



Istraživački rad za natjecanje iz biologije

ožujka, 2014.

---

Marijana Blagaić, 3. razred

---

Mentor:  
ĐURĐICA MASKALAN

---

# Utjecaj WI-FI routera na reprodukciju riba *Danio rerio* (zebrice)

---

Gimnazija Velika Gorica

Velika Gorica, Ulica kralja Stjepana Tomaševića 21  
[ured@gimnazija-velika-gorica.skole.hr](mailto:ured@gimnazija-velika-gorica.skole.hr)

01/6221-370

Zagrebačka

---

Pregledano



Agencija za odgoj i obrazovanje



Istraživački rad za natjecanje iz biologije

Kliknite ovdje i odaberite datum

---

3. razred

**Kliknite ovdje i upišite RAZRED**

---

# Utjecaj WI-FI routera na reprodukciju riba *Danio rerio* (zebrice)

---



Agencija za odgoj i obrazovanje

## SADRŽAJ

1.Uvod .....	1
2.Obrazloženje teme .....	2
3.Materijal i metode .....	5
3.1. Materijal .....	5
3.2. Metode .....	6
3.2.1. Postavljanje glavnih akvarija.....	6
3.2.2. Postavljanje akvarija za mrijest.....	6
3.2.3. Mriještenje.....	7
3.2.4. Mikroskopiranje jajašaca.....	7
3.2.5. Obrada rezultata .....	8
4.Rezultati.....	9
4.1. Broj jajašaca .....	9
4.2. Faze embrionalnog razvoja jajašaca.....	11
5.Rasprava .....	13
6.Zaključci .....	14
7.Sažetak.....	15
8.Literatura .....	16

## 1. UVOD

Živimo u vremenu mobilne tehnologije, gdje broj i prodaja tehnoloških “bežičnih čuda” svakim danom raste, na opće oduševljenje sve većeg broja korisnika/ovisnika o mobilnoj tehnologiji. Iako na tržištu postoji definirani niz zarade: proizvođač →prodavač →krajnji korisnik/kupac, daleko najveći račun ove tržišne jednadžbe plaćamo i plaćat ćemo svi, sadašnje i buduće generacije, najskupljom valutom, tj. vlastitim zdravljem i opstankom. Naime, 2011. godine Svjetska zdravstvena organizacija SZO (*World Health Organization, WHO*) i specijalisti Međunarodne agencije za istraživanje raka (*International Agency for Research on Cancer, IARC*), izvijestili su javnost o svom istraživanju u kojem su utvrdili uzročno-posljedičnu vezu između pojave raka i zračenja mobilnog telefona. Prema njihovoj klasifikaciji, zračenje mobilnog telefona je svrstano u grupu 2B (potencijalni kancerogeni) zajedno s ostalim predstavnicima grupe: benzin, dizel, ispušni plinovi, olovo, DDT (insekticid) i drugi ([WHO, 2011](#); Šaran, 2013; Lakić, 2013).

Da se stvar otela kontroli, upućuje nas i činjenica da su u Americi liječnici specijalisti zabilježili i opisali novu bolest kod ljudi: alergiju na zračenje bežičnih mreža Wi-Fi koja se manifestira glavoboljama, bolovima u zglobovima i slabljenjem vida ([WHO, 2011](#); E. P., 2013). Mnoga su istraživanja već pokazala da je sve veća i učestalija upotreba bežičnih uređaja povezana s razvojem teških bolesti i neplodnosti kod ljudi ([Freman, 2011](#); [Havas, 2011](#); [WHO, 2011](#); [Kesari i sur., 2013](#); [West i sur., 2013](#)). Osim toga, u svijetu se već vode i sudski procesi u kojima roditelji traže odštetu zbog negativnog utjecaja bežičnih Internet mreža na zdravlje njihove djece (E. P., 2013; Novak, 2014). Obzirom da su danas gotovo sva javna mjesta (škole, fakulteti, hoteli, restorani, uredi), pa čak i velika područja grada npr. Velika Gorica u Hrvatskoj (Šojer, 2013) „pokrivena“ s Wi-Fi mrežom, postoji sve veća bojazan da će ovakvo intenzivno korištenje bežične tehnologije imati štetni kumulativni učinak na sve žive organizme. O svemu navedenom piše se sve učestalije širom svijeta i govori na različitim web stranicama, forumima i u publikacijama. S druge pak strane, pojedinci i/ili kompanije (najčešće oni čiji profit ovisi o većoj potražnji i prodaji bežičnih uređaja te pratećih

sadržaja) često ne podržavaju, negiraju ili umanjuju ovakva mišljenja pa se prosječan čovjek nađe u poprilično zbunjujućoj situaciji, jer ne zna kome više vjerovati.

## 2. OBRAZLOŽENJE TEME

Susrećući se sa sve više bolesnih mladih ljudi u okolini i u svojoj obitelji, počela sam proučavati dostupne tekstove u svezi učinka zračenja Wi-Fi uređaja na žive organizme. Obzirom da je Wi-Fi tehnologija relativno nova, nije ni čudno da sam najveći broj tekstova, komentara i zapažanja o njenom korištenju pronašla i iščitavala po Internetu na različitim web stranicama i forumima te u nekim časopisima. Iznenadila sam se kada sam shvatila da je aktualnost i važnost ove teme, za zdravlje i život svih živih bića, premalo naglašena te sam odlučila napraviti vlastito istraživanje o štetnom utjecaju zračenja Wi-Fi uređaja na žive organizme koji su dugotrajno izloženi njihovom učinku.

