

časopis edukacije biologije

GODIŠTE: 11

BROJ: 1

Prosinac 2025.



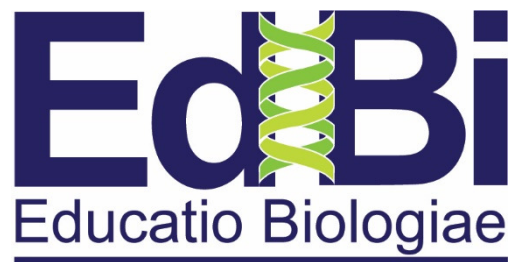
Osnivač i nakladnik:
Hrvatsko biološko društvo
Societas biologorum croatica
Rooseveltov trg 6
10000 Zagreb



Pokrovitelj:
Biološki odsjek
Prirodoslovno matematički fakultet
Sveučilište u Zagrebu
Rooseveltov trg 6
10000 Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Biološki odsjek



Izdavač / Publisher

Hrvatsko biološko društvo/ Croatian Biological Society

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb

URL: <http://www.hbd-sbc.hr/>

E-mail: info@hbd-sbc.hr

SOCIETAS BIOLOGORUM CROATICA



Hrvatsko biološko društvo

ISSN 1849-6520

DOI 10.32633/eb

Uredništvo / Editorial Board

Glavni urednik / Editor-in-Chief

Irena Labak

ilabak@biologija.unios.hr

Operativni urednik / Deputy Editor

Mirela Sertić Perić

mirela.sertic.peric@biol.pmf.hr

Uredništvo / Editors

Irella Bogut

Mila Bulić

Damir Sirovina

Ozrenka Meštrović

Web Editors

Ines Radanović

Renata Horvat, renata.horvat@biol.pmf.hr

EdBi je elektronički časopis na web stranici HBD-a
i izlazi najmanje jednom godišnje

Znanstveni rad		Stranice
1. <i>Irena Labak, Enrih Merdić, Nataša Bušić, Tea Gutić</i> Učinci aktivnosti građanske znanosti na znanje o komarcima i razvoj istraživačkih vještina učenika Effects of citizen science activities on mosquito knowledge and research skills development in students https://hrcak.srce.hr/342985 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.1		1 – 13 14 - 18
2. <i>Marina Balažinec, Ines Radanović</i> Utjecaj istraživačkog kolaborativnog učenja na sadržajno, proceduralno i epistemičko znanje učenika petih razreda The effect of research collaborative learning on fifth graders' content, procedural, and epistemic knowledge https://hrcak.srce.hr/342986 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.2		19 – 30 30
3. <i>Ana Bakarić, Dorotea Vrbanić Lisac, Ines Radanović</i> Izgradnja biološkog aspekta koncepta energije tijekom gimnazijskog obrazovanja Enhancing the biological understanding of energy concepts in high school education https://hrcak.srce.hr/342987 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.3		31 – 40 41
Stručni rad		
4. <i>Katarina Medić, Adriana Ivandić</i> Uloga praktičnih ekoloških radionica i lokalnih aktivnosti na razvoj ekološke svijesti učenika The role of practical ecological workshops and local activities on the development of students' ecological awareness https://hrcak.srce.hr/342988 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.4		42 – 57 57
5. <i>Melita Povalec, Vida Bilogrević Gatolin</i> Od miskoncepcija do prilika za učenje From misconceptions to learning opportunities https://hrcak.srce.hr/343033 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.5		58 – 69 69
Primjer nastavne prakse		
6. <i>Karmela Brčić Đapić</i> Uloga edukacije u borbi protiv antimikrobne rezistencije uz istraživanje literaturnih izvora The importance of education in combating antimicrobial resistance through literature research https://hrcak.srce.hr/342989 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.6		70 – 77 77
7. <i>Ivana Ozimec, Irena Radojčić</i> Poučavanje na osnovu učestalosti konzumacije alkoholnih pića u mladima Teaching based on the frequency of alcohol consumption among young https://hrcak.srce.hr/342990 URL DOI: https://doi.org/10.32633/eb.11.1.7		78 – 82 83

Učinci aktivnosti građanske znanosti na znanje o komarcima i razvoj istraživačkih vještina učenika

Irena Labak, Enrih Merdić, Nataša Bušić, Tea Gutić

Odjel za biologiju, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska

ilabak@biologija.unios.hr; enrih@biologija.unios.hr; ngraovac@biologija.unios.hr; tea.gutic@biologija.unios.hr

SAŽETAK

Aktivnosti građanske znanosti u obrazovnom kontekstu sve se češće prepoznaju kao vrijedan pedagoški pristup jer učenicima omogućuju sudjelovanje u autentičnim istraživačkim procesima povezanim s problemima iz njihova neposrednog okruženja te pridonose razvoju prirodoslovne pismenosti. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinke sudjelovanja učenika u aktivnostima građanske znanosti na znanje o komarcima, razvoj istraživačkih vještina i sposobnost transfera istraživačkog pristupa na novi biološki problem. Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku učenika osnovnih škola iz dviju hrvatskih županija, primjenom kvaziekperimentalnog pretest–posttest dizajna bez kontrolne skupine. Tijekom aktivnosti učenici su sudjelovali u postavljanju klopki za komarce, prikupljanju i bilježenju podataka te osnovnoj analizi rezultata. Učinci aktivnosti ispitani su pisanom provjerom znanja provedenom prije i nakon aktivnosti, pri čemu su zadaci bili razvrstani prema kognitivnim razinama te dodatnim zadacima u završnom testiranju kojima su procijenjene istraživačke vještine i sposobnost transfera. Podaci su analizirani deskriptivnom statistikom, t-testom sparenih uzoraka, korelacijskom i regresijskom analizom. Rezultati su pokazali statistički značajan porast znanja učenika o komarcima nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti, uz visoku vrijednost veličine učinka (Cohenov $d = 0,99$). Pozitivni učinci zabilježeni su na više kognitivnih razina, pri čemu je napredak bio izraženiji na zadacima srednje kognitivne složenosti. Analiza dodatnih zadataka ukazala je na djelomičan, ali smislen razvoj istraživačkih vještina, dok su korelacijske i regresijske analize pokazale da je znanje učenika značajno povezano s razinom istraživačkih vještina i sposobnošću transfera istraživačkog pristupa. Zaključno, rezultati potvrđuju da aktivnosti građanske znanosti predstavljaju učinkovit didaktički pristup u nastavi biologije te imaju značajan potencijal za razvoj sadržajnog znanja i elemenata prirodoslovne pismenosti učenika u formalnom obrazovnom kontekstu.

Ključne riječi: *nastava biologije; prirodoslovna pismenost; istraživačko učenje; istraživački pristup*

UVOD

Aktivnosti građanske znanosti (engl. *citizen science*) najčešće se definiraju kao sudjelovanje javnosti (građana) u znanstvenim istraživanjima (Bonney i sur., 2009a; Harrington, 2019; Shirk i sur., 2012)), pri čemu se u znanstvene procese uključuju osobe koje nisu profesionalno povezane sa znanstvenim institucijama (Haklay i sur., 2021). Takav se pristup primjenjuje u brojnim znanstvenim područjima radi prikupljanja velikih količina podataka, primjerice u istraživanjima bioraznolikosti (Bonney i sur., 2014; Theobald i sur., 2015) te znanstvenicima omogućuje prikupljanje podataka tijekom duljeg vremenskog razdoblja i na širem geografskom području nego što bi to bilo moguće bez sudjelovanja javnosti. Razina uključenosti sudionika u aktivnosti građanske znanosti može varirati, od sudjelovanja u prikupljanju podataka do aktivnog uključivanja u postavljanje istraživačkih pitanja i analizu rezultata (Berndt i Nitz, 2023; Christ i sur., 2022). Uz to, pojedine aktivnosti omogućuju sudionicima pristup relevantnim bazama podataka i povratne informacije o prikupljenim podacima, čime se dodatno potiče njihov angažman.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da aktivnosti građanske znanosti imaju značajan obrazovni potencijal jer mogu poticati razvoj različitih vještina, znanstvene pismenosti i osobnog razvoja sudionika, kao i

povećanje razine znanstvenog znanja i razumijevanja znanstvenih procesa (Phillips i sur., 2014; 2019). Pritom se ističe da je učenje kroz takve aktivnosti učinkovitije kada se pri uključivanju sudionika uzmu u obzir emocionalna, bihevioralna, kognitivna i socijalna iskustva koja prate njihovo sudjelovanje (Somerwill i Wehn, 2022). Takav autentičan znanstveni pristup omogućuje sudionicima aktivno razumijevanje načina na koji se znanstvena znanja stvaraju i provjeravaju, čime se dodatno jača obrazovna vrijednost ovog pristupa (Bonney i sur., 2009b; Brossard i sur., 2005).

U obrazovnom kontekstu, aktivnosti građanske znanosti sve se češće prepoznaju kao vrijedan pedagoški pristup jer učenicima omogućuju aktivno sudjelovanje u istraživačkim procesima povezanim sa stvarnim problemima iz njihova neposrednog okruženja. Učenici pritom mogu sudjelovati ne samo u prikupljanju podataka, nego i u pojedinim fazama osmišljavanja istraživačkih aktivnosti, što doprinosi razvoju znanja, istraživačkih vještina i razumijevanja znanstvenog načina razmišljanja (Roy i sur., 2012). Posebno su značajne aktivnosti građanske znanosti usmjerene na okolišne i ekološke teme jer mogu utjecati na oblikovanje stavova prema prirodi, što ima važnu ulogu u obrazovanju za održivi razvoj (Branchini i sur., 2015; Chase i Levine, 2018). Iako obrazovni ishodi nisu uvijek primarni cilj ovih aktivnosti, istraživanja pokazuju da one mogu doprinijeti razvoju znanstvene pismenosti, povećanju svijesti o znanosti te porastu znanstvenog znanja učenika (Sackey i sur., 2024).

Takav obrazovni potencijal aktivnosti građanske znanosti u skladu je s ciljevima suvremenog prirodoslovnog obrazovanja u Republici Hrvatskoj. U kontekstu hrvatskog obrazovanja u nastavnom predmetu Biologija, prirodoslovna pismenost predstavlja središnju kompetenciju koja se razvija tijekom svih obrazovnih ciklusa, od osnovnoškolskog do visokoškolskog obrazovanja. Prirodoslovna pismenost obuhvaća sposobnost učenika da razumiju prirodne pojave i procese te da ih objašnjavaju primjenom znanstvenog načina razmišljanja. Razvija se kroz istraživačko učenje, pri čemu učenici postupno ovladavaju vještinama opažanja, postavljanja istraživačkih pitanja i hipoteza, prikupljanja i interpretacije podataka te donošenja zaključaka na temelju dobivenih rezultata. Važan dio prirodoslovne pismenosti čini i sposobnost interpretiranja znanstvenih informacija, korištenja znanstvenog jezika te kritičkog promišljanja izvora informacija. Osim toga, prirodoslovna pismenost uključuje razumijevanje prirodoslovnog pogleda na svijet, prema kojem su prirodne pojave objašnjive i predvidljive, kao i uvid u međusobni odnos znanosti, tehnologije i društva (Labak i sur., 2023; MZO, 2019).

Prema Bonney i sur. (2009a), aktivnosti građanske znanosti razlikuju se prema razini uključenosti sudionika u znanstveni proces. Razlikuju se kontributivne aktivnosti, u kojima znanstvenici osmišljavaju istraživanje, a sudionici uglavnom sudjeluju u prikupljanju podataka, kolaborativne aktivnosti, u kojima sudionici uz prikupljanje podataka sudjeluju i u pojedinim fazama analize ili osmišljavanja istraživačkih aktivnosti te zajednički osmišljene aktivnosti, u kojima volonteri i znanstvenici ravnopravno sudjeluju u svim fazama istraživačkog procesa. Iako se s povećanjem uključenosti sudionika često pretpostavlja smanjenje kontrole nad kvalitetom podataka, takve aktivnosti istodobno imaju veći obrazovni potencijal. Razina uključenosti sudionika u aktivnostima građanske znanosti ima pritom izravne implikacije za razvoj prirodoslovne pismenosti jer sudjelovanje u većem broju faza znanstvenog istraživanja omogućuje razvoj razumijevanja znanstvenih procesa, istraživačkih vještina i znanstvenog načina razmišljanja. Sudjelovanje u prikupljanju i analizi podataka, postavljanju istraživačkih pitanja te raspravi o rezultatima omogućuje učenicima učenje temeljeno na načelima znanstvene metodologije, što predstavlja temelj prirodoslovne pismenosti. U tom se kontekstu aktivnosti građanske znanosti

mogu promatrati kao učinkovit pedagoški pristup koji povezuje autentičnu znanstvenu praksu s ciljevima suvremenog prirodoslovnog obrazovanja.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da aktivnosti građanske znanosti mogu imati značajan učinak na znanje učenika iz biologije i prirodoslovlja, osobito kada su povezane s autentičnim problemima iz stvarnog okruženja. Empirijski nalazi potvrđuju da sudjelovanje u prikupljanju podataka, opažanju prirodnih pojava i analizi rezultata može dovesti do statistički značajnog porasta znanja o biološkim i okolišnim temama. Primjerice, Bedoya-Rodríguez i sur. (2024) pokazali su da primjena ovog pristupa, u kombinaciji s multimedijским didaktičkim materijalima, dovodi do značajnog povećanja znanja o bolestima koje prenose komarci, pri čemu sudionici nakon edukativne intervencije bolje razumiju ekološke i biološke aspekte vezane uz vektore bolesti. Takvi nalazi potvrđuju obrazovni potencijal aktivnosti građanske znanosti usmjerenih na javnozdravstveno relevantne teme. Ipak, dosadašnja literatura upućuje i na to da obrazovni ishodi nisu uvijek primarni cilj ovakvih aktivnosti. Sackey i sur. (2024) analizirali su aktivnosti građanske znanosti u Južnoj Africi te utvrdili da se u većini aktivnosti naglasak stavlja ponajprije na prikupljanje podataka, dok su obrazovni ciljevi rjeđe jasno definirani i sustavno vrednovani. Iako se u literaturi često navode porast svijesti o okolišu i bolje razumijevanje znanstvenih procesa kao potencijalni ishodi sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti, autori ističu potrebu za jasnijim uključivanjem obrazovnih ciljeva i formalnih metoda procjene kako bi se pouzdanije utvrdio njihov učinak na učenje sudionika. U istraživanjima koja ispituju doprinos aktivnosti građanske znanosti razvoju temeljnih razumijevanja znanosti i znanstvene pismenosti najčešće se analiziraju varijable poput predmetnog znanja, stavova prema znanosti i/ili okolišu te okolišno odgovornog ponašanja, osobito u aktivnostima s ekološkom ili okolišnom tematikom (Berndt i Nitz, 2023; Gräber i sur., 2002). Kada je riječ o predmetnom znanju kao ishodu ovakvih aktivnosti, u literaturi se razlikuju različite vrste znanja: sadržajno znanje, koje je usko vezano uz kontekst same aktivnosti (npr. znanje o kukcima) te razumijevanje znanosti ili znanje o znanosti, koje ima epistemološku dimenziju i često se operacionalizira kroz koncept prirode znanosti (Lederman, 2007; Urhahne i sur., 2011).

Unatoč rastućem broju istraživanja koja potvrđuju obrazovni potencijal aktivnosti građanske znanosti, u Hrvatskoj postoji tek nekoliko empirijskih radova koji se njima dotiču (npr. Mumelaš, 2025). Ne postoje istraživanja koja se bave aktivnostima građanske znanosti u kontekstu obrazovnih postignuća iz biologije, kao ni ona usmjerena na istraživanje komaraca ili na ispitivanje u kojoj je mjeri stečeno znanje povezano sa sposobnošću primjene istraživačkog pristupa u novim biološkim kontekstima. Stoga je cilj ovog rada bio ispitati učinke sudjelovanja učenika u aktivnostima građanske znanosti na znanje o komarcima, razvoj istraživačkih vještina te sposobnost transfera istraživačkog pristupa na novi biološki problem.

Specifični ciljevi istraživanja bili su istražiti:

- (i) postoji li promjena u znanju učenika o komarcima nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti?
- (ii) kakav je odnos između znanja učenika, istraživačkih vještina i sposobnosti transfera istraživačkog pristupa nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti?

Na temelju navedenih specifičnih ciljeva istraživanja postavljene su sljedeće istraživačke hipoteze:

- (i) učenici će nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti ostvariti statistički značajno više rezultate na testu znanja o komarcima u odnosu na rezultate prije aktivnosti

(ii) viša razina znanja učenika nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti bit će pozitivno povezana s razinom istraživačkih vještina i sposobnošću transfera istraživačkog pristupa.

METODE

Uzorak

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 180 učenika 7. razreda iz pet osnovnih škola od kojih su tri bile iz Osječko-baranjske županije, a dvije iz Vukovarsko-srijemske županije. Uzorak je formiran kao prigodni uzorak.

Dizajn istraživanja i provedba aktivnosti građanske znanosti

Istraživanje je provedeno primjenom pretest–posttest dizajna s jednom skupinom, pri čemu je razina znanja učenika procijenjena pisanom provjerom znanja, koja je provedena u dva navrata: prije provedbe aktivnosti građanske znanosti (pretest) i nakon njezina završetka (posttest). Nakon pretestiranja učenici su sudjelovali u strukturiranoj aktivnosti građanske znanosti usmjerenoj na praćenje komaraca u lokalnom okolišu. Provedba aktivnosti započela je uvodnim dijelom u kojem su učenici, uz vodstvo učitelja, upoznati s ciljevima aktivnosti i osnovnim biološkim obilježjima komaraca. U tu svrhu korištene su unaprijed pripremljene prezentacije i videozapisi kojima su učenicima objašnjeni životni ciklus komaraca, pogodna mjesta i okolišni uvjeti za polaganja jaja te razlozi praćenja njihove brojnosti. Učenici su zatim, prema dobivenim uputama, sudjelovali u postavljanju klopki za komarce u svojem okruženju. Nakon unaprijed određenog vremenskog razdoblja od tjedan dana, učenici su prikupljali uzorke iz klopki, pregledavali pločice pomoću lupe te brojili jajašca komaraca. Dobiveni podatci bilježeni su u unaprijed pripremljene tablice, a učenici su, uz potporu učitelja, analizirali rezultate i raspravljali o uočenim obrascima. Po završetku aktivnosti građanske znanosti provedeno je posttestiranje čime je omogućena usporedba rezultata učenika prije i nakon sudjelovanja u aktivnosti.

Karakteristike instrumenata

Za procjenu znanja učenika o komarcima korištena je pisana provjera znanja konstruirana za potrebe ovog istraživanja. Pisana provjera znanja u pretestiranju obuhvaćala je ukupno 11 zadataka raspoređenih prema kognitivnim razinama po Crooksovoj taksonomiji (1988) u kojoj prva razina predstavlja reproduktivno znanje, druga konceptualno razumijevanje i treća rješavanje problema. U primijenjenoj pisanoj provjeri jedan zadatak ispitao je znanje na prvoj kognitivnoj razini, šest zadataka na drugoj kognitivnoj razini te četiri zadatka na trećoj kognitivnoj razini. U posttestiranju je zadržan isti broj i struktura zajedničkih zadataka, uz dodavanje dvaju zadataka treće kognitivne razine, tako da je pisana provjera znanja korištena u posttestiranju sadržavala jedan zadatak prve kognitivne razine, šest zadataka druge kognitivne razine i šest zadataka treće kognitivne razine.

Zadaci druge kognitivne razine u pisanoj provjeri znanja bili su usmjereni na razumijevanje i primjenu znanja o biologiji komaraca u kontekstu konkretnih situacija. Učenici su u tim zadacima trebali povezivati biološke činjenice s okolišnim uvjetima, tumačiti uzročno-posljedične odnose te primijeniti stečena znanja na problemske zadatke temeljene na svakodnevnim primjerima. Zadaci su uključivali analizu uvjeta pogodnih za razvoj ličinki komaraca, objašnjavanje bioloških obilježja poput disanja ličinki i njihove povezanosti s ponašanjem u vodi, razumijevanje uloge stajaće vode i prirodnih neprijatelja u regulaciji populacije komaraca, kao i primjenu znanja o čimbenicima koji utječu na privlačenje komaraca i izbor prikladnih klopki i mjesta uzorkovanja. Takvi zadaci zahtijevali su od učenika da prepoznaju relevantne informacije, interpretiraju ih i primijene u novom kontekstu, bez potrebe za reprodukcijom izoliranih definicija.

Zadaci treće kognitivne razine u pisanoj provjeri znanja bili su usmjereni na analizu podataka, interpretaciju grafičkih prikaza te donošenje zaključaka i odluka na temelju dostupnih informacija. Učenici su u tim zadacima trebali tumačiti odnose između brojnosti komaraca i različitih čimbenika okoliša, poput godišnjeg doba, temperature i doba dana te povezivati dobivene obrasce s biološkim obilježjima komaraca. Dio zadataka zahtijevao je analizu grafova, usporedbu trendova i procjenu približnih vrijednosti, dok su drugi zadaci uključivali primjenu znanja u problemskim situacijama, primjerice predlaganje preventivnih mjera ili objašnjavanje promjena u brojnosti komaraca na temelju opisanih uvjeta. Takvi zadaci od učenika su zahtijevali integraciju više izvora informacija, logičko zaključivanje i primjenu znanja u novim kontekstima.

U posttestu su, uz zajedničke zadatke, uključena i dva dodatna zadatka usmjerena na procjenu istraživačkih vještina i sposobnosti transfera istraživačkog pristupa. Prvi dodatni zadatak bio je temeljen na opisanoj istraživačkoj situaciji vezanoj uz postavljanje klopki za komarce u različitim okolišnim uvjetima, pri čemu su učenici trebali formulirati istraživačku hipotezu, identificirati i klasificirati varijable te donijeti zaključke na temelju prikazanih podataka. Time se procjenjivala sposobnost razumijevanja osnovnih elemenata istraživačkog procesa, uključujući odnos između neovisnih i ovisnih varijabli te interpretaciju rezultata jednostavnog istraživanja. Drugi dodatni zadatak bio je usmjeren na transfer istraživačkog pristupa na novi biološki problem, pri čemu su učenici trebali primijeniti sličan način razmišljanja na temu ambrozije. U tom zadatku učenici su uspoređivali istraživanje komaraca i ambrozije, prepoznavali zajedničke i različite elemente istraživačkih postupaka te razmatrali mjere za smanjenje negativnog utjecaja ambrozije na zdravlje ljudi. Time se ispitala sposobnost povezivanja znanja, analogijskog razmišljanja i primjene istraživačkih vještina u novom kontekstu koji nije izravno obrađen tijekom aktivnosti građanske znanosti.

Unutarnja konzistentnost pisane provjere je provjerena izračunom Cronbachova koeficijenta alfa na temelju svih zajedničkih stavki testa. Pouzdanost je procijenjena na cjelokupnom skupu podataka kako bi se dobio uvid u stabilnost instrumenta korištenog za pretest i posttest mjerenje znanja. Dodatno je provedena analiza indeksa težine zadataka, pri čemu je za svako pitanje izračunan udio točno ostvarenih bodova u odnosu na maksimalan broj bodova. Indeksi težine korišteni su kako bi se procijenila primjerenost težine zadataka i kvaliteta testa kao mjernog instrumenta (Cohen et al., 2018; Taber, 2018).

Obrađena podataka i statistička analiza

Podaci prikupljeni u ovom istraživanju obrađeni su pomoću statističkog programa IBM SPSS Statistics (verzija 26). Prije provođenja inferencijalnih analiza izračunati su osnovni deskriptivni pokazatelji (aritmetička sredina i standardna devijacija) za sve relevantne varijable.

Za testiranje prve hipoteze, kojom se ispitala promjena znanja učenika nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti, korišten je t-test za zavisne (sparene) uzorke. Ova analiza primijenjena je kako na ukupni rezultat testa znanja, tako i na rezultate zadataka grupiranih prema kognitivnim razinama prema Crooks. Uz testiranje statističke značajnosti razlika, izračunate su i veličine učinka (Cohenov d) kako bi se procijenila jačina utjecaja aktivnosti na znanje učenika.

Za dodatna pitanja koja su bila uključena samo u posttest, a kojima su ispitivane istraživačke vještine učenika i sposobnost transfera istraživačkog pristupa, provedena je deskriptivna statistička analiza. Budući da za ove varijable nije postojao usporedivi pretest, rezultati su prikazani putem aritmetičkih sredina i standardnih devijacija za pojedine dijelove zadataka i za ukupne rezultate.

Kako bi se ispitao odnos između znanja učenika, istraživačkih vještina i sposobnosti transfera znanja, provedena je Pearsonova korelacijska analiza. Korelacijama je analizirana povezanost rezultata na pretestu i posttestu znanja s rezultatima na zadacima koji ispituju istraživačke vještine i transfer istraživačkog pristupa.

Na temelju utvrđenih korelacija, za testiranje druge hipoteze provedene su jednostavne linearne regresijske analize. U regresijskim modelima posttest znanje korišteno je kao prediktorska varijabla, dok su istraživačke vještine i transfer znanja analizirani kao zavisne varijable u odvojenim modelima. Regresijskim analizama procijenjen je doprinos znanja objašnjenju varijance istraživačkih vještina i sposobnosti transfera znanja. Sve statističke analize provedene su uz razinu značajnosti $p < 0,05$.

REZULTATI

Analiza unutarnje konzistentnosti pokazala je da test znanja ima zadovoljavajuću pouzdanost, s vrijednošću Cronbachova koeficijenta alfa $\alpha = 0,73$. Dobivena vrijednost upućuje na prihvatljivu unutarnju konzistentnost autorskog instrumenta koji obuhvaća zadatke različite težine i različitih kognitivnih razina. Indeksi težine zadataka u pretestu kretali su se u rasponu od 0,30 do 0,70, što upućuje na to da su zadaci bili pretežito srednje težine. Ista raspodjela zabilježena je i u posttestu, gdje su indeksi težine za zajednička pitanja također bili u rasponu od 0,30 do 0,70, što sugerira da su zadaci zadržali odgovarajuću razinu težine te ostali prikladni za razlikovanje učenika različitih razina postignuća.

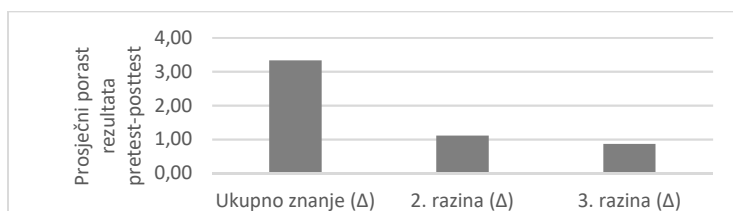
Rezultati t-testa sparenih uzoraka ukazuju na statistički značajan porast znanja učenika nakon sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti (Tablica 1). Učenici su na posttestu ostvarili znatno više bodova ($M = 15,88$; $SD = 3,59$) u odnosu na pretest ($M = 12,54$; $SD = 3,64$), a utvrđena razlika bila je visoko statistički značajna, $t(179) = -13,30$, $p < 0,001$. Prosječni porast iznosio je 3,34 boda (Slika 1), uz veliku veličinu učinka (Cohenov $d = 0,99$), što upućuje na snažan obrazovni učinak provedene aktivnosti. Kako bi se dodatno ispitao učinak aktivnosti na različite razine kognitivnih procesa, provedena je analiza rezultata prema kognitivnim razinama prema Crooksu. U zadacima koji ispituju 2. kognitivnu razinu, koja obuhvaća razumijevanje i primjenu znanja, također je zabilježen statistički značajan napredak učenika (Tablica 1).

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji rezultata učenika prije i poslije aktivnosti građanske znanosti u ukupnom znanju i prema kognitivnim razinama

N = 180	Mjerenje	M	SD
Ukupno znanje	Pretest	12,54	3,64
	Posttest	15,88	3,59
2. kognitivna razina	Pretest	5,56	1,78
	Posttest	6,67	1,89
3. kognitivna razina	Pretest	5,77	2,37
	Posttest	6,64	2,34

Napomena. M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija.

Učenici su na posttestu ($M = 6,67$; $SD = 1,89$) ostvarili više bodova nego na pretestu ($M = 5,56$; $SD = 1,78$), a t-test sparenih uzoraka potvrdio je značajnost razlike, $t(179) = -6,75$, $p < 0,001$. Prosječni porast iznosio je 1,11 bodova (Slika 1), uz srednje veliku veličinu učinka (Cohenov $d = 0,52$). Sličan obrazac, iako s nešto manjim intenzitetom, uočen je i u zadacima koji ispituju 3. kognitivnu razinu, povezanu s analizom i vrednovanjem. Učenici su i na ovoj razini ostvarili statistički značajno više bodova na posttestu ($M = 6,64$; $SD = 2,34$) u usporedbi s pretestom ($M = 5,77$; $SD = 2,37$), što je potvrđeno t-testom sparenih uzoraka, $t(179) = -5,88$, $p < 0,001$. Prosječni porast iznosio je 0,87 bodova (Slika 1), uz srednje veliku veličinu učinka (Cohenov $d = 0,44$).



Slika 1. Prosječni porast rezultata učenika (posttest – pretest) na ukupnom znanju i kognitivnim razinama

Istraživačke vještine učenika procijenjene su zadatkom sastavljenim od četiri dijela koji ispituju postavljanje hipoteze, identifikaciju i klasifikaciju varijabli te zaključivanje iz podataka. Deskriptivni pokazatelji (Tablica 2) upućuju na to da su učenici bili najuspješniji u postavljanju hipoteze ($M = 0,89$; $SD = 0,32$), dok su najveće poteškoće uočene u identifikaciji varijabli ($M = 0,25$; $SD = 0,43$). Složeniji dijelovi zadatka, koji uključuju klasifikaciju varijabli i zaključivanje, pokazali su umjerenu razinu uspješnosti. Ukupno gledano, učenici su na zadatku istraživačkih vještina ostvarili prosječno 3,60 bodova od maksimalnih 9.

Tablica 2. Deskriptivni pokazatelji istraživačkih vještina učenika (posttest)

Istraživačka vještina	N	Max bodova	M	SD
Postavljanje hipoteze	180	1	0,89	0,32
Identifikacija varijabli	180	1	0,25	0,43
Klasifikacija varijabli	180	3	1,04	1,20
Zaključivanje	180	4	1,48	1,26
Ukupna istraživačka vještina	180	9	3,60	2,24

Napomena. M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija.

Transfer znanja i istraživačkog pristupa procijenjen je zadatkom koji je zahtijevao primjenu iskustava iz istraživanja komaraca na problem ambrozije. Deskriptivni pokazatelji (Tablica 3) pokazuju da su učenici u prosjeku ostvarili 2,70 boda od mogućih 6, uz relativno veliku varijabilnost rezultata ($SD = 1,86$). Učenici su bili uspješniji u procjeni učinkovitih mjera za smanjenje problema ($M = 1,19$; $SD = 0,88$) nego u prepoznavanju zajedničkih obilježja istraživanja komaraca i ambrozije ($M = 1,50$; $SD = 1,30$), što upućuje na to da je konceptualni transfer istraživačkog pristupa zahtjevniji od primjene pojedinačnih rješenja.

Tablica 3. Deskriptivni pokazatelji zadatka koji ispituje transfer znanja i istraživačkog pristupa

Istraživačka vještina	N	Max bodova	M	SD
Prepoznavanje zajedničkih obilježja istraživanja (komarci-ambrozija)	180	4	1,50	1,30
Procjena učinkovitih mjera za smanjenje problema	180	2	1,19	0,88
Ukupno: Transfer istraživačkog pristupa	180	6	2,70	1,86

Napomena. M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija.

Kako bi se ispitao odnos između znanja učenika i njihovih istraživačkih vještina te sposobnosti transfera znanja, provedena je Pearsonova korelacijska analiza (Tablica 4). Rezultati su pokazali umjerenu do jaku pozitivnu povezanost između rezultata na pretestu i posttestu znanja ($r = 0,57$, $p < 0,001$), što upućuje na stabilnost individualnih razlika u znanju. Nadalje, utvrđena je umjerena pozitivna povezanost između znanja i istraživačkih vještina, pri čemu je povezanost bila izraženija za posttest znanje ($r = 0,43$, $p < 0,001$) nego za pretest znanje ($r = 0,37$, $p < 0,001$). Sličan obrazac uočen je i u odnosu znanja i transfera istraživačkog pristupa, gdje su korelacije također bile umjerene i statistički značajne ($0,40 \leq r \leq 0,43$, $p < 0,001$). Također, istraživačke vještine pokazale su umjerenu pozitivnu povezanost s transferom znanja ($r = 0,45$, $p < 0,001$), što upućuje na to da su učenici s razvijenijim istraživačkim vještinama uspješniji u primjeni istraživačkog pristupa u novom kontekstu.

Tablica 4. Povezanost između znanja učenika i njihovih istraživačkih vještina te sposobnosti transfera znanja

Varijabla	1	2	3	4
1. Pretest znanje	—			
2. Posttest znanje	0,57***	—		
3. Istraživačke vještine (Z12)	0,37***	0,43***	—	
4. Transfer znanja (Z13)	0,40***	0,43***	0,45***	—

Jednostavnom linearnom regresijskom analizom ispitan je doprinos posttest znanja objašnjenju istraživačkih vještina učenika (Tablica 5). Regresijski model pokazao se statistički značajnim, $F(1, 178) = 39,27$, $p < 0,001$, pri čemu je posttest znanje objasnilo 18 % varijance istraživačkih vještina ($R^2 = 0,18$). Posttest znanje pokazalo se značajnim prediktorom istraživačkih vještina ($\beta = 0,43$, $p < 0,001$), što upućuje na to da učenici s višom razinom znanja ostvaruju i više rezultate na zadacima koji ispituju istraživačke vještine.

Tablica 5. Regresijski model za istraživačke vještine

Model	β
Posttest znanje	0,425***
$R^2 = 0,181$	
$F(1,178) = 39,27***$	

Napomena. Prikazane su standardizirane regresijske težine (β). ** $p < 0,001$.

Jednostavnom linearnom regresijskom analizom ispitan je doprinos posttest znanja objašnjenju uspješnosti učenika u zadatku koji ispituje transfer istraživačkog pristupa na novi biološki problem (ambrozija) (Tablica 6). Regresijski model pokazao se statistički značajnim, $F(1, 178) = 40,95$, $p < 0,001$, pri čemu je posttest znanje objasnilo 19 % varijance rezultata na zadatku transfera znanja ($R^2 = 0,19$). Posttest znanje pokazalo se značajnim prediktorom transfera znanja ($\beta = 0,43$, $p < 0,001$), što upućuje na to da učenici s višom razinom znanja uspješnije primjenjuju istraživački pristup u novom kontekstu.

