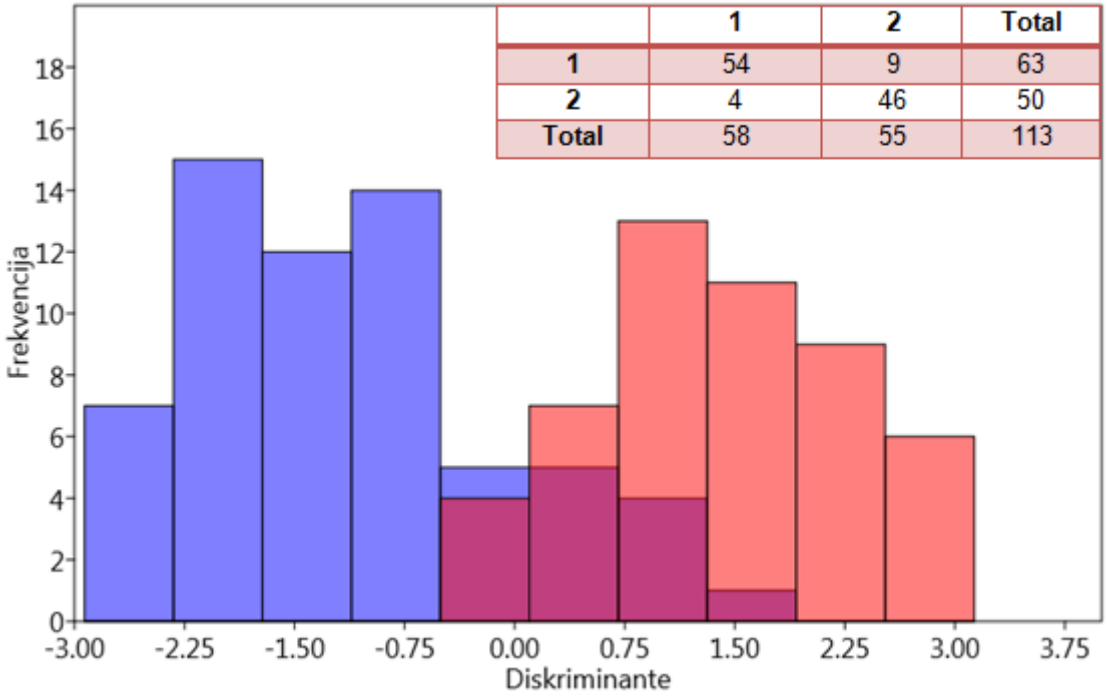
Svi parametri imali su pozitivnu vrijednost na prvoj generalnoj komponenti (PCI) što ukazuje da se te osi mogu uzeti kao generalna mjera za veličine. Faktori glavnih komponenti otkrili su da su za ukupno 64,58 % varijabilnosti odgovorne prve tri glavne komponente (PCI, PCII, PCIII).



Slika 19. Grafovi PCA juvenilnih jedinki *V. ammodytes* prikazuju odnos PCI i PCII komponenata (gore) i odnos PCI i PCIII komponenata (dolje). Parametri koji najviše razdvajaju mužjake (plave točke) od ženki (crne točke) su duljina glave (HL), duljina repa (TL), broj podrepnih ljusaka (SC) i masa