Wi-Fi je bežično sučelje ili bežična mreža koja se koristi za brzo slanje i primanje velikog opsega podataka između dva ili više bežičnih aparata, preko odgovarajućih antena/odašiljača, pomoću radio signala na frekvencijama 2.4 GHz i 5 GHz (Wikipedia, 2013). Svi bežični uređaji emitiraju niskofrekventne elektromagnetske valove, odnosno radiovalove manje energije, koji su oblik neionizirajućeg zračenja (Lakić, 2013). Dugotrajna izloženost elektromagnetnom polju, kojeg stvaraju i zrače različiti Wi-Fi uređaji, djeluje štetno na žive organizme (Havas, 2011; Zimmer, 2011; A. F., 2013; Kesari i sur., 2013). Mnogi su istraživači izvijestili javnost o štetnim posljedicama kod ljudi u vidu glavobolja, vrtoglavica, mučnine, poremećaja rada srca ([WHO, 2011](#); Derifaj, 2011; Anonymus, 2013). Osim toga, zabrinjavajuća su sve učestalija izvješća o tome da Wi-Fi potiče stvaranje i rast tumora (mozak, štitna žlijezda, slušni živac, dojke) jer mijenja strukturu DNA, oštećuje imunološki sustav, te smanjuje plodnost muškaraca i žena, što se u konačnici održava i na smanjenje nataliteta (Anonymus, 2013; Kesari i sur., 2013; Šaran, 2013; West i sur., 2013).

Wi-Fi zračenje ne šteti samo čovjeku, već također životinjama i biljkama. Tako su znanstvenici iz Indije napravili eksperiment s dvije košnice pčela gdje su jednu od košnica izlagali utjecaju mobilnog telefona. Rezultati su pokazali da su se pčele u košnici s mobitelom neobično ponašale, nisu proizvodile med i smanjivao im se broj. (Indeks/eZd, 2010; Zimmer, 2011). Isto tako, srednjoškolski rad učenica iz Danske

pokazao je da izlaganje sjemena biljaka elektromagnetskom polju Wi-Fi routera izaziva smanjenu klijavost i mutacije biljaka (A. F., 2013).

Današnji zakoni i pravilnici o provođenju eksperimenata na živim organizmima u znanstvenim istraživanjima strogo reguliraju vrstu živih bića koja se u tu svrhu koriste (Erhardt, 2013). Za ispitivanje učinaka lijekova, toksina i okolišnih čimbenika sve se češće koriste tropske slatkovodne ribe zebrice (*Danio rerio*), (Šrut i Štambuk, 2013).



Fotografija 1. Riba zebrica (*Danio rerio*).

To je bentopelagična ciprinidna tropska slatkovodna riba koja nastanjuje spore tokove rijeka, te vode stajačice i jezera, poglavito u južnoj i jugoistočnoj Aziji, s najvećom rasprostranjenošću u sjevernoj Indiji, Pakistanu, Nepal i Bengalu. Zebrice se koriste u mnogim biološkim ispitivanjima zbog jednostavnosti i ekonomičnosti uzgoja te brzog razmnožavanja. Osim toga, embrionalni razvoj završava već 72 sata nakon oplodnje. Njihovi rani stupnjevi razvoja jako su dobro vidljivi pod malim povećanjem svjetlosnog mikroskopa (20-40x) te se mogu dobro proučavati.

Nova saznanja u molekularnoj i razvojnoj biologiji, kancerogenezi te u neurobiološkim, toksikološkim, farmakološkim i genetičkim istraživanjima, proizašla su korištenjem zebrica u različitim pokusima (Šrut i Štambuk, 2013).

**Svrha** ovoga rada je ispitati učinak zračenja standardnog, kućnog Wi-Fi routera na plodnost, a time i na razmnožavanje riba zebrica (*Danio rerio*) u akvariju.

**Pretpostavka (hipoteza)** je da bi se u skupini riba koje su izložene elektromagnetskom zračenju Wi-Fi routera smanjio broj i kvaliteta jajašaca u odnosu na skupinu koja nije izložena zračenju. Obzirom da bi se pokus odvijao kroz više ciklusa mrijesta, za očekivati je stalni pad broja jajašaca u obje skupine, ali manjim brojem jajašaca u skupini riba koja je neposredno izložena zračenju. Stoga je **cilj** ovoga rada:

- istražiti broj i kvalitetu jajašaca riba (oplođena/neoplođena) u akvariju koji se nalazi u prostoriji bez Wi-Fi routera u prvih 72 sata od oplodnje
- istražiti broj i kvalitetu jajašaca riba (oplođena/neoplođena) u akvariju koji se nalazi u neposrednoj blizini Wi-Fi routera 72 sata od oplodnje
- usporediti dobivene rezultate akvarija koji je bez utjecaja Wi-Fi zračenja s rezultatima akvarija koji je u neposrednoj blizini Wi-Fi zračenja.

