

UČINAK NEIONIZIRAJUĆEG ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA Wi-Fi UREĐAJA NA PAPUČICU (*Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1833.)

SAŽETAK

Cilj istraživanja je bio istražiti učinak RF-EMZ iz Wi-Fi rutera na dvije skupine papučica (*Paramecium caudatum*, Ehrenberg, 1833) smještenih u informatičkoj učionici. Metode korištene u radu bile su: mikroskopiranje 90 preparata iz triju kultura papučica, fotografiranje razlika i sličnosti između njih, određivanje broja papučica, njihove širine i pokretljivosti, pojavnost konjugacije i poprečnih dioba, veličina hranidbenih mjehurića i prisutnost deformacija. Na temelju rezultata vidi se da dulje zračenje uzrokuje sužavanje stanica papučica, smanjuje njihov broj i pokretljivost te veličinu hranidbenih mjehurića. Zračenje vjerojatno uzrokuje i deformaciju stanica papučica i smanjuje mogućnost konjugacija između jedinki.

Ključne riječi: ruter, brojnost, pokretljivost papučica, procjena širine papučica, hranidbeni mjehurići, konjugacija, poprečna dioba

UVOD I OBRAZLOŽENJE TEME

Wi-Fi tehnologija pomoću rutera omogućuje povezivanje s internetom bez žica. Kad je u funkciji, ruter proizvodi magnetsko polje koje je otprilike jednako onom koje stvaraju mobiteli te emitira zračenje koje apsorbira organizam. Takvom zračenju izloženi smo u školi, kod kuće i drugim mjestima (<https://zivim.hr/ucim/wi-fi-je-opasan-za-zdravlje/>).

Prirodno neionizirajuće elektromagnetsko zračenje (RF-EMZ) uglavnom je sa Sunca. Mobiteli, računala, tableti, bežični kućni telefoni, bežični ruteri i ostali uređaji za bežičnu komunikaciju stvaraju elektromagnetsko polje frekvencije od 100 kHz do u 300 GHz. Neionizirajuće zračenje izaziva biološke učinke kao što su zagrijavanje, mijenjanje kemijskih reakcija ili induciranje električnih struja u ljudskim tkivima i stanicama (Cindrić, 2015).

Funk i sur. (2007) dokazali su da RF-EMZ uzrokuje promjene u transportu iona kroz staničnu membranu ljudskih stanica. Tang J. i sur. (2015) izlagali su 108 muških miševa polju od 900 MHz tijekom 14 do 28 dana, 3 sata dnevno. Dokazano je da navedeno zračenje može značajno narušiti memoriju te izazvati brojna kognitivna oštećenja i molekularne promjene miševa. Postotak smrtnosti štakora nakon izlaganja frekvenciji mobilnog telefona istraživali su Adang i sur. (2009). Oni su dokazali da izlaganje štakora u trajanju od dva sata dnevno tijekom 18 mjeseci uzrokuje 60 % veću smrtnost u odnosu na kontrolnu skupinu štakora. Uporaba mobilnog uređaja u aktivnom stanju dolaznog poziva (tzv. zvonjava) uzrokuje poteškoće kretanja mravi i njihov povratak u mravinjak (Rachidi i sur., 2009). Promjene izgleda i oblika nakon izlaganja RF-EMZ, tijekom dolaznog poziva mobitela, uočene su i kod papučica (Cammaerts i sur., 2011). Autori su utvrdili da su izložene papučice dolaznom pozivu mobitela u trajanju od dvije minute šire, teže se kreću, a vidljiviji su i hranidbeni mjehurići.

Učenicima i učiteljima u školi pristup internetu omogućuju Wi-Fi ruteri. Također nas sve više upozoravaju na ograničeno korištenje mobitela i računalne tehnologije tijekom dana. S obzirom na navedene rezultate istraživanja interesiralo nas je koliki bi utjecaj moglo imati zračenje rutera u našoj školi na neki živi organizam.

Cilj istraživanja je bio istražiti učinak RF-EMZ iz Wi-Fi rutera na dvije skupine papučica (*Paramecium caudatum*, Ehrenberg, 1833) smještenih u informatičkoj učionici.