3.5. Diskriminativna analiza (LDA)

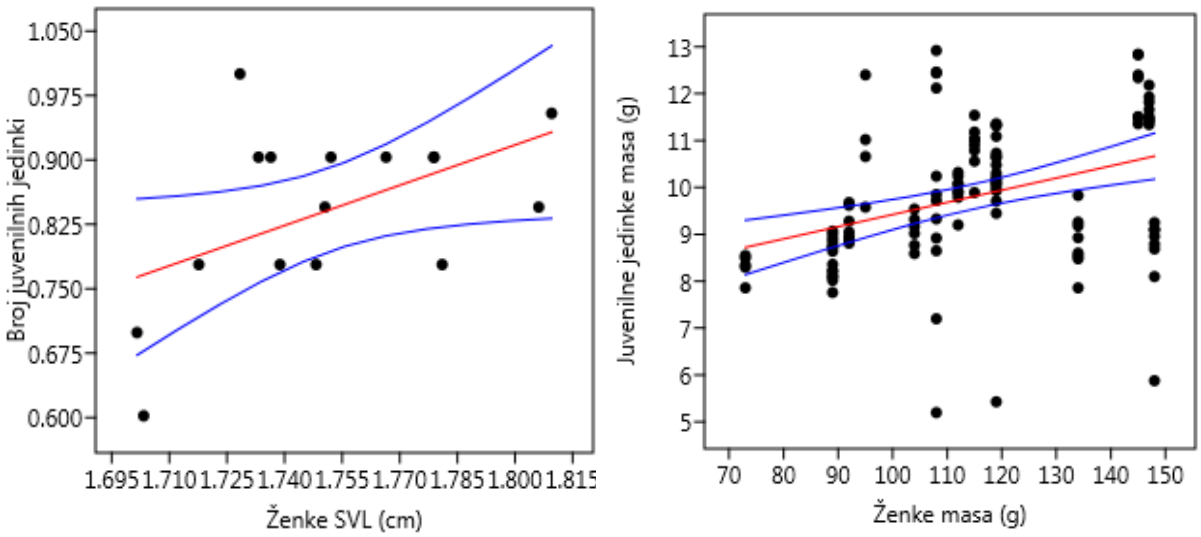
Diskriminativna analiza (LDA) pokazala je da su glavne diskriminante prema kojima je određeno razdvajanje spolova redom: broj podrepnih ljusaka (SC) koji od svih diskriminanti najviše odstupa, broj ventralnih ljusaka (V), ukupna duljina tijela (LTOT), duljina tijela do kloake (SVL) i duljina repa (TL). Uzimanjem u obzir svih parametara, rezultati su pokazali da je 88,5 % ukupnog uzorka pravilno klasificiran po spolovima. Prema LDA, korekcija brojnosti jedinki ovisno o spolu je 58 za ženke umjesto 63 i 55 za mužjake umjesto 50 čime se omjer spolova znatno približava 1:1 (Slika 20).



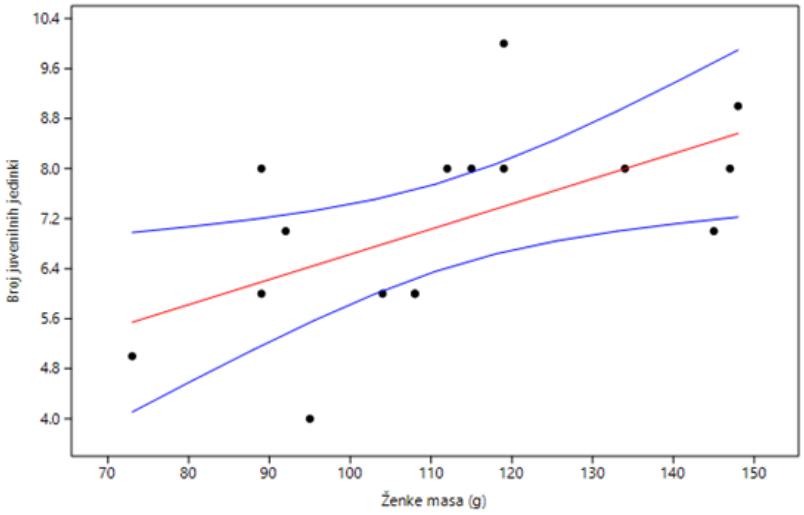
Slika 20. Histogram prikazuje odnos ženki (plavo) i mužjaka (roza) juvenilnih jedinki *V. ammodytes* koji su prema parametrima točno klasificirani (88,5 %). Mjesta preklapanja (ružičasto) koje LDA uzima kao netočno klasificirane (11,5 %) korektirana su u tablici i prikazuju drukčiji omjer mužjaka i ženki (58 ženki i 55 mužjaka)

3.6. Linearni model korelacije i regresijska analiza

Linearni model korelacije pokazao je da masa ženke korelira s masom jedinki ($r = 0,36$, $r^2 = 0,13$, $p<0,001$). Iako nije statistički značajno, koeficijent korelacije i p-vrijednost ukazuju tendenciju korelacije logaritmiranih podataka SVL ženke i broja juvenilnih jedinki ($r = 0,5$, $r^2 = 0,25$, $p=0,045$)(Slika 21). Masa ženke i broj juvenilnih jedinki također pokazuje tendenciju za pozitivnu korelaciju ($r = 0,58$, $r^2 = 0,342$, $p = 0,017$)(Slika 22).