Tablica 6. Regresijski model za transfer znanja (ambrozija)

Model	β
Posttest znanje	0,432***
$R^2 = 0,187$	
$F(1,178) = 40,95***$	

Napomena. Prikazane su standardizirane regresijske težine (β). ** $p < 0,001$.

RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da sudjelovanje učenika u aktivnostima građanske znanosti ima značajan i višestruk obrazovni učinak. Nakon provedene aktivnosti zabilježen je statistički značajan porast znanja učenika o komarcima, uz veliku veličinu učinka, što upućuje na snažan potencijal aktivnosti građanske znanosti u usvajanju specifičnih bioloških sadržaja koji nisu uobičajeni dio redovite nastave biologije. Analiza rezultata prema kognitivnim razinama pokazala je da su pozitivni učinci prisutni na različitim razinama kognitivnih procesa, pri čemu je porast bio izraženiji na drugoj kognitivnoj razini prema Crooksu, dok su složeniji procesi, poput analize i vrednovanja, pokazali umjereniji napredak. Dodatno, rezultati zadataka kojima su ispitivane istraživačke vještine i sposobnost transfera istraživačkog pristupa ukazuju na djelomičan, ali smislen razvoj ključnih elemenata istraživačkog učenja. Utvrđene korelacije i regresijske analize potvrđuju da je znanje stečeno nakon aktivnosti značajno povezano s razinom istraživačkih vještina i sposobnošću primjene istraživačkog pristupa u novom kontekstu, iako ono ne objašnjava u potpunosti razvoj tih složenih kompetencija.

Zabilježeni porast znanja može se objasniti autentičnošću provedenih aktivnosti građanske znanosti. Učenici su bili aktivno uključeni u postavljanje klopki za komarce, prikupljanje uzoraka te bilježenje i analizu podataka, čime su sudjelovali u stvarnom istraživačkom procesu povezanom s problemima iz vlastitog okoliša. Takav pristup omogućio je učenje temeljeno na neposrednom iskustvu i radu s

konkretnim podacima, za razliku od usvajanja znanja u izoliranom školskom kontekstu. Dobiveni rezultati potvrđuju da i relativno kratke, ali smisleno osmišljene aktivnosti građanske znanosti mogu imati snažan učinak na razumijevanje bioloških sadržaja, što je u skladu s nalazima ranijih istraživanja provedenih u školskom kontekstu (Christ i sur., 2022; Berndt i Nitz, 2023).

Posebno je važno istaknuti da su pitanja kojima se ispitalo znanje i razumijevanje biologije komaraca bila izravno povezana s iskustvima učenika tijekom aktivnosti, poput promatranja uvjeta razvoja ličinki i čimbenika koji utječu na njihovu brojnost. Takva povezanost između iskustva i ispitivanog sadržaja vjerojatno je doprinijela boljem razumijevanju uzročno-posljedičnih odnosa, što se očitovalo u izraženijem napretku na zadacima druge kognitivne razine. Sudjelovanje u opažanju, prikupljanju podataka i raspravi o rezultatima omogućilo je učenicima smisleno povezivanje teorijskih pojmova s praksom, što je osobito važno za razumijevanje odnosa između organizama i okoliša. Slična povezanost između stečenog znanja i sudjelovanja u aktivnostima građanske znanosti utvrđena je i u istraživanju koje su proveli Christ i sur. (2022), u kojem je sudjelovanje učenika u aktivnosti praćenja bumbara rezultiralo značajnim porastom znanja o vrstama bubamara, ekosustavima i problemu opadanja brojnosti kukaca. Autori pretpostavljaju da je najveći porast znanja ostvaren ponajprije na razini temeljnih bioloških sadržaja, što je u skladu s karakterom aktivnosti. Uz porast sadržajnog znanja, zabilježen je i napredak u sposobnosti učenika da prepoznaju i identificiraju bumbare, što se može povezati s duljim boravkom na otvorenom prostoru i ponavljanim promatranjem različitih vrsta bumbara i divljih pčela. Sličan porast znanja kao rezultat sudjelovanja u aktivnostima praćenja pčela zabilježili su i Ganzevoort i van den Born (2021).

Rezultati koji se odnose na istraživačke vještine i sposobnost transfera znanja ukazuju na djelomičan, ali očekivan razvoj viših kognitivnih procesa. Učenici su pokazali veću uspješnost u pojedinim aspektima istraživačkog rada, poput postavljanja hipoteze i zaključivanja na temelju podataka, dok su veće poteškoće uočene u identifikaciji varijabli i prijenosu istraživačkog pristupa na novi biološki problem. Takav obrazac rezultata u skladu je s nalazima ranijih istraživanja koja pokazuju da su istraživačke i transferne vještine složene kompetencije koje zahtijevaju dugotrajnije, sustavno vođene i višekratne istraživačke aktivnosti (Phillips i sur., 2019). Umjerene vrijednosti objašnjene varijance u regresijskim analizama dodatno potvrđuju da sadržajno znanje predstavlja važan, ali ne i jedini čimbenik razvoja istraživačkih kompetencija.

Dobiveni rezultati u skladu su s nalazima dosadašnjih istraživanja o obrazovnim učincima aktivnosti građanske znanosti, koja ukazuju na nekonzistentne učinke ovisno o vrsti znanja koja se ispituje. Iako većina istraživanja izvještava o porastu sadržajnog znanja sudionika, osobito u kontekstu bioloških i okolišnih tema, učinci na razumijevanje znanstvenih procesa i znanstvenog načina razmišljanja znatno su varijabilniji. Brojna istraživanja potvrđuju porast sadržajnog znanja sudionika u aktivnostima građanske znanosti, primjerice znanja o kukcima i drugim organizmima (Haywood i Beyond, 2016; Sickler i sur., 2014). Nasuprot tome, nalazi koji se odnose na razumijevanje znanosti i znanstvene pismenosti nisu jednoznačni. Trumbull i sur. (2000) pokazali su, analizom povratnih informacija sudionika, da je velik dio sudionika pokazivao znanstveni način razmišljanja, što su autori interpretirali kao doprinos razvoju znanstvene pismenosti. S druge strane, Evans i sur. (2005) u istraživanju provedenom u kontekstu praćenja ptica nisu utvrdili napredak u razumijevanju znanstvene metode, iako je zabilježen porast sadržajnog znanja. Slični rezultati dobiveni su i u istraživanjima temeljenima na samoprocjenama, koja su pokazala tek blagi porast sadržajnog znanja, bez promjena u razumijevanju znanosti (Land-Zandstra i sur., 2016). Studije koje su koristile pretest–posttest dizajn

također ne donose jedinstvene zaključke, jer nisu sve utvrdile porast razumijevanja znanosti kod sudionika (Krach i sur., 2019). Takav obrazac nalaza u potpunosti je u skladu s rezultatima ovog istraživanja, u kojem je zabilježen snažan porast znanja o komarcima kao oblika sadržajnog znanja, dok su složenije istraživačke vještine i sposobnost transfera istraživačkog pristupa pokazale umjereniji napredak.

Provedene aktivnosti građanske znanosti mogu se dodatno interpretirati u okviru Haklayeve četverorazinske klasifikacije razina sudjelovanja.- Prva razina, *crowdsourcing* (masovno prikupljanje podataka), odnosi se na projekte u kojima sudionici sudjeluju isključivo u prikupljanju podataka, bez daljnjeg uključivanja u znanstveno istraživanje. Druga razina, *distributed intelligence* (distribuirana inteligencija), obuhvaća projekte u kojima se sudionike prije prikupljanja i tumačenja podataka poučava osnovnim vještinama. Na trećoj razini, *participatory science* (participativna znanost), građani su aktivnije uključeni u definiranje istraživačkog problema i provođenje prikupljanja podataka, dok četvrta i najviša razina, *extreme citizen science* (ekstremna građanska znanost), omogućuje sudionicima uključivanje u sve faze istraživačkog procesa, uključujući i analizu podataka. Aktivnost provedena u ovom istraživanju ponajprije odgovara razini *distributed intelligence*, budući da su učenici prije provedbe aktivnosti bili educirani o ciljevima i postupcima istraživanja te su sudjelovali u prikupljanju i osnovnoj interpretaciji podataka. Iako učenici nisu sudjelovali u definiranju istraživačkog pitanja niti u osmišljavanju metodologije, uočeni su i pojedini elementi razine *participatory science*, osobito u fazi rasprave o rezultatima i zaključivanja. Takva razina uključenosti sudionika u skladu je s dobivenim rezultatima, koji upućuju na značajan porast sadržajnog znanja, ali umjeren razvoj složenijih istraživačkih vještina, za koje je prema literaturi potrebna dugotrajnija i intenzivnija uključenost u istraživački proces.

Dobiveni rezultati mogu se dodatno interpretirati u svjetlu teorija istraživačkog učenja. Bonneyjeva tipologija aktivnosti građanske znanosti (Bonney i sur., 2009a) dobro se podudara s razlikovanjem jednostavnijih istraživačkih zadataka i autentičnih znanstvenih istraživanja u nastavi prirodoslovlja, kako ih opisuju Chinn i Malhotra (2002). Autori ističu da kognitivno zahtjevniji i autonomniji oblici istraživanja dovode do dubljeg razumijevanja znanstvenog rada i razvoja složenijih istraživačkih kompetencija. U tom se kontekstu provedena aktivnost građanske znanosti može smjestiti između jednostavnijih istraživačkih zadataka i autentične znanstvene prakse, što može objasniti izražen porast sadržajnog znanja, ali umjeren razvoj složenijih istraživačkih vještina i sposobnosti transfera.

Nadalje, valja uzeti u obzir da školski razredi predstavljaju heterogene skupine učenika s obzirom na predznanje, interese i motivaciju, pri čemu sudjelovanje u aktivnostima građanske znanosti u školskom kontekstu nije nužno dobrovoljno. Iako se ovo istraživanje nije bavilo izravnim utjecajem motivacijskih čimbenika na ishode učenja, važno je uzeti ih u obzir pri interpretaciji rezultata. Aktivnosti građanske znanosti u školskom kontekstu razlikuju se od drugih oblika takvih aktivnosti jer sudjelovanje učenika, osobito kada u aktivnosti sudjeluje cijeli razred, nije nužno dobrovoljno niti se uvijek odvija u slobodno vrijeme. Dok volonteri koji se samoinicijativno uključuju u ove aktivnosti često čine selektivan uzorak sudionika s izraženim interesom za temu i visokom razinom motivacije, školske skupine sudionika znatno su heterogenije s obzirom na interese, motivaciju i predznanje, što može utjecati na obrazovne ishode (Berndt i Nitz, 2023). Upravo zbog toga u istraživanjima aktivnosti građanske znanosti u školskom kontekstu najčešće se analiziraju varijable poput predmetnog znanja i elemenata znanstvene pismenosti, koje se smatraju prikladnijim pokazateljima obrazovnih učinaka nego klasične mjere angažmana sudionika korištene u izvanškolskim projektima građanske znanosti.

Važno je istaknuti nekoliko ograničenja provedenog istraživanja. Prije svega, korišten je prigodni uzorak učenika iz škola uključenih u provedbu aktivnosti građanske znanosti, pri čemu sudionici nisu bili nasumično odabrani. Takav uzorak ograničava mogućnost generalizacije dobivenih rezultata na širu populaciju učenika. Nadalje, istraživanje nije uključivalo kontrolnu skupinu, zbog čega se uočene promjene u znanju i istraživačkim vještinama ne mogu s potpunom sigurnošću pripisati isključivo sudjelovanju u aktivnostima građanske znanosti, već je moguće da su na rezultate utjecali i drugi čimbenici. U budućim istraživanjima bilo bi poželjno uključiti kontrolnu skupinu učenika koji ne sudjeluju u aktivnostima građanske znanosti, već prate redovni nastavni program, čime bi se omogućila jasnija procjena učinaka ove vrste aktivnosti. Dodatno, iako je pisana provjera znanja obuhvatila ključne sadržaje vezane uz biologiju komaraca, nije bilo moguće obuhvatiti sve aspekte tog tematskog područja, pa dobiveni rezultati odražavaju prije svega promjene u odabranim, za aktivnost relevantnim sadržajima. Razvoj istraživačkih vještina i sposobnosti transfera istraživačkog pristupa procijenjen je na temelju jednokratnog završnog mjerenja, što ne omogućuje uvid u dugoročnu stabilnost i održivost stečenih kompetencija. Za pouzdaniju procjenu trajnosti učinaka aktivnosti građanske znanosti bilo bi potrebno provesti naknadna mjerenja nakon određenog vremenskog razdoblja. Naposljetku, sudjelovanje učenika u aktivnostima građanske znanosti odvijalo se u okviru redovne nastave, što znači da sudjelovanje nije bilo dobrovoljno te da su učenici činili heterogenu skupinu s obzirom na predznanje, interese i motivaciju. Takva heterogenost mogla je dodatno utjecati na varijabilnost obrazovnih ishoda, osobito u području složenijih istraživačkih kompetencija. Unatoč navedenim ograničenjima, dosljednost rezultata, velika veličina učinka u području sadržajnog znanja te utvrđena povezanost između znanja, istraživačkih vještina i sposobnosti transfera upućuju na to da aktivnosti građanske znanosti predstavljaju vrijedan i metodološki opravdan didaktički pristup u nastavi biologije.

ZAKLJUČAK

Provedeno istraživanje pokazalo je da aktivnosti građanske znanosti predstavljaju učinkovit didaktički pristup u nastavi biologije, s jasno vidljivim pozitivnim učincima na znanje učenika o komarcima te umjerenim, ali smislenim doprinosom razvoju istraživačkih vještina i sposobnosti transfera istraživačkog pristupa. Sudjelovanje učenika u autentičnim istraživačkim aktivnostima povezanim s problemima iz neposrednog okoliša omogućilo je značajan porast sadržajnog znanja na razini razumijevanja i primjene, dok su složenije istraživačke kompetencije zahtijevale dublju i dugotrajniju uključenost u istraživački proces. Dobiveni rezultati potvrđuju obrazovni potencijal aktivnosti građanske znanosti za razvoj prirodoslovne pismenosti te upućuju na njihovu vrijednost u kontekstu suvremene nastave biologije usmjerene na istraživačko učenje, održivi razvoj i povezivanje znanstvenih sadržaja sa stvarnim životnim situacijama. Iako su potrebna daljnja istraživanja s kontrolnim skupinama i longitudinalnim praćenjem učinaka, ovo istraživanje pruža empirijsku osnovu za sustavnije uključivanje aktivnosti građanske znanosti u formalno obrazovanje.

METODIČKI ZNAČAJ

Rezultati ovog istraživanja imaju značaj za nastavu biologije i prirodoslovnog područja općenito, jer pokazuju da se aktivnosti građanske znanosti mogu učinkovito integrirati u redovnu nastavu kao oblik istraživačkog učenja. Sudjelovanje učenika u stvarnim istraživačkim aktivnostima, poput postavljanja klopki za komarce, prikupljanja i analize podataka, omogućuje učenje temeljeno na autentičnim problemima iz neposrednog okoliša učenika. Takav pristup pridonosi boljem razumijevanju bioloških sadržaja koji nisu nužno dio standardnog nastavnog programa, ali su visoko relevantni za svakodnevni život i javno zdravlje, čime se nastava čini smislenijom i kontekstualno povezanijom sa stvarnim svijetom. Osim usvajanja sadržajnog znanja, aktivnosti građanske znanosti imaju potencijal za sustavni

razvoj prirodoslovne pismenosti, posebice kroz razvoj istraživačkih vještina, razumijevanje znanstvenog načina razmišljanja te sposobnost interpretacije podataka i donošenja zaključaka na temelju dokaza. Time se izravno podupiru ciljevi nastavnog predmeta Biologija i međupredmetne teme Održivi razvoj, koja naglašava važnost razumijevanja odnosa između organizama, okoliša i ljudskog djelovanja. Istraživanje komaraca kao organizama od javnozdravstvenog i ekološkog značaja omogućuje povezivanje bioloških sadržaja s temama očuvanja okoliša, odgovornog ponašanja i aktivnog građanstva, što dodatno doprinosi razvoju funkcionalnih znanja i kompetencija učenika. Naposljetku, rezultati istraživanja upućuju i na važan doprinos profesionalnom razvoju učitelja i nastavnika. Uključivanje aktivnosti građanske znanosti u nastavu potiče učitelje na primjenu suvremenih didaktičkih pristupa, interdisciplinarno planiranje nastave te suradnju sa znanstvenim institucijama i lokalnom zajednicom. Time se jača uloga učitelja kao mentora i voditelja istraživačkog učenja, a nastava se usmjerava prema razvoju kompetencija koje su u skladu sa zahtjevima suvremenog obrazovanja i društva utemeljenog na znanju.

ZAHVALA

Rad financira Europska unija – NextGenerationEU.

LITERATURA

- Bedoya-Rodríguez, F. J., Guevara-Fletcher, C. E., & Pelegrin, J. S. (2024). Citizen science and multimedia didactic resources: Knowledge of mosquito-borne diseases in an urban area of southwestern Colombia. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 9(11), 256. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed9110256>
- Berndt, J., & Nitz, S. (2023). Learning in Citizen Science: The Effects of Different Participation Opportunities on Students' Knowledge and Attitudes. *Sustainability*, 15(16), 12264. <https://doi.org/10.3390/su151612264>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009a). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), Washington, DC, USA.
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009b). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59, 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J., & Parrish, J. K. (2014). Next Steps for Citizen Science. *Science*, 343(6178), 1436–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Branchini, S., Meschini, M., Covi, C., Piccinetti, C., Zaccanti, F., & Goffredo, S. (2015). Participating in a Citizen Science Monitoring Program: Implications for Environmental Education. *PLoS ONE*, 10(7), e0131812. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131812>
- Brossard, D., Lewenstein, B., & Bonney, R. (2005). Scientific Knowledge and Attitude Change: The Impact of a Citizen Science Project. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1099–1121. <https://doi.org/10.1080/09500690500069483>
- Chase, S. K., & Levine, A. (2018). Citizen Science: Exploring the Potential of Natural Resource Monitoring Programs to Influence Environmental Attitudes and Behaviors: Citizen Science: Attitude and Behavior Change. *Conservation Letters*, 11(2), e12382. <https://doi.org/10.1111/conl.12382>
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 86(2), 175–218. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Christ, L., Hahn, M., Sieg, A. K., & Dreesmann, D. C. (2022). Be(e) Engaged! How Students Benefit from an Educational Citizen Science Project on Biodiversity in Their Biology Classes. *Sustainability*, 14(21), 14524. <https://doi.org/10.3390/su142114524>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. R. B. (2018). *Research methods in education*. Routledge.
- Crooks, T. J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58(4), 438–481. <https://doi.org/10.3102/00346543058004438>
- Evans, C., Abrams, E., Reitsma, R., Roux, K., Salmonsens, L., & Marra, P. P. (2005). The Neighborhood Nestwatch Program: Participant Outcomes of a Citizen-Science Ecological Research Project. *Conservation Biology*, 19, 589–594. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00s01.x>
- Ganzevoort, W., & Born, R. V. D. (2021). Counting Bees: Learning Outcomes from Participation in the Dutch National Bee Survey. *Sustainability*, 13(9), 4703. <https://doi.org/10.3390/su13094703>
- Gräber, W., Nentwig, P., Becker, H. J., Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K., & Jorde, D. (2002). Scientific Literacy: From Theory to Practice. In Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Gräber, W., Komorek, M., Kross, A., & Reiska, P. (Eds.), *Research in Science Education—Past, Present, and Future* (pp. 61–70). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands.

- Haklay, M. (2013). Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation. In Sui, D., Elwood, S., & Goodchild, M., (Eds.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice* (pp. 105–122). Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. In Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., Wagenknecht, K. (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 13–33). Springer International Publishing: Cham, Switzerland
- Harrington, E. G. (2019). Chapter 5—Citizen Science. In Harrington, E. G. (Eds.), *In Woodhead Publishing Series in Biomaterials; Academic Libraries and Public Engagement with Science and Technology* (pp 115–144). Witney, UK.
- Haywood, B. K. (2016). Beyond Data Points and Research Contributions: The Personal Meaning and Value Associated with Public Participation in Scientific Research. *International Journal of Science Education, Part B*, 6, 239–262. <https://doi.org/10.1080/21548455.2015.1043659>
- Kelemen-Finan, J., Knoll, C., & Pröbstl-Haiser, (2013). U. Amateur monitoring as a contribution to environmental education among young people: Citizen Science—Totally cool or just silly? *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 45(6), 171–176. (In German)
- Krach, M. L., Gottlieb, E., & Harris, E. (2019). Citizen Science to Engage and Empower Youth in Marine Science. In Fauville, G., Payne, D. L., Marrero, M. E., Lantz-Andersson, A., & Crouch, F. (Eds.), *Exemplary Practices in Marine Science Education* (pp. 417–435). Springer International Publishing: Cham, Switzerland.
- Labak, I., Meštrović, O., & Meštrović, J. (2023). Cjelovito učenje i poučavanje. Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. https://www.biologija.unios.hr/wp-content/uploads/2023/11/Labak_i_sur_Cjelozivotno_ucenje_i_poucavanje.pdf
- Land-Zandstra, A. M., Devilee, J. L. A., Snik, F., Buurmeijer, F., & van den Broek, J. M. (2016). Citizen Science on a Smartphone: Participants' Motivations and Learning. *Public Understanding of Science*, 25(1), 45–60. <https://doi.org/10.1177/0963662515602406>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In *Handbook of Research on Science Education*. Routledge, Abingdon, UK.
- Ministarstvo znanosti i obrazovanja. (2019). Kurikulum nastavnog predmeta Priroda i Biologija za osnovnu školu (Pravilnik o nacionalnom kurikulumu; NN 7/2019). Narodne novine. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html
- Mumelaš, D. (2025). Exploring the Perspectives of Croatian Librarians on Citizen Science. *Liber Quarterly*, 35, 1–32. <https://doi.org/10.5337/lq.19014>
- Phillips, T. B., Ferguson, M., Minarchek, M., Porticella, N. & Bonney, R. (2014). User's guide for evaluating learning outcomes in citizen science. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY, U.S.A.
- Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V. & Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: moving beyond data collection. *Science Education*, 103(3), 665–690. <https://doi.org/10.1002/sce.21501>
- Roy, H. E., Pocock, M. J. O., Preston, C. D., Roy, D. B., Savage, J., Tweddle, J. C., & Robinson, L. D. (2012). Understanding Citizen Science & Environmental Monitoring; Final Report on Behalf of UK-EOF. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum, Bailrigg, UK.
- Sackey, N., Meyer, C., & Weingart, P. (2024). Citizen science and learning outcomes: Assessment of projects in South Africa. *Journal of Science Communication*, 23(03), A02. <https://doi.org/10.22323/2.23030202>
- Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B., Krasny, M. E., et al. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2), 29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229>
- Sickler, J., Cherry, T. M., Allee, L., Smyth, R. R., & Losey, J. (2014). Scientific Value and Educational Goals: Balancing Priorities and Increasing Adult Engagement in a Citizen Science Project. *Applied Environmental Education and Communication*, 13(2), 109–119.
- Somerwill, L. & Wehn, U. (2022). How to measure the impact of citizen science on environmental attitudes, behaviour and knowledge? A review of state-of-the-art approaches. *Environmental Sciences Europe*, 34, 18. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00596-1>
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48(6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Theobald, E., Ettinger, A., Burgess, H., DeBey, L., Schmidt, N., Froehlich, H., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M., et al. (2015) Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- Trumbull, D. J., Bonney, R., Bascom, D., & Cabral, A. (2000). Thinking Scientifically during Participation in a Citizen-Science Project. *Science Education*, 84, 265–275. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5)
- Urhahne, D., Kremer, K., & Mayer, J. (2011). Conceptions of the Nature of Science—Are They General or Context Specific? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 707–730. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9233-4>

Effects of citizen science activities on mosquito knowledge and research skills development in students

Irena Labak, Enrih Merdić, Nataša Bušić, Tea Gutić

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Department of biology, Osijek, Croatia
ilabak@biologija.unios.hr; enrih@biologija.unios.hr; ngraovac@biologija.unios.hr; tea.gutic@biologija.unios.hr

ABSTRACT

Citizen science activities are increasingly recognized in educational contexts as a valuable pedagogical approach, as they enable students to participate in authentic research processes related to problems in their immediate environment and contribute to the development of scientific literacy. The aim of this study was to examine the effects of students' participation in a citizen science activity on their knowledge of mosquitoes, the development of research skills, and the ability to transfer an inquiry-based approach to a new biological problem. The study was conducted on a convenience sample of primary school students from two Croatian counties, using a quasi-experimental pretest–posttest design without a control group. During the activity, students participated in setting mosquito traps, collecting and recording data, and conducting basic data analysis. The effects of the activity were assessed using a written knowledge test administered before and after the activity, with tasks classified according to cognitive levels, as well as additional tasks in the posttest designed to assess research skills and the ability to transfer the inquiry-based approach. Data were analyzed using descriptive statistics, paired-samples t-tests, correlation analysis, and regression analysis. The results showed a statistically significant increase in students' knowledge of mosquitoes after participation in the citizen science activity, with a large effect size (Cohenov $d = 0,99$). Positive effects were observed across multiple cognitive levels, with greater improvement on tasks of moderate cognitive complexity. Analysis of the additional tasks indicated a partial but meaningful development of research skills, while correlation and regression analyses revealed that students' knowledge was significantly associated with the level of research skills and the ability to transfer the inquiry-based approach. In conclusion, the findings confirm that citizen science activities represent an effective didactic approach in biology education and have considerable potential for developing students' content knowledge and elements of scientific literacy within a formal educational context.

Keywords: *biology education; scientific literacy; inquiry-based learning; inquiry-based approach*

INTRODUCTION

Citizen science is most defined as public participation in scientific research (Bonney et al., 2009a; Harrington, 2019; Shirk et al., 2012), involving individuals who are not professionally affiliated with scientific institutions (Haklay et al., 2021). Previous research has shown that citizen science activities have considerable educational potential, as they can foster the development of various skills, scientific literacy, and personal growth among participants, as well as increase levels of scientific knowledge and understanding of scientific processes (Phillips et al., 2014; Phillips et al., 2019). The realization of this potential largely depends on the level of participant involvement in citizen science activities, which may range from contributing to data collection to active engagement in formulating research questions and analyzing results (Berndt & Nitz, 2023; Christ et al., 2022).

In educational contexts, citizen science activities are increasingly recognized as a valuable pedagogical approach because they enable students to actively participate in research processes related to real-world problems from their immediate environment. Students may be involved both in data collection and in the design of research activities, which contributes to the development of knowledge, research

skills, and an understanding of scientific ways of thinking (Roy et al., 2012). This approach is consistent with the goals of contemporary science education in the Republic of Croatia, in which scientific literacy represents a central competence of the biology curriculum. Scientific literacy encompasses an understanding of natural phenomena and processes and the ability to explain them through scientific reasoning, and it is developed through inquiry-based learning. In this process, students gradually acquire skills related to formulating research questions and hypotheses, collecting and interpreting data, and drawing conclusions, alongside the development of critical thinking and an understanding of the relationships between science, technology, and society (Labak et al., 2023; MZO, 2019).

Previous research has shown that citizen science activities can have a significant impact on students' knowledge in biology and science education, particularly when they are linked to authentic real-world problems. Participation in data collection, observation of natural phenomena, and analysis of results often leads to statistically significant gains in knowledge related to biological and environmental topics. For example, Bedoya-Rodríguez et al. (2024) demonstrated that a citizen science approach combined with multimedia instructional materials resulted in a significant increase in knowledge about mosquito-borne diseases. Despite the growing body of research confirming the educational potential of citizen science activities, only a limited number of empirical studies have been conducted in Croatia, and research focusing on biology learning outcomes, mosquito-related topics, or the relationship between knowledge acquisition and the ability to transfer an inquiry-based approach to new biological contexts is largely lacking. Therefore, the aim of this study was to examine the effects of students' participation in a citizen science activity on their knowledge of mosquitoes, the development of research skills, and the ability to transfer an inquiry-based approach to a new biological problem.

In accordance with the stated aim, the following specific objectives were defined: (i) to examine changes in students' knowledge of mosquitoes after participation in a citizen science activity; (ii) to examine the relationship between students' knowledge, research skills, and the ability to transfer an inquiry-based approach after participation in a citizen science activity.

Based on the defined specific objectives, the following research hypotheses were formulated: (i) Students will achieve statistically significantly higher scores on the mosquito knowledge test after participation in the citizen science activity compared to their pre-activity results. (ii) A higher level of students' knowledge after participation in the citizen science activity will be positively associated with the level of research skills and the ability to transfer the inquiry-based approach.

MATERIALS AND METHODS

A total of 180 seventh-grade students from five primary schools in two counties participated in the study. The sample was a convenience sample, and all students from the classes involved in the citizen science activity participated in the research. Student participation was part of regular biology instruction and was conducted with the consent of the schools and teachers. The study employed a quasi-experimental pretest–posttest design without a control group. Students' knowledge about mosquitoes was assessed prior to the implementation of the citizen science activity (pretest) and after its completion (posttest). In addition, the posttest included tasks designed to assess students' research skills and their ability to transfer an inquiry-based approach to a new biological problem.

The citizen science activity focused on investigating the presence and reproduction of mosquitoes in the students' immediate environment. Prior to the activity, students were introduced—under teacher

guidance—to the basic biological characteristics of mosquitoes, their life cycle, breeding conditions, and public health relevance. Instruction was provided through prepared presentations and video materials. During the practical component of the activity, students participated in setting mosquito traps, collecting samples, examining egg-laying strips, and recording the collected data in pre-designed tables. Following data collection, students took part in guided discussions aimed at basic interpretation of results and drawing conclusions. The activity was time-limited and conducted as part of regular classroom instruction.

To assess knowledge, a written knowledge test specifically developed for this study was used. In the pretest, the assessment consisted of 11 tasks: one task at the first cognitive level, six tasks at the second level, and four tasks at the third cognitive level according to Crooks' taxonomy (1988). The posttest included the same set of tasks, with the addition of two more complex tasks aimed at assessing research skills (hypothesis formulation and data-based reasoning) and the ability to transfer an inquiry-based approach to a new biological problem (ragweed). The reliability of the instrument was examined by calculating Cronbach's alpha coefficient for the entire written knowledge test, with the obtained values indicating satisfactory internal consistency. Analysis of item difficulty indices showed that all tasks fell within an acceptable range (Cohen et al., 2018), indicating that the instrument was appropriate for the studied population. Data were analyzed using the statistical software SPSS. Descriptive statistics were used to describe the sample and results. Differences between pretest and posttest scores were examined using paired-samples t-tests, and effect sizes were expressed using Cohen's d. The relationship between students' knowledge and their research skills and transfer ability was examined using Pearson's correlation coefficient. In addition, simple linear regression analyses were conducted to examine the extent to which knowledge predicted performance on tasks assessing research skills and the transfer of an inquiry-based approach. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Descriptive analysis showed that students achieved moderate results on the initial written knowledge test on mosquitoes, while a significant increase in achievement was observed after participation in the citizen science activity. A paired-samples t-test confirmed that students achieved significantly higher scores on the final test ($M = 15.88$; $SD = 3.59$) compared to the initial test ($M = 12.54$; $SD = 3.64$), $t(179) = -13.30$, $p < 0.001$, with a large effect size (Cohen's $d = 0.99$).

An analysis of results across cognitive levels indicated that the positive effects of the activity were present at multiple levels of cognitive processing. For tasks assessing the second cognitive level, students achieved significantly higher scores after the activity ($M = 6.67$; $SD = 1.89$) than before it ($M = 5.56$; $SD = 1.78$), $t(179) = -6.75$, $p < 0.001$, with a medium effect size ($d = 0.52$). A statistically significant increase was also observed for tasks assessing the third cognitive level, with students achieving an average score of 6.64 points ($SD = 2.34$) on the final test compared to 5.77 points ($SD = 2.37$) on the initial test, $t(179) = -5.88$, $p < 0.001$, with a medium effect size ($d = 0.44$). These results suggest that more complex cognitive processes, such as analysis and evaluation, improved to a lesser extent than conceptual understanding.

Additional tasks included in the final assessment provided insight into the level of development of students' inquiry skills and their ability to transfer an inquiry-based approach. Analysis of scores across individual task components showed that students were more successful in formulating hypotheses and drawing conclusions based on the given data, while greater difficulties were observed in identifying

variables and applying the inquiry approach to a new biological problem. Overall results indicate partially developed inquiry competencies, accompanied by pronounced variability among students.

Correlation analysis revealed statistically significant positive associations between students' knowledge scores on the final test and their performance on tasks assessing inquiry skills and transfer ability. Simple linear regression analyses further confirmed that students' posttest knowledge was a significant predictor of inquiry skills ($\beta = 0.43$, $p < 0.001$), explaining 18% of the variance ($R^2 = 0.18$; $F(1,178) = 39.27$, $p < 0.001$). Similarly, posttest knowledge significantly predicted students' ability to transfer an inquiry-based approach to a new biological context ($\beta = 0.43$, $p < 0.001$), accounting for 19% of the variance ($R^2 = 0.19$; $F(1,178) = 40.95$, $p < 0.001$). These findings suggest that content knowledge is an important, but not the sole, factor in the development of inquiry skills and transfer ability.

DISCUSSION

The results of this study showed that students' participation in a citizen science activity had a significant educational impact. After the activity, a statistically significant increase in knowledge about mosquitoes was observed, with a large effect size, confirming the potential of citizen science activities for learning specific biological content. Positive effects were evident across different cognitive levels, with greater improvement at intermediate cognitive levels, while more complex processes such as analysis and evaluation showed more moderate gains. The results of tasks assessing inquiry skills and the transfer of an inquiry-based approach indicated a partial but meaningful development of inquiry learning elements. Correlation and regression analyses further confirmed that knowledge acquired after the activity was significantly associated with students' inquiry skills and their ability to apply an inquiry-based approach in a new context.

The observed increase in students' knowledge can be explained by their active involvement in setting mosquito traps, collecting samples, and recording and analysing data, which enabled them to participate in an authentic research process related to issues in their local environment. Participation in observation, data collection, and discussion of results allowed students to meaningfully connect theoretical concepts with practical experience, which is particularly important for understanding relationships between organisms and their environment. These findings are consistent with previous studies conducted in school contexts (Berndt & Nitz, 2023; Christ et al., 2022;; Ganzevoort & van den Born, 2021).

The partial improvement observed in inquiry skills and in the transfer of knowledge to a new biological context is in line with the findings of Phillips et al. (2019), who emphasize that inquiry and transfer skills are complex competencies that require sustained, systematically guided, and repeated inquiry-based activities.