Ako se pretpostavka pokaže točnom, onda bi ovaj rad predstavljao mali, ali značajan doprinos u istraživanju štetnosti Wi-Fi zračenja u našem svakodnevnom životu. Zebrice su provjereni eksperimentalni model u znanstvenim istraživanjima pa bi dobiveni rezultati bili vjerodostojni za dokazivanje štetnog utjecaja elektromagnetnog zračenja na razmnožavanje i embrionalni razvoj živih bića.

Rad bi u tom slučaju mogao biti osnova za daljnja, složenija istraživanja, kojima bi se pokušalo široj javnosti ukazati na dugoročnu štetnost nove tehnologije, te možda potaknuti i nova istraživanja u razvoju različitih zaštita od zračenja.





Fotografija 2. Uređeni cca 40 l akvarij (šljunak, bilje, filtracija i aeracija vode) sa zebricama (*Danio rerio*). S desne strane akvarija se vidi kućni Wi-Fi router.(fotografija autorice rada)

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Materijal

Tropske slatkovodne ribe zebrice.

Carstvo: [Animalia](#)

Koljeno: [Chordata](#)

Potkoljeno: [Vertebrata](#)

Razred: [Actinopterygii](#)

Red: [Cypriniformes](#)

Porodica: [Cyprinidae](#)

Rod: [Danio](#)

Vrsta: ***Danio rerio***

Zebrice su vrlo brze i živahne ribe, svijetlosivog tijela s karakteristične četiri vodoravne pruge tamnosive ili sivoplave boje. Pruge se protežu od škržnih poklopaca pa do repa. Kao i cijela porodica *Cyprinidae* (šarani) i zebrice imaju malene brčiče koji se nalaze s obje strane usta.

Imaju jasno izraženi spolni dimorfizam, pri čemu su ženke veće (maksimalna dužina 6 cm) i deblje sa srebrnastim odsjajem, a mužjaci manji i vitkiji sa zlatnim odsjajem.

Životni vijek im je oko pet godina, a spolnu zrelost dosežu u starosti od 3-4 mjeseca. Pogodan pH vode je 7-8, a temperature vode 20-26°C, dok je u vrijeme mrijesta poželjnija nešto i viša (28° C). Ženke tijekom mrijesta polažu jajašca (ikru) koju gotovo istovremeno mužjak oplođuje. Nakon 2-3 dana razvija se mlađ zebrica koja narednih 1-2 dana ostaje slijepljena na staklu akvarija bez potrebe za dodatnom hranom, jer imaju žumanjčanu vrećicu koja ih hrani.

Zebrice zahtijevaju dosta prostora za plivanje i za skrivanje u bilju, te da ih u akvariju bude minimalno 5, jer su jako društvene. Imaju jako veliki apetit i nisu zahtjevne što se

tiče prehrane, odnosno, prihvaćaju svu kupovnu hranu, živu hranu, te kuhano zeljasto povrće (Jasna, 2013).

Proučavane ribe zebrice (16 mužjaka i 8 ženki) kupljene su u Pet Centru u Zagrebu.

Ribe se podijelilo u dvije skupine (dva akvarija). U svakoj skupini je bilo 8 mužjaka i 4 ženke. Jedna skupina je bila izložena zračenju Wi-Fi routera, a druga skupina je bila u uvjetima bez Wi-Fi zračenja.

## **3.2. Metode**

### 3.2.1. Postavljanje glavnih akvarija

Za potrebu izvođenja eksperimenta oformila su se dva glavna akvarija (svaki cca 40 litara). Prvi je akvarij postavljen u neposrednoj blizini Wi-Fi routera, a drugi je postavljen u sobu gdje nema Wi-Fi uređaja i gdje je njegov signal slab. Akvariji su napunjeni vodovodnom vodom, koju se prema uputama proizvođača tretiralo sa sredstvom koje vodu čini pogodnom za ribe, uklanjajući klor, amonijak i teške metale (Easy Life/ Filter medium) i sredstvom koje sadrži bakterije za uspostavljanje biološke ravnoteže akvarija (Tetra/ PlantaMin). Temperatura termometra namještena je na 26°C. Nakon 5-6 sati voda se razbistrila, a tek se nakon tjedan dana pristupilo daljnjem uređenju akvarija.

Prvo se rasporedio šljunak na dno akvarija (prethodno ispran nekoliko puta), a potom su se posadile biljke (*Echinodorus spp.*, *Cryptocoryne spp.*, *Rotala indica*), uz čije se korijenje odmah u šljunak ukopalo i kuglicu gnojiva za akvarijsko bilje (JBL/7 Balls). Ovako pripremljene akvarije, uz redoviti režim svjetla (8 sati), održavanom temperaturom i konstantnom filtracijom i aeracijom vode, ostavilo se naredna dva tjedna da se potpuno uspostavi biološka ravnoteža.

U svaki akvarij unijelo se 8 mužjaka i 4 ženke koje se dva puta dnevno hranilo malom količinom originalno pripremljene hrane za toplovodne ribe u listićima (ActiMin/Aquael).