Slika 21. Linearni model korelacije i regresijske analize odnosa duljine tijela do kloake ženke (SVL) i broja juvenilnih jedinki ($p<0,05$); odnos mase ženke i mase juvenilnih jedinki ($p<0,001$)



Slika 22. Linearni model korelacije i regresijske analize odnosa mase ženke i broja juvenilnih jedinki ($p<0,05$)

3.7. Gubitak mase, veličina legla i relativna masa legla (RCM)

Broj juvenilnih jedinki po leglu varirao je od 4 do 10 s prosječnim brojem od 7 mladunaca u leglu. Masa legla varirala je od 20,6 g do 97,33 g. Pet mrtvorođenih jedinki i neoplođeno jaje nisu uzeti u obzir kod izračuna RCM-a već su ubrojane u izračun viška izgubljene mase koji je u prosjeku iznosio 22,3 %. Izračun RCM-a pokazao je da su ženke u prosjeku uložile 59 % svoje mase u razvoj juvenilnih jedinki. Minimalni RCM iznosio je 21,7 % za ženku iz Marčana u čijem su leglu bile 2 mrtvorođene jedinke, dok je maksimalni RCM iznosio i 81,8 % uložene energije (Tablica 4) za ženku iz Rinkovca koja je imala 10 mladunaca. Najviši prosječni RCM imale su ženke iz Lobora s 68,8 % uložene energije.

Tablica 4. Prikaz vrijednosti mase ženki, legla i relativne mase legla (RCM) sa srednjim vrijednostima. Najniže i najviše vrijednosti RCM-a su podcrtane

Ženke	Masa prije okota/g	Masa poslije okota/g	Gubitak mase	Višak izgubljene mase/g	Višak izgubljene mase/%	Prosječna masa j. jedinki/g	Masa legla/g	RCM/%
LP12	219	134	85	23,5	17,5	8,84	61,5	45,9
LP15	127	73	54	12,44	17,0	8,31	41,56	56,9
LP16	232	119	113	15,67	13,2	9,73	97,33	81,8
M11	153	95	58	37,4	39,4	10,92	20,6	21,7
M13	165	89	76	23,31	26,2	8,78	52,69	59,2
M18	258	145	113	28,23	19,5	12,11	84,77	58,5
M20	177	108	69	12,29	11,4	9,45	56,71	52,5
LO7	183	104	79	24,59	23,6	9,07	54,41	52,3
LO8	176	89	87	20,93	23,5	8,26	66,07	74,2
LO9	181	92	89	24,73	26,9	9,18	64,27	69,9
LO3	230	115	115	28,08	24,4	10,87	86,92	75,6
LO4	235	119	116	30,35	25,5	10,71	85,65	72,0
B5	273	147	126	44,03	30,0	10,39	81,97	55,8
B6	213	112	101	21,5	19,2	11,66	79,5	71,0
B3	194	108	86	28,86	26,7	9,94	57,14	52,9
B15	235	148	87	19,13	12,9	8,48	67,87	45,9
s.v.	**203**	**112**	**91**	**24,69**	**22,31**	**9,79**	**66,19**	**59,1**

4. RASPRAVA

Veličina legla varirala je od 4 do 10 mladunaca što spada u već znani raspon ove vrste (Biella 1983, Arnold & Ovenden 2002, Kreiner 2007). Literaturni navodi za srednje vrijednosti mladunaca za ukupnu duljinu tijela iznose 21,88 ± 2,12 cm s prosječnom masom od 7,41 ± 2,13 g (Böhme 2006). Biella (1983) navodi prosječne vrijednosti od 14 cm do 26 cm, no u njegovim navodima većinom dominiraju podaci svih podvrsta poskoka iz uzgoja gdje ženke imaju kontinuiranu prehranu i optimalne uvjete. Ovo istraživanje pokazalo je da prosječna ukupna duljina tijela mladunaca poskoka iznosi 23,2 ± 1,42 cm s prosječnom masom od 9,8 ± 1,5 g što je značajno više od navedenih vrijednosti u dostupnoj literaturi. Kako nema dovoljno podataka iz literature za ostale morfometrijske parametre za komparativni dio, parametri se mogu uzeti kao generalna mjera za juvenilne jedinke populacije podvrste *Vipera ammodytes ammodytes*.