Citizen science activities in school settings differ from other forms of such activities because student participation—especially when entire classes are involved—is not necessarily voluntary and does not always take place during students' free time. While volunteers who engage in citizen science activities on their own initiative often represent a selective group with high interest and motivation, school-based participant groups are considerably more heterogeneous in terms of interests, motivation, and prior knowledge, which may influence educational outcomes (Berndt & Nitz, 2023). For this reason, research on citizen science activities in school contexts most commonly focuses on variables such as subject knowledge and elements of scientific literacy, which are considered more appropriate

indicators of educational effects than traditional measures of participant engagement used in out-of-school citizen science projects.

CONCLUSION

Citizen science activities represent an effective didactic approach in biology education, demonstrating clear positive effects on students' content knowledge and making a meaningful contribution to the development of inquiry skills. Although the development of more complex competencies requires longer-term engagement in the research process, the results of this study confirm the value of citizen science activities for fostering scientific literacy and for connecting biology instruction with real-life contexts.

METHODOLOGICAL AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS

The findings of this study indicate that citizen science activities can be successfully integrated into regular biology instruction as a form of inquiry-based learning. Such activities enable the contextualization of curricular content, contribute to the development of scientific literacy, and support the goals of the cross-curricular theme of Sustainable Development. At the same time, citizen science activities promote teachers' professional development by encouraging the application of contemporary pedagogical approaches and strengthening collaboration with the scientific community and local stakeholders.

Funding

This research was funded by the European union-NextGenerationEU.

LITERATURE

- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009a). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), Washington, DC, USA.
- Berndt, J., & Nitz, S. (2023). Learning in Citizen Science: The Effects of Different Participation Opportunities on Students' Knowledge and Attitudes. *Sustainability*, 15(16), 12264. <https://doi.org/10.3390/su151612264>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. C. (2009a). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report. Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE), Washington, DC, USA.
- Christ, L., Hahn, M., Sieg, A. K., & Dreesmann, D. C. (2022). Be(e) Engaged! How Students Benefit from an Educational Citizen Science Project on Biodiversity in Their Biology Classes. *Sustainability*, 14(21), 14524. <https://doi.org/10.3390/su142114524>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. R. B. (2018). *Research methods in education*. Routledge.
- Crooks, T. J. (1988). The impact of classroom evaluation practices on students. *Review of Educational Research*, 58(4), 438–481. <https://doi.org/10.3102/00346543058004438>
- Ganzevoort, W., & Born, R. V. D. (2021). Counting Bees: Learning Outcomes from Participation in the Dutch National Bee Survey. *Sustainability*, 13(9), 4703. <https://doi.org/10.3390/su13094703>
- Harrington, E. G. (2019). Chapter 5—Citizen Science. In Harrington, E. G. (Eds.), *In Woodhead Publishing Series in Biomaterials; Academic Libraries and Public Engagement with Science and Technology* (pp 115–144). Witney, UK.
- Labak, I., Meštrović, O., & Meštrović, J. (2023). Cjelovito učenje i poučavanje. Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. https://www.biologija.unios.hr/wp-content/uploads/2023/11/Labak_i_sur_Cjelozivotno_ucenje_i_poucavanje.pdf
- Ministarstvo znanosti i obrazovanja. (2019). Kurikulum nastavnog predmeta Priroda i Biologija za osnovnu školu (Pravilnik o nacionalnom kurikulumu; NN 7/2019). Narodne novine. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html
- Phillips, T. B., Ferguson, M., Minarchek, M., Porticella, N. & Bonney, R. (2014). User's guide for evaluating learning outcomes in citizen science. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY, U.S.A.
- Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V. & Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: moving beyond data collection. *Science Education*, 103(3), 665–690. <https://doi.org/10.1002/sce.21501>
- Roy, H. E., Pocock, M. J. O., Preston, C. D., Roy, D. B., Savage, J., Tweddle, J. C., & Robinson, L. D. (2012). *Understanding Citizen Science & Environmental Monitoring; Final Report on Behalf of UK-EOF*. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum, Bailrigg, UK.
- Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B., Krasny, M. E., et al. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2), 29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229>

Utjecaj istraživačkog kolaborativnog učenja na sadržajno, proceduralno i epistemičko znanje učenika petih razreda

Marina Balažinec¹, Ines Radanović²

¹ III. osnovna škola Varaždin, Trg Ivana Perkovca 35, Varaždin;

marina.barisic13@gmail.com

² Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj istraživačkog kolaborativnog učenja, istraživačkog učenja i tradicionalnog poučavanja na sadržajno, proceduralno i epistemičko znanje učenika petih razreda na satu Prirode. Istraživanje se provelo na uzorku od 1340 učenika petih razreda iz cijele Hrvatske. Eksperimentalnu skupinu činili su učenici koji su učili uz istraživačko kolaborativno učenje, a njihovo se učenje uspoređivalo s učenjem učenika koji su učili standardnim istraživačkim učenjem bez kolaboracije te učenicima koji su bili poučavani tradicionalno uz pokuse. Za potrebe provedbe istraživanja izrađen je priručnik za nastavnike, sedam radnih listića i provjera znanja. Rezultati provjere znanja pokazali su kako na usvajanje epistemičkog i sadržajnog znanja najbolje utječe kolaborativno istraživačko učenje. Što se tiče proceduralnog znanja sve tri skupine pokazale su jednaku razinu usvojenosti. Rezultati radnih listića ukazuju da su učenici sve tri skupine dobro usvojili sadržajno znanje, ali su se razlike u znanju javile prilikom rješavanja zadataka koji su tražili proceduralno znanje i epistemičko znanje. Iz rezultata se može zaključiti kako argumentirana rasprava uz minimalno vodstvo učitelja kakvu su prakticirali učenici u kolaborativnom istraživačkom učenju potiče usvajanje epistemičkog znanja.

Ključne riječi: prirodoslovna pismenost; zajedničko učenje; vrste znanja

UVOD

Prirodoslovna pismenost, uz matematičku i čitalačku pismenost, predstavlja jednu od ključnih kompetencija u suvremenom društvu (OECD, 2017). Koncept prirodoslovna pismenost uključuje znanja temeljnih koncepata, modela i teorija, ali i dijelove procesa znanosti i epistemičkih aspekata prirode znanosti (Zetterqvist i Bach, 2023). Osoba koja je prirodoslovno pismena može znanstveno objasniti pojave, vrednovati i osmisliti znanstvena istraživanja te interpretirati znanstvene podatke i dokaze (Braš Roth i sur., 2017). Za svaku navedenu kompetenciju potrebna su određena znanja o prirodoslovlju i znanosti, poznavanje određenih sadržaja, ali i razumijevanje načina na koji se dolazi do znanstvene spoznaje (proceduralno znanje) te razumijevanje prirode i porijekla znanja (epistemološko znanje), (Braš Roth i sur., 2017). U skladu s time, OECD (2010) navodi kako su potrebne tri vrste znanja za prirodoslovnu pismenost: 1) sadržajno znanje - razumijevanje činjenica, koncepata i pravila; 2) proceduralno znanje - razumijevanje načina na koji je znanje izvedeno, znanje o konceptima i postupcima koji su ključni za znanstveno istraživanje i osnova za prikupljanje, analizu i tumačenje znanstvenih podataka; 3) epistemičko znanje - razumijevanje prirode i nastanka znanja u znanosti i sposobnost učenika da razmišljaju i sudjeluju u argumentiranoj raspravi.

Većina istraživanja bavi se usvajanjem konceptualnog razumijevanja gdje se učenici koriste svojim sadržajnim znanjem kako bi došli do rješenja novog problema (Euler, 2021; Howe, 2014; Lukša i sur., 2013). Što se tiče proceduralnog znanja, ono je vezano za specifične vrste problema i nije široko primjenjivo (Euler, 2021). Za procjenu proceduralnog znanja istraživači obično koriste rutinske zadatke, gdje učenici za rješavanje problema koriste prethodno naučene metode rješavanja korak po korak. Istraživanja pokazuju da dijeljenje znanja i rasprava među učenicima pomaže usvajanju konceptualnog i proceduralnog znanja (Rittle-Johnson i sur., 2001). Sadržajno i proceduralno znanje su usko povezana

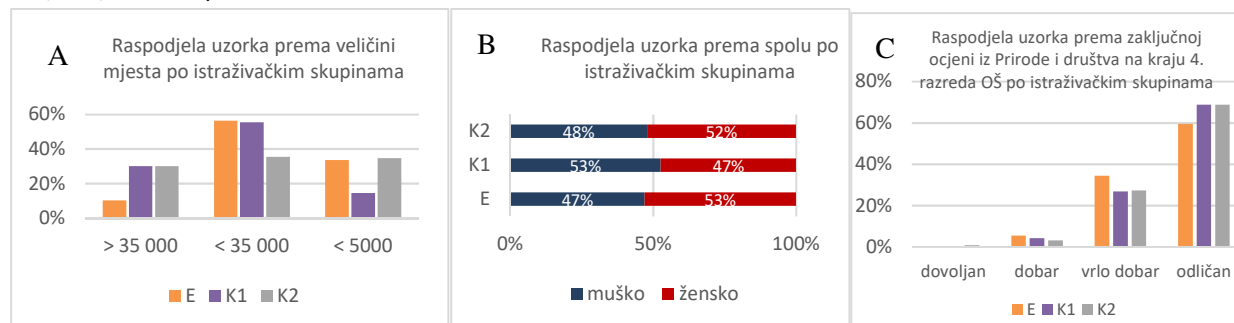
te utječu jedno na drugo (Rittle-Johnson i sur., 2001). Dobro sadržajno znanje utječe na poboljšanje proceduralnog znanja, ali i obrnuto (Rittle-Johnson i sur., 2001).

Istraživanja pokazuju kako se učenici ne bave epistemičkim aspektima znanosti, kao što se bave sadržajnim ili proceduralnim znanjem (Zetterqvist i Bach, 2023). Neki od razloga nekorištenja epistemičkog znanja su: intelektualna zahtjevnost takvog znanja (Kind i Osborne, 2017), učenici nisu naviknuti na epistemičke zadatke (Kind i Osborne, 2017), učitelji nisu osposobljeni za takav način poučavanja (Osborne i sur., 2018). Ako želimo poboljšati nastavu koja se bavi epistemičkim aspektima znanosti, moramo dizajnirati i evaluirati takvu nastavu. Učitelji mogu kroz suočavanje učenika sa složenim problemima koji zahtijevaju zajedničko, kolaborativno i kreativno rješavanje stvoriti uvjete za razvoj epistemičkog znanja (Goodyear i Markauskaite, 2019). Nastavna strategija kojom se mogu postići takvi uvjeti je kolaborativno istraživačko učenje, gdje se koriste simulacijski ili stvarni zadaci koji zahtijevaju zajedničko odlučivanje i donošenje odluka o metodama i strategijama koje će se primijeniti za ostvarenja zajedničkog cilja, kao i postupke za utvrđivanje ostvaruju li odabrane strategije, metode i tehnike učenja zadani cilj (Chatterjee i Correia, 2020).

Ovim istraživanjem provjeravani su učinci kolaborativnog istraživačkog učenja, istraživačkog učenja i tradicionalnog poučavanja na sadržajno, proceduralno i epistemičko znanje uz hipotezu da će učenici koji su sudjelovali u istraživačkom kolaborativnom učenju pokazati značajno bolje sadržajno, proceduralno i epistemičko znanje od učenika koji su sudjelovali u istraživačkom učenju i tradicionalnom poučavanju.

METODE

U istraživanju je sudjelovalo 1340 učenika petih razreda iz 32 škole koje obuhvaćaju područje većeg dijela Hrvatske (Slika 1A). Ispitanici su bili podijeljeni u eksperimentalnu i dvije kontrolne skupine. Učenici eksperimentalne skupine učili su uz istraživačko kolaborativno učenje (E), a njihovo se učenje uspoređivalo s kontrolnom skupinom 1 u kojoj su učenici učili standardnim istraživačkim učenjem bez kolaboracije (K1) te kontrolnom skupinom 2 u kojoj su učenici poučavani na tradicionalan način uz pokuse (K2). Skupine su ujednačene prema spolu ($\chi^2 = 3,428$; $df = 2$; $p = 0,180$; Slika 1B) te prema slabijem (ocjene 2 i 3) i uspješnijem uspjehu (ocjene 4 i 5) iz predmeta Priroda i društvo na kraju 4. razreda ($t_{E-K1} = -1,188$; $df = 941$; $p = 0,235$; $t_{E-K2} = -1,403$; $df = 868$; $p = 0,161$; $t_{K1-K2} = -0,263$; $df = 830$; $p = 0,793$; Slika 1C).



Slika 1 Struktura uzorka učenika 5. razreda osnovne škole; A: Raspodjela ispitanika prema veličini mjesta po istraživačkim skupinama (kolaborativno istraživačko učenje (E), istraživačko učenje (K1), tradicionalno učenje uz pokuse (K2)); B: Raspodjela ispitanika prema spolu po istraživačkim skupinama; C: Raspodjela ispitanika prema zaključnoj ocjeni iz Prirode i društva na kraju 4. razreda OŠ po istraživačkim skupinama

Istraživanje je provedeno školske godine 2019./2020. tijekom poučavanja o tematskoj cjelini *Tlo u prirodi*. Obrada tematske cjeline *Tlo u prirodi* razrađena je kroz 13 nastavnih sati i 9 nastavnih tema

(*Građa tla, Vrste tla, Svojstva tla, Životni uvjeti u tlu, Mjerenje temperature tla, Projekt temperatura tla kroz godišnja doba, Izrada lumbrikarija, Prilagodba živih bića životnim uvjetima u tlu, Utjecaj živih bića na životne uvjete u tlu*), uključujući poučavanje tijekom terenske nastave te strukturirano promatranje i istraživanje uz pokuse (npr. mjerenje propusnosti tla, određivanje teksture tla, taloženje čestica tla u menzuri, izrada lumbrikarija). Razrada nastavnih tema najvećim dijelom se temeljila na implementaciji GLOBE protokola za tlo (GLOBE Hrvatska, 2010; Program GLOBE – Hrvatska, 2020) koji su prihvatljivi za provedbu kod učenika u dobi od 11 godina.

Za potrebe istraživanja izrađeno je sedam radnih listića, priručnik za nastavnike, šest pisanih priprema za nastavu i pisana provjera znanja. Sedam radnih listića (RL) sa strukturiranim zadacima istraživanja i otkrivanja imali su svrhu pomoći učenicima usvojiti nastavne sadržaje i osigurati jednoznačnost poučavanja (Tablica 1).

Tablica 1 Struktura radnih listića

Radni listići	Broj zadataka	Broj čestica s rezultatima učenja	Broj nastavnih sati	Vrsta znanja	Biološki kontekst	Ishodi učenja
RL1	2	8	1	sadržajno epistemičko	Važnost tla za čovjeka i ostala živa bića, proces nastanka tla i građa tla	A.5.1.5.1. Opisuje na temelju praktičnih radova tlo kao dinamičan sustav koji se stalno mijenja pod utjecajem različitih čimbenika i utječe na živi i neživi svijet
RL2	2	9	1	sadržajno proceduralno epistemičko	Slojevi tla Živa i neživa priroda koju nalazimo u slojevima tla	A.5.1.2.1. Opisuje na temelju praktičnih radova građu i vrstu tla uz razlikovanje slojeva u tlu D.5.1.1.1. Odgovorno i prema uputama koristi termometar za mjerenje tla i zraka te kemikalije poput octene kiseline uz primjenu mjera opreza i zaštite
RL3	2	12	1	proceduralno	Vrste čestica tla i vrste tla	B.5.1.1.1. Upotrebom osjetila određuje svojstva tla i povezuje ih s građom
RL4	4	55	3	proceduralno epistemičko	Svojstva tla	B.5.1.2.1. Uspoređuje na temelju praktičnih radova svojstva tla tijekom godišnjih doba povezujući ih s promjenama životnih uvjeta D.5.1.2.1. Prepoznaje istraživačka pitanja na temelju provedbe istraživačkih i praktičnih radova D.5.1.3.1. Prikazuje rezultate mjerenja i opažanja na osnovu vođenih bilježaka kao osnove za zaključke
RL5	4	37	3	sadržajno proceduralno	Utjecaj svojstva tla na životne uvjete Mjerenje temperature tla kroz godišnja doba	B.5.1.3.1. Zaključuje na temelju opažanja da svojstva i sastav tla utječu na životne uvjete na Zemlji D.5.1.1.1. Odgovorno i prema uputama koristi termometar za mjerenje tla i zraka te kemikalije poput octene kiseline uz primjenu mjera opreza i zaštite D.5.1.2.1. Prepoznaje istraživačka pitanja na temelju provedbe istraživačkih i praktičnih radova D.5.1.3.1. Prikazuje rezultate mjerenja i opažanja na osnovu vođenih bilježaka kao osnove za zaključke D.5.1.5.1. Raspravlja o svojim rezultatima i uspoređuje ih s rezultatima drugih učenika dobivenih na temelju istraživačkih i praktičnih radova a prikazanih tabelarno i grafički
RL6	5	28	2	proceduralno epistemičko	Utjecaj gujavica na svojstva tla	B.5.2.6.1. Proučava utjecaj živih bića na životne uvjete u tlu

Radni listići	Broj zadataka	Broj čestica s rezultatima učenja	Broj nastavnih sati	Vrsta znanja	Biološki kontekst	Ishodi učenja
						D.5.1.3.1. Prikazuje rezultate mjerenja i opažanja na osnovu vođenih bilježaka kao osnove za zaključke D.5.1.4.1. Uočava uzročno-posljedične veze na temelju promatranja, opažanja i provedbe istraživačkih radova
RL7	9	49	2	sadržajno epistemičko	Građa gujavice Osjetila gujavice Prilagodbe gujavice na životne uvjete u tlu	B.5.2.1.1. Objašnjava na temelju promatranja, istraživanja u neposrednom okolišu i praktičnih radova prilagodbe živih bića koja žive u tlu različitim uvjetima tla D.5.1.2.1. Prepoznaje istraživačka pitanja na temelju provedbe istraživačkih i praktičnih radova D.5.1.3.1. Prikazuje rezultate mjerenja i opažanja na osnovu vođenih bilježaka kao osnove za zaključke D.5.1.4.1. Uočava uzročno-posljedične veze na temelju promatranja, opažanja i provedbe istraživačkih radova

Na osnovu prikupljenih radnih listića i kodiranih odgovora učenika prema Radanović i sur. (2016) s obzirom na točnost i razinu razumijevanja (Tablica 2), za zadatke unutar radnih listića bilo je moguće pratiti učinke učenja tijekom pojedinog načina učenja (E ili K1).

Tablica 2 Skale za kodiranje točnosti odgovora i razina razumijevanja prema Radanović i sur. (2016); MA – metrijska analiza; RR – razina razumijevanja

Riješenost zadatka	MA	Razina razumijevanja	RR
točno	1	konceptualno razumijevanje	6
netočno	0	djelomično konceptualno razumijevanje	5
		primjena	4
		prepoznavanje	3
		reprodukcija	2
		konceptualno nerazumijevanje	1
		besmisleno	0
		nema odgovora	9

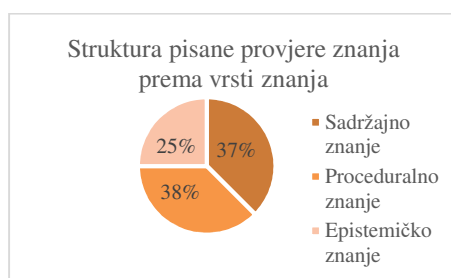
Pisana provjera znanja sastojala se od devet zadataka i 21 čestice koji su provjeravali ishode propisane prema kurikulumu nastavnog predmeta Priroda (Tablica 3).

Tablica 3 Ishodi tematske cjeline *Tlo u prirodi* u prirodi kao osnova analize uspješnosti učenja.

ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHOD	Razrada ishoda	Ishodi aktivnosti	Čestice pisane provjere znanja
OŠ PRI A.5.1. Učenik objašnjava temeljnu građu prirode	A.5.1.2. Uočava na temelju praktičnih radova da su tvari građene od sitnih čestica	A.5.1.2.1. Opisuje na temelju praktičnih radova građu i vrstu tla uz razlikovanje slojeva u tlu	2A, 2B, 7A, 9
	A.5.1.5. Objašnjava da međusobnim djelovanjem različitih tvari mogu nastati nove tvari	A.5.1.5.1. Opisuje na temelju praktičnih radova tlo kao dinamičan sustav koji se stalno mijenja pod utjecajem različitih čimbenika i utječe na živi i neživi svijet	1, 8A, 8B
OŠ PRI B.5.1. Učenik objašnjava svojstva zraka, vode i tla na temelju istraživanja u neposrednom okolišu	B.5.1.1. Istražuje sastav i svojstva zraka vode i tla	B.5.1.1.1. Upotrebom osjetila određuje svojstva tla i povezuje ih s građom	3A, 3B, 3C, 7B
	B.5.1.2. Uspoređuje promjene svojstava zraka, vode i tla tijekom godišnjih doba povezujući ih s promjenom životnih uvjeta	B.5.1.2.1. Uspoređuje na temelju praktičnih radova svojstva tla tijekom godišnjih doba povezujući ih s promjenama životnih uvjeta	5A, 6A
	B.5.1.3. Zaključuje da su životni uvjeti na Zemlji proizašli iz sastava i svojstava zraka, vode i tla	B.5.1.3.1. Zaključuje na temelju opažanja da svojstva i sastav tla utječu na životne uvjete na Zemlji	3D, 5A, 6A

ODGOJNO-OBRAZOVNI ISHOD	Razrada ishoda	Ishodi aktivnosti	Čestice pisane provjere znanja
OŠ PRI B.5.2. Učenik objašnjava međuodnose životnih uvjeta i živih bića	B.5.2.1. Objašnjava prilagodbe živih bića u različitim uvjetima u prirodi na temelju promatranja, istraživanja u neposrednom okolišu i praktičnih radova	B.5.2.1.1. Objašnjava na temelju promatranja, istraživanja u neposrednom okolišu i praktičnih radova prilagodbe živih bića koja žive u tlu različitim uvjetima tla	5B, 6B, 8C
	B.5.2.6. Proučava utjecaj živih bića na životne uvjete	B.5.2.6.1. Proučava utjecaj živih bića na životne uvjete u tlu	3E, 8A, 8B
OŠ PRI D.5.1. Učenik tumači uočene pojave, procese i međuodnose na temelju opažanja prirode i jednostavnih istraživanja	D.5.1.1. Odgovorno i prema uputama koristi se različitim laboratorijskim posuđem, priborom, uređajima i kemikalijama uz primjenu mjera opreza i zaštite	D.5.1.1.1. Odgovorno i prema uputama koristi termometar za mjerenje tla i zraka te kemikalije poput octene kiseline uz primjenu mjera opreza i zaštite	4C
	D.5.1.2. Prepoznaje istraživačka pitanja	D.5.1.2.1. Prepoznaje istraživačka pitanja na temelju provedbe istraživačkih i praktičnih radova	4A
	D.5.1.3. Bilježi i prikazuje rezultate mjerenja i opažanja te iz njih izvodi zaključke	D.5.1.3.1. Prikazuje rezultate mjerenja i opažanja na osnovu vođenih bilježaka kao osnove za zaključke	5A, 4B
	D.5.1.4. Uočava uzročno-posljedične veze	D.5.1.4.1. Uočava uzročno-posljedične veze na temelju promatranja, opažanja i provedbe istraživačkih radova	4B, 3D, 5A
	D.5.1.5. Raspravlja o svojim rezultatima i uspoređuje ih s rezultatima drugih učenika	D.5.1.5.1. Raspravlja o svojim rezultatima i uspoređuje ih s rezultatima drugih učenika dobivenih na temelju istraživačkih i praktičnih radova a prikazanih tabelarno i grafički	4B, 5A, 9

Vrste znanja određene su prema PISA istraživanjima (Braš Roth i sur., 2017) uz podjednaku zastupljenost sadržajnog (37 %) i proceduralnog znanja (38 %) te nešto manju zastupljenost (25 %) epistemičkog znanja (Slika 2).



Slika 2 Struktura pisane provjere znanja prema vrsti znanja

Tipovi pitanja u pisanoj provjeri znanja bili su: dva pitanja alternativnog izbora, dva pitanja višestrukog izbora, tri pitanja povezivanja i sređivanja, dva zadatka dopunjavanja, pet zadataka kratkih odgovora, sedam zadataka proširenog odgovora. Bilo je moguće ostvariti 35 bodova. Kako bi se omogućila metrijska analiza podataka, učenički odgovori kodirani su pomoću apsolutnih brojevnih vrijednosti (Tablica 2). Svaki odgovor dodatno je procijenjen prema kriterijima točnosti i razini razumijevanja (Tablica 2) prema Radanović i sur. (2016).

Za testiranje normalne distribucije rezultata radnih listića i pisane provjere znanja koristili smo Shapiro-Wilks test (S-W). Homogenost varijance provjeravana je Levene-ovim testom. Za utvrđivanje povezanosti varijabli vrsta znanja provedeno je višedimenzionalno skaliranje (MDS proximities) uz SPSS Proxscal Version 1.0 (Data Theory Scaling System Group (DTSS), Faculty of Social and Behavioral Sciences, Leiden University, The Netherlands), uz kriterije dimenzija (2,2), maxiter (100), diffstress (0,0001), minstress (0,0001) i prikaz common distances stress. (Borg i Groenen, 2005). T-test za nezavisne uzorke zajedno s Bootstrap testom korišten je i za utvrđivanje statistički značajnih razlika u ostvarenom sadržajnom, proceduralnom i epistemičkom znanju pri rješavanju zadataka pisane provjere znanja između tri skupine učenika prema načinu učenja. T-test uz Bonferroni post-hoc test korišten je za utvrđivanje statistički značajnih razlika u ostvarenom sadržajnom, proceduralnom i epistemičkom znanju pri rješavanju zadataka radnih listića između dvije skupine učenika (E i K1) prema

načinu učenja. Za utvrđivanje statistički značajnih razlika u ostvarenom razumijevanju u zadacima radnih listića između dvije skupine (E i K1) učenika prema načinu učenja korištena je ANOVA.

Statistički proračuni izrađeni su korištenjem programskog paketa SPSS 22 (IBM, 2013).

REZULTATI

Rezultati ANOVA testa pokazuju kako su učenici koji su učili kolaborativno statistički značajno bolje rješavali zadatke radnih listića 3, 4 i 7 (Tablica 4) u kojim su se izvodili pokusi, promatranja i istraživanja s kojima se učenici prije nisu susreli. U radnom listiću 3 (RL3) učenici su trebali istražiti i odrediti vrstu tla na temelju pokusa taloženja čestica tla (Tablica 5). U radnom listiću 4 (RL4) učenici su trebali osmisliti način kako provjeriti propusnost tla (Tablica 5). Učenici eksperimentalne skupine prvo su raspravili ideje unutar grupa. Nakon što je svaka grupa dala svoj prijedlog, cijeli razred se odlučio za jedinstven postupak. Kod kontrolne skupine taj korak bio je izostavljen.

Tablica 4 Rezultati ANOVA testa za ostvarene razine razumijevanja učenika prilikom rješavanja zadataka radnih listića

Razina razumijevanja NE = 149 NK1 = 234		M	SD	Test homogenosti varijance (df = 1)		ANOVA	
				Levene test	p	F	p
RL1	E	3,75	0,86	2,90	0,089	0,29	0,588
	K1	3,81	1,11				
RL2	E	4,88	0,55	28,07	0,000	0,65	0,422
	K1	4,93	0,73				
RL3	E	5,16	1,87	0,46	0,499	65,60	0,000
	K1	3,78	1,45				
RL4	E	5,21	0,42	35,47	0,000	26,07	0,000
	K1	4,90	0,67				
RL5	E	4,71	0,59	0,00	0,980	43,72	0,000
	K1	5,10	0,54				
RL6	E	5,23	0,37	49,61	0,000	187,88	0,000
	K1	5,64	0,22				
RL7	E	5,52	0,17	18,35	0,000	69,36	0,000
	K1	5,33	0,24				

U radnom listiću 7 (RL7) učenici su istraživali osjetila gujavice i prilagodbe gujavice na životne uvjete. Učenici koji su učili eksperimentalno morali su samostalno osmisliti načine ispitivanja osjetila dok su učenici kontrolne skupine bili vođeni po koracima istraživanja (Tablica 5). Učenici koji su učili istraživački bez kolaboracije su statistički značajno bolje rješavali zadatke radnih listića 5 i 6 (Tablica 4). Zadaci radnog listića 5 (RL5) tražili su od učenika da mjere temperaturu tla, a radnog listića 6 (RL6) da izrade lumbrikarije, s čim su se u prijašnjem školovanju već susreli (Tablica 5). Učenici obje skupine su podjednako uspješno riješili zadatke radnih listića 1 i 2 (Tablica 4) koji su bili više orijentirani na sadržajno znanje od ostalih radnih listića (Tablica 5). U radnom listiću 1 (RL1) zadaci su se temeljili na individualnom rješavanju uz objašnjavanje i naglašenu samoregulaciju u učenju. Radni listić 2 (RL2) također je tražio rješavanje zadataka temeljeno na vođenom učenju uz objašnjavanje nakon grupnog promatranja (Tablica 5).

Tablica 5 Opis zadataka i uočeni problemi tijekom rješavanja zadataka radnih listića

Radni listić	Opis	Razlika između skupina	Vrsta znanja	Uočeni problemi - prema učiteljima
RL1	Crtanje puta hrane od tla do tanjura; objašnjavanje zašto je tlo bitno, kako nastaje, što se u njemu nalazi te analiza odgovora prije i nakon učenja.	Nema razlike.	sadržajno epistemičko	Bez problema.

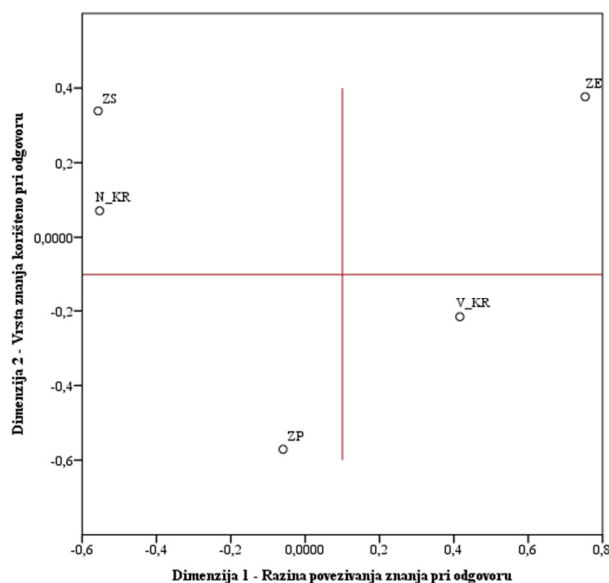
Radni listić	Opis	Razlika između skupina	Vrsta znanja	Uočeni problemi - prema učiteljima
RL2	Proučavanje slojeva u tlu, usporedba različitih slojeva i crtanje, izvedba pokusa za dokazivanje zraka u tlu.	Nema razlike.	sadržajno proceduralno epistemičko	▪ Bez problema.
RL3	Određivanje postotka gline, pijeska i praha u zemlji te određivanje vrste tla.	Eksperimentalna skupina je sve rezultate istraživanja podijelila s drugim sudionicima projekta na aplikaciji Google Maps uz mogućnost međusobnog komentiranja.	proceduralno	▪ Učenici nemaju potrebne vještine upotrebe menzure. ▪ Učenici nemaju potrebne informatičke i matematičke vještine
RL4	Određivanje vrste tla metodom probe prstima i osmišljavanje pokusa za provjeru propusnosti tla za vodu.	Kontrolna skupina je istraživanje osmišljavala na razini razreda, dok je eksperimentalna skupina osmišljavala na razini grupa pa onda na razini razreda.	proceduralno epistemičko	▪ Učenici nemaju potrebne vještine upotrebe menzure. ▪ Potrebna dobra i detaljna priprema učitelja (priprema uzoraka zemlje). ▪ Učenici se nisu snašli u suradničkom okruženju. ▪ Nedovoljno vremena za izvedbu.
RL5	Projekt mjerenja temperature tla.	Eksperimentalna skupina je morala dogovoriti način izvedbe projekta, dok je kontrolna skupina dobila detaljne upute.	sadržajno proceduralno	▪ Projekt ograničen vremenskim uvjetima. ▪ Učenici nemaju potrebne vještine upotrebe menzure. ▪ Potrebna dobra i detaljna priprema učitelja (priprema uzoraka zemlje). ▪ Učenici se nisu snašli u suradničkom okruženju. ▪ Nedovoljno vremena za izvedbu.
RL6	Izrada lumbrikarija i praćenje utjecaja gujavice na životne uvjete.	Eksperimentalna skupina je morala dogovoriti način izrade lumbrikarija, dok je kontrolna skupina dobila detaljne upute.	proceduralno epistemičko	▪ Potrebna dobra i detaljna priprema učitelja (priprema gujavica, materijala i pribora za izradu lumbrikarija). ▪ Slaba organizacija učenika.
RL7	Proučavanje građe i kretanja gujavice, proučavanje osjetila gujavice, vođenim pitanjima učenje o utjecaju gujavice na okoliš te prilagodbi na okolišne uvjete.	Eksperimentalna skupina je morala dogovoriti postupke istraživanja osjetila gujavice, dok je kontrolna skupina dobila detaljne upute.	sadržajno epistemičko	▪ Potrebna dobra i detaljna priprema učitelja (priprema gujavica, materijala i pribora za istraživačku nastavu).

Učenici koji su učili istraživačkim načinom učenja uz kolaboraciju pokazali su statistički bolje proceduralno i epistemičko znanje prilikom rješavanja radnih listića od učenika koji su učili istraživačkim načinom bez kolaboracije (Tablica 6).

Tablica 6 Rezultati t-testa i Boferroni post-hoc testa za vrste usvojenog znanja učenika pri rješavanju radnih listića

Vrste znanja pri rješavanju RL	Grupna statistika			Test homogenosti varijance (df = 2)		t-test za jednakost srednjih vrijednosti neovisnih uzoraka			Usporedba načina učenja	Bonferroni post-hoc test							
										Srednja razlika	SE	p	95% interval pouzdanosti				
	M	SD	Levene test	p	t	df	p	NE = 260 NK1 = 366								Donja granica	Gornja granica
Proceduralno	E	5,29	0,64	160,63	0,000	18,86	587	0,000	E - K1	1,38	0,07	0,001	1,24	1,53			
	K1	3,91	1,18														
Epistemičko	E	5,73	0,66	412,86	0,000	9,36	556	0,000	E - K1	0,78	0,08	0,001	0,62	0,95			
	K1	4,95	1,39														

Proxscal MDS analiza vrste i razine znanja (Slika 3) ukazuje da se mogu izlučiti dvije eksterne varijable: *Razina povezivanja znanja pri odgovoru* (dimenzija 1) i *Vrsta znanja (teoretsko/primijenjeno) korišteno pri odgovoru* (dimenzija 2).