Jedna skupina papučica izlagat će se najvećem zračenju, dok će druga biti znatno udaljena od rutera.



Budući da su u prethodno opisanim istraživanjima testirane frekvencije mobilnih uređaja, pretpostavljamo da će i Wi - Fi ruter koji smo koristili u vlastitom istraživanju izazvati slične učinke poput promjena pokretljivosti i oblika papučica. Najveće promjene očekivat će se u skupini papučica koja je u neposrednoj blizini rutera. S obzirom kako s udaljenošću od rutera količina zračenja opada, udaljena skupina papučica od rutera iz informatičke učionice ne bi se trebala razlikovati od kontrolne skupine koja će biti postavljena u učionici iz biologije. Nismo pronašli literaturne podatke o utjecaju zračenja Wi-Fi rutera na papučice, stoga nam je ovo istraživanje bilo još zanimljivije.

Za potrebe ovog istraživanja koristili smo papučice jer su jednostanični organizmi koji se lako uzgajaju i promatraju školskim svjetlosnim mikroskopom.

Papučice (*Paramecium caudatum*, Ehrenberg, 1833) su protoktisti, heterotrofni jednostanični organizmi koji imaju stalan oblik tijela. Tijelo im je obavijeno prozirnom membranom (pelikulom) na kojoj se nalaze brojne trepetljike za kretanje. Imaju stanična usta na koja se nastavlja stanično ždrijelo. Tu se stvaraju hranidbeni mjehurići koji odlaze u citoplazmu. Dišu difuzijom plinova preko površine tijela. Imaju veliku i malu staničnu jezgru. Papučice se najčešće razmnožavaju poprečnom diobom stanica (nespolno). Kod njih se javlja i tzv. spolno razmnožavanje koje omogućuje pojavu jedinke s novim kombinacijama nasljednih obilježja, a time i bolju prilagodljivost na životne uvjete u okolišu. Dvije papučice se spoje malim citoplazmatskim mostom u području staničnih usta. Svaka spojena papučica kroz mostić šalje dio male jezgrice u citoplazmu druge stanice i tako izmjenjuju genetički materijal. Ti se djelići kasnije spajaju s nepokretnim dijelom male jezgrice druge papučice. Proces se zove konjugacija. Cijeli proces traje nekoliko sati. Smatra se da konjugacija pomlađuje jedinke koje su se dugo razmnožavale dijeljenjem i da je to potrebno kako bi se nastavila obična poprečna dioba (Bačić i Erben,1997)

METODE RADA

Metodologija koja je opisana u ovom radu primjenjena je u razdoblju od 5. veljače do 27. veljače 2019. godine. Za potrebe ovog istraživanja izvedeni su u dva navrata probna istraživanja (11. i 12. mjesec 2018. godine).

Kao pokusni organizam na kojem su promatrani učinci zračenja korištena je kultura papučica (*Paramecium caudatum*, Ehrenberg, 1833) koja je razdijeljena u tri dijela te postavljena u učionice informatike i biologije.

Održavanje i priprema kulture papučice za istraživanje

Kulturu papučice u školi održavamo tako da svaka dva tjedna ubacimo kvadratić suhe kore banane 1 cm x 1 cm. Suha kora banane dobivena je sušenjem svježje kore na radijatoru. Staklenka s papučicama mora biti otklopljena zbog difuzije kisika. Prema potrebi u staklenku se dolijeva odstajala vodovodna voda. Staklenka s kulturom izložena je sobnoj temperaturi (20 – 25 °C) i nalazi se na prozorskoj dasci u učionici iz biologije.

Za potrebe istraživanja uz kulturu papučice bilo je potrebno: tri prozirne staklenke, odstajala vodovodna voda i osušena kora banane čuvana u papirnoj vrećici. Kultura papučica lagano je promiješana kako bi se papučice što ravnomjernije rasporedile po staklenci. U svaku od tri staklenke



menzuroj je uliveno po 100 mL kulture papučice i 200 mL odstajale vodovodne vode. Dakle svaka je staklenka sadržavala 300 mL kulture papučice. Nožem i ravnalom izrezane su suhe kore banane dimenzija 1 cm x 1 cm. Po četiri takva kvadratića ubačeni su u svaku od tri staklenke s kulturom papučice kako bi dobili veći broj papučica potrebnih za istraživanje za koje je predviđeno trajanje od oko mjesec dana.