U ovom istraživanju utvrđen je spolni dimorfizam kod juvenilnih jedinki poskoka u 2 morfometrijska (SVL, TL), 2 meristička parametra (V, SC) i u masi u korist mužjaka. Prema Tomović (2002) odrasle jedinke poskoka pokazuju spolni dimorfizam u TL i SC sa srednjim vrijednostima većim kod mužjaka i BW i HW s prosječnim srednjim vrijednostima većim kod ženki. Spolni dimorfizam u duljini repa i broju podrepnih ljusaka kod poskoka prisutan je od rođenja što je najvjerojatnije rezultat seksualne selekcije, dok se spolni dimorfizam u širini tijela i veličini glave za ženke očituje kasnije tijekom razvoja. Shine (1989) smatra da spolni dimorfizam nije nastao isključivo djelovanjem seksualne selekcije. Kao alternativnu hipotezu navodi ekološke uzroke koji uzrokuju ili povećavaju stupanj spolnog dimorfizma. Za primjer navodi promjene u veličini usnih dijelova između spolova uzrokovane različitim prehrambenim režimom. Promjene u širini tijela i glave kod ženki poskoka sugeriraju seksualnu selekciju amplificiranu ekološkim parametrima ili ekološku divergencu što podupire tu hipotezu. Dodatna bi se istraživanja trebala provesti na ekologiji prehrane proučavanih poskoka kako bi se utvrdilo je li i ovaj trend prisutan u populaciji.

U ovom istraživanju masa i SVL također su pokazali veće vrijednosti kod mužjaka. Kod porodice ljutica nije neobično da mužjaci sazrijevaju prije ženki (Macartney i sur. 1990, Madsen i Shine 1994). Razlog tome intraseksualna je kompeticija među mužjacima, tako da mužjaci imaju veću prednost od samog okota kako bi poboljšali svoj reproduktivni fitness. Podaci ovog istraživanja pokazali su da su mužjaci poskoka veći i teži što podupire hipotezu intraseksualne kompeticije. Korelacija između veličine tijela mužjaka i prisutnosti borbe mužjaka prisutna je kod mnogih vrsta zmija (Shine 1978). Kako je borba mužjaka prisutna i kod poskoka ta činjenica ide u prilog veličine mužjaka u ovom radu. Naravno, potrebno je

istražiti i u kojoj mjeri prehrana ima utjecaj na stupanj rasta i veličinu mužjaka kako bi se došlo do konkretnijih zaključaka.

Stupanj spolnog dimorfizma za veličinu glave poskoka povećava se sa dobi (Zadravec, osobno priopćenje). Analiza podataka ovog istraživanja pokazala je da nema razlike u veličini glave kod juvenilnih jedinki poskoka. Prema Tomović (2002) odrasle ženke poskoka imaju veću glavu od mužjaka.. Jedna od pretpostavki je da ženke razviju veću glavu kako bi mogle uloviti veći plijen posljedica čega je veći reproduktivni učinak (Shine 1991). U istraživanju Shine i Crews (1988), juvenilne jedinke mužjaka vrste *Thamnophis sirtalis* (Linnaeus, 1758) kastriralo se te su zbog nedostatka testosterona mužjaci razvili veću glavu. I ako bi u odsutnosti testosterona mužjaci imali veće glave, s evolucijskog stajališta to bi bilo nepovoljno jer testosteron sudjeluje u sveukupnom razvoju organizma (King 1999). Na oblik glave može utjecati i prehrana. Queral-Regil & King (1998) su prema ishrani različitom veličinom plijena dvije skupine juvenilnih jedinki vrste *Nerodia sipedon* (Linnaeus, 1758) dokazali da dolazi do promjene oblika glave jedinki koje su progutale veći plijen (fenotipska plastičnost). Stupanj spolnog dimorfizma u veličini može biti jednak u populacijama, ali se vrijednosti između populacija mogu bitno razlikovati ovisno o dostupnosti i sastavu plijena (Shine i sur.1998). Kako nema razlike u veličini glave između spolova mladunaca poskoka možemo zaključiti da se spolni dimorfizam razvija kasnije, vjerojatno i zbog početka lučenja testosterona koji jednim dijelom inhibira rast glave kod mužjaka.

Tomović (2002) je utvrdila da odrasli mužjaci poskoka imaju dulji rep. Taj spolni dimorfizam prisutan je od rođenja s obzirom na to da u ovom radu juvenilne jedinke mužjaka pokazuju veće vrijednosti za duljinu repa. Nije neuobičajeno da kod zmija mužjaci imaju dulje repove od ženki. King (1989) je tu razliku pretpostavio kroz tri hipoteze. Prva hipoteza je *hipoteza morfološkog ograničenja* koja dulje repove objašnjava činjenicom da mužjaci posjeduju reproduktivne strukture i retraktorske mišiće za kontrakciju istih koji se nalaze kod baze repa te utječu na duljinu repa (Shine 1999). Druga hipoteza, *hipoteza reproduktivnog učinka ženki* objašnjava kraći rep kod ženki kroz prirodnu selekciju zbog koje je „žrtvovana“ duljina repa radi većeg kapaciteta za leglo. Ta hipoteza ide u prilog vrstama koje imaju visok RCM. Treća hipoteza odnosi se na seksualnu kompeticiju među mužjacima. Objašnjava duljinu repa kod vrsti gdje je prisutna borba među mužjacima ili kod vrsti najčešće porodice Colubridae gdje se nakon hibernacije mužjaci i ženke skupljaju u klupka (*eng*. „mating balls“) gdje bi mužjaci duljeg repa imali značajnu prednost kod parenja sa ženkom micanjem drugih repova mužjaka koji se žele pariti (King 1989, 1999). Treba naglasiti da se hipoteze uzajamno ne isključuju. Pošto je spolni dimorfizam repova u korist mužjaka prisutan već od rođenja