Slika Error! No text of specified style in document. MDS analiza vrste i razine znanja (ZS sadržajno znanja, ZP proceduralno znanje, ZE epistemičko znanje, V_KR viša kognitivna razina, N_KR niža kognitivna razina)

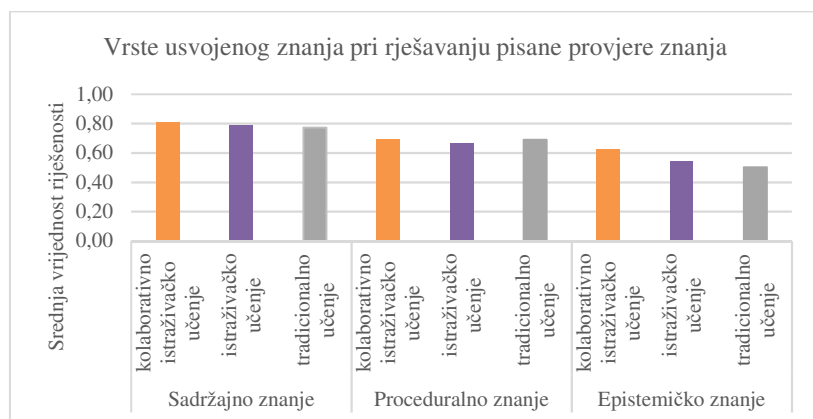
Mjere stresa (normalizirani sirovi stres i S-stres) su izvrsne prikladnosti (Tablica 7) i pokazuju da su provedene analize valjane te se poveznice mogu smatrati vjerodostojnima.

Tablica 7 Mjere stresa MDS analize kvalitete znanja

Mjere stresa	
Normalizirani sirovi stres	0,003
Stres-I	0,053 ^a
Stres-II	0,160 ^a
S-Stres	0,007 ^b
Obračunata disperzija (D.A.F.)	0,997
Tuckerov koeficijent podudarnosti	0,999
PROXSCAL minimizira normalizirani sirovi stres.	
a. Optimalni faktor skaliranja = 1,003.	
b. Optimalni faktor skaliranja = 0,992.	

Kao teoretska znanja niske razine povezivanja izdvajaju se sadržajno znanje (ZS) kao više teoretski potkrijepljeno i reproduktivno znanje (N_KR) niže situirano prema praktičnim znanjima. Nasuprot tome je visoko teoretsko znanje koje učenici koriste pri formuliranju epistemičkih odgovora (ZE) uz potrebnu veliku količinu povezivanja različitih znanja. Od primijenjenih znanja se izdvaja proceduralno znanje (ZP) koje je praktično znanje kojem je potrebna manja razina povezivanja znanja te znanje viših kognitivnih razina (V_KR) kojem je osim praktičnih znanja potreban i veći obim povezivanja znanja.

Prilikom rješavanja pisane provjere znanja učenici su bili najuspješniji u rješavanju zadataka koji su provjeravali sadržajno znanje ($M_E = 0,81$; $M_{K1} = 0,79$; $M_{K2} = 0,77$), a najslabiji u rješavanju zadataka koji su provjeravali epistemičko znanje ($M_E = 0,62$; $M_{K1} = 0,54$; $M_{K2} = 0,50$), (Slika 4). Učenici eksperimentalne skupine pokazali su najvišu razinu u obje vrste navedenih znanja. Što se tiče proceduralnog znanja, učenici koji su učili kolaborativnim učenjem i oni koji su učili tradicionalnim učenjem pokazali su istu razinu znanja dok su učenici koji su učili istraživačkim učenjem pokazali nešto malo slabiju razinu toga znanja ($M_E = 0,69$; $M_{K1} = 0,67$; $M_{K2} = 0,69$), (Slika 4).



Slika 4 Usporedba srednjih vrijednosti za vrste usvojenog znanja učenika prema načinu učenja

Učenici koji su učili kolaborativnim istraživačkim učenjem pokazali su statistički bolje sadržajno znanje na pisanoj provjeri znanja od učenika koji su učili tradicionalno, te podjednako sadržajno znanje kao i učenici koji su učili istraživačkim učenjem bez kolaboracije (Tablica 8).

Tablica 8 Rezultati t-testa i Bootstrap testa za vrste usvojenog znanja učenika pri rješavanju pisane provjere znanja

Vrsta znanja	NU NE = 327 NK1 = 321 NK2 = 307	M	SD	Usporedba načina učenja df _{E-K1} = 646 df _{E-K2} = 321 df _{K1-K2} = 307	Levene test za jednakost varijanci		Neovisni test uzoraka		Srednja razlika	Bootstrap za nezavisne uzorke				
					F	p	t	p		Pristranost	SE	p	95% interval pouzdanosti	
Sadržajno znanje (S)	E	0,81	0,15	E - K1	1,703	0,192	1,549	0,122	0,019	0,00019	0,01	0,129	-0,006	0,046
	K1	0,79	0,17	E - K2	1,701	0,193	2,830	0,005	0,036	0,00026	0,01	0,003	0,011	0,062
	K2	0,77	0,17	K1 - K2	0,000	0,991	1,221	0,223	0,016	-0,00002	0,01	0,231	-0,011	0,041
Proceduralno znanje (P)	E	0,69	0,17	E - K1	0,592	0,442	1,812	0,071	0,023	-0,00031	0,01	0,065	-0,001	0,046
	K1	0,67	0,15	E - K2	5,033	0,025	0,016	0,987	0,000	0,00040	0,01	0,990	-0,026	0,028
	K2	0,69	0,19	K1 - K2	9,942	0,002	-1,644	0,101	-0,023	-0,00001	0,01	0,095	-0,048	0,006
Epistemičko znanje (E)	E	0,62	0,21	E - K1	0,073	0,787	4,727	0,000	0,080	0,00040	0,02	0,001	0,045	0,114
	K1	0,54	0,22	E - K2	0,055	0,814	6,820	0,000	0,119	0,00009	0,02	0,001	0,084	0,156
	K2	0,50	0,23	K1 - K2	0,000	0,987	2,211	0,027	0,039	-0,00020	0,02	0,037	0,002	0,076

Što se tiče proceduralnog znanja sve skupine učenika pokazale su jednako znanje (Tablica 8). Učenici koji su učili istraživačkim načinom uz kolaboraciju pokazali su statistički značajno bolje epistemičko znanje od kontrolnih skupina, dok je tradicionalna skupina učenika pokazala najlošije epistemičko znanje od svih (Tablica 8).

RASPRAVA

Učenici koji su učili kolaborativno pokazali su najbolje epistemičko znanje u provjeri znanja dok su učenici koji su učili tradicionalno pokazali najslabije epistemičko znanje u provjeri znanja. Učenici eksperimentalne skupine su pokazali i bolje epistemičko znanje prilikom rješavanja zadataka radnih listića od učenika koji su učili istraživački bez kolaboracije. U zadacima se od učenika tražilo da provedu istraživanja te na temelju opažanja izvedu zaključke i odgovore na pitanja. Razlika je bila jedino u uputama za izvedbu istraživanja. Kontrolna skupina dobila je jasne upute, a učenici eksperimentalne skupine su se morala međusobno dogovoriti o izvedbi što im je dalo priliku da više raspravljaju i argumentiraju. Samson i Clark (2009) tvrde kako argumentirana rasprava potiče konstruiranje epistemičkog znanja za razliku od provođenja rutinskih radnji koje ne zahtijevaju nikakvo preispitivanje od učenika. Berland i sur. (2015) daju primjer kada učenici koji razumiju zašto se određene varijable

trebaju kontrolirati bolje određuju te varijable od učenika koji su naučili identificirati varijable koje treba kontrolirati. Rješavanje složenih problema prilikom kolaborativnog učenja stvara radnu atmosferu koja učenike podupire u izgradnji epistemičkog znanja, jer zadatak ne rješavaju rutinski već su zajednički uključeni u njihovo rješavanje uz minimalno vodstvo učitelja (Berland i sur., 2015).

Učenici eksperimentalne skupine pokazali su bolje sadržajno znanje od učenika koji su učili tradicionalno. PISA rezultati hrvatskih učenika iz 2015 pokazuju kako se sadržajno znanje učenika može poboljšati ako se od učenika traži primjena znanstvene metodologije (Braš Roth i sur., 2017), što je najviše bilo primjenjivano u kolaborativnoj skupini. Howe i sur. (2011) zaključuju kako rad u grupi s učenicima koji imaju drukčija predznanja i različite ideje može pomoći učenicima da prevladaju svoje miskoncepte i pravilno usvoje prirodoslovne sadržaje.

Sve skupine su jednako usvojile proceduralno znanje. Objašnjenje takvog rezultata leži u činjenici da je kurikulumom određeno da se proceduralnom znanju posveti velika pažnja prilikom poučavanja. Eksperimentalna skupina i kontrolna skupina poučavane su istraživačkim učenjem gdje se svaka nastavna jedinica temeljila na osnovnim koracima znanstvenog istraživanja te su učenici mogli jako dobro uvježbati proceduralno znanje. Dobro vođenje učitelja prilikom tradicionalnog učenja uz primjenu pokusa, također je moglo utjecati na dobro usvajanje proceduralnog znanja. Rezultate podupire i istraživanje Rogoff (2009) koje objašnjava kako je za usvajanje proceduralnog znanja bitno dobro vođenje učitelja, dok su Howe i sur. (2011) došli do zaključka kako se proceduralno znanje može usvojiti i ako se učenike pusti da raspravljaju bez uplitanja nastavnika što je u skladu s primijenjenim kolaborativnim istraživačkim učenjem tijekom ovog istraživanja. Pokazalo se kako je i povjerenje bitno za izgradnju proceduralnog znanja (Gutić i sur., 2023), a učenici koji su učili kolaborativno iskazali su kako se oslanjaju na kolege iz razreda i zajedno rješavaju domaće zadaće te je logično da na taj način stječu povjerenje.

Rezultati radnih listića pokazali su kako su se razlike u znanju javile prilikom rješavanja zadataka koji su tražili proceduralno znanje i epistemičko znanje. Učenici koji razvijaju dobro proceduralno znanje imaju razvijeno i konceptualno znanje, a učenici koji nemaju razvijeno sadržajno znanje puno teže usvajaju proceduralno znanje (Euler, 2021). Teoretskom znanju niske razine povezivanja (sadržajno reproduktivno znanje) i proceduralnom praktičkom znanju potrebna je manja razina povezivanja. Nasuprot toga znanju viših kognitivnih razina je uz praktična znanja potreban i veći obim povezivanja, što posebno dolazi do izražaja kada učenici visoko teoretsko znanje koriste pri formuliranju epistemičkih odgovora uz potrebnu veliku količinu povezivanja različitih znanja. Istraživanja pokazuju da se znanje i vještine brže usvajaju kada učenici raspravljaju i dijele svoje znanje (Le i sur., 2018). Rasprava među učenicima dovodi do generiranja novih ideja i usvajanja konceptualnog razumijevanja (Howe i sur., 2011). U ovom istraživanju potvrđeno je da dijeljenje znanja među učenicima i rasprava potiču učenike da realiziraju svoje ideje te da uspješnije riješe zadatke koji od njih traže određene korake i objašnjenja.

ZAKLJUČAK

U provjeri znanja su učenici koji su učili kolaborativno pokazali najbolje epistemičko znanje, dok su učenici koji su učili tradicionalno pokazali najslabiju sposobnost argumentiranja odgovora. Učenici eksperimentalne skupine su pokazali i bolje epistemičko znanje prilikom rješavanja zadataka radnih listića od učenika koji su učili istraživački bez kolaboracije. U ovom istraživanju učenici sve tri skupine su dobro usvojile sadržajno teoretsko znanje niske razine povezivanja. Razlike u znanju javile prilikom

rješavanja zadataka koji su tražili proceduralno znanje i epistemičko znanje. U skladu s ishodima kurikula proceduralno praktičko znanje koje traži manju razinu povezivanja učenici usvajaju podjednako bez obzira na način poučavanja, ako ih učitelji dobro vode pri učenju uz praktične radove. Proceduralna i epistemička znanja viših kognitivnih razina uz praktična znanja traže i veći obim visoko teoretskog znanja uz potrebnu veliku količinu povezivanja različitih znanja za formuliranje argumentiranih odgovora.

METODIČKI ZNAČAJ

Istraživanje daje odgovor na pitanje ima li kolaborativno istraživačko učenje pozitivan utjecaj na učeničko ostvarivanje sadržajnog, epistemičkog i proceduralnog znanja. Rezultati istraživanja doprinose boljem razumijevanju istraživačkog kolaborativnog učenja i mogućnostima njegove implementacije u kurikulum nastavnog predmeta Prirode i poučavanja Biologije, potiču učitelje na češće korištenje kolaborativnog učenja u nastavi Prirode i Biologije u svrhu razvoja boljeg povezivanja različitih vrsta znanja, a time i razumijevanja te argumentiranja odgovora učenika.

LITERATURA

- Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082–1112. <https://doi.org/10.1002/tea.21257>
- Borg, I., Groenen, P. (2005). *Modern Multidimensional Scaling: Theory and Applications* (Springer Series in Statistics). New York, Springer.
- Braš Roth, M., Markočić Dekanić, A., Markuš Sandrić, M. (2017). *PISA 2015: Prirodoslovne kompetencije za život*. Zagreb, NCVVO
- Chatterjee, R. & Correia, A.-P. (2019). Online Students' Attitudes Toward Collaborative Learning and Sense of Community. *American Journal of Distance Education*, 34, 1–16. <https://doi.org/10.1080/08923647.2020.1703479>
- Euler, M. (2021). The Mechanics of Creative Cognition: Orchestrating the Productive Interplay of Procedural and Conceptual Knowledge in STEM Education. *Proceedings of the Singapore National Academy of Science*, 15(2), 105–117. <https://doi.org/10.1142/S259172262140010X>
- GLOBE Hrvatska. (2010). *Priručnik za voditelje programa GLOBE, Priručnik za mjerenja*. Dostupno na: <https://globe.pomsk.hr/prirucnik.html>, preuzeto 9.5.2025.
- Goodyear, P., Markauskaite, L. (2019). The Impact of Practice on Wicked Problems and Unpredictable Futures. Retrieved March 12, 2024, from https://doi.org/10.1163/9789004400795_004
- Gutić, T., Stević, F., Labak, I. (2023). Vršnjačko poučavanje kao podrška u uporabi konceptualne mape u online samostalnom učenju. *Educatio biologiae*, 9, 8–17. <https://doi.org/10.32633/eb.9.2>
- Howe, C., Tolmie, A., Rodgers, C. (2011). The acquisition of conceptual knowledge in science by primary school children: Group interaction and the understanding of motion down an incline. *British Journal of Developmental Psychology*, 10, 113–130. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1992.tb00566.x>
- Kind, P., Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sce.21251>
- Le, H., Janssen, J., Wubbels, T. (2018). Collaborative learning practices: Teacher and student perceived obstacles to effective student collaboration. *Cambridge Journal of Education*, 48(1), 103–122. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2016.1259389>
- Lukša, Ž., Radanović, I., Garašić, D. (2013). Konceptualni pristup poučavanju uz definiranje makrokonceptnog okvira za biologiju. *Život i škola: Časopis Za Teoriju i Praksu Odgoja i Obrazovanja*, 59(30), 156–170.
- OECD. (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do - Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*. Dostupno na: https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2009-results-what-students-know-and-can-do_9789264091450-en, preuzeto 13.6.2024.
- OECD. (2017). *PISA for Development and the Sustainable Development Goals, PISA for Development Brief 17*. Dostupno na: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-for-development/17-PISA-D-and-SDG4.pdf>, preuzeto 12.3.2024.
- Osborne, J., Rafanelli, S., Kind, P. (2018). Toward a more coherent model for science education than the crosscutting concepts of the next generation science standards: The affordances of styles of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(7), 962–981. <https://doi.org/10.1002/tea.21460>
- Program GLOBE – Hrvatska. (2020). *Upute za provedbu. Program GLOBE – Hrvatska*. Dostupno na: <http://globe.hr/upute-za-provedbu/>, preuzeto 12.3.2024.
- Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić Dedić, Z., Jokić, B., Sertić Perić, M. (2016). Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. *ESERA Conference, Helsinki, Finska*.

- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., Alibali, M. W. (2001). Developing conceptual understanding and procedural skill in mathematics: An iterative process. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 346–362. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.2.346>
- Rogoff, B. (2009). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. Englewood, Oxford University Press.
- Sampson, V., Clark, D. (2009). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. *Science Education*, 93, 448–484. <https://doi.org/10.1002/sce.20306>
- Zetterqvist, A., Bach, F. (2023). Epistemic knowledge – a vital part of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 45(6), 484–501. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2166372>

The effect of research collaborative learning on fifth graders' content, procedural, and epistemic knowledge

Marina Balažinec¹, Ines Radanović²

¹3rd primary school Varaždin, Trg Ivana Perkovca 35, Varaždin ;

marina.barisic13@gmail.com

² University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Zagreb, Croatia

ABSTRACT

This study investigated the effects of collaborative learning, research learning, and traditional learning through experiments on the conceptual, procedural, and epistemic knowledge of 11-year-old students in a Science class. The research was conducted with a sample of 1340 fifth-grade students from across Croatia. The experimental group comprised students who learned through research collaborative learning, and their learning was compared with that of students who learned through standard research learning and those taught traditionally with experiments. A teacher's manual, seven worksheets and a knowledge assessment were developed for the study. This study found that all three groups had a solid grasp of content-based theoretical knowledge, where the connections among the concepts were weak. However, differences emerged when students tackled tasks that required procedural and epistemic knowledge. Regarding procedural knowledge, all three groups showed an equal level of knowledge. According to the curriculum results, students acquire procedural practical knowledge—which demands a lower level of connection—equally well, regardless of the teaching method, provided that teachers effectively guide them during practical work. In contrast, higher-level procedural and epistemic knowledge, in addition to practical skills, necessitates a more extensive theoretical foundation and a greater ability to connect different pieces of knowledge to formulate reasoned answers. The results showed that research collaborative learning had the strongest effect on epistemic and conceptual knowledge. Students in the collaborative research group demonstrated a better understanding of epistemic knowledge while working on worksheet tasks compared to those who researched without collaboration. The results suggest that argumentative discussion with minimal teacher guidance, as practised by students in collaborative inquiry learning, promotes the acquisition of epistemic knowledge.

Keywords: *scientific literacy; group learning; types of knowledge*

Izgradnja biološkog aspekta koncepta energije tijekom gimnazijskog obrazovanja

Ana Bakarić^{1,2*}, Dorotea Vrbanić Lisac^{1,3}, Ines Radanović⁴

¹ Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Ruđera Boškovića 33, 21000, Split, *abakar24@pmfst.hr

² Osnovna škola Malešnica, Ul. Ante Topića Mimare 36, 1000, Zagreb

³ V. gimnazija, Klaićeva 1, 10000, Zagreb

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000, Zagreb

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je ispitati izgradnju makrokoncepta *Energija u živome svijetu* kroz vertikalnu gimnazijskog obrazovanja. Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku od 1421 učenika od 1. do 4. razreda gimnazije. U analizu su uključeni odgovori učenika na zadatke koji su provjeravali retenciju znanja uz razumijevanje koncepta *Energetski učinci prehrane živih bića* iz prethodnog razreda. Čestice zadataka su kodirane prema točnosti, kognitivnoj razini učenja i težini čestice, a u ukupnom rezultatu uvažavana je složenost zadataka na osnovu kodiranih svojstava čestice. Na temelju toga izračunata je uspješnost rješavanja za svakog učenika. Za statističku analizu korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA), a zbog narušene homogenosti varijanci primijenjen je Welch test s Games-Howell post-hoc analizom. Dobiveni rezultati pokazuju da se razumijevanje koncepta energije kroz gimnazijsku vertikalnu ne razvija linearno, nego da oscilira među razredima. Najniža uspješnost zabilježena je u razumijevanju koncepta energije iz 8. razreda osnovne škole, dok se najveći porast postiže u 1. razredu gimnazije, nakon čega slijedi pad u 2. razredu i umjeren oporavak u višim razredima gimnazije. Rezultati ukazuju i na metodološki izazov u poučavanju koncepta energije, jer se pojedini koncepti u različitim razredima često poučavaju na istim primjerima pa učenici sadržaj doživljavaju kao već poznat i ne donosi im novo razumijevanje, što smanjuje motivaciju. Kako bi se to izbjeglo, u skladu s kurikulumom i dobi učenika potrebno je omogućiti razumijevanje potrebnih procesa uz konceptualnu izgradnju te usuglasiti okvire i raznolikost konteksta poučavanja za pojedini razred – od jednostavnijih u osnovnoj školi prema integriranim i interdisciplinarnim u gimnaziji.

Ključne riječi: energija; gimnazija; konceptualno razumijevanje; izgradnja koncepta

UVOD

Energija u biologiji predstavlja osnovu za razumijevanje procesa i pojava u živim i neživim sustavima. Zbog svoje opće primjenjivosti koncept energije povezuje različita prirodoslovna područja te ima središnju ulogu u oblikovanju cjelovitog prirodoslovnog pogleda na svijet. Prema Abramovitch i Fortus (2023) koncept energije ubraja se među temeljne pojmove prirodoslovnog područja te ima ključnu ulogu u razumijevanju širokog spektra prirodnih pojava, kao i u rješavanju brojnih pitanja utemeljenih na znanstvenim spoznajama u svakodnevnom životu. Zbog svoje središnje uloge u različitim znanstvenim područjima, koncept energije prepoznat je kao međupredmetni koncept koji omogućuje povezivanje i integraciju različitih znanstvenih disciplina. Zbog relevantnosti koncepta, obrazovni standardi različitih zemalja izdvajaju energiju kao temeljnu ideju za poučavanje i učenje biologije i drugih znanstvenih predmeta (Opitz i sur., 2016). Osnovni dokumenti na kojima se u Republici Hrvatskoj temelji nastava biološke tematike su Kurikuli za nastavni predmet Priroda i društvo, Priroda i Biologija za osnovne škole i gimnazije (Narodne novine, 2019). Koncept energije u gimnazijskom obrazovanju u Republici Hrvatskoj nadograđuje se na temeljna znanja usvojena tijekom osnovnoškolskog obrazovanja te se razvija u skladu sa spiralno-uzlaznim pristupom Kurikula.

Spiralno-uzlazni pristup poučavanju osigurava poučavanje pojedinih koncepata i vještina na različitim razinama s povećanjem dubine i prilagodbe dobi učenika te se tako pojedini ishod nadograđuje prema stupnju samostalnosti učenika i razini kognitivnih procesa (Ministarstvo znanosti i obrazovanja, 2019). S obzirom na apstraktnost i složenost ovog koncepta, tek manji broj učenika uspijeva razviti razumijevanje koje im omogućuje korištenje koncepta za objašnjavanje pojava u svakodnevnom životu (Kubsch, 2024).

Energija je apstraktan pojam; nije izravno opažen i nemoguće ga je izravno izmjeriti, što otežava njegovo definiranje (Lancor, 2015). Istraživanje Putri i Rusyati (2021) pokazalo je da oko 41 % učenika srednjih škola zadržava pogrešne predodžbe o ekosustavima, uključujući i one povezane s protokom energije unutar ekosustava. Međuodnos i protok energije u ekosustavima ključni su biološki koncepti koje učenici često teško razumiju (Preston, 2018). Kod učenika često izostaje konceptualno razumijevanje protoka energije u ekosustavima, osobito kada se tijekom poučavanja pojedini koncepti (fotosinteza, stanično disanje, hranidbeni lanci, protok energije kroz trofičke razine) obrađuju odvojeno te se među njima ne uspostavljaju jasne veze. Učenici na različitim obrazovnim razinama često ne razumiju sve aspekte prijenosa energije, posebno kada se koncepti uče izolirano, bez naglašavanja međuovisnosti živih organizama i procesa u ekosustavu (Yee i Karpudewan, 2022).

Jedna od čestih miskoncepcija o prijenosu energije u hranidbenim lancima jest uvjerenje da se energija unutar ekosustava reciklira. Utvrđeno je da i učenici i učitelji vjeruju kako se energija može reciklirati (npr. pomoću razlagača), što odgovara zabludi da razlagači „vraćaju energiju“ natrag u ekosustav (Wernecke i sur., 2018). Formiranje odgovarajućeg konceptualnog razumijevanja ne događa se gomilanjem činjenica na činjenice; umjesto toga, učenje u znanosti zahtijeva znatnu reorganizaciju konceptualnog znanja i konceptualne promjene u različitim fazama i razinama (Vosniadou, 2013). Veliki izazov u razumijevanju za učenike predstavlja razlika u pojmu energije i tvari. Čak su i uspješni učenici pogrešno shvatili odnos između hrane (tvari) i energije, vjerujući da se hrana pretvara u energiju, umjesto da se energija oslobađa, dok se hrana pretvara u druge tvari koje više nisu hrana (Zhang i sur., 2019). Istraživanje Wyner i Blatt (2019) pokazalo je kako srednjoškolci opisuju hranidbeni lanac na način da počinje s 'hranjivim tvarima' od Sunca. Učenici su upoznati s činjenicom da životinje trebaju hranu za preživljavanje, ali imaju poteškoća primijeniti to znanje na biljke i njihove prehrambene potrebe (Wennersten i sur., 2023), kao i na razlagače kao dio hranidbenog lanca i njihovu ulogu u energetske odnosima ekosustava. Istraživanja također pokazuju kako učenici često imaju ograničeno ili fragmentirano razumijevanje koncepata energije u biološkom kontekstu; u mnogim slučajevima mogu prepoznati osnovne definicije, ali ne uspijevaju na konkretnim primjerima primijeniti principe kao što su očuvanje energije te pretvorba i korištenje energije na razini stanica i/ili organizma (Chabalengula i sur., 2011; Opitz i sur., 2017).

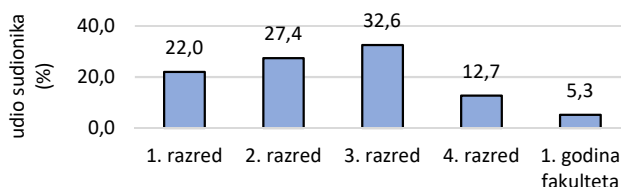
Dosadašnja istraživanja ukazala su na česte poteškoće učenika u razumijevanju ovih koncepata. Prema Kurikulu za nastavne predmete Priroda i društvo, Priroda i Biologija za osnovne i srednje škole u RH, unutar makrokoncepta „Energija“ i „Energija u živom svijetu“ (Narodne novine, 2019), koncepti prehrane, hranidbenih lanaca, prijenosa energije u ekosustavima te iskorištavanje energije na različitim organizacijskom razinama živog svijeta kontinuirano su prisutni u vertikali biološkog obrazovanja, zbog čega se nametnuo problem ostvarivanja izgradnje koncepta tijekom višegodišnjeg učenja. Cilj ovoga istraživanja bio je ispitati postoji li napredak u razumijevanju koncepta energije kroz vertikalnu gimnazijskog biološkog obrazovanja, s posebnim naglaskom na energetske učinke prehrane živih bića, prijenos energije kroz hranidbene lance i iskorištavanje energije na razini stanice i organizma.

U skladu s ciljem istraživanja postavljena je hipoteza: Učenici pokazuju kontinuirani napredak u razumijevanju koncepta energije kroz vertikalnu biološkog gimnazijskog obrazovanja, od 1. do 4. razreda.

METODE

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta IP-CORONA-2020-12-3798 odobrenog od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i mladih tijekom školske godine 2021./2022. Za potrebe projekta razvijeni su originalni nastavni materijali koji su prethodno prošli postupak stručne recenzije i pilot-testiranja s učenicima, čime je provjerena njihova valjanost i prikladnost. Sudjelovanje je bilo dobrovoljno te je provedeno uz prikupljene informirane pristanke roditelja, ravnatelja i učenika. Svi podatci analizirani su na grupnoj razini, bez mogućnosti identifikacije pojedinaca. U istraživanju je korišten prigodan uzorak koji je obuhvaćao škole i fakultete čiji su se nastavnici i profesori dobrovoljno uključili u projekt. Provedba istraživanja odvijala se u online i hibridnom obliku, ovisno o tehničkim i organizacijskim mogućnostima.

U istraživanju je sudjelovao 1421 učenik i student ($\bar{X}$ = 62,3 %, M = 37,7 %). Raspodjela sudionika prema razredima gimnazijskog obrazovanja (GIM/G) i godini studija prikazana je na Slici 1. Studenti su uključeni u istraživanje kako bi se očuvala vertikalna analiza razumijevanja koncepta energije kroz cijelo gimnazijsko obrazovanje, budući da su se zadatci korišteni u istraživanju odnosili na odgojno – obrazovne ishode prethodnih razreda. Sudionici srednjoškolske dobi pohađali su različite gimnazije u Republici Hrvatskoj, dok su studenti dolazili s triju visokih učilišta: Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (5,3 %), Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (36,0 %) i Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku (58,7 %). Najmanje je sudionika bilo s prve godine studija, dok su najzastupljeniji bili učenici trećega razreda gimnazije.



Slika 1. Distribucija učenika i studenata prema pojedinom razredu/godini studija (N = 1421)

Zadaci korišteni u istraživanju bili su dio veće provjere znanja, no za potrebe ovog rada izdvojeni su zadaci koji su provjeravali retenciju znanja i razumijevanje koncepta energije stečenog u prethodnom razredu (Tablica 1).

Tablica 1. Provjeravani ishodi učenja, koncepti prema konceptualnom okviru učenja biologije (Radanović i sur, 2019) i kontekstu provjere retencije znanja prethodnog razreda

Razred	Ishod	Koncept	Konceptualna osnova konteksta zadatka
1. GIM za 8. OŠ	BIO OŠ C.8.2. Povezuje hranidbene odnose u biosferi s preživljavanjem organizma.	C.3.4. Pretvorba i prijenos energije	Kruženje tvari i protjecanje energije u ekosustavu, prijenos energije u hranidbenim lancima.
2. GIM za 1. GIM	BIO SŠ C.1.1.1. Objašnjava vezanje i pretvorbu energije u procesima kruženja tvari u biosferi povezujući ih sa životnim uvjetima i održanjem života.	C.3.4. Pretvorba i prijenos energije C.3.1. Kruženje tvari u prirodi	Kruženje tvari i protjecanje energije u ekosustavu, prijenos energije u hranidbenim lancima.
3. GIM za 2. GIM	BIO SŠ C.2.1. Objašnjava protjecanje i pretvorbu energije na razini organskih sustava i organizma.	C.2.2. Razgradnja hranjivih tvari i pretvorba energije	Načini prehrane različitih organizama, ekonomično iskorištavanje energije.
4. GIM za 3. GIM	BIO SŠ C.3.2. Analizira principe iskorištavanja energije na razini stanice.	C.3.2. Izvori energije za živa bića	Iskorištavanje energije različitih stanica i u ovisnosti o staničnim tvorbama, iskorištavanje energije i narušavanje homeostaze.

STUDENTI za 4. GIM	BIO SŠ C.2.2. Uspoređuje energetske potrebe organizama u različitim fiziološkim stanjima. BIO SŠ C.1.1. Objašnjava vezanje i pretvorbu energije u procesima kruženja tvari u biosferi povezujući ih sa životnim uvjetima i održanjem života.	C.3.2. Izvori energije za živa bića C.3.4. Pretvorba i prijenos energije	Načini prehrane različitih organizama, ekonomično iskorištavanje energije. Kruženje tvari i protjecanje energije u ekosustavu.
-----------------------	---	---	---

Kod studenata nisu provjeravani ishodi 4. razreda gimnazije, već ishodi 1. i 2. razreda, kako bi se zadržala usporedivost koncepta energije s ostalim razredima uključenima u uzorak (Tablica 1).

Zadaci su kodirani prema unaprijed definiranim kategorijama: težini (lagano = 1, srednje teško = 2, teško = 3) i kognitivnoj razini učenja (1R = 1, 2R = 2, 3R = 3). Zadaci su bili izjednačeni po broju i kognitivnim razinama, ali su se razlikovali prema težini, tako da su stariji učenici rješavali teže zadatke (Tablica 2). Početnu kategorizaciju proveli su autori zadataka, koji su procijenili i vjerojatnu uspješnost rješavanja zadataka kao očekivanu uspješnost učenja (%), nakon čega je uslijedila stručna recenzija tijekom koje su usklađena sva odstupanja u klasifikaciji.

Tablica 2. Zadaci po razredima prema kognitivnoj razini učenja i težini

razred	broj zadataka	kognitivna razina učenja	težina čestica
1.GIM za 8. OŠ	2	1, 2	1, 2
2.GIM za 1.GIM	2	1, 2	1, 3
3.GIM za 2.GIM	2	1, 2	2, 3
4. GIM za 3.GIM	2	1, 2	2, 3
STUDENTI za 4.GIM	2	1, 2	2, 2

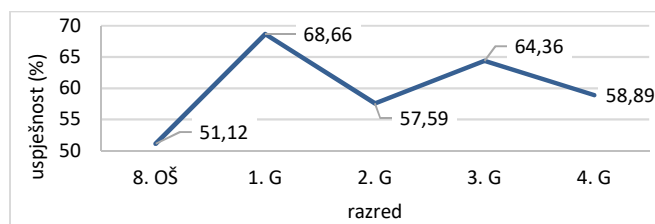
Odgovori učenika kodirani su prema kriteriju točnosti odgovora (točno = 2, netočno = 1, bez odgovora = 0), pri čemu točnost odgovora ne predstavlja bodovnu skalu uspješnosti, nego diferencira tri razine izvedbe: izostanak pokušaja odgovora, pogrešan konceptualni pristup i točan odgovor. Time se izbjeglo izjednačavanje učenika koji su pokušali odgovoriti, ali su dali pogrešan odgovor, s učenicima koji nisu uopće pokušali odgovoriti, što omogućuje precizniju analizu konceptualnog razumijevanja.

Metrijske karakteristike zadataka provjerene su u pilot-istraživanju provedenom na minimalno 50 učenika svakog razreda. Pouzdanost konačnog instrumenta procijenjena je izračunom Cronbach α koeficijenta, pri čemu je dobivena vrijednost $\alpha = 0,722$, što upućuje na srednju do visoku pouzdanost. Na temelju kodiranih odgovora, težine i kognitivne razine svakog zadatka izračunata je nova varijabla nazvana indeks rješavanja (uspješnost), koja predstavlja umnožak navedenih elemenata. Ova varijabla ne odražava uspješnost pojedinog učenika, nego omogućuje relativnu usporedbu razreda na razini godišta učenja biologije u postignutim rezultatima te služi kao pokazatelj razlikovanja razrednih skupina u ukupno ostvarenim bodovima.