Naredna dva tjedna ribice su se prilagođavale novom okolišu, a u isto vrijeme se pratilo njihovo zdravstveno stanje (ponašanje, boja škrga, izgled peraja).

### 3.2.2. Postavljanje akvarija za mrijest

Uz svaki glavni akvarij postavio se akvarij za mrijest. To su staklene kvadratne 10 litarske posude bez šljunka i biljaka, koje se prije mrijesta napunilo s vodom iz glavnog akvarija

(7-8 l), aeriralo uz pomoć zračne pumpe i specijalnog kamena za raspršivanje zraka, i uz pomoć termometra održavala optimalna temperatura vode za mrijest (28°C).

Po uvriježenom protokolu za mrijest zebrića, nužno je bilo odvojiti mužjake od ženki u istom akvariju noć prije mrijesta. Isto tako, neophodno je bilo osigurati perforirano dno kroz kojeg bi propadala jajašca do kojih roditeljske ribice ne bi mogle doći i pojesti ih. U svrhu svega navedenog, najjednostavnije je bilo izraditi košaru od plastične mreže za fasadu, koja se uronila u akvarij, na čijem je dnu bilo desetak staklenih pikula koje su održavale razmak između dna akvarija i košare ([Jasmina, 2013](#)). U uronjenu košaru se stavilo mužjake, a ženke se stavilo u posebnu plastičnu perforiranu posudu koja je bila uronjena u košaru s mužjacima. Na taj je način onemogućen fizički kontakt mužjaka i ženki do početka pokusa.

### 3.2.3. Mriještenje

Optimalan omjer mužjaka i ženki za mrijest je 2:1 u korist mužjaka. U jednom akvariju za mrijest stavilo se 4 mužjaka i 2 ženke. Ostatak riba (također 4 mužjaka i 2 ženke), ostao je u glavnom akvariju za sljedeći mrijest.

Početak procesa mriještenja je rano ujutro, kada se oslobode ženke iz perforirane posude uronjene u akvariju za mrijest, i upali svijetlo. Ubrzo mužjak natjerava ženku, dok joj se konačno ne približi, i u tom trenutku ženka polaže jajašca koje mužjak istovremeno i oploduje. Radi sprječavanja mogućeg razvoja plijesni i gljivica koje bi mogle uništiti razvoj jajašaca, kapnulo se 1-2 kapi sredstva Sera/Mycopur.

### 3.2.4. Mikroskopiranje jajašaca

Tijekom dana više se puta kontrolirala pojava mogućih jajašaca na dnu akvarija. Ako su na dnu bila vidljiva jajašca onda ih se vadilo pomoću negativnog tlaka u gumenoj cijevi kojom su se jajašca „usisavala“ s dna u posudu.

Iz posude su se jajašca vadila uz pomoć pipete i stavljala u petrijevu zdjelicu te ih se promatralo pod mikroskopom.

Jajašca su se brojala i odvajala živa od koaguliranih, odnosno mrtvih (već okom vidljivih kao neprozirne bijele kuglice). Živa jajašca su se stavljala u jažice plastičnih ploča u 1ml vode iz akvarija, i narednih se sati, uz pomoć mikroskopa , pratio njihov embrionalni razvoj i određivala faza razvoja.

Uz klasično mikroskopiranje, različite faze razvoja jajašca snimala su se s posebnim USB mikroskopom (MicroCapture, verzija 2.0) koji je bio priključen na kompjutor.

### 3.2.5. Obrada rezultata

Bilježila su se sva provedena mjerenja (broj jajašaca, oplođena, neoplođena, razvojna faza).

Rezultati su statistički obrađeni (postotak živih i mrtvih jajašaca na ukupan broj jajašaca unutar svake skupine) i grafički prikazani. Statistička obrada podataka i grafikoni izrađeni su uz pomoć programa Microsoft Office Excel 2007.

## 4. REZULTATI

Provedeno je sedam ciklusa mriještenja u periodu od 3 mjeseca pri čemu se brojio ukupan broj jajašaca i mikroskopski određivala njihova kvaliteta (živa ili koagulirana jajašaca). Ispitivanja su se provodila na dvije grupe zebrića: jedna grupa koja je bila smještena u sobi bez izravnog utjecaja Wi-Fi zračenja (grupa 1 ili kontrola) i druga grupa koja je bila izložena izravnom zračenju Wi-Fi routera (grupa 2 ili Wi-Fi grupa).

### 4.1. Broj jajašaca

Ukupan broj jajašaca u kontrolnoj grupi je bio 554 (Tablica 1), a u Wi-Fi grupi 462 (Tablica 2). Razlika od 92 jajašaca predstavlja 16,6% manje jajašaca u Wi-Fi grupi u odnosu na kontrolnu grupu.