Slika 1 Potrebni pribor za istraživanje

Položaj kultura papučica za istraživanje

5. veljače slučajnim odabirom dvije su staklenke s papučicama postavljene u učionicu iz informatike. Jedna staklenka je postavljena uz Wi-Fi ruter na udaljenosti 7 cm od antene te je izlagana zračenju mjesec dana, **osim u šest navrata kad je istraživana kultura papučica u vremenu oko dva školska sata** (Slika 2). Druga staklenka s papučicama je postavljena na ormar koji se nalazi na suprotnom kraju učionice **na udaljenosti oko 8 m** (Slika 2). Obje su se skupine papučica nalazile u istim uvjetima (količina hrane, svjetlosti, temperature od 22-26 °C). Treća staklenka **s papučicama** nalazila se u učionici iz biologije u kojoj nema WI-FI rutera (Slika 3). Podvrgnuta je istim uvjetima kao u učionici iz informatike (ista količina hrane, svjetlosti i temperature).



Slika 2 Položaji neozračenih i ozračenih papučica Wi-Fi ruterom u učionici informatike



Slika 3 Položaj kontrolne skupine papučica u učionici iz biologije

Određivanje količine zračenja Wi-Fi rutera

Wi-Fi ruter korišten u istraživanju je bio Wireless N Router, TP – LINK (model TL- WR740N). Ruter je konstantno uključen i ne gasi se. Mjerenje jakosti električnog polja i gustoće snage radiofrekvencijskog zračenja Wi-Fi rutera frekvencije od 2,4 GHz izmjereno je prijenosnim mjeračem elektromagnetskog polja marke EXTECH, model EMF450. Mjerač EXTECH obuhvaća raspon mjerenja frekvencija od 50 Hz do 3,5 GHz s očitavanjem gustoće snage u rasponu od 0,02 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ do 554,6 mW/m^2 , odnosno očitavanjem jakosti električnog polja u rasponu od 36,1 mV/m do 14,46 V/m . Jakost električnog polja i gustoća snage radiofrekvencijskog zračenja Wi-Fi rutera mjerena je u tri navrata. Prilikom svakog od tri mjerenja (Slika 4) izmjerena je približno jednaka jakost električnog polja. Prosječne izmjerene jakosti zračenja Wi-Fi rutera upisane su u Tablici 1.



Tablica 1 Prosječna jakost električnog polja i gustoća snage radiofrekvencijskog zračenja Wi-Fi rutera kojoj su izložene pojedine skupine papučica

	Prosječna jakost el. polja (E) mV/m	Prosječna gustoća snage (S) $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Ozračena skupina u učionici iz informatike	386,14	395,5
Neozračena skupina u učionici iz informatike	96,89	24,9
Kontrolna skupina u učionici iz biologije	96,89	24,9



Slika 4 Mjerenje zračenja

Priprema mikroskopskih preparata

Pri mikroskopiranju koristili smo predmetna i pokrovna stakalca (15 mm x 15 mm), iglice za mikroskopiranje, 2 mikroskopa marke Bresser GmbH, 3 kapaljke za svaku skupinu papučica. Svaka skupina papučica prije mikroskopiranja dobro je promješana kako bi se što ravnomjernije rasporedile po staklenci. Pri svakom mikroskopiranju uzorkovano je po 5 kapljica iz svake skupine (15 kapljica ukupno). Slučajno odabrane kapljice bile su približno jednake i imale promjer 1 cm ???. Nakon kapanja na predmetno stakalce stavljana je pokrovnica 15mm x15mm. Sveukupno je napravljeno 90 mikroskopskih preparata (6 promatranja x 15 predmetnica = 90).