Za statističku obradu podataka korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA). Budući da je utvrđeno narušavanje homogenosti varijanci, primijenjen je Welchov test, a za naknadne usporedbe između skupina provedena je Games-Howellova post-hoc analiza. Svi statistički izračuni provedeni su u programu IBM SPSS Statistics.

REZULTATI

Analiza uspješnosti rješavanja zadataka iz koncepta energije pokazala je da se postignuća sudionika značajno razlikuju među razredima. Ukupna prosječna uspješnost retencije znanja iznosila je 60,12 % (SD = 32,70), a prosječne vrijednosti po razredima kretale su se od 51,12 % u 1. razredu gimnazije uz zadatke 8. razreda OŠ) do 68,66 % u 2. razredu gimnazije za zadatke 1. razreda gimnazije (Slika 2).

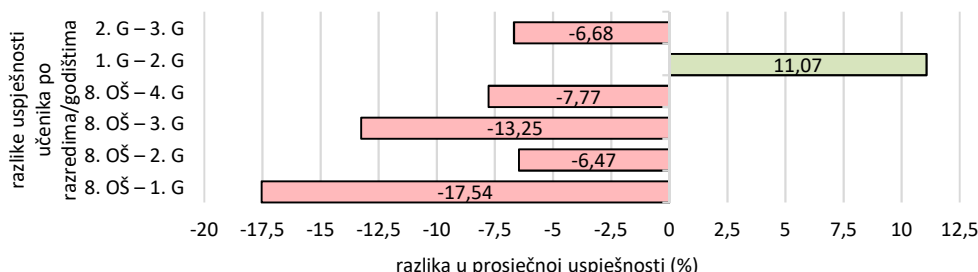


Slika 2. Prosječna uspješnost rješavanja zadataka po razredima

Deskriptivni pokazatelji upućuju na velik raspon ostvarenih rezultata u svim skupinama (0 – 100 %), uz visoke standardne devijacije (25 – 37 %), što ukazuje na izraženu heterogenost konceptualnog razumijevanja unutar pojedinih razreda. Analiza riješenosti pojedinih čestica (Tablica 3) pokazala je da udio točnih odgovora varira ovisno o razredu i kognitivnoj razini. Učenici nižih razreda češće su davali netočne odgovore ili nisu davali odgovor, dok se u višim razredima javlja veći udio djelomično točnih odgovora, što upućuje na postupno razvijanje kompleksnijeg konceptualnog razumijevanja.

Rezultati Leveneova testa pokazali su da pretpostavka homogenosti varijanci nije zadovoljena ($p < 0,001$), zbog čega je za analizu razlika među skupinama primijenjena Welchova korekcija. Welchova ANOVA ukazala je na statistički značajne razlike u uspješnosti rješavanja zadataka iz koncepta energije među razredima, $F_{(4; 387,14)} = 13,83$; $p < 0,001$.

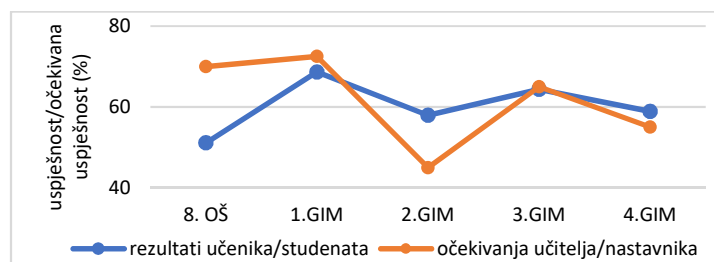
Games–Howell post-hoc analiza pokazala je da je uspješnost ispitanika 1. razreda gimnazije statistički značajno viša od uspješnosti ispitanika 8. razreda osnovne škole, 2. razreda i 4. razreda gimnazije ($p < 0,05$; Slika 3). Uspješnost ispitanika 8. razreda osnovne škole bila je značajno niža u odnosu na sve ostale skupine ($p < 0,05$).



Slika 3. Značajne post-hoc razlike u prosječnoj uspješnosti rješavanja zadataka (Games–Howell test)

Analiza homogenih podskupina pokazala je da se razredi grupiraju u jasne klastere uspješnosti: 8. razred osnovne škole čini zasebnu skupinu s najnižim rezultatima, 1. razred postiže najviše vrijednosti, dok se 2., 3. i 4. razred gimnazije djelomično preklapaju u rasponima prosječne uspješnosti.

Usporedba ostvarenih rezultata učenika i studenata s očekivanjima učitelja i nastavnika pokazala je da su u pojedinim razredima (8. razred OŠ i 1. razred) stvarna postignuća niža od očekivanih (Slika 4). Za razliku od toga, učenici su uz ishode 2. razreda gimnazije ostvarili bolje od očekivanja nastavnika (Slika 4).



Slika 4. Usporedba stvarnih rezultata učenika/studenata i očekivanih rezultata učitelja/nastavnika

RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je analizirati postoji li napredak u razumijevanju koncepta energije kroz vertikalnu gimnazijskog biološkog obrazovanja, s posebnim naglaskom na energetske učinke prehrane živih bića i prijenos energije kroz hranidbene lance u ekosustavima. Dobiveni rezultati pokazuju da se razumijevanje koncepta energije kroz gimnazijsku vertikalnu ne razvija linearno, nego da oscilira među razredima, što je u suprotnosti s postavljenom hipotezom o linearnom razvoju konceptualnog razumijevanja učenika tijekom gimnazijskog obrazovanja. Usprkos toga, učenici u višim razredima nude veći udio djelomično točnih odgovora, čime ipak ukazuju na postupno razvijanje kompleksnijeg konceptualnog razumijevanja. Najniža uspješnost zabilježena je uz razumijevanje koncepta energije vezano uz učenje u 8. razredu osnovne škole, dok se najveći porast postiže u 1. razredu gimnazije, nakon čega slijedi pad u 2. razredu i umjeren oporavak u višim razredima gimnazije. Uočena razlika između predviđene i stvarne razine konceptualnog razumijevanja ukazuje da su u pojedinim razredima stvarna postignuća niža od očekivanih, osobito u zadacima koji zahtijevaju analizu protjecanja i prijenosa energije u hranidbenim lancima, dok pri analizi ekonomičnog iskorištavanja energije tijekom metabolizma učenici ipak ostvaruju bolje rezultate od očekivanja njihovih nastavnika.

Ishod BIO OŠ C.8.2., koji podrazumijeva povezivanje hranidbenih odnosa u biosferi s preživljavanjem organizama, ostvaren je na niskoj razini te se uglavnom očituje kroz površno razumijevanje, bez razvijenog dubljeg konceptualnog razumijevanja. Slaba uspješnost učenika na početku gimnazijskog obrazovanja uz konceptualno razumijevanje energije 8. razreda osnovne škole može se povezati s teškoćama u interpretaciji hranidbenih lanaca i mreža. Analiza odgovora pokazuje da učenici često pogrešno određuju položaj organizama u hranidbenom lancu te zaključuju da završni članovi raspolazu najvećom količinom energije. Takve miskoncepcije ranije su opisane u istraživanjima koja ističu da učenici energiju doživljavaju kao nešto što se „nakuplja prema vrhu“ hranidbenog lanca, bez razumijevanja energetske gubitaka (Preston, 2018). Dodatni problem predstavlja izostanak objašnjenja značenja strelica u hranidbenim mrežama u udžbenicima, gdje se one često interpretiraju isključivo kao odnos „tko koga jede“, a ne kao prikaz prijenosa energije (Blažinec, 2018).

Najveći porast uspješnosti nastupa između 8. razreda osnovne škole i 1. razreda gimnazije, što ukazuje na uspješniju ostvarenost ishoda BIO SŠ C.1.1. i upućuje na pozitivan učinak sustavnijeg poučavanja biologije i bolje konceptualne strukturiranosti sadržaja. Prema važećem kurikulumu, u 1. razredu gimnazije naglasak je stavljen na ekološke koncepte, unutar kojih se koncept energije obrađuje u različitim kontekstima, uključujući razinu organizma i ekosustava, uz uvođenje pojmova poput biomase, čime je omogućeno dublje razumijevanje energetske odnosa. Takav rezultat podudara se s istraživanjima koja ističu da spiralno-uzlazni pristup, u kojem se koncepti nadograđuju kroz različite kontekste, doprinosi stabilnijem konceptualnom razvoju i boljoj retenciji znanja (Garcia, 2021; de Ramos-Samala, 2018; Tirol, 2022). Suprotno tome, ponavljanje istih sadržaja u istom kontekstu bez širenja ili produbljivanja, što se često uočava u učenju tijekom osnovne škole, može ograničiti napredak učenika, što potvrđuje i Garašić (2012).

Rezultati ukazuju na potrebu za snažnijim naglaskom na konceptualno povezivanje hranidbenih odnosa i energetske procesa već u završnim razredima osnovne škole, kako bi se ishod BIO OŠ C.8.2. *Povezuje hranidbene odnose u biosferi s preživljavanjem organizama* ostvarivao na razini dubljeg razumijevanja. Takvo bi konceptualno utemeljenje omogućilo kvalitetniji prijelaz prema složenijem ishodu BIO SŠ C.1.1. u 1. razredu gimnazije, koji zahtijeva dublje razumijevanje vezanja i pretvorbe energije u procesima kruženja tvari u biosferi te njihovo povezivanje sa životnim uvjetima i održanjem života.

Pad uspješnosti u 2. razredu gimnazije, u zadacima vezanim uz prehranu i metabolizam organizama, upućuje na parcijalno ostvarenje ishoda BIO SŠ C.2.1. *Objašnjava protjecanje i pretvorbe energije na razini organskih sustava i organizma*, što je u skladu s rezultatima Zhang i sur. (2019), koji navode da učenici često razvijaju pojednostavljene i netočne koncepcije energije u hrani. Analizom odgovora uočeno je da učenici često koriste pojam „energija hrane“ ili navode glukozu kao oblik energije, pri čemu energiju doživljavaju kao tvar koja se „pohranjuje“ ili „prenosi“ u nepromijenjenom obliku. Takvi odgovori upućuju na nerazlikovanje pojmova tvari i energije te na miskoncepcije prema kojima je energija materijalna supstanca, a ne skalarna fizikalna veličina koja se u biološkim sustavima pretvara iz jednog oblika u drugi. Slično tome, Opitz i sur. (2016) ističu da učenici imaju poteškoća s razumijevanjem kemijske energije, uključujući energijske promjene u kemijskim vezama i ulogu kisika u životnim procesima. Ove miskoncepcije mogu djelomično objasniti pad uspješnosti u rješavanju zadataka viših kognitivnih zahtjeva, u kojima je potrebno integrirati više razina bioloških procesa. Važnost njihovog ranog prepoznavanja naglašava i Taşçi (2024), zbog čega je potrebno prije učenja provjeriti razumijevanje učenika, kako bi se pri poučavanju moglo jasnije usmjeriti na pripremu aktivnosti koje će omogućiti razumijevanje učenika. Još 1990. Boyes i Stanisstreet naglašavaju kako je za učinkovito poučavanje koncepta energije važno prepoznati i razotkriti miskoncepcije učenika te ih sustavno povezati sa znanstveno prihvatljivim objašnjenjima. Korištenje jednostavnih modela i manipulativnih materijala, poput kartica za razvrstavanje pojmova (npr. tvar ili energija), dijagrama protoka energije ili postavljanja tvrdnji (npr. „Glukoza je energija“), koja potiču učenike da argumentirano odluče je li tvrdnja točna ili netočna, olakšava razumijevanje apstraktnih koncepata. Istovremeno, ovakav pristup omogućuje nastavnicima identificiranje pogrešnih predodžbi koje su razvijene kod učenika. Pri tome je važno izbjegavati prekomjerno pojednostavljivanje koje bi moglo dovesti do netočnih ili znanstveno nepreciznih shvaćanja.

U višim razredima gimnazije (3. i 4. razred) uočava se djelomično povećanje uspješnosti, ali bez dosezanja razine iz 1. razreda gimnazije. Struktura odgovora pokazuje veći udio djelomično točnih odgovora, ali i na poteškoće u integraciji više razina biološke organizacije (razina stanice i organizma te molekularna razina procesa). Primjerice, analiza odgovora pokazala je da učenici uglavnom prepoznaju organizam koji za prehranu troši više energije, no njihova objašnjenja razloga odabira često su nepotpuna, što upućuje na razvoj parcijalnog konceptualnog razumijevanja u kontekstu načina prehrane organizama i ekonomičnog iskorištavanja energije. Takvi rezultati u skladu su s nalazima Marion i sur. (2023), prema kojima su učenicima najzahtjevniji zadatci koji zahtijevaju organizaciju informacija i izgradnju smisla, osobito u složenim kontekstima. Na temelju rezultata preporučuje se primjena različitih tehnika aktivnog učenja (npr. izrada učeničkih konceptualnih mapa) koje potiču integraciju više razina biološke organizacije i argumentirano objašnjavanje energetskih procesa. Važan izvor miskoncepcija učenika predstavlja i način na koji se energija prikazuje u nastavi. Metafore poput „energija putuje“ ili „energija protječe“ mogu biti zbunjujuće ako nisu dovoljno kontekstualizirane, jer učenici tada energiju shvaćaju kao fizički objekt koji se prenosi bez gubitaka (Wernecke i sur., 2017). Takvi prikazi pridonose pogrešnom zaključivanju da svi organizmi dobivaju jednaku količinu energije ili da se energija „stvora“ u proizvođačima, umjesto da se pretvara iz jednog oblika u drugi.

Rezultati također ukazuju na poteškoće u primjeni znanja u kontekstu zadatka. U zadacima koji zahtijevaju analizu grafičkih ili slikovnih prikaza učenici se često oslanjaju na naučene definicije, bez povezivanja s konkretnim prikazom, što potvrđuje nalaze Wernecke i sur. (2018). Analiza odgovora tumačenja grafičkih prikaza povezanih s konceptom iskorištavanja energije u različitim tipovima stanica, uloge staničnih tvorbi te odnosa između potrošnje energije i narušavanja homeostaze pokazala

je da učenici uglavnom reproduciraju deklarativna znanja. Učenici često navode da stanje narušene homeostaze zahtijeva povećanu potrošnju energije te da organizam troši energiju na procese poput stvaranja antitijela, što upućuje na usvojene činjenične informacije. Međutim, ta se znanja rijetko potkrepljuju točnim tumačenjem podataka prikazanih grafičkim prikazom, niti se primjenjuju u analizi konkretne situacije. Ovakav obrazac odgovora upućuje na raskorak između deklarativnog znanja („znati da“) i funkcionalnog znanja („znati kako i zašto“), pri čemu učenici imaju poteškoće u korištenju dostupnih podataka za objašnjavanje energetske procesa na razini stanice i organizma te u kontekstu održavanja homeostaze. Time se izostavlja funkcionalna primjena znanja, a odgovori odražavaju reprodukciju teorije, a ne stvarno razumijevanje prikazanih energetske procesa. Ovakav obrazac odgovora sugerira da nije došlo do zadovoljavajuće nadogradnje ishoda BIO SŠ C.2.1. *Objašnjava protjecanje i pretvorbe energije na razini organskih sustava i organizma* na složeniji ishod u višim razredima, poput BIO SŠ C.3.2. *Analizira principe iskorištavanja energije na razini stanice*. Drugim riječima, iako učenici mogu prepoznati osnovne energetske obrasce na razini organizma, njihova sposobnost analize energetske procesa na staničnoj razini i usporedbe energetske potrošnje u različitim fiziološkim stanjima još uvijek nije dovoljno razvijena, što naglašava potrebu za intenzivnijom integracijom viših razina biološke organizacije u nastavi i za primjenom metoda koje potiču funkcionalno razumijevanje.

Na razini studenata uočen je blagi pad uspješnosti u odnosu na više razrede gimnazije, što može biti povezano s većim vremenskim odmakom od poučavanja ispitivanih sadržaja, slabijom motivacijom što je vidljivo i u većem udjelu izostavljenih odgovora te manjim poduzorkom. Ovakav rezultat dodatno naglašava važnost kontinuiranog konceptualnog nadograđivanja, ali uz promjenu konteksta i pristupa, kako bi se izbjeglo mehaničko usvajanje znanja (Garašić, 2012).

Generalna prosječna uspješnost upućuje na potrebu za sustavnijim i interdisciplinarnim pristupom poučavanju koncepta energije. Budući da se energija u biologiji, fizici i kemiji konceptualizira na različite načine, a istraživači iz različitih disciplina ne doživljavaju energiju kao zajednički koncept (Abramovitch i Fortus, 2023), nužna je veća suradnja učitelja STEM predmeta. Takav pristup mogao bi pridonijeti smanjenju miskoncepcija i razvoju koherentnijeg razumijevanja energije kao temeljnog znanstvenog koncepta.

Ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir pri interpretaciji rezultata. Prvo, korišten je prigodan uzorak škola i fakulteta, što može ograničiti mogućnost generalizacije rezultata na širu populaciju učenika i studenata. Drugo, instrument je uključivao mali broj zadataka za svaku razinu, što smanjuje širinu procjene konceptualnog razumijevanja energije i ograničava mogućnost analize odgovora. Treće, indeks rješavanja temeljen je na kombinaciji težine, točnosti i kognitivne razine, što omogućuje usporedbu skupina, ali ne daje uvid u individualni napredak učenika. Ograničenja istraživanja, poput prigodnog uzorka i ograničenog broja zadataka, upućuju na potrebu za budućim longitudinalnim istraživanjima kako bi se preciznije pratio razvoj konceptualnog razumijevanja kroz vrijeme, koja bi omogućila detaljnije praćenje konceptualnog razvoja učenika kroz obrazovnu vertikalu.

Dobiveni rezultati naglašavaju potrebu za sustavnijim, interdisciplinarnim i konceptualno usmjerenim poučavanjem energije, uz primjenu aktivnih nastavnih strategija koje potiču povezivanje različitih razina biološke organizacije i argumentirano objašnjavanje energetske procesa. Time se može pridonijeti razvoju koherentnijeg i dubljeg razumijevanja energije kao temeljnog znanstvenog koncepta.

ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja pokazuju da se razumijevanje koncepta energije kroz vertikalnu gimnazijskog biološkog obrazovanja ne razvija linearno, već oscilira među razinama obrazovanja. Najniža uspješnost zabilježena je uz razumijevanje u 8. razredu osnovne škole, dok se najveći napredak uočava u 1. razredu gimnazije, nakon čega slijedi pad u 2. razredu i tek djelomičan oporavak u višim razredima gimnazije. Analiza odgovora ukazuje na raširene miskoncepcije vezane uz prijenos energije u hranidbenim lancima, osobito uvjerenje da se energija „nakuplja” prema vrhu hranidbenog lanca te nerazumijevanje energetske gubitaka. Uočene su i poteškoće u razlikovanju pojmova tvari i energije, pri čemu učenici energiju često doživljavaju kao materijalnu supstancu. U višim razredima gimnazije dominiraju djelomično točni odgovori, što upućuje na parcijalno razumijevanje i poteškoće u integraciji bioloških procesa. Poseban izazov predstavlja raskorak između deklarativnog i funkcionalnog znanja; učenici često reproduciraju činjenične informacije, ali ih ne uspijevaju primijeniti u analizi grafičkih prikaza i konkretnih bioloških situacija. Takvi nalazi potvrđuju da su zadatci koji zahtijevaju organizaciju informacija i izgradnju smisla osobito zahtjevniji za učenike.

METODIČKI ZNAČAJ

Metodički značaj ovog istraživanja leži u pružanju smjernica za učinkovitije poučavanje koncepta energije u gimnazijskom obrazovanju. Rezultati istraživanja mogu pružiti nastavnicima biologije vrijedne informacije za planiranje učinkovitijih nastavnih aktivnosti i strategija poučavanja, ali i za prepoznavanje onih konceptata vezanih uz energiju koji kod učenika izazivaju najveće nerazumijevanje ili su najzahtjevniji za usvajanje. Temeljem tih saznanja učitelji mogu ciljano usmjeriti nastavne aktivnosti na koncepte koje učenici slabije usvajaju i uz koje su primijećene miskoncepcije, pružajući im dodatnu podršku u pravilnom shvaćanju koncepta energije u biološkom obrazovanju. Za ostvarenje ovog cilja preporučuje se primjena strategija aktivnog učenja koje potiču integraciju različitih razina biološke organizacije i razvijaju sposobnost argumentiranog objašnjavanja energetske procesa. Preporučene metode uključuju izradu konceptualnih mapa i dijagrama protoka energije, primjenu simulacija i digitalnih alata, uključivanje jasnih vizualnih reprezentacija te sustavno vježbanje zaključivanja i primjene znanja u različitim kontekstima uz tumačenje grafičkih prikaza. Važno je uvođenje raznovrsnijih pristupa poučavanju umjesto stalnog ponavljanja istih primjera na isti način, jer takav pristup kod učenika može izazvati osjećaj rutine i smanjenje motivacije. Učenici tada ne doživljavaju učenje kao izazovno niti kognitivno zahtjevno, što otežava učinkovitu nadogradnju znanja i može rezultirati propuštanjem ključnih konceptata prilikom razvoja dubljeg razumijevanja. Primjena ovih pristupa omogućuje nastavnicima da sustavno uočavaju pogrešne predodžbe i parcijalno razumijevanje, olakšava povezivanje deklarativnog i funkcionalnog znanja, te potiče razvoj koherentnog razumijevanja energije kao temeljnog i umreženog koncepta biološkog konceptualnog okvira.

ZAHVALA

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-CORONA-2020-12-3798.

LITERATURA

- Abramovitch, S., & Fortus, D. (2023). *Conceptualization of energy by practicing scientists: Do researchers from different disciplines grasp energy as a crosscutting concept?* *Education Sciences*, 13(12), 1179. <https://doi.org/10.3390/educsci13121179>
- Balažinec, M. (2018). *Tlo kao model za poučavanje složenih odnosa u ekosustavu* (Istraživački seminar). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu. https://www.pmfst.unist.hr/wp-content/uploads/2018/09/balazinec_istrazivacki-seminar-i.pdf

- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1990). Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12(5), 513–529. <https://doi.org/10.1080/0950069900120505>
- Chabalengula, V. M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). *Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 241–266. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9291-2>
- Garašić, D. (2012). Primjerenost biološkog obrazovanja tijekom osnovnog i gimnazijskog školovanja (Doktorski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu). CROSBİ. <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/ocijenski-rad/375317>
- Garcia, R. E. (2021). Factors that influence students' learning progress in the science spiral progression curriculum. *Journal of Curriculum Studies Research*. <https://doi.org/10.46303/jcsr.2020.5>
- Kubsch, M. (2024). What affects the continued learning about energy? Evidence from a 4-year longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(5), 975–997. <https://doi.org/10.1002/tea.21931>
- Lancor, R. (2015). An analysis of metaphors used by students to describe energy in an interdisciplinary general science course. *International Journal of Science Education*, 37(5–6), 876–902. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025309>
- Marion, S. B., Reynolds, J. A., Schmid, L., Carter, B. E., Willis, J. H., Mauger, L., & Thompson, R. J. Jr. (2023). *Beyond content, understanding what makes test questions most challenging*. *BioScience*, 73(3), 229–235. <https://doi.org/10.1093/biosci/biad007>
- Narodne novine. (2019, 22. siječnja). *Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Priroda za osnovne škole u Republici Hrvatskoj* (NN 7/2019). https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_148.html (pristupljeno 17. 12. 2025.)
- Narodne novine. (2019, 11. siječnja). *Pravilnik o Nacionalnom kurikulumu za osnovnu i srednju školu*. Narodne novine, 7/2019. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html (pristupljeno 17. 12. 2025.)
- Opitz, S. T., Blankenstein, A., & Harms, U. (2016). *Student conceptions about energy in biological contexts*. *Journal of Biological Education*, 51(4), 427–440. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257504>
- Preston, C. (2018). *Food webs: Implications for instruction*. *The American Biology Teacher*, 80(5), 331–338. <https://doi.org/10.1525/abt.2018.80.5.331>
- Putri, S. S., & Rusyati, L. (2021). Analyzing the science misconception in mastery concept of ecosystem topic at senior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806, 012125. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012125>
- de Ramos-Samala, H. (2018). Spiral progression approach in teaching science: A case study. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i4.2404>
- Taşçi, G. (2024). Development of a Two-Tier Diagnostic Test to Assess Misconceptions about Biology Concepts at Primary School. *Science Insights Education Frontiers*, 25(2), 4099–4122. <https://doi.org/10.15354/sief.24.or652>
- Tirol, S. L. (2022). Spiral progression approach in the K to 12 science curriculum: A literature review. *International Journal of Education*, 10(4). <https://doi.org/10.5121/ije.2022.10403>
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: A framework theory approach. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (2nd ed., pp. 11–30). Routledge. Wennersten, L., Wanselin, H., Wikman, S., & Lindahl, M. (2023). *Interpreting students' ideas on the availability of energy and matter in food webs*. *Journal of Biological Education*, 57(1), 3–23. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1858935>
- Wernecke, U., Schwanewedel, J., & Harms, U. (2017). *Metaphors describing energy transfer through ecosystems: Helpful or misleading?* *Science Education*, 101(6), 976–997. <https://doi.org/10.1002/sce.21316>
- Wernecke, U., Schütte, K., Schwanewedel, J., & Harms, U. (2018). *Enhancing conceptual knowledge of energy in biology with incorrect representations*. *CBE — Life Sciences Education*, 17(1), ar5. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-07-0133>
- Wyner, Y., & Blatt, E. (2019). Connecting ecology to daily life: How students and teachers relate food webs to the food they eat. *Journal of Biological Education*, 53(2), 128–149. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1459264>
- Yee, Y. L., & Karpudewan, M. (2022). Science writing heuristics improve pre-university students' understanding of energy transfer in an ecosystem and ability to provide quality arguments. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 82–96. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.111>
- Zhang, T., Chen, A., & Ennis, C. (2019). Elementary school students' naïve conceptions and misconceptions about energy in physical education context. *Journal of Teaching in Physical Education*, 38(2), 154–162. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2018-0006>

Enhancing the biological understanding of energy concepts in high school education

Ana Bakarić^{1,2}, Dorotea Vrbanović Lisac^{1,3}, Ines Radanović⁴*

¹ University of Split, Faculty of Science, Ruđera Boškovića 33, 21000, Split, Croatia *abakar24@pmfst.hr

² Elementary school Malešnica, Ante Topića Mimare 36, 10000, Zagreb, Croatia

³ 5th gymnasium, Vjekoslava Klaića 1, 10000, Zagreb, Croatia

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000, Zagreb, Croatia

ABSTRACT

The research examined the development of the macroconcept of Energy in the living world across the high school vertical. The study used a convenience sample of 1421 students from the 1st to 4th grades of high school. The analysis examined students' responses to tasks assessing knowledge retention and understanding of the concept of Energy, including its effects on nutrition in living beings from the previous grade. Task items were coded for accuracy, cognitive level of learning, and item difficulty, and the overall result accounted for task complexity based on the coded properties of each item. Based on this, the success of each student in solving was calculated. One-way analysis of variance (ANOVA) was used for statistical analysis. Due to the violation of homogeneity of variance, the Welch test with Games-Howell post hoc analysis was applied. The results show that understanding of the concept of Energy does not develop linearly across the high school vertical but rather oscillates between grades. The lowest performance was recorded in the 8th grade of primary school, while the highest increase was achieved in the 1st grade of high school, followed by a decline in the 2nd grade and a moderate recovery in the higher grades of high school. The results also indicate a methodological challenge in teaching the concept of Energy, as certain concepts are often taught in different grades using the same examples, leading students to perceive the content as already known and not bringing new understanding, which reduces motivation. To avoid this, in accordance with the curriculum and students' age, it is necessary to enable understanding of the essential processes through conceptual development and to harmonise the frameworks and diversity of teaching contexts for each grade, from simpler ones in primary school to integrated and interdisciplinary ones in high school.

Keywords: *energy; high school; conceptual understanding; concept development*

Uloga praktičnih ekoloških radionica i lokalnih aktivnosti na razvoj ekološke svijesti učenika

Katarina Medić, Adriana Ivandić

II. gimnazija, Križanićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

katarina.brzovic@gmail.com; adriana.ivandic1@gmail.com

SAŽETAK

Iako su ekološke teme prisutne u obrazovnim programima, razina ekološke svijesti i razumijevanja utjecaja čovjeka na okoliš među učenicima još uvijek nije dovoljno razvijena. Upravo iz te potrebe proizašao je Erasmus+ projekt *Act eco-locally to change into eco-globally*, proveden u II. gimnaziji u Zagrebu od rujna 2023. do kolovoza 2025. godine. Projekt je okupljao šest međunarodnih partnerskih škola iz Poljske, Grčke, Turske, Rumunjske, Hrvatske i Portugala, s ciljem osnaživanja mladih za aktivno sudjelovanje u zaštiti okoliša. Tijekom dvogodišnjeg razdoblja učenici su sudjelovali u brojnim praktičnim radionicama i lokalnim ekološkim aktivnostima usmjerenima na recikliranje, ponovnu uporabu, održivi razvoj i očuvanje prirodnih resursa. U radu su predstavljene odabrane aktivnosti poput izrade svijeća od otpadnog ulja, izrada eko-rukotvorina, modeliranja ekosustava, oslikavanja starih školskih stolica, sudjelovanja u akciji pošumljavanja te uključivanja u nacionalnu kampanju Rezolucija Zemlja. Evaluacija projekta provedena analizom anketnih upitnika (prije provedbe projekta, nakon pojedine aktivnosti i završna anketa na kraju projekta) pokazala je znatan porast interesa učenika za zaštitu okoliša, veću motivaciju za volontiranje te aktivnije uključivanje u lokalne ekološke inicijative. Također je zabilježena i veća spremnost učenika za primjenu održivih navika u svakodnevnom životu. Dobiveni rezultati potvrđuju da praktični rad, iskustveno učenje i međunarodna suradnja imaju snažan utjecaj na razvoj ekološke osviještenosti i odgovornosti mladih. Integriranjem održivih tema u nastavu biologije i prirodoslovlja, učenicima se omogućuje primjena stečenih znanja i vještina u stvarnim životnim kontekstima.

Ključne riječi: ekološka svijest; održivi razvoj; Erasmus+; praktične radionice; iskustveno učenje

UVOD

Uloga škole u razvoju ekološke svijesti i održivog ponašanja učenika sve je važnija u suvremenom obrazovnom kontekstu. Europske smjernice o održivom razvoju (European Commission, 2024; UNESCO, 2022) naglašavaju potrebu za razvojem kompetencija koje mladima omogućuju razumijevanje globalnih ekoloških izazova i djelovanje na lokalnoj razini. Razvoj ekološke svijesti kod učenika posebno se potiče kroz aktivno i iskustveno učenje, koje dokazano povećava angažman i razumijevanje ekoloških problema (Dumnić i sur., 2020; Sterling, 2001). U tom kontekstu, praktične ekološke radionice i lokalne aktivnosti pokazuju se iznimno vrijednima jer učenicima omogućuju neposredan kontakt s prirodom te potiču oblikovanje odgovornih i održivih stavova (Tilbury, 2011; Tomašić i Varga, 2018). Istraživanja provedena u hrvatskim školama potvrđuju da sudjelovanje u ekološkim projektima i terenskoj nastavi značajno doprinosi razvoju trajne ekološke svijesti i pozitivnih ekoloških navika kod učenika (Klarin, 2016; Kovačić, 2019).

Osnovni cilj ovog rada je utvrditi utjecaj ekoloških radionica na razvijanje ekološke svijesti učenika. U ostvarivanju osnovnog cilja postavljeni su parcijalni ciljevi: razvijanje ekološke pismenosti i kritičkog promišljanja učenika te primjenu održivih navika.

METODE

Ovaj rad predstavlja rezultate i primjere dobre prakse proizašle iz Erasmus+ projekta *Act eco-locally to change into eco-globally* provedenog u II. gimnaziji Zagreb u razdoblju 2023.–2025. Projekt je okupljao

150 učenika i 46 nastavnika iz šest partnerskih zemalja: Poljske, Grčke, Turske, Rumunjske, Hrvatske i Portugala. Glavni cilj projekta bio je razviti ekološku svijest i aktivno građanstvo mladih Europljana, dok su posebni zadaci uključivali: poticanje suradničkog i iskustvenog učenja; razvoj digitalnih i jezičnih kompetencija; razumijevanje kulturne različitosti; razmjenu ekoloških pristupa i implementaciju dobrih praksi održivog razvoja. S ciljem razvoja ekološke svijesti učenika provedeno je šest međunarodnih ekoradionica i tri lokalne akcije u svakoj partnerskoj zemlji usmjerenih na poticanje aktivnog, odgovornog i održivog djelovanja u zajednici. Aktivnosti su bile osmišljene tako da povezuju teorijska znanja iz biologije i prirodoslovlja s konkretnim situacijama iz svakodnevnog života, pri čemu je naglasak stavljen na razvijanje ekološke pismenosti, kritičkog promišljanja i primjenu održivih navika.

U okviru istraživanja pratilo se znanje, stavovi i motivacija učenika kako bi se utvrdilo u kojoj su mjeri iskustveno učenje i praktičan rad doprinijeli njihovom ekološkom napretku. Kako bi se utvrdio utjecaj ekoloških radionica na razvijanje ekološke svijesti učenika pomoću vlastito konstruiranih upitnika, izrađenih na temelju relevantne literature iz područja ekološkog odgoja i obrazovanja (Hungerford & Volk, 1990; Kaiser, 1998) provedena je provjera prije (pretest) i nakon (posttest) sudjelovanja u projektnim aktivnostima te po završetku svih projektnih aktivnosti. Za razliku od prethodnih upitnika koji su se fokusirali na neposredne učinke pojedinih radionica, završna evaluacija bila je usmjerena na širu refleksiju učenika o stečenim znanjima, navikama, motivaciji i osobnoj uključenosti u ekološke aktivnosti. Rezultati su izraženi u obliku postotnih udjela odgovora učenika na pojedina pitanja ili odabire odgovora te su prikazani grafički. Podaci su prikupljeni pomoću Google Forms, a grafički prikazi izrađeni su u programu Google Sheets.

IZVEDBA EKOLOŠKIH RADIONICA I SUDJELOVANJE U LOKALNIM AKTIVNOSTIMA

U nastavku su prikazane odabrane projektne aktivnosti koje ilustriraju različite pristupe učenju o održivosti — od kreativne prenamjene otpada, preko opažanja ekoloških procesa, do sudjelovanja u lokalnim inicijativama usmjerenima na očuvanje okoliša — uz istodobno praćenje njihovog utjecaja na znanje, razumijevanje i motivaciju učenika. Sva pitanja u upitnicima bila su postavljena na engleskom jeziku zbog internacionalnog sastava ispitanika uključenih u projekt, čime je osigurana jednaka razumljivost instrumenata svim sudionicima istraživanja.