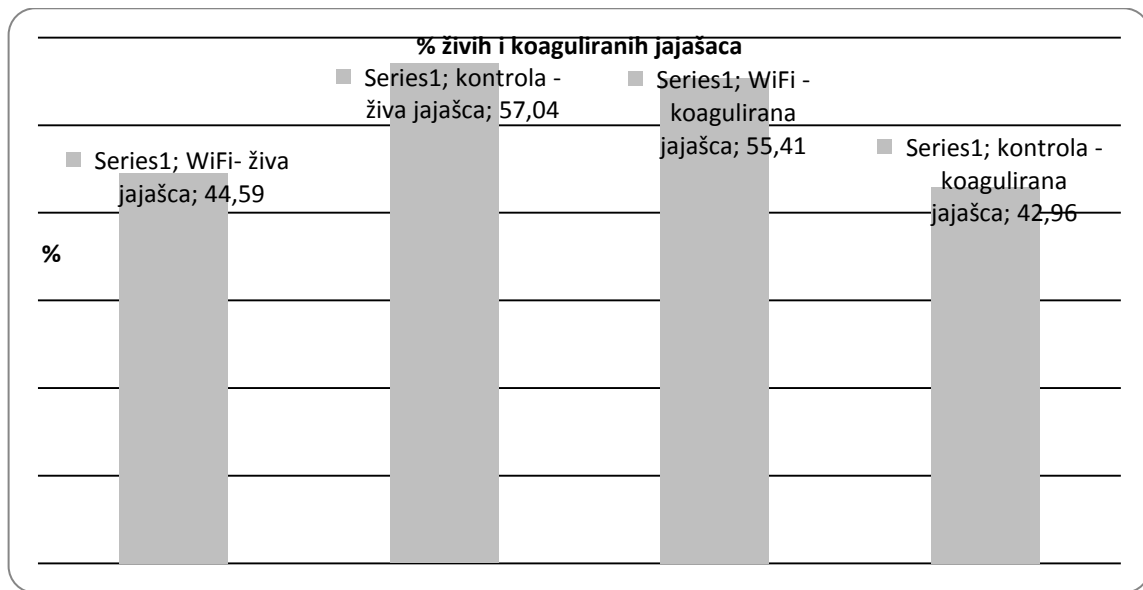
Radi bolje usporedbe i preglednosti rezultata, ukupan broj živih i koaguliranih jajašaca iz obje grupe preračunao se u postotak živih i koaguliranih jajašaca po ukupnom broju jajašaca (Grafikon 1). U kontrolnoj grupi živih je jajašaca u odnosu na ukupan broj jajašaca 57,04%, koaguliranih jajašaca 42,96%. U Wi-Fi grupi živih je jajašaca u odnosu na ukupan broj jajašaca 44,59%, koaguliranih 55,41%. Kontrolna grupa je imala veći udio živih jajašaca na ukupnu količinu jajašaca u odnosu na ribe iz Wi-Fi grupe (110 jajašaca tj. 12,45%). Rezultati su se također razlikovali i po postotku broja koaguliranih jajašaca. Veći udio koaguliranih jajašaca, razlika od 12,05 %, je zabilježena kod Wi-Fi grupe riba u odnosu na kontrolnu grupu.

Tablica 1. Rezultati broja jajašaca kontrolne grupe (grupa 1) po ciklusima mriješta u periodu od 3 mjeseca

Kontrola (grupa1)	ukupan broj jajašaca	broj živih jajašaca	broj koaguliranih jajašaca
1. mrijest	128	82	46
2. mrijest	122	74	48
3. mrijest	94	48	46
4. mrijest	96	54	42
5. mrijest	54	34	20
6. mrijest	40	14	26
7. mrijest	20	10	10
<b>UKUPNO</b>	<b>554</b>	<b>316</b>	<b>238</b>

Tablica 2. Rezultati broja jajašaca Wi-Fi grupe (grupa 2) po ciklusima mrijesta u periodu od 3 mjeseca

Wi-Fi grupa (grupa2)	ukupan broj jajašaca	broj živih jajašaca	broj koaguliranih jajašaca
1. mrijest	112	68	44
2. mrijest	90	50	40
3. mrijest	90	30	60
4. mrijest	82	40	42
5. mrijest	58	8	50
6. mrijest	30	10	20
7. mrijest	0	0	0
<b>UKUPNO</b>	<b>462</b>	<b>206</b>	<b>256</b>