može se pretpostaviti da zbog ranijeg sazrijevanja mužjaci brže ulaze u seksualnu kompeticiju i zbog toga imaju prednost već od okota. Uz tu pretpostavku, relativno visokim RCM-om koji u prosjeku iznosi oko 60 %, duljina repa vjerojatno je kombinacija sve 3 hipoteze. Iako hipoteza seksualne kompeticije mužjaka uključuje vrste kod kojih je borba prisutna, još uvijek se ne zna koja je uloga repa mužjaka. Istraživanja bihevioralnog aspekta pomogla bi riješiti taj misterij.

PCA i LDA analiza pokazale su da je jedan od primarnih parametra koji je odgovaran za varijancu i razdvajanje između spolova broj podrepnih ljusaka (SC). Kako su u istraživanju zbog nedovoljno vremena repovi mladunaca fotografirani, ljuske su sa slika brojane tri puta kako bi se osigurala maksimalna preciznost u uzimanju podataka. Unatoč tome, ljuske kod mladunaca veoma su sitne, pogotovo na repu i s obzirom da se mjerilo žive jedinke ne može se isključiti mogućnost ljudske greške kod uzimanja podataka. Parametar bi trebao imati puno veći utjecaj u razdvajanju spolova, pa se niža vrijednost može tumačiti zbog ljudske greške, prirodne anomalije ili kombinacijom obje pretpostavke. U budućim istraživanjima ovakvog tipa, kako bi se maksimalno smanjio utjecaj ljudske greške na podatke, rješenje bi bilo da se uzmu primjerci iz prirodoslovnih muzeja ili da se juvenilne jedinke anestezira kako bi se što preciznije uzeli podaci uz odgovarajuću opremu.

Analizom podataka ovog istraživanja dobivena je pozitivna korelacija između veličine ženke (masa, SVL) s brojem i masom juvenilnih jedinki. Povezanost veličine ženki s veličinom legla veoma je uobičajena pojava kod zmija (King 1993). Aldridge (1979) je proučavanjem vrsta zmija *Arizona elegans* (Kennicott i Baird, 1859) i *Crotalus viridis* (Rafinesque, 1818), vrsta umjerene zone s dvogodišnjim reproduktivnim ciklusom, uočio da folikuli kod tih vrsta prolaze primarnu i sekundarnu vitelogenezu. Primijetio je da kod vrste *C. viridis* sekundarna vitelogeneza obično započinje prije druge hibernacije i završava prije ovulacije. Slični trend zabilježen je i kod vrste *Crotalus atrox* (Baird i Girard, 1853)(Tinkle 1962). Weatherhead i sur. (1999) proučavali su vrstu *N. sipedon* i uočili da ženke koje se hrane tijekom perioda povećanja folikula, mogu tu energiju uložiti u njihovu veličinu, posljedično veličinu mladunaca. Također su u istraživanju primijetili da su mladunci u većim leglima manji pa su pretpostavili da je ovulacija kod tih ženki nastupila prije iz razloga što s veličinom legla ženka želi poboljšati fitness mladunaca. U tom slučaju prednost se daje većem broju mladunaca nad većim mladuncima. To ide u prilog teoriji da veličina mladunaca ovisi o ograničenjima koja su nametnuta reproduktivnom fiziologijom i adaptivnim alokacijskim odlukama ženke da izjednači veličinu mladunaca s ekološkim parametrima kako bi poboljšala njihov fitness. Uočeno je da kod ženki vrste *Vipera aspis* (Linnaeus, 1758) koje posjeduju

veće rezerve energije, započinje vitelogeneza većeg broja folikula u usporedbi sa ženkama s manje uskladištene energije. Također, ženke su na veličinu legla i masu mladunaca mogle utjecati unosom hrane netom prije ovulacije (Bonnet i sur. 2001). Rezultati ovog istraživanja pokazali su da veće ženke poskoka imaju veća legla s većim mladuncima, a kako je poskok sestrinska vrsta *V. aspis* možemo pretpostaviti da je ovakav trend prisutan i u ovom istraživanju. Za potporu te pretpostavke potrebno je istražiti prehrambene navike poskoka i sastav plijena na istraživanom području.