Izrada svijeća od otpadnog ulja

Radionica (Prilog 1) je osmišljena s ciljem poticanja ekološke svijesti i razvoja pozitivnog stava prema recikliranju i ponovnoj uporabi materijala. Učenici su, koristeći otpadno ulje, vosak i prirodne dodatke, izrađivali dekorativne svijeće koje su kasnije izlagali i prodavali na školskim izložbama i božićnom sajmu. Tijekom procesa uočeno je da učenici aktivno povezuju kemijske procese (fizikalne promjene tvari, topljenje i stvrdnjavanje) s ekološkim načelima održivog razvoja, uključujući smanjenje količine otpada, ponovnu uporabu materijala, promicanje kružnog gospodarstva i odgovorno korištenje prirodnih resursa. Na taj su način razvijali bolje razumijevanje međusobne povezanosti prirodoslovnih sadržaja i konkretnih ekoloških izazova u svakodnevnom životu. Ishodi:

- razumjeti pojmove recikliranje i ponovna uporaba;
- razlikovati različite vrste otpada i metode njihovog zbrinjavanja;
- primijeniti znanja iz kemije u praktičnom kontekstu: razumiju fizikalne i kemijske procese uključene u pretvaranje otpadnog ulja u svijeće te ponavljaju kemijski sastav ulja i voska;
- razvijati kreativnost i inovativnost;
- primijeniti mjere sigurnosti u laboratorijskom radu;
- razvijati ekološku odgovornost i timski duh.

Eko-rukotvorine: ogrlice od starih majica

Ova radionica (Prilog 2) potaknula je učenike na promišljanje o konceptu „zero waste“ pristupa i važnosti ponovne uporabe tekstila. Stare majice pretvarane su u unikatne modne dodatke poput ogrlica, traka i narukvica, čime su učenici kroz praktičan rad razvijali kreativnost, finu motoriku i osjećaj za estetsko oblikovanje. Istodobno su osvijestili ekološku vrijednost prenamjene tekstila te promišljali o utjecaju brze mode na okoliš. Ishodi:

- objasniti osnovna načela zero waste pristupa i navode primjer ponovne uporabe materijala;
- prepoznati utjecaj tekstilnog otpada i brze mode na okoliš;
- primijeniti postupak prenamjene tekstila u funkcionalan ili dekorativan predmet;
- razvijati finu motoriku i kreativnost u izradi unikatnih rukotvorina;
- uočiti ekološku i estetsku vrijednost proizvoda nastalih ponovnom uporabom.

Izrada edukativnih modela ekosustava

Učenici su izrađivali 3D modele kopnenih i vodenih ekosustava koristeći reciklirane materijale - stiropor, karton, školjke, plastiku, tkanine (Prilog 3). Tijekom izrade modela učenici su aktivno učili, jer su morali istražiti i razumjeti obilježja pojedinih ekosustava te voditi računa o unaprijed zadanim kriterijima, koji su uključivali pravilno razlikovanje proizvođača, potrošača i razlagača, točan prikaz hranidbenih lanaca i mreža, međusobne odnose organizama te usklađenost modela s realnim biološkim značajkama odabranog ekosustava. Radionica predstavlja oblik praktične nastave kojom se dublje razumijevanje bioloških koncepata, odnosa među vrstama i važnosti očuvanja ravnoteže unutar ekosustava postiže kroz istraživački rad, timsku suradnju i modeliranje stvarnih ekoloških odnosa. Učenici su, povezujući teorijska znanja s konkretnom izradom modela, uočavali međuovisnost organizama, posljedice narušavanja hranidbenih odnosa te važnost očuvanja ekološke ravnoteže. Ishodi:

- razlikovati proizvođače, potrošače i razlagače;
- razumjeti prijenos energije i tvari kroz hranidbeni lanac;
- usvojiti različite odnose između vrsta u ekosustavu kao što su predatorstvo, konkurencija i simbioza;
- razvijati istraživački i timski rad;
- primijeniti kreativnost i održive materijale u nastavi biologije.

Eko-drvce i oslikavanje starih stolica

Uoči školskog božićnog sajma učenici su izradili „eko-drvce“ koristeći grane, papir, špagu i reciklirane materijale te obnovili stare školske stolice oslikavajući ih motivima vezanim uz prirodu i biologiju (Prilog 4). Aktivnosti su poticale kreativnost i timski rad, a istodobno su doprinijele estetskom uređenju školskog prostora. Učenici su uvidjeli da održivost može biti spoj funkcionalnosti, odgovornosti i umjetničkog izražavanja, čime se ojačao osjećaj pripadnosti školi. Ishodi:

- izraditi jednostavne dekorativne predmete koristeći reciklirane i prirodne materijale;
- primijeniti načela održivosti u uređenju prostora;
- razvijati kreativno izražavanje kroz oslikavanje i oblikovanje predmeta;
- jačati suradničke odnose i timski duh;
- uočiti vrijednost prenamjene starog namještaja u estetski i funkcionalno obnovljen predmet.

Pošumljavanje i akcija Rezolucija Zemlja

Učenici II. gimnazije već se dugi niz godina aktivno uključuju u edukativni program Šumoborci, kroz koji razvijaju ekološku svijest i odgovoran odnos prema šumskim ekosustavima. Nastavljajući tu tradiciju,

učenici i nastavnici su, uz stručnu podršku lokalnih šumarskih i ekoloških stručnjaka, sudjelovali u pošumljavanju područja Brezovica kod Siska, gdje je posađeno više od 2000 sadnica hrasta lužnjaka (prilog 5). Prije i tijekom sadnje učenici su upoznati s razlozima odabira vrste, odgovarajućim uvjetima staništa, kao i načinom pravilne sadnje, uključujući razmak između sadnica, dubinu sadnje i zaštitu mladih biljaka. Na taj su način učili gdje, kako i zašto se hrast lužnjak sadi upravo na tom području, povezujući teorijska znanja s konkretnom praksom.

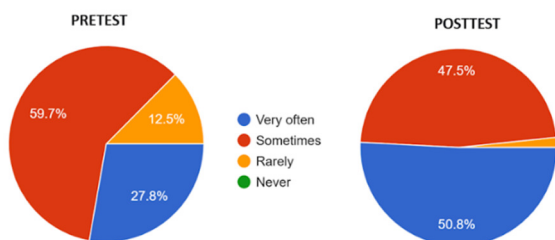
Budući da je riječ o aktivnosti koja u školi ima dugu i uspješnu povijest, učenici su je s ponosom predstavili i sudionicima partnerskih škola iz Erasmus+ projekta, pružajući im priliku da sudjeluju u primjeru dobre prakse i izravno doprinesu obnovi šumskih površina. Pošumljavanje je učenicima omogućilo iskustveno učenje o ulozi drveća u očuvanju bioraznolikosti, stabilizaciji tla i klime te poboljšanju kvalitete okoliša. Kroz praktičan rad i stručno vođeno objašnjenje učenici su bolje razumjeli kako drveće sprječava eroziju tla, smanjuje onečišćenje zraka i stvara staništa za brojne biljne i životinjske vrste. Članovi Erasmus+ tima sudjelovali su i u nacionalnoj ekološkoj akciji Rezolucija Zemlja (Prilog 6), projektu Večernjeg lista, provedenom povodom obilježavanja Dana planeta Zemlje. Akcija je održana u travnju 2024. u Sesevskom Kraljevcu, u suorganizaciji udruge Zelene i plave Sesvete. Tijekom nekoliko sati učenici su, zajedno s brojnim volonterima i građanima, prikupljali i razvrstavali velike količine plastike, stakla, građevinskog i opasnog otpada, čime su aktivno doprinosili čišćenju lokalnog okoliša te razvijali svijest o važnosti osobne odgovornosti i zajedničkih inicijativa za stvaranje globalnih pozitivnih promjena.

REZULTATI

Analiza dobivenih rezultata učinaka ekoloških radionica i lokalnih aktivnosti na razvijanje ekološke svijesti pokazala je jasne i mjerljive pomake u znanju, stavovima i svakodnevnom ponašanju učenika. Rezultati upitnika (Prilog 7) pretesta i posttesta o utjecaju radionica usmjerenih na izradu svijeca od otpadnog ulja i prenamjenu tekstilnog otpada prikazani su grafički na Slikama 1–4.

Rezultati ukazuju na visoku početnu razinu poznavanja pojma ponovne uporabe (Slika 1).

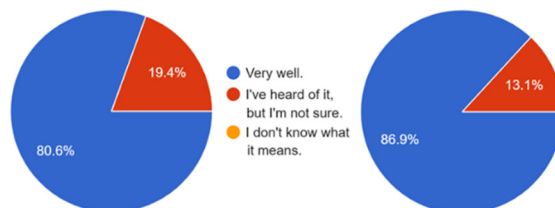
How often do you think about the impact of your daily habits on the environment?



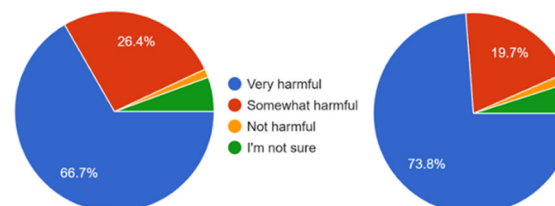
What do you do with waste oil in your household?



How familiar are you with the term "reuse"?



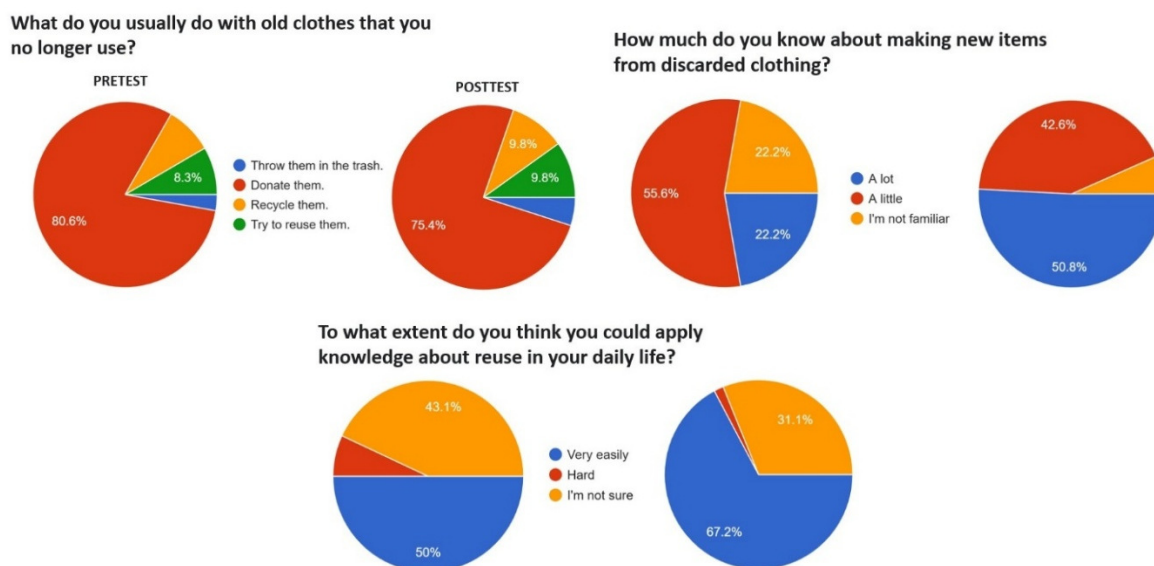
How harmful do you think it is to throw waste oil down the drain?



Slika 1. Usporedba rezultata pretesta i posttesta o ekološkoj svijesti, poznavanju pojma ponovne uporabe te stavovima i navikama vezanima uz zbrinjavanje otpadnog ulja

Već u pretestu 80,6 % učenika navelo je da vrlo dobro poznaje pojam „reuse”, dok se u posttestu taj udio povećao na 86,9 % (Slika 1). Istodobno se smanjio udio učenika koji su naveli da su za pojam čuli, ali nisu sigurni u njegovo značenje (s 19,4 % na 13,1 %), što upućuje na blago poboljšanje razumijevanja. Kod trećeg pitanja zabilježene su izraženije promjene u stvarnim ekološkim navikama. U pretestu je 23,6 % učenika navelo da otpadno ulje baca u odvod, dok se u posttestu taj udio smanjio na 9,8 %, što predstavlja smanjenje od 13,8 %. Istodobno je porastao udio učenika koji otpadno ulje prikupljaju i odlažu u za to predviđene spremnike, s 37,5 % na 50,8 %. Rezultati također upućuju i na porast svijesti o štetnosti bacanja otpadnog ulja u odvod. U pretestu je 66,7 % učenika smatralo da je takvo postupanje vrlo štetno, dok se u posttestu taj udio povećao na 73,8 %. Udio odgovora koji ukazuju na umanjenu percepciju štetnosti smanjio se s 26,4 % na 19,7 %.

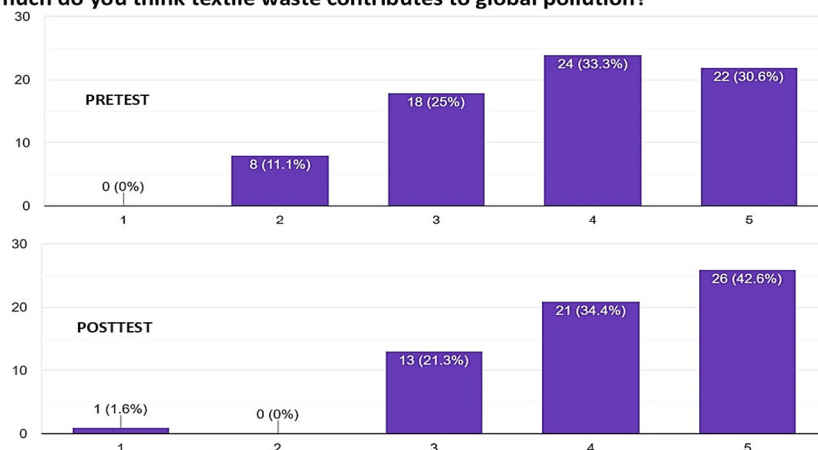
Rezultati pokazuju promjenu i u smjeru održivog postupanja s odjećom koja se više ne koristi (Slika 2). U pretestu je 80,6 % učenika navelo da staru odjeću donira, dok se u posttestu taj udio smanjio na 75,4 %. Istodobno se smanjio udio učenika koji staru odjeću odlažu u otpad. Izražen je porast od 28,6 % samoprocijenjenog znanja o izradi novih predmeta od odbačene odjeće. Rezultati sedmog pitanja ukazuju na porast samopouzdanja učenika u primjeni znanja o ponovnoj uporabi u svakodnevnom životu. U pretestu je 50,0 % učenika procijenilo da znanje o ponovnoj uporabi može vrlo lako primijeniti, dok se u posttestu taj udio povećao na 67,2 % što upućuje na jačanje percepcije vlastite kompetentnosti učenika.



Slika 2. Usporedba rezultata pretesta i posttesta postupanju s tekstilnim otpadom i primjeni znanja o ponovnoj uporabi

Analiza odgovora prikazanih na Slici 3, uz petstupanjsku skalu (1 little – 5 significantly), pokazuje porast svijesti o doprinosu tekstilnog otpada globalnom onečišćenju. U pretestu je 63,9 % učenika procijenilo da tekstilni otpad u velikoj ili vrlo velikoj mjeri doprinosi globalnom onečišćenju, dok se u posttestu taj udio povećao na 77,0 %.

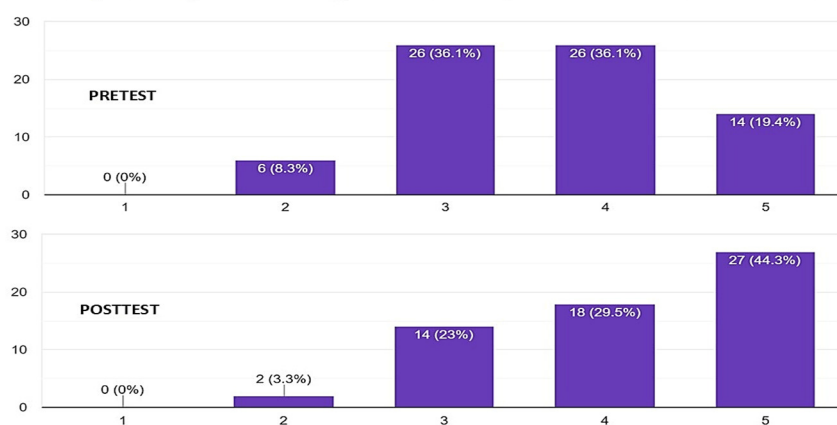
How much do you think textile waste contributes to global pollution?



Slika 3. Procjena doprinosa tekstilnog otpada globalnom onečišćenju – usporedba pretesta i posttesta (1 little – 5 significantly)

Posebno se ističe, uz petstupanjsku skalu (1 very low – 5 high), porast udjela najviših procjena posttesta (ocjena 5) s 30,6 % na 42,6 %. Slika 4 ukazuje na znatan porast samoprocjene znanja o utjecaju otpada na okoliš. U pretestu je 55,5 % učenika svoje znanje ocijenilo visokom ocjenom (4 ili 5), dok se u posttestu taj udio povećao na do 73,8 %.

How would you rate your knowledge about the impact of waste on the environment?



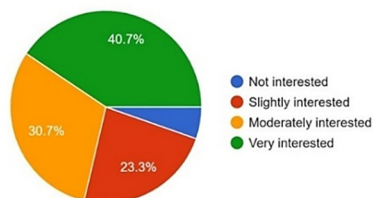
Slika 4. Samoprocjena znanja učenika o utjecaju otpada na okoliš – usporedba pretesta i posttesta (1 very low - 5 high)

S obzirom da se grafički prikazi na Slikama 3 i 4 odnose na razumijevanje utjecaja otpada na okoliš i odgovorno upravljanje resursima, analizirani su kao pokazatelji razumijevanja pojedinih aspekata održivog razvoja. Usporedbom pretesta i posttesta zabilježen je porast pozitivnih odgovora u rasponu od 13,1 do 18,3 %, što potvrđuje mjerljiv napredak učenika u razumijevanju koncepata održivog razvoja povezanih s upravljanjem otpadom i ponovnom uporabom materijala.

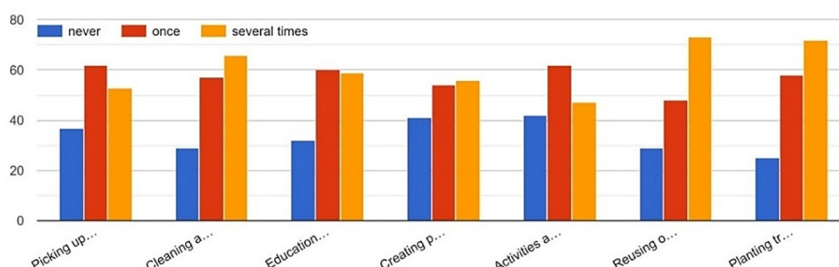
Slični rezultati zabilježeni su i u drugim evaluacijskim anketama provedenima tijekom projekta, što dodatno potvrđuje konzistentnost učinka radionica na razvijanje ekološke svijesti. Kako bi se, uz pojedinačne procjene učinaka svake radionice, dobio cjelovit uvid u dugoročni razvoj ekološke svijesti učenika, provedena je i završna evaluacija kojom su obuhvaćeni sudionici svih lokalnih ekoloških aktivnosti. Završna evaluacija (Prilog 8) bila je usmjerena na procjenu interesa učenika za ekološke teme, razumijevanje okolišnih problema i klimatskih promjena, razinu uključenosti u ekološke aktivnosti prije i tijekom projekta te promjene u osjećaju osobne odgovornosti, svakodnevnom ponašanju i spremnosti na buduće djelovanje, a njezini rezultati prikazani su grafički na slikama 5-8.

Na početku projekta (Slika 5) učenici su pokazali umjeren do visok interes za ekološke teme. Prije početka aktivnosti 40,7 % učenika izjavilo je da je bilo vrlo zainteresirano za okolišne teme, dok je dodatnih 30,7 % iskazalo umjeren interes. Međutim, unatoč relativno visokom interesu, sudjelovanje u lokalnim ekološkim aktivnostima prije projekta bilo je rijetko i neujednačeno, pri čemu je znatan broj učenika naveo da u takvim aktivnostima nije sudjelovao nikada ili samo jednom.

How interested were you in environmental or ecological topics before the project?



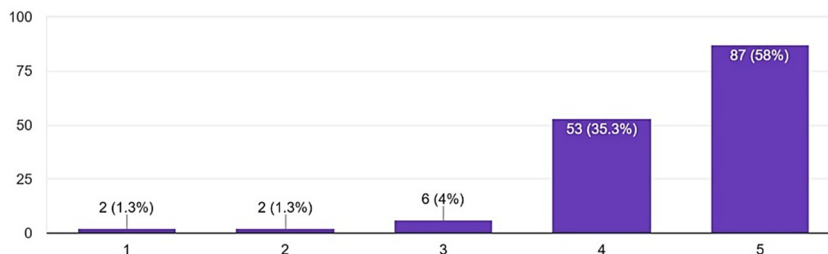
Before the project, how often did you participate in local ecological activities?



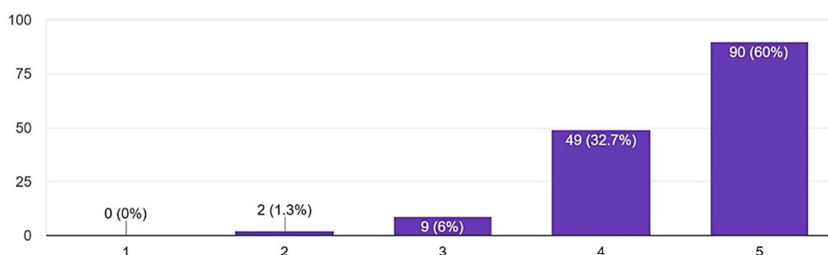
Slika 5. Početni interes učenika za ekološke teme i uključenost u lokalne ekološke aktivnosti prije projekta

Rezultati završne evaluacije (slika 6) jasno pokazuju snažan učinak provedenih aktivnosti na razumijevanje okolišnih problema. Nakon sudjelovanja u projektu 93,3 % učenika (odgovori 4 i 5) naveo je da im je projekt u velikoj ili vrlo velikoj mjeri pomogao u razumijevanju ekoloških problema i klimatskih promjena, pri čemu se 58 % učenika odlučilo za najvišu razinu procjene (Slika 6).

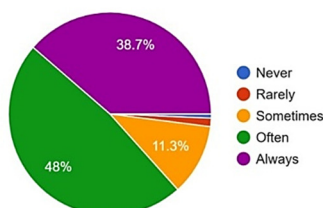
How much has the project helped you understand environmental problems and climate change?



To what extent do you feel more responsible for taking care of your environment after participating in these activities?



How often do you apply what you learned during the local ecological activities in your daily life (e.g., waste sorting, reusing items, saving water)?

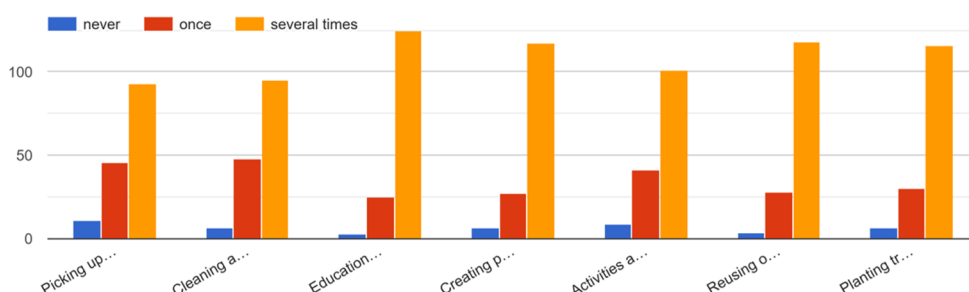


Slika 6. Učinci projekta na razumijevanje okolišnih problema i osjećaj osobne odgovornosti učenika

Završna evaluacija pokazuje da su aktivnosti imale snažan utjecaj na osjećaj osobne odgovornosti učenika (Slika 6). Nakon sudjelovanja u projektu 92,7 % učenika (odgovori 4 i 5) izjavilo je da se osjeća odgovornije za brigu o okolišu, pri čemu je 60 % učenika odabralo najvišu razinu slaganja. Osim stavova, zabilježene su i promjene u ponašanju. Više od 86 % učenika navelo je da stečena znanja često ili uvijek primjenjuju u svakodnevnom životu (razvrstavanje otpada, ponovna uporaba predmeta, štednja vode), što potvrđuje prijenos učenja iz projektnih aktivnosti u svakodnevnu praksu.

Usporedbom sudjelovanja u lokalnim ekološkim aktivnostima prije i tijekom projekta vidljiv je izrazit porast aktivnog uključivanja učenika. Tijekom projekta (Slika 7) znatno se povećao udio učenika koji su u aktivnostima poput čišćenja okoliša, edukativnih radionica, ponovne uporabe materijala i sadnje drveća sudjelovali više puta, dok se udio odgovora „nikada” ili „samo jednom” u potpunosti smanjio.

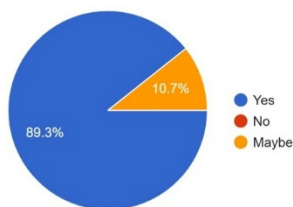
During the project, how often did you participate in local ecological activities?



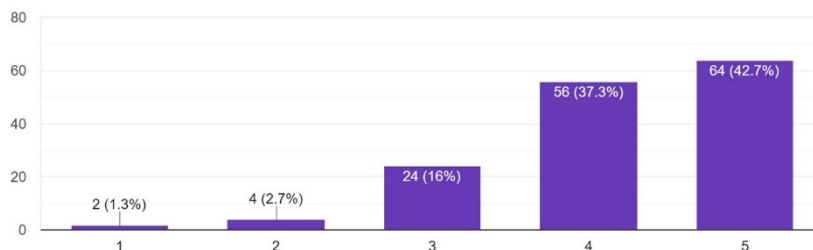
Slika 7. Promjene u uključenosti učenika i primjeni ekoloških znanja tijekom projekta

Analiza grafičkih prikaza na Slici 8 ukazuje da projekt nije utjecao samo na same sudionike, već i na lokalnu zajednicu.

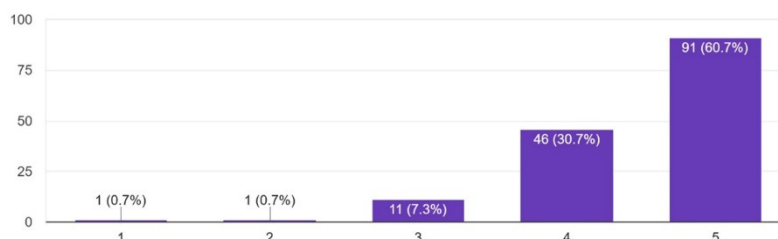
Would you like to participate in similar ecological actions in the future?



How often did you share what you learned during these activities with your family or friends?



How much did you improve your teamwork and collaboration skills during the project activities?



Slika 8. Dugoročni obrazovni i odgojni učinci projekta

80 % učenika (odgovori 4 i 5) navelo je da su često ili vrlo često dijelili stečena znanja i iskustva s obitelji i prijateljima (Slika 8). Nadalje, 89,3 % učenika izrazilo je spremnost za sudjelovanje u sličnim ekološkim

aktivnostima u budućnosti, što ukazuje na dugoročni potencijal projekta u razvoju aktivnog građanstva. Uz ekološke ishode, projekt je imao i izražen odgojno-obrazovni učinak. 91,4 % učenika (odgovori 4 i 5) navelo je da su tijekom projekta značajno unaprijedili svoje vještine timskog rada i suradnje, što dodatno potvrđuje vrijednost iskustvenog i projektnog učenja.

Završna evaluacija nadopunjuje i potvrđuje rezultate ranijih upitnika: učenici ne samo da su usvojili nova znanja i održive navike, nego su razvili i jasniji osjećaj osobne odgovornosti te razumijevanje važnosti zajedničkog djelovanja u zaštiti okoliša. U nastavku su prikazani najvažniji obrasci koji su se pojavili u završnoj evaluaciji, s naglaskom na izazove tijekom provedbe aktivnosti i najvrjednije naučene lekcije. Među najčešće istaknutim izazovima (Tablica 1) učenici su navodili jezične barijere u međunarodnim aktivnostima, koje su prevladavali korištenjem jednostavnijeg engleskog jezika, aplikacija za prevođenje i međusobnom podrškom u skupinama. Kao izazov se također isticao povremeni nedostatak materijala ili opreme, što su učenici rješavali posuđivanjem, donošenjem alata od kuće ili uključivanjem roditelja. Loši vremenski uvjeti i zahtjevnost terena, osobito tijekom pošumljavanja, prevladani su timskim radom, prilagodbom termina i zadržavanjem visoke razine motivacije. Dio učenika naveo je i slabiju uključenost pojedinih članova lokalne zajednice, na što su odgovorili dodatnim informiranjem, pozivanjem sugrađana i korištenjem društvenih mreža.

Tablica 1. Uočeni izazovi projekta s primjerima odgovora učenika

Opis	Primjer odgovora učenika
Jezične barijere u međunarodnim aktivnostima	The language barrier was the biggest problem, people not knowing English at all. I had a really hard time working in groups and talking generally.
Nedostatak materijala i opreme	Sometimes there was not enough materials - for example, we needed containers for compost or tools for planting. We solved this by bringing things from home or asking our families to help. Some parents even got involved, which made us feel more supported.
Loši vremenski uvjeti i zahtjevnost terena	I was surprised by the physical strength and dexterity required to plant pedunculate oak seedlings in a real forest area on very inaccessible terrain.
Slaba uključenost pojedinih članova lokalne zajednice	One of the biggest challenges was encouraging more people to get involved. At first, many community members didn't seem interested or didn't have time. To overcome this, we started raising awareness through social media, school events, and posters around town. We also made the activities more fun and family-friendly, which helped attract more participants. Over time, more people joined and the project grew stronger.

Analiza odgovora ukazala je i na niz ključnih dobitaka (Tablica 2), među kojima se ističu dublje razumijevanje utjecaja svakodnevnih navika na okoliš, porast znanja o recikliranju, ponovnoj uporabi i gospodarenju otpadom te spoznaja da i male individualne akcije mogu imati značajan kumulativni učinak.

Tablica 2. Uočene koristi projekta prema primjerima odgovora učenika

Opis	Primjer odgovora učenika
Razumijevanje utjecaja svakodnevnih navika na okoliš	Before the project, I didn't really think about how my daily choices affected the environment. But after doing things like recycling, reducing plastic, and planting trees, I realized that even simple habits—like bringing a reusable water bottle or turning off the lights—can really help the planet.
Znanje o recikliranju i ponovnoj uporabi	We learned about the circular economy. The most valuable thing I learned was how I can use things I no longer need in various ways, for my own benefit and for the environment, instead of throwing them away.
Kritičko promišljanje i svijest o posljedicama	As a young person who follows fashion, I have learned a lot about the textile industry. I have gained insight into how such an industry functions on a global scale and I have realized that I as an individual can contribute to environmentally friendly working patterns of one of the largest industries today through my responsible and sensible behavior. Reusing and recycling old clothing items and buying sensibly is something that should be the responsibility of all of us.
Razvoj suradnje i komunikacijskih vještina	The most valuable thing I learned from participating in the local ecological activities was the importance of teamwork and community involvement in protecting the environment. I realized that even small actions—like picking up litter or planting trees—can have a big impact when done together with others.
Osobna i društvena odgovornost	The most valuable thing I learned was how small actions can have a big impact on the environment. By working together with others in my community—planting trees, cleaning parks, and promoting recycling—I saw how much we could achieve. I also gained a deeper understanding of local environmental issues and how important it is to protect natural resources for future generations.

Učenici su posebno naglasili razvoj timskog rada, suradnje i komunikacijskih vještina, osobito u međunarodnom okruženju, kao i jačanje osobne i društvene odgovornosti te spremnost na sudjelovanje u budućim ekološkim aktivnostima.

RASPRAVA

Cjelovit uvid u učinke ekoloških aktivnosti pokazuju da su ekološke radionice i lokalne aktivnosti ostvarile značajan razvoj ekološke svijesti i pismenosti učenika. U skladu s ciljevima istraživanja, zabilježen je napredak u razumijevanju utjecaja otpada na okoliš, jačanju kritičkog promišljanja i stavova te primjeni održivih navika u svakodnevnom životu. Rezultati pretesta i posttesta, kao i završne evaluacije, pokazuju porast znanja i dublje razumijevanje ekoloških problema, osobito u području upravljanja otpadom i ponovne uporabe materijala. Učenici su nakon provedenih aktivnosti u većoj mjeri prepoznavali negativne posljedice nepravilnog zbrinjavanja otpada te su jasnije povezivali vlastite navike s globalnim ekološkim izazovima. Takvi nalazi potvrđuju da iskustveno učenje, temeljeno na praktičnim aktivnostima i stvarnim situacijama, potiče razvoj ekološke pismenosti i kritičkog promišljanja učenika, osobito kada učenici aktivno sudjeluju u rješavanju konkretnih problema i reflektiraju vlastito ponašanje (Hungerford i Volk, 1990; Kolb, 1984). Jedan od ključnih ciljeva istraživanja bio je potaknuti primjenu održivih navika. Rezultati pokazuju da su učenici nakon sudjelovanja u radionicama i lokalnim ekološkim akcijama češće primjenjivali stečena znanja u svakodnevnom životu, primjerice kroz pravilno zbrinjavanje otpada, ponovnu uporabu predmeta i odgovorno potrošačko ponašanje. Posebno je značajno što su uočene promjene zabilježene ne samo na razini stavova, već i u stvarnim ponašanjima učenika, što je u skladu s nalazima istraživanja koja ističu snažnu povezanost znanja, stavova i ekološki odgovornog ponašanja (Kaiser, 1998). Završna evaluacija pokazala je visoku razinu motivacije učenika za buduće sudjelovanje u sličnim ekološkim aktivnostima, kao i spremnost na dijeljenje stečenih znanja s drugima. Time projekt nadilazi kratkoročne obrazovne učinke i doprinosi razvoju aktivnog i odgovornog građanstva. Međutim, izazov za buduće provedbe sličnih projekata ostaje osiguravanje kontinuiteta aktivnosti kako bi stečene navike postale trajne. Iako su rezultati pokazali snažan pozitivan učinak tijekom trajanja projekta, postoji rizik da se bez daljnje institucionalne potpore intenzitet primjene održivih ponašanja s vremenom smanji. Kako bi se smanjili uočeni izazovi i osigurala trajnost postignutih rezultata, nužno je sustavno uključivanje ekoloških tema i praktičnih aktivnosti u redovitu nastavu. Poseban naglasak treba staviti na dugoročnu suradnju škola s lokalnim zajednicama, stručnjacima i udrugama, čime se učenicima omogućuje primjena stečenog znanja u stvarnim situacijama i veća uključenost u rješavanje konkretnih ekoloških problema. Dodatno, poticanjem učenika na samostalno osmišljavanje i provedbu manjih ekoloških inicijativa jača se osjećaj osobne odgovornosti i aktivnog građanstva. Praćenje promjena u ponašanju učenika i nakon završetka projektnih aktivnosti omogućuje uvid u dugoročan učinak provedenih aktivnosti te doprinosi daljnjem unapređenju obrazovne prakse.