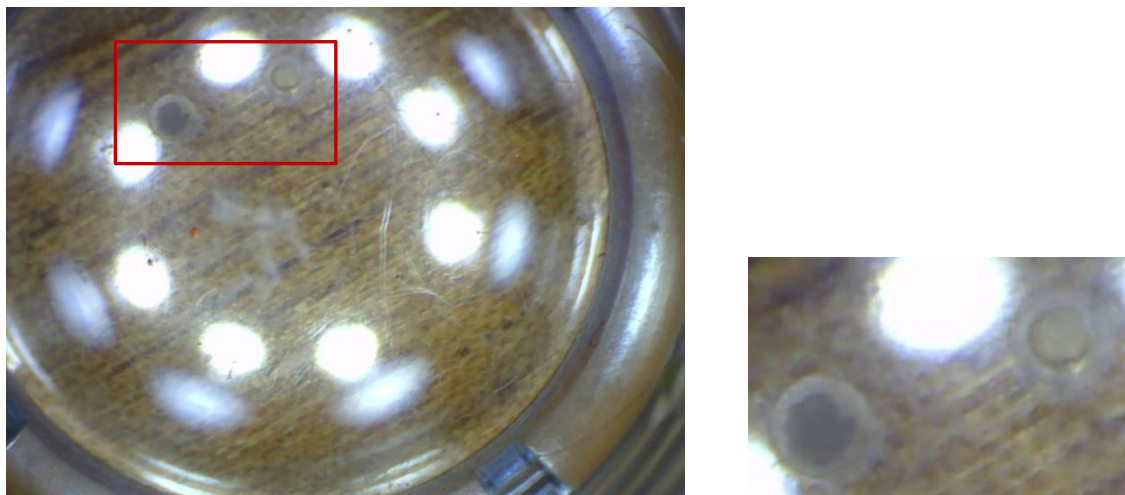


Grafikon 1. Srednja vrijednost postotaka živih i koaguliranih jajašaca na ukupan broj jajašaca u kontrolnoj (grupa 1) i Wi-Fi grupi (grupa 2) u periodu od 3 mjeseca (7 ciklusa mrijesta).

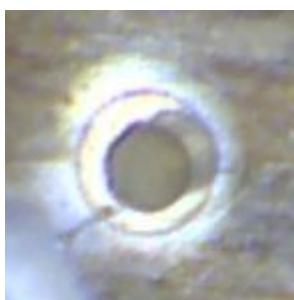
#### 4.2. Faze embrionalnog razvoja jajašaca

Usporedno s brojanjem jajašaca, pomoću mikroskopa se pratio embrionalni razvoj jajašaca unutar 72 sata od početka mriještenja (Fotografije 3, 4, 5, 6a, 6b i 7).

Osim razlike broja živih i koaguliranih jajašaca unutar ispitivanih skupina ribica (Grafikon 1), razlike u fazama embrionalnog razvoja među skupinama nisu primijećene.



Fotografija 3. U crvenom okviru se vidi koagulirano (lijevo) i živo jajašce (desno) u jažici promatrano i snimljeno USB mikroskopom (MicroCapture, verzija 2.0). Svijetla područja su odsjaji osvjetljenja kamere. Manja fotografija je uvećani prikaz dijela veće fotografije (crveni okvir) u kojem se bolje vidi razvojna faza živog jajašca - zigote u prva 2 sata embrionalnog razvoja (6 staničnih dioba, do 64 stanice).

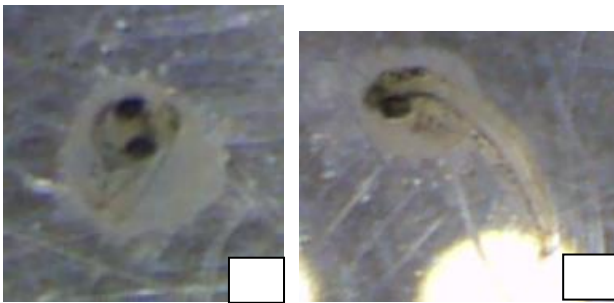


Fotografija 4. Blastula - razvojna faza jajašca u prvim 2-5 sati nakon oplodnje.





Fotografija 5. Stadij odvajanja - razvojna faza jajašca 10-24 sata nakon oplodnje.



Fotografije 6a i 6b. Dva stadija faringule - razvojna faza 24-48 sata nakon oplodnje



Fotografija 7. Izvaljivanje ličinke – 48-72 sata nakon oplodnje

## 5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja učinka Wi-Fi zračenja na ribicama zebicama, opisanim u ovom radu doprinose zapažanjima različitih istraživanja o štetnosti dugotrajne izloženosti živih organizama Wi-Fi zračenju (Indeks/eZd, 2010; Zimmer, 2011; A. F. 2013)

Tijekom pokusa, unutar samo tri mjeseca promatranja, skupina ribica koja je bila 0-24 sata izložena zračenju Wi-Fi rutera imala je 16,6% manje jajašaca od kontrolne grupe ribica (smještene u prostoriji bez Wi-Fi zračenja) (Tablice 1 i 2). Kroz 7 ciklusa mrijesta, ukupan broj jajašaca u obje grupe je konstantno opadao, što je vjerojatno bila posljedica izloženosti učestalom stresu prilikom pripreme za mrijest (hvatanje riba mrežicom po akvariju, premještanje u akvarij za mrijest, odvajanje u istom akvariju po spolu, pa ponovno "spajanje" u zoru idućeg dana pred mrijest). Osim toga, sve su ribice nabavljene od istog dobavljača, iz istog matičnog jata, pa je pretpostavka da su i genetski iscrpljene višestrukim parenjem u srodstvu i prije nego što su ušle u pokus. No, iako je broj jajašaca u obje grupe, iz ciklusa u ciklus kontinuirano opadao, vidljiva je bila razlika u ukupnom broju i kvaliteti jajašaca između grupa što odgovara pretpostavci i spoznaji da dugotrajna izloženost Wi-Fi zračenju može izazvati neplodnost kako muških tako i ženskih jedinki (Anonymus, 2013; Kesari i sur., 2013; Knezovic Prlić, 2014; Šaran, 2013; West i sur., 2013). Istraživanja kod ljudi pokazala su da je jedan od razloga neplodnosti muškaraca oštećenje mitohondrija unutar spermija, a posljedično tome slabija pokretljivost spermija i nemogućnost oplodnje jajne stanice (Šaran, 2013). Osim ukupnog broja jajašaca, razlika među grupama riba je bila vidljiva i u broju živih jajašaca kojih je bilo 12,45% više u kontrolnoj grupi u odnosu na Wi-Fi grupu, (Grafikon 1) što je u skladu s tvrdnjama da DNA snažno reagira na elektromagnetska polja, pri čemu se pojavljuju visoka razina stresnih proteina koje prati razdvajanje spirala i raspad DNA (Šaran, 2013). Mikroskopiranjem i praćenjem faza embrionalnog razvoja (Fotografije 3 - 7) nisu ustanovljene značajne razlike između grupa. Razlog može biti stvarni izostanak mutagenog učinka Wi-Fi zračenja na embrio ili nedovoljno iskustvo autorice rada u procjeni „ispravnosti“ ranih faza embrionalnog razvoja. U svakom slučaju, za daljnja ispitivanja bi bilo najbolje pratiti razvoj, izgled, ponašanje i plodnost potomaka ispitivanih riba.