Relativna masa legla (RCM) interpretira se kao optimalni reproduktivni trošak nastao uslijed „trade off" mehanizama u povijesti vrste, i kao ograničenje nametnuto veličinom tjelesne šupljine ženke u kojoj može držati jaja u odnosu na masu ženke (Shine 1992). Izmjeren RCM u ovom radu u prosjeku je iznosio 60 % s minimalnim vrijednostima od 20 % do maksimalne vrijednosti od 80 % što je relativno visoka stopa RCM-a. U prilog tome ide i činjenica da ovoviviparne i oviparne vrste imaju veći RCM od viviparnih vrsta i do 20% (King 1989).

Prema Shine i Schwarzkopf (1992) maksimalni reproduktivni učinak nije samo rezultat povećanja fekunditeta ženke. Reproduktivni učinak ženke zapravo kombinira stopu preživljavanja s razinom fekunditeta i definira ih kao „troškove" reprodukcije. Ako povećanje u fekunditetu uzrokuje smanjenu stopu preživljavanja ženke, tada je sveukupni reproduktivni učinak ženke optimiziran niskim fekunditetom svake sezone u kojoj se ženka pari, te tako omogućuje ženki da se reproducira više puta tijekom svog života. Dobar primjer za to dali su Siegel & Fitch (1984). Htjeli su doznati zašto viviparne vrste imaju niski RCM ako su fiziološki sposobne imati visoki RCM. Visoki RCM kod tih vrsta zmija znači i viši mortalitet te se niži RCM objašnjava kroz povećanu stopu preživljavanja ženke za maksimalni reproduktivni output tijekom života. Akvatičke vrste zmija imaju niži RCM od terestričkih vrsta, vjerojatno zbog činjenice da bi visoki RCM znatno utjecao na lokomotorni performans u vodi i tako smanjio stopu preživljavanja jedinke. Logično je po tome zaključiti da akvatičke viviparne vrste imaju najmanji RCM (Shine 1988).

Kroz prilagodbe RCM-a radi povećavanja stope preživljavanja ženka može utjecati na fenotip mladunaca, međutim za cjelovitu sliku potrebno je napraviti istraživanja genetičke podloge za RCM. Ženke mogu poboljšati genotip mladunaca kroz odabir prikladnih mužjaka ili kroz kompeticiju kvalitetnije sperme mužjaka koja se postiže parenjem sa više jedinki. Vjerojatnost je da će ženke odbaciti spermu mužjaka čiji genotip je sličniji ženkinom (Madsen i sur. 1992, Shine 2003).

Pretpostavka je da je reproduktivni učinak kod proučavanih poskoka optimiziran dvogodišnjim reproduktivnim ciklusom i seksualnom selekcijom kako bi se osigurao maksimalni fitness mladunaca i visoka stopa preživljavanja ženki. Kako je poskok u Hrvatskoj distribuiran u kontinentalnom, gorskom i primorskom dijelu (Jelić i sur. 2013), zbog različitih udjela djelovanja ekoloških parametra (lokalni klimatski uvjeti, sastav i dostupnost plijena, predatorski pritisak), vjerojatnost je da ženke u različitim populacijama drukčije optimiziraju reproduktivni napor.

5. ZAKLJUČCI

- Veličina legla varira od 4 do 10 mladunaca što je u rasponu vrijednosti dostupnih podataka iz literature
- Morfometrijski i meristički parametri odraslih ženki u skladu su s vrijednostima navedenim u postojećoj literaturi
- Prosjek ukupne duljine tijela juvenilnih je jedinki 23 cm što je za 1 cm više od zabilježenih vrijednosti u literaturi dok je prosječna masa 9,8 g što je za 2,5 g više od literaturnih navoda
- Kako nema mnogo podataka u literaturi za morfometrijske i merističke parametre juvenilnih jedinki poskoka osim veličine tijela, rezultati mjerenja mogu se uzeti kao generalne mjere za proučavanu populaciju
- Spolni dimorfizam prisutan je kod juvenilnih jedinki: mužjaci se od ženki razlikuju u dužini tijela do kloake, duljini repa, masi, broju ventralnih i podrepnih ljusaka. Razlike u veličini glave nema
- Utvrđena je pozitivna korelacija između mase i dužine tijela do kloake odrasle ženke s veličinom legla i masom mladunaca iz čega se može zaključiti da ženka ulaže u veličinu legla i masu mladunaca
- Relativna masa legla u prosjeku iznosi 60% uložene energije što je visoka vrijednost i u rasponu je vrijednosti za oviparne i ovoviviparne vrste zmija
- Reproduktivna strategija ženke ulaganje je u veće leglo i veće mladunce što ukazuje da je reproduktivni napor optimiziran dvogodišnjim reproduktivnim ciklusom i visokim RCM-om