Takav pristup u skladu je s preporukama UNESCO-a (2017), koji naglašava važnost obrazovanja za održivi razvoj kao kontinuiranog procesa usmjerenog na znanja, vještine, stavove i djelovanje.

Kroz otvorena pitanja vidljivo je da su praktične aktivnosti potaknule razvoj osobne odgovornosti, motivacije i spremnosti na daljnje sudjelovanje u ekološkim inicijativama. Učenici ističu da su iskustvene aktivnosti – posebice pošumljavanje, radionice ponovne uporabe i čišćenje okoliša – bile ključne za razumijevanje stvarnih ekoloških problema i važnosti zajedničkog djelovanja. Također, opisani načini prevladavanja izazova, najčešće timskim radom i prilagodbom situaciji, upućuju na razvoj dodatnih kompetencija poput suradnje, komunikacije i rješavanja problema što je jedno od temeljnih

obilježja iskustvenog učenja (Kolb, 1984). Ukupno gledano, evaluacije dosljedno potvrđuju da projekt nije utjecao samo na znanje, već i na formiranje trajnih navika i vrijednosti povezanih s održivim ponašanjem. Učenici su tijekom projekta razvili aktivniji, informiraniji i odgovorniji odnos prema okolišu, što pokazuje da iskustvene ekološke aktivnosti imaju izrazito edukativan i odgojni potencijal.

ZAKLJUČAK

Rezultati evaluacija pokazuju da su ekološke radionice i lokalne aktivnosti ostvarile značajan razvoj ekološke svijesti učenika. Usporedba rezultata provjera prije i poslije provedbe aktivnosti potvrđuju napredak u razumijevanju ključnih ekoloških pojmova, dok završna evaluacija daje širu sliku dugoročnih promjena u stavovima i ponašanju. Uočen je mjerljiv napredak u više aspekata, povećan je interes učenika za zaštitu okoliša, sudjelovanje u lokalnim ekološkim akcijama, primjenu održivih navika (recikliranje, štednja energije, smanjenje plastike), volontiranje.

METODIČKI ZNAČAJ

Metodički značaj rada očituje se u sustavnoj integraciji tema održivog razvoja u nastavu biologije i drugih prirodoslovnih predmeta, čime se učenicima omogućuje povezivanje teorijskih znanja s aktualnim ekološkim izazovima. Primjenom interdisciplinarnog pristupa potiče se aktivno i iskustveno učenje, pri čemu učenici preuzimaju odgovornost za vlastiti proces učenja te pritom unaprjeđuju suradničke vještine i sposobnost rješavanja problemskih zadataka. Poseban doprinos rada vidljiv je u razvoju ključnih kompetencija učenika, poput kritičkog mišljenja, timskog rada i osobne odgovornosti prema okolišu. Istodobno, rad doprinosi osnaživanju nastavnika u ulozi mentora i facilitatora, koji usmjeravaju učenike, potiču refleksiju i stvaraju poticajno okruženje za provedbu ekoloških aktivnosti unutar i izvan nastavnog procesa.

ZAHVALA

Zahvaljujemo Erasmus+ programu Europske unije na financijskoj potpori, ravnateljici II. gimnazije Zagreb na podršci u provedbi projekta, kao i svim učenicima i nastavnicima koji su sudjelovali u aktivnostima. Posebna zahvala upućuje se lokalnim partnerima i udrugama koje su pridonijele organizaciji ekoloških akcija.

LITERATURA

- Dumnić, A., Kovačević, M., & Vajs, V. (2020). Ekološki odgoj i održivi razvoj u nastavi prirode i društva. *Život i škola*, 66(2), 73–88.
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21.
- Kaiser, F. G. (1998). A general measure of ecological behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, 28(5), 395–422.
- Klarin, M. (2016). Utjecaj terenske nastave na razvoj ekološke svijesti učenika osnovne škole. *Magistra ladertina*, 11(1), 71–83.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kovačić, Z. (2019). Ekološke aktivnosti u školama kao poticaj održivom razvoju. *Školski vjesnik*, 68(1), 55–72.
- Sterling, S. (2001). *Sustainable Education: Re-visioning Learning and Change*.
- Tilbury, D. (2011). *Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning*.
- Tomašić, N., & Varga, R. (2018). Projektna nastava i razvijanje ekološke svijesti učenika. *Napredak*, 159(3–4), 345–360.
- European Commission. (2024). *GreenComp: The European Sustainability Competence Framework – 2024 Update*. Publications Office of the European Union.
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO.
- UNESCO. (2022). *Greening Education Partnership: A Global Framework for Action*. UNESCO Publishing.

PRILOZI

Prilog 1. Radionica: Izrada svijeća od otpadnog ulja

🌿 SASTOJCI I MATERIJAL

- 240 g sojinog voska
- 120 mL procijeđenog rabljenog ulja za kuhanje
- 10 mL eteričnog ulja po izboru
- kurkuma (za prirodnu boju)
- kalupi ili staklenke
- fitilji
- lončić za topljenje

🕯 RECEPT

1. Otopiti **sojin vosak** na laganoj vatri.
2. Dodati procijeđeno **rabljeno ulje** i promiješati.
3. Umiješati **eterično ulje** i **kurkumu**.
4. Postaviti **fitilj** u kalup ili staklenku.
5. Uliti smjesu u **kalupe**.
6. Ostaviti **svijeće** da se stvrdnu.



Prilog 2. Radionica: Eko-rukotvorine - ogrlice od starih majica

🧵 POTREBNI MATERIJALI

- stare pamučne majice
- škare
- konac i igla
- perlice, gumbi, ukrasi
- metar/ravnalo (po želji)

🧶 KORACI IZRADE

1. Odreži donji **porub majice**.
2. Izreži majicu na **trake** širine 1,5–2 cm.
3. Svaku traku lagano **rastegni** da se **uvije u "špagicu"**.
4. **Skupi** trake i **zaveži** ili ušij na jednom kraju.
5. Po želji **ispleti pletenicu** od tri trake.
6. **Ukrasi** perlicama, gumbima ili detaljima od tkanine.
7. **Spoji krajeve** u zatvoreni krug.

Pretvori staru majicu u novu, jedinstvenu ogrlicu!



Prilog 3. Radionica: Izrada 3D modela ekosustava

PRIBOR I MATERIJAL

- škare, skalpel, ljepilo
- kolaž papir, tempere, flomasteri
- reciklirani materijali: karton, papir, stiropor, plastika, vuna, žice, lego kocke, guma
- figurice, plastelin ili glinamol

UPUTE ZA IZRADU

Zadatak: U skupinama izradite 3D model odabranog kopnenog ili vodenog ekosustava koristeći reciklirane i održive materijale. Model treba prikazivati osnovne biološke sastavnice i odnose unutar ekosustava.

- **Odaberi ekosustav**
(šuma, jezero, livada, pustinja, more...)
- **Istraži odabrani ekosustav**
Zabilježi tipične biljne i životinjske vrste i njihove međusobne odnose te uvjete staništa (svjetlost, voda, tlo, temperatura).
- **Isplaniraj model**
Pripremi kartonsku podlogu i skiciraj raspored: tlo, voda, stijene, biljke, životinje. Plan treba odgovarati izgledu i obilježjima odabranog ekosustava.
- **Izradi elemente**
Od recikliranog materijala izradi biljke, životinje i dijelove staništa. Pripazi na primjeren odabir materijala i njihovu ponovnu uporabu u skladu s načelima održivog razvoja.
- **Uključi hranidbeni lanac**
Model treba imati barem jedan potpuni lanac:
proizvođač → biljojed → predator → razlagač
- **Prikaži odnos vrsta**
Dodaj primjer: simbioza, kompeticija, predatorstvo ili suradnja.
- **Sastavi i dovrši model**
Zalijepi sve elemente na podlogu i dodaj opisne kartice ili male oznake.
- **Prezentacija i refleksija**
Nakon izrade svaka skupina predstavlja svoj model te objašnjava:
 - koje ste organizme prikazali i koju ulogu imaju u ekosustavu
 - koje odnose među vrstama ste uočili
 - što bi se dogodilo kad bi jedan dio hranidbenog lanca nestao
 - zašto je važno očuvati ravnotežu unutar ekosustava



Prilog 4. Eko-drvice od otpadnih materijala i oslikane stolice u učionici



Prilog 5. Akcija pošumljavanja Šumoborci



Prilog 6. Sudjelovanje u akciji čišćenja Rezolucija Zemlja



Prilog 7. Upitnik za procjenu utjecaja ekološke radionice na stavove o otpadu u kućanstvu i ponovnoj uporabi

1. How often do you think about the impact of your daily habits on the environment? (Koliko često razmišljaš o utjecaju svojih svakodnevnih navika na okoliš?)
Very often (često)
Sometimes (ponekad)
Rarely (rijetko)
Never (nikada)
2. How familiar are you with the term "reuse"? (Koliko si upoznat/upoznata s pojmom - ponovna uporaba?)
Very well. (Jako dobro.)
I've heard of it, but I'm not sure. (Čuo/la sam za to, ali nisam siguran/na što znači.)
I don't know what it means. (Ne znam što znači.)
3. What do you do with waste oil in your household? (Što radiš s otpadnim uljem u svom kućanstvu?)
Throw it down the drain. (Bacamo u odvod.)
Collect it and take it to oil containers. (Skupljamo i odnosimo u spremnike za ulje.)
Reuse it for other purposes. (Ponovno ga upotrebljavamo u druge svrhe.)
I don't know. (Ne znam.)
4. How harmful do you think it is to throw waste oil down the drain? (Koliko je štetno ispuštanje otpadnog ulja u odvod?)
Very harmful (jako štetno)
Somewhat harmful (štetno)
Not harmful (nije štetno)
I'm not sure (nisam siguran/na)
5. What do you usually do with old clothes that you no longer use? (Što najčešće radiš sa starom odjećom koju više ne nosiš?)
Throw them in the trash. (Bacam u smeće.)
Donate them. (Poklanjam.)
Recycle them. (Ovlažem za recikliranje.)
Try to reuse them. (Prenamjenjujem u nešto drugo.)
6. How much do you know about making new items from discarded clothing? (Koliko znaš o prenamjeni odbačene odjeće u uporabljivi predmet?)
A lot (puno)
A little (malo)
I'm not familiar (nije mi poznato)
7. To what extent do you think you could apply knowledge about reuse in your daily life? (U kojoj mjeri misliš da bi mogao/mogla primijeniti znanja o ponovnoj uporabi u svakodnevnom životu?)
Very easily (vrlo lako)
Hard (teško)
I'm not sure (nisam siguran/na)
8. How much do you think textile waste contributes to global pollution? (Koliko, po tvom mišljenju, tekstilni otpad doprinosi globalnom onečišćenju? 1-malo 5-značajno)

1 2 3 4 5
1-A little 5-Significantly
Very low High

9. How would you rate your knowledge about the impact of waste on the environment? (Kako bi ocijenio/ocijenila svoje znanje o utjecaju otpada na okoliš?)

1 2 3 4 5
Very low High

Prilog 8. Primjeri ključnih pitanja završne evaluacija sudjelovanja učenika u lokalnim ekološkim aktivnostima

1. How interested were you in environmental or ecological topics before the project? (Koliko ste bili zainteresirani za ekološke teme prije projekta?)

Not interested (nisam bio zainteresiran/a)
Slightly interested (malo zainteresiran/a)
Moderately interested (umjereno zainteresiran/a)
Very interested (jako zainteresiran/a)

2. How much has the project helped you understand environmental problems and climate change? (Koliko vam je projekt pomogao u razumijevanju ekoloških problema i klimatskih promjena?)

1 2 3 4 5
Not at all Significantly

3. Before the project, how often did you participate in local ecological activities? (Prije projekta, koliko ste često sudjelovali u lokalnim ekološkim aktivnostima?)

Question (pitanja)	never (nikada)	once (jednom)	several times (nekoliko puta)
Cleaning around the school, park or other areas (čišćenje oko škole, parka ili drugih područja)			
Picking up litter in public areas (uklanjanje smeća s javnih površina)			
Educational workshops about waste, recycling etc. (edukativne radionice o otpadu, recikliranju itd.)			
Creating posters or campaigns on recycling (izrada plakata ili kampanje o recikliranju)			
Activities about saving water (aktivnosti za uštedu vode)			
Reusing or upcycling old items (ponovna uporaba ili recikliranje starih predmeta)			
Planting trees or flowers (sadnja drveća ili cvijeća)			

4. During the project, how often did you participate in local ecological activities? (Tijekom projekta, koliko ste često sudjelovali u lokalnim ekološkim aktivnostima?)

Question (pitanja)	never (nikada)	once (jednom)	several times (nekoliko puta)
Cleaning around the school, park or other areas (čišćenje oko škole, parka ili drugih područja)			
Picking up litter in public areas (uklanjanje smeća s javnih površina)			
Educational workshops about waste, recycling etc. (edukativne radionice o otpadu, recikliranju itd.)			
Creating posters or campaigns on recycling (izrada plakata ili kampanje o recikliranju)			
Activities about saving water (aktivnosti za uštedu vode)			
Reusing or upcycling old items (ponovna uporaba ili recikliranje starih predmeta)			
Planting trees or flowers (sadnja drveća ili cvijeća)			

5. To what extent do you feel more responsible for taking care of your environment after participating in these activities? (U kojoj mjeri se osjećate odgovornima za brigu o svom okolišu nakon sudjelovanja u lokalnim aktivnostima?)

Not at all (nimalo)

Much more responsible (puno više odgovorno)

6. How often do you apply what you learned during the local ecological activities in your daily life (e.g., waste sorting, reusing items, saving water)? (Koliko često primjenjujete ono što ste naučili tijekom lokalnih aktivnosti u svom svakodnevnom životu (npr. sortiranje otpada, ponovna upotreba predmeta, štednja vode)?)

Never (nikada)

Rarely (rijetko)

Sometimes (ponekad)

Often (često)

Always (stalno)

7. How often did you share what you learned during these activities with your family or friends? (Koliko ste često podijelili ono što ste naučili tijekom ovih aktivnosti sa svojom obitelji ili prijateljima?)

1

2

3

4

5

1-never (nikada)

5-Very often (vrlo često)

8. Would you like to participate in similar ecological actions in the future? (Želite li u budućnosti sudjelovati u sličnim ekološkim akcijama?)

Yes (da)

No (ne)

Maybe (možda)

9. How much did you improve your teamwork and collaboration skills during the project activities? (Koliko ste ojačali svoj timski duh i razvili svoje suradničke odnose tijekom projektnih aktivnosti?)

1

2

3

4

5

No improvement (nimalo)

Great improvement (puno)

10. Were there any challenges you faced during the local ecological activities? If so, how did you overcome them? (Jeste li se suočili s nekim izazovima tijekom lokalnih ekoloških aktivnosti? Ako jeste, kako ste ih prevladali?)

11. What was the most valuable thing you learned from participating in the local ecological activities? (Što ste najvrjednije naučili sudjelovanjem u lokalnim ekološkim aktivnostima?)

The role of practical ecological workshops and local activities on the development of students' ecological awareness

Katarina Medić, Adriana Ivandić

2nd gymnasium, Jurja Križanića 4, 10 000 Zagreb, Croatia

katarina.brzovic@gmail.com; adriana.ivandic1@gmail.com

ABSTRACT

Although environmental topics are present in educational programs, the level of environmental awareness and understanding of human impact on the environment among students is still insufficiently developed. It is precisely from this need that the Erasmus+ project Act eco-locally to change into eco-globally emerged, implemented in the II. gymnasium in Zagreb from September 2023 to August 2025. The project brought together six international partner schools from Poland, Greece, Turkey, Romania, Croatia and Portugal, with the aim of empowering young people to actively participate in environmental protection. Over a two-year period, students participated in numerous practical workshops and local environmental activities focused on recycling, reuse, sustainable development and conservation of natural resources. The paper presents selected activities such as making candles from waste oil, creating eco-crafts, modeling ecosystems, repainting old school chairs, participating in a reforestation campaign and engaging in the national campaign Resolution Earth. Project evaluation, conducted through the analysis of questionnaires (administered before the project, after individual activities, and as a final survey at the end of the project), revealed a significant increase in students' interest in environmental protection, greater motivation for volunteering, and more active involvement in local environmental initiatives. A higher willingness to adopt sustainable habits in everyday life was also recorded. The results confirm that practical work, experiential learning, and international cooperation have a strong impact on the development of environmental awareness and responsibility among young people. By integrating sustainability-related topics into biology and natural science teaching, students are enabled to apply the acquired knowledge and skills in real-life contexts.

Keywords: *environmental awareness; sustainable development; Erasmus+; practical workshops; experiential learning*

Od miskoncepcija do prilika za učenje

Melita Povalec¹, Vida Bilogrević Gatolin²

¹ Školska knjiga d. d.; Osnovna škola Jure Kaštelana, Zagreb, Hrvatska

melita.povalec@skolskaknjiga.hr

² Osnovna škola Ive Andrića, Zagreb, Hrvatska

vida.bilogrevic@skole.hr

SAŽETAK

Cilj je ovog rada analizirati najčešće miskoncepcije – pogrešna vjerovanja koja potječu iz popularne kulture i svakodnevnih medijskih sadržaja – te ispitati njihov utjecaj na razumijevanje znanosti i prirodnih pojava. Analiza obuhvaća primjere iz animiranih filmova, reklama, javnih kampanja i internetskih članaka koji šire biološke miskoncepcije. Korištena je metoda kvalitativne analize sadržaja kojom su uspoređene raširene tvrdnje s provjerenim znanstvenim objašnjenjima. Rezultati pokazuju da mediji često pojednostavljaju i senzacionalistički prikazuju znanost, čime doprinose oblikovanju miskoncepcija u učenika. Primjeri poput poistovjećivanja zeca i kunića u liku Zekoslava Mrkve, vjerovanja da bikove razdražuje crvena boja ili da šamponi „popravljaju” kosu pokazuju kako trivijalne poruke mogu imati trajan učinak na percepciju znanosti. Zaključci ističu da je razotkrivanje miskoncepcija ključno za razvoj znanstvene i medijske pismenosti. Učitelji i nastavnici imaju presudnu ulogu u tom procesu prepoznajući miskoncepcije koje učenici donose iz medijskog okruženja, potičući kritičko promišljanje i usporedbu popularnih tvrdnji s dokazanim činjenicama, pritom stvarajući nove prilike za učenje. Sustavno uključivanje miskoncepcija u nastavu Prirode i Biologije pridonosi razumijevanju znanosti kao dinamičnog, istraživačkog procesa. Učitelji i nastavnici medijske zablude mogu pretvoriti u snažne nastavne poticaje za istraživanje, argumentaciju i provjeru izvora uz vođenu analizu, jasnim razgraničenjem činjenica i interpretacija te učenjem kako provjeravati tvrdnje.

Ključne riječi: miskoncepcije; popularna kultura; mediji; znanstvena pismenost

UVOD

Mediji danas imaju presudnu ulogu u oblikovanju načina na koji javnost razumije znanost, prirodu i društvene fenomene. Popularna kultura – osobito animirani filmovi, reklame, internetski članci i javne kampanje – često koristi znanstvene pojmove u svrhu zabave ili marketinga, pritom ih pojednostavljujući ili pogrešno prikazujući. Takvi prikazi mogu biti bezazleni na prvi pogled, no kada se često ponavljaju, postaju dio općeg znanja i doprinose stvaranju miskoncepcija – specifičnih kognitivnih struktura koje su u suprotnosti sa znanstvenim činjenicama, ali su čvrsto ukorijenjene i otporne na promjene (Fischer, 1985, citirano u Lukša i sur., 2013). Istraživanja pokazuju da se ove 'naivne teorije' često formiraju pod utjecajem neformalnog obrazovanja i medija te postaju značajna prepreka u daljnjem razumijevanju bioloških i socijalnih koncepata (Clement, 2013; Lukša i sur., 2017). Znanstvene su miskoncepcije predmet interesa još od 1970-ih kada su istraživači primijetili da učenici i odrasli često zadržavaju intuitivne predodžbe o prirodnim pojavama čak i nakon formalnog obrazovanja (Shtulman, 2017). Danas je poznato da takva pogrešna mišljenja ne nastaju samo u učionici, već su potaknuta u širem društvenom okruženju – u medijima, zabavnoj industriji i svakodnevnim razgovorima (Falk i Dierking, 2010). Van Riper (2003) ističe da popularna kultura vjerojatno više oblikuje shvaćanje znanosti kod opće populacije nego formalno obrazovanje. U kontekstu 21. stoljeća, u kojem digitalni mediji imaju sve veći doseg, postaje nužno razumjeti kako i zašto mediji stvaraju znanstvene zablude. Analizom primjera iz popularne kulture i svakodnevnih medijskih sadržaja moguće je prepoznati moguće izvore nastanka i širenja odabranih čestih miskoncepcija.

Glavni ciljevi istraživanja u ovom radu jesu identificirati i opisati najčešće miskoncepcije koje potječu iz medija i popularne kulture te predložiti smjernice za njihovo razotkrivanje kroz obrazovanje i medijsku pismenost.

Rad se temelji na prikupljenim primjerima iz hrvatskog i međunarodnog medijskog prostora te na znanstvenim izvorima koji potvrđuju ispravnost ili neutemeljenost određenih tvrdnji. Posebna se pozornost posvećuje ulozi učitelja i nastavnika u razbijanju miskoncepcija, budući da su oni prvi posrednici između znanstvenih spoznaja i učenika koji te informacije usvajaju.

METODE

Rad se temelji na kvalitativnoj analizi sadržaja i sekundarnoj analizi izvora koji su već zabilježeni u različitim medijima. Dodatno, među učenicima petih razreda iz *Osnovne škole Ive Andrića* provedena je anketa kako bi se analizirali stavovi i mišljenja o najučestalijim zabudama iz popularne kulture. Sudjelovalo je 49 učenika, a anketiranjem se željelo utvrditi u kojoj mjeri animirani sadržaji i marketinške kampanje oblikuju percepciju stvarnosti u učenika, pritom uzimajući u obzir opći kognitivni mehanizam prihvaćanja miskoncepcija koje se prenose putem medija i pop-kulture.

Polazište istraživanja čine primjeri miskoncepcija prikupljeni iz animiranih filmova, medijskih kampanja i svakodnevnih medijskih objava na portalima. Svaki primjer analiziran je prema tri kriterija:

1. Podrijetlo zablude – u kojem se medijskom kontekstu pojavila (film, reklama, kampanja, članak);
2. Znanstvena provjera – usporedba tvrdnje s relevantnim znanstvenim objašnjenjem;
3. Obrazovni učinak – kako zabuda može utjecati na razumijevanje prirodnih pojava, ponašanja životinja ili znanstvenih procesa.

Analiza je provedena usporedbom s aktualnom znanstvenom literaturom (npr. Van Riper, 2003; Schiele, 2020) te s popularnoznanstvenim izvorima koji demistificiraju poznate mitove (npr. HowStuffWorks, Live Science, National Geographic). Metodom kvalitativne interpretacije sadržaja opisano je na koji način pojedini medijski prikazi odstupaju od stvarnosti i kako to odstupanje može oblikovati misaone obrasce publike. Ovaj pristup omogućuje sintezu primjera u širem kulturnom kontekstu, umjesto eksperimentalnog ispitivanja.

Utjecaj medijskih sadržaja na formiranje predodžbi u učenika o prirodnom svijetu detaljno je dokumentiran u literaturi. Istraživanja (npr. Ganea et al., 2014; Geerds, 2016) ukazuju na to da antropomorfizirani prikazi životinja, iako pedagoški privlačni, često ometaju usvajanje bioloških činjenica. Iako cilj nije bio kvantificirati učestalost miskoncepcija, u digitalnom alatu Plickers provedeno je anketno ispitivanje učenika osnovne škole kako bi ih se na osnovu rezultata moglo predložiti smjernice za njihovo sprječavanje.

Analiza ponašanja korisnika internetskih tražilica pokazuje da velika većina korisnika ne prelazi prvu stranicu rezultata pretraživanja (Backlinko, 2020). Zbog toga je provedena analiza kako svakodnevni mediji šire miskoncepcije kroz informativne i promotivne sadržaje na način da su za svaku odabranu miskoncepciju pretražene mrežne stranice istaknute na prvoj stranici Google tražilice.

REZULTATI

U nastavku su prikazani rezultati dobiveni primjenom metode kvalitativne interpretacije sadržaja, kojom su analizirani odabrani primjeri iz popularne kulture (animirani filmovi, marketinške kampanje i informativni medijski sadržaji) te odgovori učenika prikupljeni anketnim istraživanjem. Zajednički

rezultati analize ukazuju na postojanje duboko ukorijenjenih kognitivnih obrazaca koji nastaju mehanizmom medijskog pojednostavljanja ili senzacionalizma.

Interpretacijom prikupljenih podataka identificirano je pet ključnih kategorija miskoncepcija: kulturalne, senzacionalističke, ekološke, komercijalne i društvene zablude. Način prikaza rezultata strukturiran je tako da se za svaki primjer prvo iznosi uvriježena medijska zablude, a potom se ona dekonstruira upotrebom znanstvenih činjenica i relevantne literature.

Miskoncepcije iz animiranih filmova

Analiza primjera iz animirane produkcije ukazuje na to da ovi sadržaji djeluju kao primarni, ali često znanstveno nepouzdana izvori informacija o prirodnom svijetu. Zajednički uvid u ovu kategoriju otkriva proces antropomorfizacije, gdje se životinjama pripisuju ljudske osobine, emocije i ponašanja radi lakšeg postizanja dramske napetosti ili humora. Ključni problem koji proizlazi iz ovih prikaza nije samo faktografska netočnost, već stvaranje trajnih vizualnih asocijacija (npr. miš – sir, bik – crvena boja) koje djeca usvajaju bez kritičkog odmaka. Budući da se ovi motivi ponavljaju desetljećima, oni prestaju biti tretirani kao fikcija i postaju dio općeg znanja, čime se postavlja temelj za buduće nerazumijevanje bioloških klasifikacija i ekoloških uloga životinja.

Zekoslav Mrkva – zec ili kunić?

Lik Zekoslava Mrkve (engl. *Bugs Bunny*), koji se prvi put pojavio 1940. godine u animiranom filmu *A Wild Hare* što znači divlji zec, već je desetljećima sinonim za „lukavog zeca“. Međutim, ovaj lik prikazuje kombinaciju obilježja zeca (rod *Lepus*) i kunića (rod *Oryctolagus*), čime se u djece i odraslih stvara pogrešna predodžba da su te životinje jednake. Zec i kunić zaista pripadaju istoj porodici (*Leporidae*), ali se značajno razlikuju prema biološkim svojstvima: zečevi imaju dugačke uši s crnim vrhovima i duže stražnje noge prilagođene brzom trčanju, dok kunići imaju kraće uši i stražnje noge te kompaktniju građu tijela (Flux, 2008; Kingdon i sur., 2013). Osim morfoloških razlika, ključna je i reproduktivna biologija: zečevi su prekocijalni (mladi se rađaju s krznom i otvorenim očima), dok su kunići altricijalni (mladi se rađaju slijepi i goli). Stoga, prema svemu do sada napisanome, Zekoslav bi trebao biti zec. No, on živi u jami u tlu što je pak obilježje kunića. Takva nejasna reprezentacija potiče pogrešno poistovjećivanje pojmova, što se kasnije može prenijeti i u školsko okruženje pri razumijevanju zooloških klasifikacija. Iako se lik Zekoslava Mrkve u popularnoj kulturi univerzalno naziva zecom, njegova taksonomska pripadnost ostaje nejasna zbog ispreplitanja bioloških karakteristika dvaju različitih rodova. Ključna distinkcija, koja bi u biološkom smislu jednoznačno razgraničila ove dvije svojte, leži u njihovu kariotipu; naime, divlji kunići (*Oryctolagus cuniculus*) posjeduju 44 kromosoma, dok europski zečevi (*Lepus europaeus*) posjeduju 48 kromosoma (Robinson i sur., 1983; Flux, 2008). Ovakva genetička razlika, u kombinaciji s prethodno navedenim morfološkim i etološkim neskladima u prikazu lika, čini Zekoslava Mrkvu izvrsnim primjerom za poučavanje o važnosti precizne zoološke klasifikacije nasuprot medijskim simplifikacijama.

Bikovi i crveni plašt

Jedna od najtrajnijih medijskih zablude jest vjerovanje da bikove razdražuje crvena boja. U brojnim animiranim filmovima i reklamama prikazani su razjareni bikovi koji jure prema matadoru s crvenim plaštom. Međutim, goveda su dikromati – njihovo oko razlikuje nijanse plave i žute, ali ne i crvenu (Smith, 2007; Grandin, 2007). Dakle, crvena boja plašta (muleta) za njih nije vidljiva, već ju oni vide kao smeđu ili sivu. Dakle, bik reagira na pokret, a ne na boju. Eksperimenti popularno preneseni u emisiji *MythBusters* pokazali su da bik primarno reagira na silovito pomicanje tkanine, a ne na njezinu

pigmentaciju, napadajući bilo koji objekt u pokretu bez obzira na boju (Borel, 2012; MythBusters, 2007). Ova miskoncepcija ima duboke povijesne korijene u tradiciji koride, gdje se crvena tkanina (muleta) počela koristiti u završnoj fazi borbe prvenstveno kako bi se prikriji tragovi krvi životinje, a ne radi njezine provokacije (Lewine, 1996; Shubert, 2001). Medijska je produkcija s vremenom taj običaj reinterpreterala kao znanstvenu činjenicu o iritabilnosti bikova na crveni spektar boja, unatoč biološkoj stvarnosti dikromatskog vida goveda. Danas ta slika opstaje u brojnim reklamama i animiranim prikazima, doprinoseći antropomorfizaciji životinja i nerazumijevanju njihovih stvarnih reakcija.

Šišmiši se zapliću u kosu

U hrvatskoj TV igrici *Hugo*, animiranom filmu *Scooby Doo*, ali i srodnim dječjim sadržajima, šišmiši se često prikazuju kao životinje koje se zapliću u kosu ljudi. Ta se tvrdnja u različitim kulturama prenosi generacijama, no nema nikakvo znanstveno uporište. Šišmiši koriste visoko razvijen sonarni sustav (eholokaciju) kojim precizno detektiraju prepreke u prostoru, čak i u potpunom mraku (Fenton, 2001). Stoga je gotovo nemoguće da se slučajno „zapletu“ u kosu osobe. Zabluda je vjerojatno potaknuta starim narodnim vjerovanjima i vizualnim prikazima šišmiša koji lete blizu ljudi. Animirani filmovi i stripovi prenijeli su taj motiv u dječju kulturu, učvrstivši ga kao „zanimljivost“. Takve tvrdnje doprinose strahu od životinja i otežavaju razumijevanje njihove važne ekološke uloge.

Tom i Jerry – miševi vole sir

Jedna od najpoznatijih animiranih zabluda potječe iz serijala *Tom i Jerry*, u kojem se miš Jerry prikazuje kao obožavatelj sira. Međutim, istraživanja ponašanja glodavaca pokazuju da miševi nemaju osobitu sklonost siru; radije biraju hranu s visokim udjelom šećera i masti (Freedman, 2022). Povijesno gledano, ta zabluda vjerojatno potječe iz razdoblja prije moderne pohrane hrane, kada su se sirevi čuvali na otvorenim policama radi zrenja, dok su žitarice i meso bili teže dostupni glodavcima (Burton i Burton, 2002). Budući da su tragovi zuba na kolotovima sira bili najvidljiviji dokaz prisutnosti štetočina, stvoren je krivi dojam o preferencijama miševa, što su animatori kasnije iskoristili kao prepoznatljiv vizualni motiv (O'Connor, 2006). Ovaj primjer ilustrira kako kulturni kontekst može postati osnova znanstvene zablude. Ponavljanjem slike miša i sira u animiranim filmovima, knjigama i reklamama, mit je prešao u uvjerenje, čime se stvara prepreka razumijevanju stvarnih prehrambenih navika životinja.

Zvuk žabe u animiranim filmovima

U većini animiranih filmova žabe se prikazuju kako ispuštaju karakterističan zvuk „ribbit“. Međutim, znanstveno je potvrđeno da taj zvuk stvara samo jedna vrsta – pacifička stablašica (*Pseudacris regilla*), rasprostranjena na zapadu Sjeverne Amerike (Nash, 2005; Brulliard, 2016). Hollywoodski studiji koristili su njezin glas u filmskoj produkciji 1930-ih jer je bila lokalno dostupna, a s vremenom je „ribbit“ postao univerzalni simbol za žabu u popularnoj kulturi. Ta simplifikacija stvorila je globalnu miskoncepciju: djeca u cijelom svijetu suočena su s informacijom da sve žabe „krekeću“ jednako, iako postoji više od 7000 vrsta s potpuno različitim vokalnim repertoarima. U hrvatskom govornom području, taj je zvuk interpretiran kao 'kreket', što je onomatopejski prikaz glasanja lokalno raširenih vrsta poput velike zelene žabe (*Pelophylax ridibundus*), čije glasanje karakteriziraju snažni, repetitivni zvukovi slični onome što djeca prepoznaju kao 'kre-kre' (Tadić, 1991; Belančić i sur., 2011). Medijski standardizirani zvuk time zamagljuje stvarnu biološku raznolikost i utječe na percepciju prirode.