Prebrojavanje papučica u mikroskopskim preparatima

Svaki promatrani dan, iz svake skupine papučica, prvo je praćen njihov broj na površini pokrovnice 15 mm x 15 mm. Nakon izoštravanja slike od 40 x, a pomicanjem vijka stolića, jednostavno su prebrojavane papučice od donjeg ruba pokrovnice pa do gornjeg i tako redom po cijeloj njenoj površini od 225 mm². Nismo imali mogućnosti za precizniji način prebrojavanja. Broj papučica je približno prebrojavan u pet slučajno odabranih kapljica iz iste skupine. Potom je izračunat prosječni broj koji približno ukazuje na broj prisutnih papučica u skupini 1., 2. ili 3:

$$\text{Prosječni broj papučica} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5}{5} \quad - N_1 - N_5 - \text{broj papučica u preparatu}$$

Rezultati će biti prikazani grafički.

Fotografiranje papučica i obrada fotografija



Slika 5 Školski mikroskopi marke Bresser

Papučice su fotografirane kroz okular mobitelom Samsung Galaxy A5 (2016) preko okulara mikroskopa na povećanjima od 400 x i 1000x. Fotografije su na računalu izrezivane tako da njihova veličina bude približno jednaka kako bi se mogle usporediti promatrane skupine papučica.

Fotografije papučica bit će prikazane tablično.

Istraživanje razlika između promatranih skupina papučica



Izravno preko mikroskopa, potom mobitela i računala uspoređivani su oblici ozračenih i neozračenih papučica.

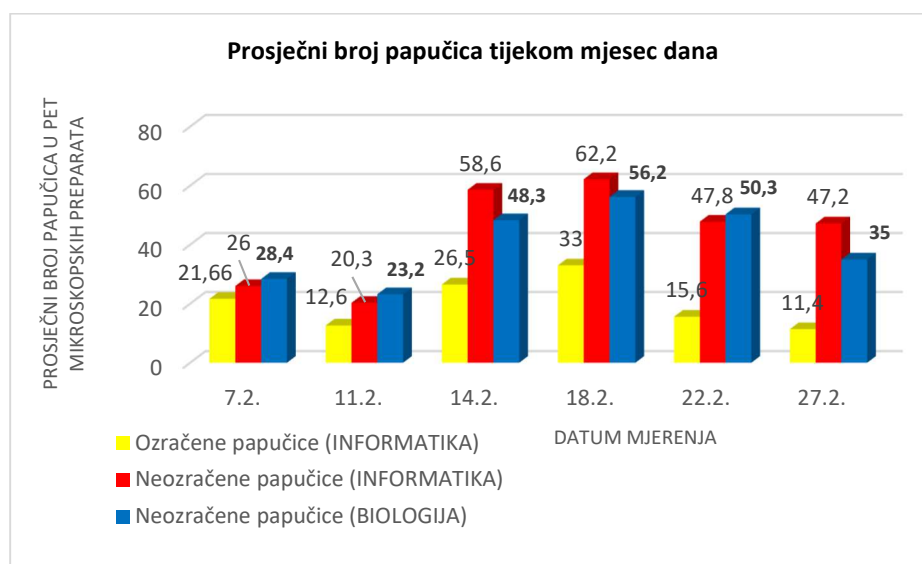
ODREĐIVANJE POKRETLJIVOSTI PAPUČICA – Pokretljivost se procjenjivala usporednim promatranjem dva preparata na dva mikroskopa. Svih pet slučajno odabranih kapljica od svake skupine papučica iz informatičke učionice usporedno je promatran s kapljicama kontrolne skupine iz učionice biologije. Ako se ne uočavaju bitne razlike u kretanju između dviju skupina dodjeljuje se ukupno 3 boda. Ako se procjeni da se oko 50 % promatranih papučica sporije kreću dodjeljuje se 2 boda, a ako se pretežno sporije kreću 1 bod. Rezultati će biti prikazani grafički.