6. LITERATURA

Aldridge RD. 1979. Female Reproductive Cycles of the Snakes *Arizona elegans* and *Crotalus viridis*. *Herpetologica* 35:256-261.

Anonimus 2013. Pravilnik o strogo zašticenim vrstama. Narodne novine 80.

Arnold N, Ovenden D. 2002. *Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. Harper Collins, Publishers, London, UK, 272 pp.

Biella H. 1983. *Die Sandotter*. Wittenberg Lutherstadt, Die Neue Brehm Bücherei, A. Ziemsen Verlag, 84 pp.

Böhme W. 2006. *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Bd.3/2B, Schlangen (Serpentes) III. AULA-Verlag, AULA, 420 pp.

Bonnet X, Naulleau G, Shine R, Lourdais O. 2001. Short-term versus long-term effects of food intake on reproductive output in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *OIKOS* 92:297-308.

Brehm AE. 1966. *Der Farbige Brehm.* Verlag Herder KG, Freiburg im Breisgau, 13 izdanje, 584 pp.

Crnobrnja-Isailović J, Aleksić I. 2004. Clutch size in two Central Balkan populations of European common lizard Lacerta vivipara. *Biota* 5:5-10.

Crnobrnja-Isailović J, Ajtić R, Tomović L. 2007. Activity patterns of the sand viper (*Vipera ammodytes*) from the central Balkans. *Amphib-Reptil* 28:582-589.

Darwin C. 1871. The Descent of Man. Murray, London

Halassy B, Brgles M, Habjanec L, Balija ML, Kurtovic T, Marchetti-Deschmann M, Križaj I, Allmaier G. 2011. Intraspecies variability in Vipera ammodytes ammodytes venom related to its toxicity and immunogenic potential. *Comp Biochem Physiol C* 153:223-230.

Halassy B, Habjanec L, Brgles M, Lang Balija M, Leonardi A, Kovacic L, Prijatelj P,Tomašic J, Križalj I. 2008. The role of antibodies specific for toxic sPLA2s and haemorrhagins in neutralising potential of antisera raised against *Vipera ammodytes ammodytes* venom. *Comp Biochem Physiol C* 148:178-183.

Jelic D, Ajtic R, Sterijovski B, Crnobrnja-Isailovic J, Lelo S, Tomovic L. 2013. Distribution of the genus *Vipera* in the western and central Balkans (Squamata: Serpentes: Viperidae). *Herpetozoa* 25:109-132.

King RB. 1989. Sexual dimorphism in snake tail length: sexual selection, natural selection or morphological constraint? *Biol J Linn Soc*. 38:133-154.

King RB. 1993. Determinants of offspring number and size in the brown snake, *Storeria dekayi*. *J Herpetol* 27:175-185.

Kreiner, G. 2007. The Snakes of Europe. Chimaira Buchhandelsgesellschaft mbH, Heddernhemer Landstraße 20, Frankfurt am Main, 317 pp.

Kurtovic T, Brgles M, Leonardi A, Balija ML, Križaj I, Allmaier G, Marchetti- Deschmann M, Halassy B. 2011. Ammodytagin, a heterodimeric metalloproteinase from *Vipera ammodytes ammodytes* venom with strong hemorrhagic activity. *Toxicon* 58:570-582.

Kurtovic T, Leonardi A, Lang Balija M, Brgles M, Habjanec L, Križaj I, Halassy B. 2012. The standard mouse assay of anti-venom quality does not measure antibodies neutralising the haemorrhagic activity of *Vipera ammodytes venom*. *Toxicon* 59:709-717.

Macartney JM, Gregory PT, Charland MB. 1990. Growth and Sexual Maturity of the Western Rattlesnake, *Crotalus viridis*, in British Columbia. *Copeia* 1990:528-542.

Madsen T, Shine R. 1992. Determinants of reproductive success in female adders, *Vipera berus. Oecologia* 92:40-47.