## 6. ZAKLJUČCI

Iz dosadašnjih spoznaja o elektromagnetskom zračenju bežičnih uređaja na žive organizme, te rezultata tromjesečnog pokusa na ribama zebricama koji su opisani u radu, može se zaključiti da:

1. Kontrolna grupa zebrića (ribe držane izvan izravnog utjecaja Wi-Fi zračenja) imaju 16,6% ukupno više jajašaca od Wi-Fi grupe riba koje su bile izložene izravnom utjecaju Wi-Fi zračenja 0-24 sata.
2. Kontrolna grupa zebrića ima 12,45% više živih jajašaca u odnosu na Wi-Fi grupu riba.
3. Wi-Fi grupa je imala 12,05 % veći udio koaguliranih (mrtvih) jajašaca u odnosu na kontrolnu grupu zebrića.
4. Nisu ustanovljene razlike embrionalnog razvoja jajašaca, u prvih 72 sata od mrijesta, između pokusnih grupa riba.
5. Izloženost elektromagnetskom zračenju kućnog Wi-Fi routera u toku tri mjeseca negativno je utjecala na razmnožavanje riba koje su bile izložene izravnom utjecaju Wi-Fi zračenja 0-24 sata (Wi-Fi grupa).

## 7. SAŽETAK

Tijekom posljednjih nekoliko godina znanstvena i medicinska istraživanja pokazuju da zračenje niskih frekvencija elektromagnetskih valova bežičnih uređaja uzrokuju značajna oštećenja stanica i cjelokupnog organizma živih bića, uključujući i pojavu neplodnosti kako muških tako i ženskih jedinki. U ovom se radu [proučavalo razmnožavanje i kvaliteta jajašaca riba zerbica \(\*Danio rerio\*\) nakon dugotrajnog izlaganja elektromagnetskom zračenju kućnog Wi-Fi routera. Jedan je akvarij s ribicama bio u neposrednoj blizini Wi-Fi routera, a drugi je bio smješten u sobi bez Wi-Fi signala \(kontrolna grupa\)](#). Provedeno je sedam ciklusa mriještenja u periodu od 3 mjeseca pri čemu se brojio ukupan broj jajašaca, mikroskopski određivala njihova kvaliteta (živa ili koagulirana/mrtva jajašca) i embrionalni razvoj unutar 72 sata od mrijesta. Ukupan broj jajašaca u kontrolnoj grupi je bio 554, a u Wi-Fi grupi 462, a razlika je predstavljala 16,6% manje jajašaca u Wi-Fi grupi u odnosu na kontrolnu grupu. Na ukupnu količinu jajašaca kontrolne grupe bilo je 12,45% više živih jajašaca u odnosu na rezultate broja živih jajašaca iz Wi-Fi grupe. Rezultati su se također razlikovali i u postotku broja koaguliranih jajašaca. Za 12,05 % je veći udio koaguliranih jajašaca kod Wi-Fi grupe riba u odnosu na kontrolnu grupu. Mikroskopiranjem i praćenjem faza embrionalnog razvoja nisu ustanovljene značajne razlike između grupa.

Iz ovih se rezultata može zaključiti da su zebrice uzgajane u neposrednoj blizini Wi-Fi routera imale manje jajašaca (ukupni broj i broj živih jajašaca) u odnosu na kontrolu te se može s velikom sigurnošću pretpostaviti da je dugotrajna izloženost elektromagnetskom zračenju kućnog Wi-Fi routera negativno utjecala na njihovo razmnožavanje.

Isto tako, ovaj rad je prvo zabilježeno istraživanje ovakve vrste na ribama zebričama i predstavlja mali, ali značajan doprinos u istraživanju štetnosti Wi-Fi zračenja na razmnožavanje živih bića.