ODREĐIVANJE ŠIRINE PAPUČICA – Širina papučica prvo je promatrana na mikroskopu uspoređivanjem preparata papučica iz informatičke učionice usporedno s kontrolnom skupinom iz učionice biologije. Dodatno su se razlike istraživale na dobivenim fotografijama. **Ako je većina papučica podjednake širine dodjeljuje se nema većih razlika u većini prisutnih papučica dodjeljuje se 5 bodova. Ako su podjednako užih i širih 3, ako ih je većina prisutnih uža 1 bod.** Rezultati će biti prikazani grafički i tablično pomoću slika.

OSTALA PROMATRANJA – Prilikom prebrojavanja papučica broji se i prisustvo konjugacija i poprečnih dioba u sve tri skupine. Rezultati će se prikazati grafički. Mikroskopiranjima promatrane su i razlike u broju hranidbenih mjehurića u citoplazmi papučica. U nekim slučajevima uočavane su i neki neobični oblici papučica koje znatno odstupaju od ostalih promatranih.

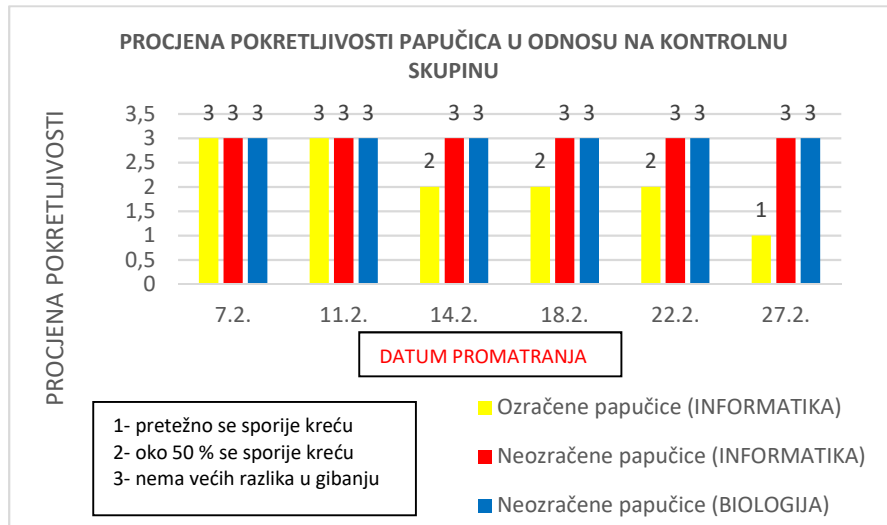
REZULTATI

Prvo promatranje papučica bilo je 7.2., dva dana nakon početka istraživanja. Na Slici 6 vidi se da u početku istraživanja nema većih razlika u brojnosti. Deveti dan i sve do kraja istraživanja značajno je manji broj ozračenih papučica u odnosu na ostale dvije skupine.

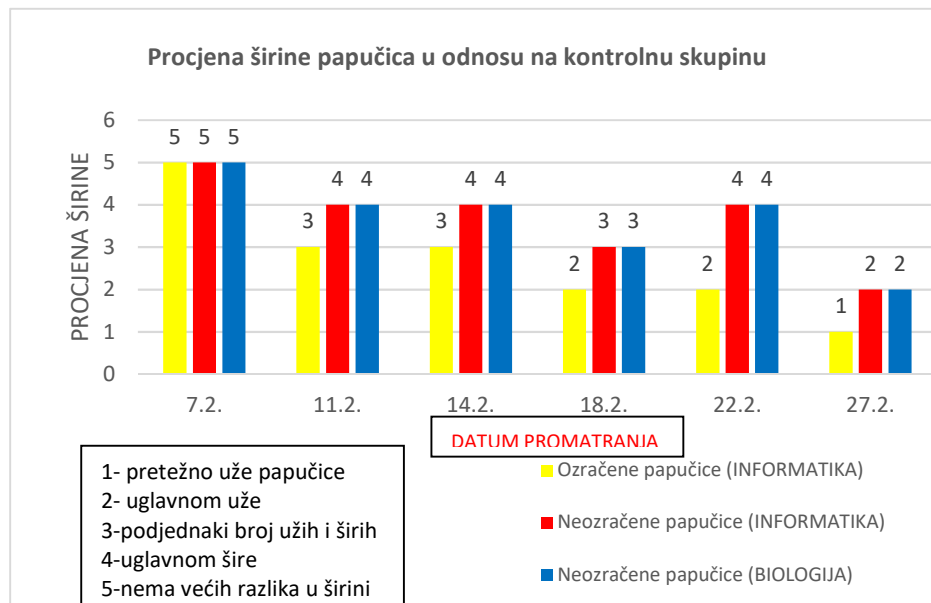


Slika 6 Broj papučica tijekom istraživanja

Na Slici 7 vidi se kako opada pokretljivost ozračenih papučica u odnosu na druge dvije skupine