Madsen T, Shine R. 1994. Costs of reproduction influence the evolution of sexual size dimorphism in snakes. *Evolution* 48:1389-1397.

Manly FJB. 1986. *Multivariate Statistical Methods*. A Primer, Chapman and Hall, New York, 159 pp.

Mertz AL 2005. *Grzimek's Student Animal Life Resource* Reptiles volume 1, Thomson Gale, Canada, 427 pp.

Queral-Regil A, King R. 1998. Evidence for phenotypic plasticity in snake body size and relative head dimensions in response to amount and size of prey. *Copeia* 1998:423-429.

Seigel RA, Fitch HS.1984. Ecological patterns of relative clutch mass in snakes. *Oecologia* 61:293-301.

Shine R. 1978. Sexual size dimorphism and male combat in snakes. *Oecol* 33:269-277.

Shine, R. 1980. "Costs" of reproduction in reptiles'. *Oecol* 46:92-100.

Shine R. 1988. Constraints on reproductive investment: A comparison between aquatic and terrestrial snakes. *Evolution* 42:17-27.

Shine R, Crews D. 1988. Why male garter snakes have small heads: the evolution and endocrine control of sexual dimorphism. *Evolution* 42:1105-1110.

Shine R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *Quart Rev Biol* 64:419-461.

Shine R. 1991. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *Am Naturalist* 138:103-122.

Shine R. 1992. relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: is reproductive investment constrained or optimized? *Evolution* 46:828-833.

Shine R, Schwarzkopf L. 1992. The evolution of reproductive effort in lizards and snakes. *Evolution* 46:62-75.

Shine R. 1994. Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia* 1994:326-346.

Shine R, Branch WR, Harlow PS, and Webb JK. 1998. Reproductive biology and food habits of horned adders, *Bitis caudalis* (Viperidae), from Southern Africa. *Copeia*, 391-401.

Shine R, Olsson MM, Moore IT, Lemaster MP, Mason RT. 1999. Why do male snakes have longer tails than females? *Proc Royal Soc Ser B* 266:2147-2151.

Shine R. 2003. Reproductive strategies in snakes. *Proc R Soc Lond B* 270:995-1004.

Speybroeck J, Beukema W, Bok B, Voort Van Der J, Velikov I. 2016. *Field Guide to Amphibians and Reptiles of Britain and Europe.* Bloomsbury, London/New York, 432 pp.

Tinkle DW. 1962. Reproductive Potential and Cycles in Female *Crotalus atrox* from Northwestern Texas. *Copeia* 1962:306-313.

Tomovic, L. 2005. Sistematika i biogeografija poskoka *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) (Viperidae, Serpentes) (phd). Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd.

Tomovic, L. 2006. Systematics of the Nose-horned Viper (*Vipera ammodytes*, Linnaeus, 1758). *Herpetol J* 16:191-201.

Tomovic L, Džukic G. 2003. Geographic variability and taxonomy of the nose-horned viper, *Vipera ammodytes* (L. 1758), in the central and eastern parts of the Balkans: A multivariate study. *Amphib-Reptil* 24:359-377.

Tomovic L, Kalezić M, Džukić G. (Eds.), 2015. Crvena knjiga faune Srbije II - gmizavci. Univerzitet u Beogradu - Biološki fakultet, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.

Uetz P, Hošek J. eds. 2014. The Reptile Database, http://www.reptile-database.org/

Ursenbacher S, Schweiger S, Tomovic L, Crnobrnja-Isailovic J, Fumagalli L, Mayer W. 2008. Molecular phylogeography of the nose-horned viper (*Vipera ammodytes*, Linnaeus (1758)): Evidence for high genetic diversity and multiple refugia in the Balkan peninsula. *Mol Phylogenet Evol* 46:1116-1128.

Vitt JL, Caldwell JP. 2014. *Herpetology 4th Edition*. USA, Academic Press, 776 pp.

Vitt JL, Congdon JD. 1978. Body shape, reproductive effort, and relative clutch mass in lizards: resolution of a paradox. *Am Nat* 112:595-608.

Weatherhead PJ, Brown GP, Prosser MR, Kelley JK. 1999. Factors Affecting Neonate Size Variation in Northern Water Snakes, *Nerodia sipedon*, *J Herpetol* 33:577-589.

Young JZ. 1981. *The Life of Vertebrates*. Oxford Universitiy Press Inc., New York, 765 pp.

Zadravec M. 2014. Biologija poskoka *Vipera ammodytes* (Linnaeus, 1758) u kamenolomu Bizek, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.