## 8. POPIS LITERATURE

1. A. F. (2013) Šokantan utjecaj zračenja: Nakon ovog više ne spavam s mobitelom u blizini. Srednja.hr. URL: <http://www.srednja.hr/Novosti/Jeste-li-znali/Sokantan-utjecaj-zracenja-Nakon-ovog-vise-ne-spavam-s-mobitelom-u-blizini>. Pristupljeno: 23.10.2013.
2. Anonymus (2013) Mobilni, Wi-Fi i zračenja. Zdravo Don Kihote. URL: <http://zdravodonkihote.blogspot.com/2013/03/mobilni-Wi-Fi-i-zracenja.html>. Pristupljeno: 15.11.2013.
3. Derifaj, D. (2011) Izmjerali smo zračenje u prosječnom stanu. Dnevnik. hr URL: <http://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/provjerite-koliko-ste-svakodnevno-izloženi-zracenju.html> Pristupljeno: 10.12.2013.
4. E. P. (2013) U kojoj mjeri je štetan uticaj elektromagnetnog zračenja? Kodex.me URL:<http://www.kodex.me/vijesti/drustvo/u-kojoj-mjeri-je-stetan-uticaj-elektromagnetnog-zracenja> Pristupljeno: 10.12.2013.
5. Erhardt, J. (2013) Uvod u znanost o laboratorijskim životinjama. URL: [http://www.labanim.hr/wp-content/uploads/2013/01/J.Erhardt\\_Uvod.pdf](http://www.labanim.hr/wp-content/uploads/2013/01/J.Erhardt_Uvod.pdf) Pristupljeno: 14.09.2013.
6. Freman, D. W. (2011) Laptops damage sperm? What Wi-Fi study shows. CBSNEWS URL: <http://www.cbsnews.com/news/laptops-damage-sperm-what-wi-fi-study-shows/> Pristupljeno: 17.11.2013.
7. Havas, M. (2011) International Experts' Perspective on the Health Effects of Electromagnetic Fields (EMF) and Electromagnetic Radiation (EMR). Dr Magda Havas, Ph.D URL: <http://www.magdahavas.com/international-experts%e2%80%99-perspective-on-the-health-effects-of-electromagnetic-fields-emf-and-electromagnetic-radiation-emr/> Pristupljeno: 17.11.2013.
8. Indeks/eZd (2010) Mobilni telefoni ubijaju pčele. EZadar zadarski Internet portal. URL: <http://www.ezadar.hr/clanak/mobilni-telefoni-ubijaju-pcele>. Pristupljeno: 23. 10. 2013.
9. Jasmina (2013) Danio rerio zebrića. Akvarijske-ribe.com URL: <http://www.akvarijske-ribe.com/vrsta.php?tsn=163699>. Pristupljeno: 14.09.2013.
10. Kesari i sur., (2013) Cell phone radiation exposure on brain and associated biological systems. PubMed. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23678539>. Pristupljeno: 17.01.2014.
11. Knezović Prlić, R. (2014) Wi-Fi – nevidljivi ubojica. Nezavisni.hr. URL: <http://www.nezavisni.hr/index.php/vijesti/svijet/item/1788-wi-fi-nevidljivi-ubojica>. Pristupljeno: 27.02.2014.

12. Lakić, M. (2013) Mobiteli i zdravlje. Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko - neretvanske županije. URL: [http://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/okolis\\_i\\_zdravlje/379-ch-0?&l\\_over=1](http://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/okolis_i_zdravlje/379-ch-0?&l_over=1) Pristupljeno: 3.12.2013.
13. [Novak, I. \(2014\)](#) Wi-Fi mreža usmrtila desetogodišnjaka! Nezavisni.hr. URL: <http://www.nezavisni.hr/index.php/vijesti/svijet/item/1379> Pristupljeno: 27.02.2014.
14. Šaran, Lj. (2013) Zračenja iz mobitela i antena uništavaju našu DNK i stvaraju rak. Portal 2012 Transformacija svijesti. URL: <http://2012-transformacijasvijesti.com/alternativna-medicina/zracenja-iz-mobitela-i-antena-unistavaju-nasu-dnk-i-stvaraju-rak>. Pristupljeno: 15.11. 2013.
15. [Šojer, T. \(2013\)](#) Predbožićni poklon za Velikogoričane: Besplatan Wi-Fi u centru grada! Netokracija. <http://www.netokracija.com/velika-gorica-Wi-Fi-61039> Pristupljeno: 7.01.2014.
16. Šrut i Štambuk (2013) Zebrice kao modelni organizam u biološkim istraživanjima URL: [http://www.labanim.hr/wp-content/uploads/2013/01/M.Srut\\_Zebrice.pdf](http://www.labanim.hr/wp-content/uploads/2013/01/M.Srut_Zebrice.pdf) Pristupljeno: 14.09.2013.
17. West i sur., (2013) Multifocal Breast Cancer in Young Women with Prolonged Contact between Their Breasts and Their Cellular Phones. PubMed. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=west+JG+multifocal+brest+cancer+in>. Pristupljeno: 17.01.2014.
18. [Wikipedia \(2013\) Wi-Fi. Wikipedia](#) URL: <http://bs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. Pristupljeno: 13.01. 2014.
19. [WHO \(2011\)](#) Electromagnetic fields and public health: mobile phones. World Health Organisation URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/> Pristupljeno: 23.10.2013.
20. Zimmer, L. (2011) It`s Official- Cell Phones are Killing Bees. Inhabitat. URL: <http://inhabitat.com/its-official-cell-phones-are-killing-bees/>. Pristupljeno: 23.10.2013.