Slika 7 Procjena pokretljivosti papučica tijekom istraživanja



informatike i biologije.

Na Slici 8 nakon 6 dana od početka istraživanja, a usporednom procjenom slučajno odabranih uzoraka iz svake skupine papučica i analizom fotografija prikazanih u Tablici 2, širina ozračenih papučica je uže u odnosu na neozračene papučice iz

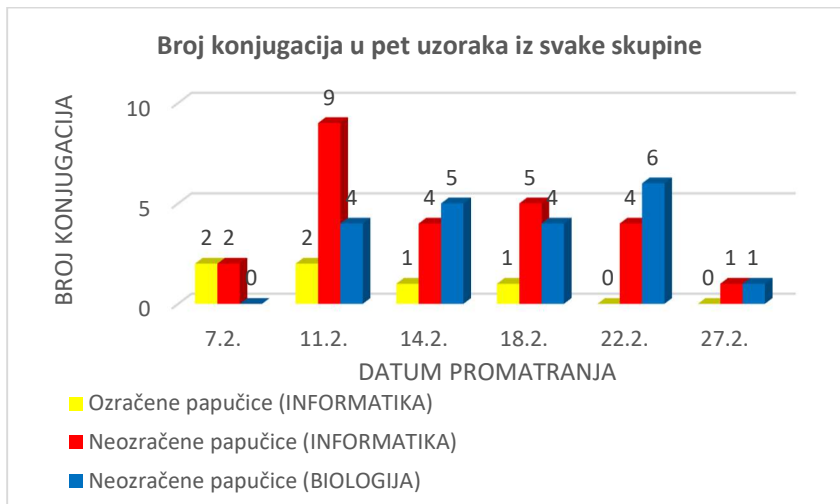
Slika 8 Procjena širine papučica u odnosu na kontrolnu skupinu u pet slučajnih uzoraka

U Tablici 2 unesene su fotografije najčešćeg oblika papučica u pet mikroskopskih preparata iz svake istraživane skupine. 18.2. uspješno su fotografirane tri konjugacije kod neozračenih papučica, a 22.2. vidi se i poprečna dioba. 27.2. mogu se primijetiti uži oblici kod svih papučica.

Tablica 2 Oblici papučica koje prevladavaju u slučajno odabranim uzorcima u istraživanim skupinama papučica na povećanju od oko 1000 puta

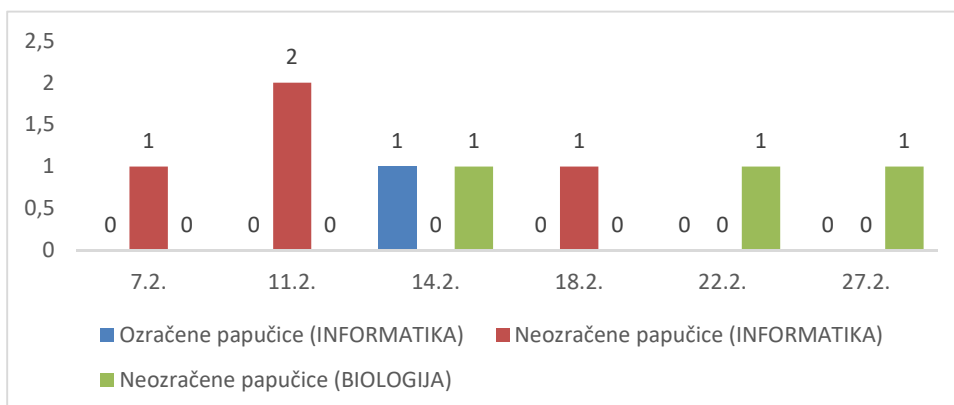
	DATUMI PROMATRANJA		
	7.2.	11.2.	14.2.
Ozračene papučice (INFORMATIKA)			
Neozračene papučice (INFORMATIKA)			
Neozračene papučice (BIOLOGIJA)			
	DATUMI PROMATRANJA		
	18.2.	22.2.	27.2.
Ozračene papučice (INFORMATIKA)			
Neozračene papučice (INFORMATIKA)			
Neozračene papučice (BIOLOGIJA)			

Na Slici 9 vidi se kako nakon sedam dana istraživanja nije uočena konjugacija između papučica ozračene skupine dok u ostale dvije njihov broj je podjednak



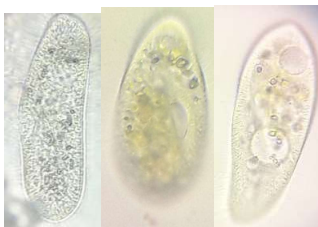
Slika 9 Broj konjugacija tijekom istraživanja

Na Slici 10 vidi se kako je tijekom istraživanja rijetko uočena poprečna dioba ozračenih papučica.



Slika 10 Broj poprečnih dioba tijekom istraživanja

Od 14.2. do 22.2. paralelnim mikroskopiranjem i uspoređivanjem veličine i broja hranidbenih mjehurića uočeno je da je njihov broj veći i vidljiviji su kod neozračenih papučica. Kod ozračenih koje su znatno tanje kao da ih nema ili se vide kao točkice. Primjeri takvih papučica vide se na Slici 11.



Slika 11 Ozračena (1) i neozračena papučica (2) iz informatike te iz biologije (3) (povećanje oko 1000 puta)



Slika 12 Neuobičajeno velika i deformirana ozračena papučica (povećanje oko 1000 puta)



22.2. mikroskopiranjem je uočena vrlo velika i izgledom neuobičajena papučica prikazana na Slici 12.

RASPRAVA

Nedostaci na kraj

Rezultati našeg istraživanja zračenja rutera na papučice pokazali su sličnost kao i utjecaj mobilnog uređaja na kretanja mrava (Rachidi Z. i sur., 2009.). Sličnost s mobilnim uređajem se vidi i u nastalim promjenama izgleda i oblika nakon izlaganja RF-EMZ kao i u istraživanjima Cammaerts i sur. 2011. U istraživanjima su naveli da dolazni poziv mobitela od dvije minute uzrokuje bolju vidljivost hranidbenih mjehurića, težu pokretljivost i veću širinu papučica. Naše istraživanje je pokazalo da dulje zračenje uzrokuje sužavanje stanica papučica te smanjuje broj i veličinu hranidbenih mjehurića, a podudarnost postoji u smanjenju njihove pokretljivosti. Također se u našem istraživanju javljaju i neki deformirani oblici koji nisu uočeni u neozračenim skupinama.

Na temelju rezultata možemo reći da je potvrđena pretpostavka da će zračenje Wi-Fi rutera uzrokovati promjene kod ozračenih papučica u odnosu na ostale dvije promatrane skupine. Druga skupina udaljena od rutera u informatici i treća u učionici iz biologije zapravo se bitno ne razlikuju. Naime, neionizirajuće zračenje se smanjuje s udaljenosti od antene rutera, a iznosi zračenja u blizini obiju skupina zapravo su bili isti. Stoga između ovih dviju skupina nisu uočene posebne razlike u broju i oblicima istraživanih papučica što je u skladu s pretpostavkom rada.

Razlog smanjenja broja papučica u ozračenju skupini mogao bi se usporediti s rezultatima koje su naveli Cindrić ili Funk sa suradnicima. Vjerojatno je zračenje utjecalo na promjene u stanicama papučica koje su se prestale dijeliti nakon određenog vremena. Neionizirajuće zračenje rutera moglo je biti i razlog njihovom ugibanju kao što je to uočio Adang i sur. na štakorima koji su ugibali zbog zračenja iz dolaznog poziva mobitela.

Rezultati pokazuju da je u neozračenim skupinama bio veći broj konjugacija između papučica. Kod ozračenih je uočeno da nakon 5-6 dana gotovo da konjugacija nije prisutna. Kao što su Bačić T. i Erben R. naveli da je konjugacija bitna za pomlađivanje i prilagođavanje papučica, kod ozračenih skupina papučica zračenje je vjerojatno uzrokovalo poremećaj te lošiju prilagodljivost na nove životne uvjete kao što je zračenje rutera.

27.2. su u svim skupinama prisutne uglavnom uže papučice što se u neozračenim skupinama može povezati s pomanjkanjem hrane i smanjenjem hranidbenih mjehurića. Kod ozračenih papučica vide se još djelići banane koji su ostali zbog velikog smanjenja broja papučica u toj skupini.

Kao metodološki nedostaci istraživanja mogu se navesti način uspoređivanja oblika stanica ili veličina hranidbenih mjehurića. Uporabom preciznije tehnike promjene bi bile vidljivije. Problem je bio i u fotografiranju papučica mobitelom jer su neke fotografije bile svjetlije ili tamnije, a teško je bilo i izoštravati slike preko okulara. Bio je problem i gibanje papučica u promatranoj kapljici kao i prisustvo još nekih vrsta praživotinja koje su se razvile tijekom istraživanja. Pokušaj da vatom zaustavimo kretanje papučica pokazao se neuspješan jer su se skrivale ispod vlakna vate i teže smo ih prebrojavali i uočavali razlike. Međutim, obzirom na školske uvjete i mogućnosti smatramo da je metodologija primjenjiva i pokazuje zanimljive dobivene rezultate koji su se pojavljivali i u probnim istraživanjima prije ovih navedenih.



ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata možemo zaključiti:

- ❖ uočena je sličnost djelovanja zračenja rutera i mobilnog uređaja na žive organizme
- ❖ neozračene papučice iz učionice informatike i biologije su po svim promatranim karakteristikama slične
- ❖ dulje zračenje uzrokuje sužavanje stanica papučica, smanjuje njihov broj i pokretljivost te veličinu hranidbenih mjehurića,
- ❖ zračenje vjerojatno uzrokuje i deformaciju stanica papučica
- ❖ u neozračenim skupinama bio je veći broj konjugacija koja je bitna za pomlađivanje i prilagođavanje papučica novim uvjetima

LITERATURA

Adang D., Renade C., Vorst A.V. 2009. Results of a long-term low-level microwave exposure of rats, IEEE Trans, Microwave Theor. Techniq. 57: 2488-2497.

Bačić T. i Erben R. 1997. Raznolikost živog svijeta- Udžbenik biologije za II. razred gimnazije, Školska knjiga, Zagreb.

Cammaerts M.C., Debeir O. I Cammaerts R. 2011. Changes in Paramecium caudatum (Protozoa) near a switched-on GSM telephone, Electromagn Biol Med. 30(1):57-66.

Cindrić I. 2015. Djelovanje elektromagnetskog polja na organizam čovjeka. Veleučilište u Karlovcu. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:311/preview>, pristupljeno 16.2.2019.

Funk R. 2008. Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19167986>, pristupljeno 2.1. 2019.

Rachidi Z., Cammaerts M.C., Debeir O. 2009. Morphometric study of the eye of three species of Myrmica (Formicidae). Belg. J-Ent. 10: 81.-91.

Tang J. I sur. 2015. Exposure to 900 MHz electromagnetic fields activates the mcp-1/ERK pathway and causes blood-brain barrier damage and cognitive impairment in rats. Brain res 1601:92-101. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=25598203> pristupljeno 16.2.2019.

Wikipedija. 2019. Papučica. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Papu%C4%8Dica>, pristupljeno 3.1.2019.

Živim.hr.2016. WI-FI je opasan za zdravlje <https://zivim.hr/ucim/wi-fi-je-opasan-za-zdravlje/>, pristupljeno 3.3.2019.



Naslov projekta

Razred