Zvjeriće – marketinška kampanja

Marketinška kampanja trgovačkog lanca Konzum pod nazivom 'Zvjeriće' (2015.) predstavlja ogledni primjer kolizije između narodne taksonomije i znanstvene klasifikacije. Iako biološki naziv upućuje isključivo na životinje iz reda zvijeri (*Carnivora*), kampanja se oslonila na tradicijski, narodni naziv

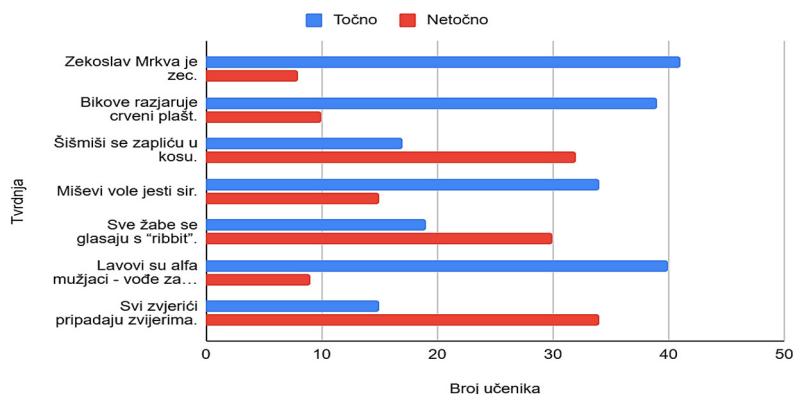
'zvjerad'. Taj termin povijesno potječe iz lovačkog i ruralnog govora, gdje se koristio kao sinonim za sve divlje, snažne ili opasne životinje, bez obzira na njihovu stvarnu srodnost (Hrvatski jezični portal; Anić, 2003). U znanstvenom kontekstu takva je terminologija neprecizna jer su se među likovima, uz ptice poput bjeloglavog supa i sove ušare, našli i drugi sisavci koji ne pripadaju redu *Carnivora*. Među njima se ističu vjeverica (red *Rodentia* – glodavci) te dugouhi šišmiš (red *Chiroptera* – netopiri). Takva neselektivna upotreba naziva 'zvjerići' dodatno učvršćuje narodnu zabludu da je biološka pripadnost određena 'divljinom' staništa ili ponašanjem, a ne genetičkim i morfološkim srodstvom (Lukša i sur., 2017).“ Ta vrsta „meke pseudoznanosti“ ne širi uvijek izravno zlonamjerne netočnosti, ali stvara lažni osjećaj znanja koji zamagljuje granicu između znanstvene klasifikacije i marketinškog narativa (Pigliucci i Boudry, 2013; Schiele, 2020). Djeca koja skupljaju sličice ili igračke s takvim motivima mogu steći pogrešnu predodžbu o tome što znači znanstvena klasifikacija, ako nedostaje nastavna interpretacija.

Alfa-mužjaci prevladavaju u prirodi

U popularnim animiranim filmovima često se prikazuje da su mužjaci „alfa vođe“, poput lava koji je kralj u *Kralju lavova* ili gorile u Tarzanu. Takvi likovi stvaraju dojam da u prirodi uvijek postoji jedan snažan mužjak koji vodi cijelu zajednicu. Međutim, u mnogih životinjskih vrsta ženke imaju ključnu ulogu: lavice obavljaju većinu lova i često koordiniraju kooperativne napade radi osiguravanja opstanka čopora (Stander, 1992). U lemura je prisutna izražena socijalna dominacija ženki nad mužjacima (Kappeler, 1993), dok kod slonova krdo vodi najstarija i najiskusnija ženka – matrijarh, o čijem pamćenju i iskustvu ovisi preživljavanje cijele skupine (McComb i sur., 2001). Animirani filmovi tako pojednostavljaju život životinja prema ljudskim pravilima umjesto prema stvarnoj biologiji. U prirodi procesi vođenja i preživljavanja rijetko odgovaraju antropomorfnom konceptu 'kralja' koji vlada apsolutnim autoritetom. Suvremena etološka istraživanja ukazuju na prevlast distribuiranog vođa i kooperativnih strategija, gdje hijerarhija nije statična već se prilagođava specifičnom ekološkom kontekstu i potrebama skupine (Conradt i Roper, 2005; Smith i sur., 2016). Uloge unutar zajednice često ovise o individualnom iskustvu, poznavanju i specifičnim vještinama, a timski rad se pokazuje kao evolucijski stabilnija strategija od individualne dominacije (Dugatkin, 1997). Uloga učitelja je razjasniti znanstvenu netočnost kako bi učenici razmijevali stvarne odnose među životinjama u okviru njihove ponašajne ekologije.

Mišljenje učenika osnovne škole uz istaknute miskoncepte iz animiranih filmova

Na Slici 1 prikazani su rezultati ankete među učenicima petih razreda u *Osnovnoj školi Ive Andrića*.



Slika 1. Grafički prikaz rezultata ankete provedene među učenicima petih razreda u Osnovnoj školi Ive Andrića

Najveći stupanj prihvaćanja zablude zabilježen je kod tvrdnji o biološkim karakteristikama lavova kao alfa-mužjaka, reakciji bikova na crvenu boju te identitetu Zekoslava Mrkve, gdje je preko 80 % učenika

tvrdnje ocijenilo točnima. S druge strane, kritički otklon prema miskoncepcijama najvidljiviji je kod mita o šišmišima i kosi te kod marketinškog naziva 'Zvjerići', gdje je većina ispitanika prepoznala znanstvenu neutemeljenost tvrdnji. Posebno su ujednačeni rezultati kod pitanja o prehrani miševa, što ukazuje na to da su određeni medijski motivi (poput onih iz serijala Tom i Jerry) i dalje duboko prisutni u kognitivnom sustavu učenika, unatoč njihovoj biološkoj netočnosti.

Miskoncepcije iz svakodnevnih medija

Za razliku od animiranih filmova, koji zablude prenose kroz fikciju i likove, svakodnevni mediji često ih šire kroz informativne i promotivne sadržaje. Iako im je cilj podizanje svijesti ili edukacija, neprecizno korištenje znanstvenih pojmova može dovesti do pogrešnih predodžbi koje se zatim ukorjenjuju u javnosti. U nastavku su prikazani reprezentativni primjeri takvih miskoncepcija.

Osobe s Downovim sindromom ne mogu upariti čarape

Povodom obilježavanja Svjetskog dana sindroma Down u medijima se redovito pojavljuju fotografije i slogani koji potiču građane da obuju različite čarape „jer ih osobe s Downovim sindromom ne mogu upariti“ (Krapinsko-zagorska županija, 2024; Nacional.hr, 2024). Premda je namjera akcije bila plemenita, simbolika je pogrešno protumačena dovodeći do stvaranja stereotipa o intelektualnim sposobnostima osoba s Downovim sindromom. Znanstveni podaci o kognitivnom razvoju (Buckley i sur., 2000; Wan i sur., 2015) govore suprotno: osobe s Downovim sindromom u svakodnevnom životu pokazuju visok stupanj samostalnosti i uspješnosti u vizualnim zadacima. Naglašavanjem te stvarne kompetencije, umjesto isticanja simbolike 'pogrešnog' uparivanja, pružamo dostojanstveniji i točniji prikaz njihovih stvarnih sposobnosti. Simbol rasparenih čarapa izvorno je zamišljen kao znak različitosti i jedinstvenosti kromosoma, a ne kao aluzija na nesposobnost (In-Portal, 2023).

Morski psi mogu namirisati kap krvi

U brojnim dokumentarnim filmovima i internetskim člancima često se ponavlja tvrdnja da morski pas može osjetiti kap krvi u oceanu s udaljenosti od nekoliko kilometara (BigThink, 2020). Iako morski psi doista imaju vrlo osjetljivo osjetilo njuha, njihova sposobnost detekcije tvari u vodi ograničena je na omjere oko jedan dio na 10 milijardi (Haltiwanger, 2014) što otprilike odgovara jednoj kapi krvi u olimpijskom bazenu, a ne u golemom morskom prostranstvu (Tricas i sur., 2009). Zablude potječe iz senzacionalističkih prikaza u filmovima i novinskim tekstovima, osobito nakon uspjeha Spielbergovih *Ralja* (Neff i Heber, 2013). Pretjerivanje u prikazu predatorskih sposobnosti stvorilo je globalni mit o „krvoločnom ubojici“ (Francis, 2012), što je imalo i ekološke posljedice – pojačalo je strah od morskih pasa i smanjilo javnu potporu njihovoj zaštiti (Simpfendorfer i sur., 2011).

Bez pčela ne bi bilo hrane

Često se u medijima navodi tvrdnja da bi „čovječanstvo izumrlo u roku od četiri godine ako bi nestale pčele“ (Haltiwanger, 2014). Ta izjava, pogrešno pripisana Albertu Einsteinu, temelji se na pretjeranoj interpretaciji uloge medonosnih pčela u globalnoj proizvodnji hrane (Calaprice, 2011). Premda pčele imaju važnu ulogu u oprašivanju, većina ključnih usjeva za prehranu ljudi (riža, kukuruz, pšenica, soja, krumpir) ne ovisi o kukcima oprašivačima (WorldAtlas, 2019). Znanstvene procjene pokazuju da bi nestanak pčela značajno utjecao na bioraznolikost i dostupnost određenih voćnih i sjemenskih kultura, ali ne bi ugrozio osnovne izvore hrane (Aizen i sur., 2009; Klein i sur., 2007). Mit o „četiri godine“ opstaje jer kombinira emocionalni apel, autoritet znanstvenika i globalnu zabrinutost za okoliš (Sollins, 2017). Kao takav, čest je primjer eko-miskoncepcije – zablude koja polazi od dobre namjere, ali se širi netočnim činjenicama (Schiele, 2020).

Amazonska prašuma proizvodi 20 % svjetskog kisika

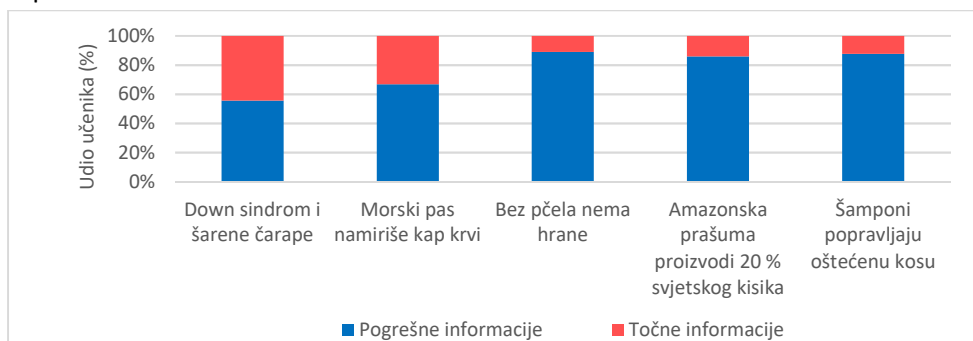
Prema National Geographicu, Amazonska prašuma ne proizvodi značajan višak kisika jer proces disanja i razgradnje organskih tvari troši gotovo sav proizvedeni kisik (Zimmer, 2019). Neto doprinos globalnoj količini kisika same Amazonske prašume, kao i ostalih zrelih kopnenih ekosustava, približava se nuli jer su takve šume u dugoročnoj metaboličkoj ravnoteži (Malhi i sur., 2008; Denning, 2019). Većina slobodnog kisika u atmosferi povijesno potječe od morskog fitoplanktona i akumulacije tijekom geoloških razdoblja, a ne iz trenutne proizvodnje tropskih šuma. Ova miskoncepcija pokazuje kako mediji često izdvajaju atraktivne postotke iz znanstvenih radova bez konteksta i provjere. Iako poruka o važnosti Amazonske prašume za klimu ostaje točna, ponavljanje brojke od „20 % kisika“ stvara iluziju da je njezin glavni značaj biokemijski, a ne klimatski i ekološki.

Šamponi popravljaju oštećenu kosu

Reklame za proizvode za njegu kose često sadrže tvrdnje da određeni šamponi „obnavljaju“ ili „popravljaju“ oštećenu vlas. Biološki gledano, to nije moguće jer je vlas kose mrtva struktura izgrađena od keratina i bez sposobnosti regeneracije (CBC News, 2010). Takvi proizvodi mogu privremeno zagladiti površinu vlasi i spriječiti daljnje pucanje, ali ne mogu popraviti već nastala oštećenja jer kosa nema sustav biološke obnove tkiva (Robbins, 2012; Marsh i sur., 2015). Zabluda proizlazi iz metaforičnog jezika oglašavanja koji koristi pojmove „popravka“ i „obnove“ kako bi stvorio dojam znanstvene preciznosti. Ovaj primjer ilustrira kako se pseudoznanstveni diskurs uvlači u svakodnevni potrošački govor te oblikuje percepciju tijela i biologije. Schiele (2020) ističe da upravo takve komercijalne poruke pridonose „normalizaciji površnog znanstvenog jezika u masovnim medijima“.

Informacije s Google tražilice uz istaknute miskoncepcije

Za svaku odabranu miskoncepciju pretražene su mrežne stranice na prvoj stranici Google tražilice te su rezultati prikazani na Slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz medijskih miskoncepta na prvoj stranici Google pretraživača

Analiza digitalnog prostora putem Google pretraživača (Slika 2) otkriva zabrinjavajući trend dominacije dezinformacija. Najveća učestalost pogrešnih informacija zabilježena je kod eko-miskoncepta o pčelama (skoro 90 %) te kod komercijalnih tvrdnji o regeneraciji kose (88 %). Ti podaci sugeriraju da algoritmi tražilice favoriziraju senzacionalističke i marketinški oblikovane sadržaje nad znanstvenim činjenicama. S druge strane, najveći udio točnih informacija uočen je kod teme o Downovom sindromu (45 %), što se može pripisati naporima stručnih udruga u redefiniranju medijskih narativa. Ipak, činjenica da se kod svih ispitivanih miskoncepta postotak dezinformacija kreće iznad 50 % jasno ukazuje na digitalno okruženje kao primarni izvor kognitivnih zabluda koje djeca i odrasli svakodnevno usvajaju.

Analiza prikupljenih primjera ukazuje na to da medijski izvori miskoncepta proizlaze iz različitih motiva i pojavljuju se u raznolikim oblicima, ovisno o primarnom cilju poruke. U okviru edukativnih i

humanitarnih kampanja, poput onih o Downovom sindromu, zaštiti pčela ili očuvanju Amazonske prašume, netočnosti se paradoksalno prenose iz plemenitih namjera. Do njih dolazi uslijed pretjeranog pojednostavljivanja znanstvenih činjenica kako bi se postigao brži emocionalni učinak na javnost, čime se stvarna biološka ili socijalna pozadina žrtvuje radi lakše pamtljivog simbola. S druge strane, u informativnim sadržajima, što je najočitije u prikazima morskih pasa, dominira senzacionalizam koji kroz dramatične narative nastoji privući pozornost publike, često na štetu objektivne interpretacije predatorskog ponašanja. Naposljetku, u sferi oglašavanja, primjerice kod proizvoda za njegu kose, uočava se strateška upotreba pseudoznanstvenih izraza. Cilj takvog diskursa je umjetno povećanje vjerodostojnosti proizvoda, pri čemu se biološki nemogući procesi, poput regeneracije mrtvog tkiva, prikazuju kao znanstveno utemeljene činjenice, čime se izravno oblikuje potrošačka percepcija biologije tijela.

Klasifikacija miskoncepcija na osnovu izdvojenih primjera

Rezultati istraživanja ukazuju na to da se miskoncepcije identificirane u animiranim filmovima i svakodnevnim medijima mogu sustavno klasificirati prema njihovu podrijetlu, što je u skladu s podjelom koju predlaže Shtulman (2017.) o 'intuitivnim teorijama' koje potječu iz različitih domena socijalnog učenja.

Prvu skupinu čine kulturalne zablude (npr. Zekoslav Mrkva, Tom i Jerry, žabe) koje nastaju kontinuiranim ponavljanjem stereotipnih vizualnih prikaza. One se podudaraju s konceptom 'društveno uvjetovanih miskoncepcija' (Bara i sur., 2016.), gdje kulturni artefakti postaju snažniji izvor znanja od bioloških činjenica. Senzacionalističke zablude (morski psi, bikovi), koje se šire radi naglašavanja dramatičnosti, mogu se usporediti s kategorijom 'emocionalno utemeljenih zabluda', jer strah ili uzbuđenje djeluju kao katalizator za fiksiranje netočnih informacija.

S druge strane, eko-miskoncepcije (pčele, Amazonska prašuma) i društvene zablude (Downov sindrom) specifičan su oblik pogrešnih tumačenja nastalih iz plemenitih namjera ili pogrešne interpretacije simbola. Dok literatura često spominje 'didaktičke miskoncepcije' nastale u školi (Lukša, 2013), ovi primjeri pokazuju postojanje 'komunikacijskih miskoncepcija' koje nastaju u javnom prostoru zbog pretjeranog pojednostavljivanja složenih sustava. Naposljetku, komercijalne zablude (šamponi, „Zvjerići“) predstavljaju zloupotrebu znanstvenog diskursa, što se u literaturi o medijskoj pismenosti definira kao 'namjerna dezinformacija' radi postizanja ekonomske koristi (Schiele, 2020). Ovakva sistematizacija potvrđuje da miskoncepcije nisu slučajan nedostatak znanja, već strukturirani produkti različitih medijskih utjecaja.

RASPRAVA

Anketno ispitivanje učenika petih razreda *Osnovne škole Ive Andrića* potvrdilo je da su pojedine miskoncepcije snažno prisutne u njihovoj percepciji stvarnosti, pri čemu su najotpornije one koje su u medijima dugotrajno ponavljane i prikazane kao „očite“ ili „zabavne činjenice“. Istodobno, rezultati analize prve stranice Google tražilice upućuju na to da digitalno okruženje često dodatno pojačava problem jer favorizira senzacionalističke i marketinški oblikovane sadržaje, dok znanstveno provjerene informacije nisu nužno najvidljivije. Time se potvrđuje da mediji ne djeluju samo kao kanal prijenosa informacija, nego kao aktivni suoblikovatelj „popularnog znanja“.

Analiza rezultata ankete i istraživanja digitalnog prostora potvrđuju da su znanstvene miskoncepcije integralni dio suvremene popularne kulture. Zanimljivo je uočiti da miskoncepcije imaju i svoje lokalne varijacije, što su potvrdili komentari učenika tijekom ankete. Naime, dok su djeca prepoznala da

holivudski 'ribbit' nije univerzalan, ona su ga zamijenila lokalnim standardom 'kre-kre'. Ta opažanja sugeriraju da kulturni kontekst igra ključnu ulogu u formiranju predodžbi; učenici u Hrvatskoj nisu usvojili američku onomatopeju, već su zadržali onu koja odgovara glasanju europskih zelenih žaba iz roda *Pelophylax* (Belančić i sur., 2011). To ukazuje na otpornost lokalnih ekoloških iskustava nasuprot globalnim medijskim utjecajima, ali i dalje ostavlja prostor za miskoncepciju da se sve žabe glasaju na isti način (kreketom), zanemarujući nevjerovatnu bioakustičku raznolikost reda *Anura*.

U skladu s postavljenim ciljevima, sistematizacija rezultata otkriva pet ključnih kategorija miskoncepcija čije širenje ima ozbiljne obrazovne implikacije, jer učenici u proces formalnog obrazovanja ulaze s već formiranim, često netočnim predodžbama koje su usvojili putem medija (Lukša i sur., 2017; Shtulman, 2017).

Kulturalne i senzacionalističke zablude (npr. Zekoslav Mrkva, bikovi, morski psi) pokazale su se kao najotpornije. Visok postotak prihvatanja mita o biku i crvenoj boji (preko 80 %) potvrđuje tezu da vizualno dominantni medijski sadržaji stvaraju sloj 'popularnog znanja' koji potiskuje biološke činjenice (Van Riper, 2003). Slično tome, eko-miskoncepcije (pčele, Amazonska prašuma) i komercijalne zablude (šamponi, 'Zvjerići') proizlaze iz strateškog pojednostavljivanja ili upotrebe pseudoznanstvenog jezika. Rezultati Google pretraživanja pokazuju da algoritmi prioritet daju emocionalno privlačnim i marketinški oblikovanim narativima, što dovodi do situacije u kojoj 'dobra namjera' kampanja o pčelama ili Amazonskoj prašumi paradoksalno rezultira znanstvenom nepismenošću (Sollins, 2017).

Posebno su značajne društvene zablude vezane uz Downov sindrom. Iako digitalni prostor nudi nešto viši postotak točnih informacija (45 %) u usporedbi s ekološkim temama, stereotip o nesposobnosti za svakodnevne zadatke (uparivanje čarapa) i dalje je prisutan kod dostupnih izvora. To potvrđuje da simboličke kampanje, ako nisu popraćene jasnim objašnjenjem kognitivnih potencijala, mogu postati izvor novih predrasuda umjesto sredstvo inkluzije.

Uloga učitelja i nastavnika ključna je u transformaciji pogrešnih predodžbi u kognitivne izazove. Primjenom specifičnih nastavnih strategija svaka od navedenih miskoncepcija može postati polazište za razvoj znanstvene pismenosti. Predloženi pedagoški pristupi izravno pridonose ostvarivanju ishoda kurikulumu Biologije i međupredmetnih tema, pretvarajući medijske sadržaje u nastavna sredstva za razvoj kritičkog mišljenja:

- ☛ Biološka klasifikacija i raznolikost (Zekoslav, Zvjerići, žabe): Kroz ove primjere ostvaruje se ishod BIO OŠ A. 7. 2., prema kojemu učenik uspoređuje osnovna obilježja organizama te ih razvrstava u skupine. Analizom anatomske razlike potiče se ishod BIO OŠ D. 7. 2., gdje učenik primjenjuje osnovna načela znanstvenoga istraživanja.
- ☛ Evolucija i fiziologija (Bikovi, šišmiši): Istraživanje osjetila pridonosi ishodu BIO OŠ B. 8. 1., u kojem učenik analizira povezanost građe i uloge životinjskih organa s načinom života i evolucijskim razvojem.
- ☛ Ekološka pismenost (Pčele, Amazonska prašuma): Ovi primjeri ključni su za ostvarivanje ishoda BIO OŠ C. 7. 2. (učenik analizira kruženje tvari i protok energije u prirodi) te međupredmetne teme *Održivi razvoj* (odr A. 3. 2.), gdje učenik objašnjava važnost bioraznolikosti za opstanak života na Zemlji.
- ☛ Medijska pismenost i kritičko mišljenje: Cijeli proces dekonstrukcije miskoncepcija ostvaruje ključne ishode međupredmetne teme *Učiti kako učiti* (uku D. 4/5. 2.), prema kojoj učenik kritički procjenjuje informacije i njihove izvore, te *Uporaba informacijske i komunikacijske tehnologije* (ikt C. 4. 1.), gdje učenik kritički odabire i analizira informacije u digitalnome okruženju.

- ☛ Inkluzija i građanska pismenost (Downov sindrom): Kroz ispravljanje društvenih zabluda ostvaruju se ishodi međupredmetne teme *Građanski odgoj i obrazovanje* (goo A. 2. 1.), čime se promiču ljudska prava i uvažava različitost, te međupredmetna tema *Osobni i socijalni razvoj* (osr B. 2. 2.), gdje učenik razvija socijalne vještine i empatiju prema drugima.

Primjenom ovakvih pristupa, učitelji ne djeluju samo kao prenositelji informacija, nego i kao posrednici između znanosti i svakodnevnog iskustva učenika. Time postaju ključni u razvoju generacija koje znanost ne doživljavaju kao skup nerazumljivih pojmova, već kao proces istraživanja, provjere i argumentiranog zaključivanja. Znanstvene miskoncepcije stoga ne treba promatrati samo kao pogreške, nego i kao autentične prilike za duboko i trajno učenje.

Najvažnija implikacija rada jest da se miskoncepcije ne mogu učinkovito uklanjati pukim ispravljanjem netočnih tvrdnji, već zahtijevaju sustavan obrazovni pristup koji povezuje znanstvenu pismenost i medijsku pismenost. Učitelji i nastavnici pritom imaju ključnu ulogu: medijske zablude mogu se pretvoriti u snažne nastavne poticaje za istraživanje, argumentaciju i provjeru izvora, čime se izravno doprinosi ostvarivanju ishoda biologije i očekivanja međupredmetnih tema. Umjesto da se popularna kultura promatra kao prijetnja znanosti, ona može postati didaktički resurs – ali samo ako je praćena vođenom analizom, jasnim razgraničenjem činjenica i interpretacija te učenjem kako provjeravati tvrdnje.

Zaključno, rezultati rada podupiru tezu da je razumijevanje medijskih mehanizama pojednostavljivanja, senzacionalizma i komercijalizacije ključno za sprječavanje širenja znanstvenih zabluda. Sustavno razotkrivanje miskoncepcija kroz nastavu i razvoj medijske pismenosti predstavlja jedan od najučinkovitijih načina jačanja znanstvene pismenosti učenika i oblikovanja društva koje znanstvene informacije ne prihvaća pasivno, nego ih zna kritički procijeniti, provjeriti i smisleno primijeniti.

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Ovaj rad pokazuje da znanstvene miskoncepcije nisu slučajne pogreške u znanju, nego predvidljiv rezultat načina na koji mediji i popularna kultura pojednostavljaju, dramatičiraju ili marketinški „pakiraju“ znanstvene informacije. Analiza primjera iz animiranih filmova, javnih kampanja, reklama i internetskih članaka potvrdila je da ponavljanje vizualno snažnih i emocionalno privlačnih motiva (npr. bik i crvena boja, miš i sir, „ribbit“ kao univerzalni zvuk žabe) stvara trajne kognitivne asocijacije koje djeca usvajaju prije i mimo škole. Takve predodžbe često postaju otporne na promjene jer su povezane s pričom, humorom, simbolikom ili autoritetom medijskog izvora. Kvalitativnom interpretacijom sadržaja identificirano je pet kategorija miskoncepcija: kulturalne, senzacionalističke, ekološke, komercijalne i društvene. Posebno je važno istaknuti da eko-miskoncepcije i društvene zablude često nastaju iz plemenitih namjera (podizanje svijesti, humanitarne poruke), ali se šire netočnim ili nedovoljno preciznim činjenicama, čime paradoksalno mogu potaknuti znanstvenu nepismenost ili stereotipe. Komercijalne zablude dodatno problematiziraju odnos znanosti i javnosti jer pseudoznanstveni jezik u oglašavanju normalizira površno razumijevanje znanstvenih pojmova i procesa.

Učitelji i nastavnici medijske zablude mogu pretvoriti u snažne nastavne poticaje za istraživanje, argumentaciju i provjeru izvora, čime se izravno doprinosi ostvarivanju ishoda biologije i očekivanja međupredmetnih tema. Popularna kultura promatra kao prijetnja znanosti, ona može postati didaktički resurs ako je praćena vođenom analizom, jasnim razgraničenjem činjenica i interpretacija te učenjem kako provjeravati tvrdnje.

LITERATURA

- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2009). *How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop yields*. *Annals of Botany*, 103(9), 1579-1588.
- Anić, V. (2003). *Rječnik hrvatskoga jezika*. Novi Liber.
- Backlinko. (2020). *How people use Google search*. <https://backlinko.com/google-user-behavior> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Belančić, A. i sur. (2011). *Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske*. Državni zavod za zaštitu prirode.
- Borel, B. (2012). *Why do bulls charge when they see red?* *Popular Science*. <https://www.popsoci.com/science/article/2012-03/fyi-do-bulls-really-see-red> (posljednji put pristupljeno 2.1.2026.)
- Buckley, S., Bird, G., Sacks, B., & Archer, T. (2000). *A comparison of mainstream and special education for teenagers with Down syndrome: Implications for parents and teachers*. *Down Syndrome Research and Practice*, 6(3), 113-136. <https://doi.org/10.3104/reports.103> (posljedni put pristupljeno 27.12.2025.)
- Burton, M., & Burton, R. (2002). *International Wildlife Encyclopedia*. Marshall Cavendish.
- Calaprice, A. (2011). *The Ultimate Quotable Einstein*. Princeton University Press.
- Clement, J. (2013). *Using visual-spatial models in science education*. U: J. K. Gilbert & R. Justi (Ur.), *Self-learning and modeling in science education* (str. 13-35). Springer.
- Conradt, L., & Roper, T. J. (2005). *Consensus decision - making in animals*. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(8), 449-456.
- Denning, S. (2019, August 26). *Amazon wildfires: Rainforests don't actually produce 20% of the world's oxygen*. *The Conversation*.
- Dugatkin, L. A. (1997). *Cooperation among Animals: An Evolutionary Perspective*. Oxford University Press.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2010). The 95 percent solution: School is not where most adults learn most of what they know about science. *American Scientist*, 98(6), 486-493.
- Fenton, M. B. (2001). *Bat ecology*. University of Chicago Press.
- Flux, J. E. C. (2008). Rabbits and Hares. U: S. J. Culver i sur. (Ur.), *The Encyclopedia of Mammals*. Oxford University Press.
- Freedman, E. (2022, February 27). *Do mice really love cheese?* *HowStuffWorks*. <https://science.howstuffworks.com/do-mice-really-love-cheese.htm> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Grandin, T. (2007). *Behavioral principles of handling cattle and other grazing animals under extensive conditions*. In G. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The biology of animal stress* (pp. 43-50). CABl.
- Hrvatski jezični portal (HJP). Definicija pojma zvjerač. <http://hjp.znanje.hr/> (posljednji put pristupljeno 3.1.2026.)
- HowStuffWorks. (2015). *Bugs Bunny: Rabbit or hare?* <https://entertainment.howstuffworks.com/bugs-bunny-rabbit-or-hare.htm> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Kappeler, P. M. (1993). *Female dominance in primates and other mammals*. *Evolutionary Anthropology*, 2(4), 143-158.
- Kingdon, J. i sur. (2013). *Mammals of Africa*, Volume VI. Bloomsbury Publishing.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). *Importance of pollinators in changing landscapes for world crops*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Krapinsko-zagorska županija. *Dan sindroma Down i dan darovitih*. <https://kzz.hr/?s=dan+sindroma+down> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Lewine, E. (1996). *Death and the Sun: A Matador's Season in the Afternoon*. Houghton Mifflin.
- Lukša, Ž., Đumlija, S., & Papeš, D. (2013). *Miskonceptije o stanici u učenika osnovnih i srednjih škola*. *Educatio Biologiae*, (1), 46-61.
- Lukša, Ž., & suradnici (2017). *Znanstvena pismenost i miskonceptije u biologiji*. U: *Zbornik sažetaka 1. simpozija edukacije biologije* (str. 12). Zagreb.
- Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). *Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon*. *Science*, 319(5860), 169-172.
- Marsh, J. M., Gray, J., & Tosti, A. (2015). *Healthy Hair*. Springer International Publishing.
- McComb, K., Moss, C., Durant, S. M., Baker, L., & Sayialel, S. (2001). *Matriarchs as repositories of social knowledge in African elephants*. *Science*, 292(5516), 491-494.
- MythBusters. (2007). *Episode 85: Bulls and Red*. Discovery Channel.
- MZO (Ministarstvo znanosti i obrazovanja). (2019). *Kurikulum za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj*. Zagreb.
- Neff, C., & Heber, R. (2013). *Religious 'Jaws' and the policy of shark attacks in Western Australia*. *Australian Journal of Political Science*, 48(1), 1-17.
- O'Connor, A. (2006). *The Claim: Mice Like Cheese*. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2006/09/05/health/05real.html> (posljednji put pristupljeno 2.1.2026.)
- Pigliucci, M., & Boudry, M. (2013). *Philosophy of Pseudoscience: Reconsidering the Demarcation Problem*. University of Chicago Press.
- Robbins, C. R. (2012). *Chemical and Physical Behavior of Human Hair* (5. izd.). Springer-Verlag.
- Robinson, T. J., Elder, F. F. B., & Chapman, J. A. (1983). *Evolution of Leporidae: A review of cytogenetics and genetics*. *Genetica*, 60(2), 143-157.
- Schiele, A. (2020). *Pseudoscience as media effect*. *Journal of Science Communication*, 19(02), L01. https://jcom.sissa.it/article/pubid/JCOM_1902_2020_L01/ (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Shubert, A. (2001). *Death and Money in the Afternoon: A History of the Spanish Bullfight*. Oxford University Press.

- Shtulman, A. (2017). *Scienceblind: Why our intuitive theories about the world are so often wrong*. Basic Books.
- Smith, J. E. i sur. (2016). *Leadership in mammals: Patterns, causes and evolutionary consequences*. Trends in Ecology & Evolution, 31(1), 54-66.
- Smith, L. A. (2007). *Longhorn information – handling*. International Texas Longhorn Association.
- Sollins, M. (2017). *The Einstein-Bee Quote: A Case Study in Post-Truth*. Journal of Environmental Myths.
- Stander, P. E. (1992). *Cooperative hunting in lions: the role of the individual*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 29(6), 445-454.
- Tadić, Z. (1991). *Vodozemci i gmazovi Hrvatske*. Školska knjiga.
- Tricas, T. C., Kajiura, S. M., & Summers, A. P. (2009). *Response of the hammerhead shark olfactory system to amino acids*. Journal of Comparative Physiology A, 195(10), 947-954.
- Van Riper, A. B. (2003). *What the public thinks it knows about science*. EMBO Reports, 4(12), 1104–1107. <https://link.springer.com/article/10.1038/sj.embor.7400040> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Wan, W. C., Wu, Y. P., Chiang, C. S., & Lin, C. H. (2015). *Profiles of visual perceptual functions in Down syndrome*. Research in Developmental Disabilities, 37, 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.11.010> (posljednji put pristupljeno 27.12.2025.)
- WorldAtlas. (2019, June 7). *What are the world's most important staple foods?* <https://www.worldatlas.com/articles/most-important-staple-foods-in-the-world.html> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)
- Zimmer, K. (2019, August 28). *Why the Amazon doesn't really produce 20% of the world's oxygen?*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/why-amazon-doesnt-produce-20-percent-worlds-oxygen> (posljednji put pristupljeno 14.12.2025.)

From misconceptions to learning opportunities

Melita Povalec¹, Vida Bilogrević Gatolin²

¹ Školska knjiga d. d.; Jure Kaštelana Elementary School, Zagreb, Hrvatska
melita.povalec@skolskaknjiga.hr

² Ive Andrića Elementary School, Zagreb, Hrvatska
vida.bilogrevic@skole.hr

ABSTRACT

This paper aims to analyse the most common misconceptions – false beliefs originating from popular culture and everyday media content – and to examine their influence on the understanding of science and natural phenomena. The analysis includes examples from animated films, advertisements, public campaigns, and online articles that spread inaccurate notions about biological concepts. The method of qualitative content analysis was used to compare widespread claims with verified scientific explanations. The results show that the media often oversimplify and sensationalise science, thereby shaping erroneous perceptions. Examples such as the identification of a hare and a rabbit in the character of Bugs Bunny (Zekoslav Mrkva), the belief that the colour red enrages bulls, or that shampoos "repair" hair demonstrate how trivial messages can have a lasting impact on the perception of science. Such content confirms Van Riper's observation (2003) that popular culture "shapes most people's understanding of science more than formal education" (EMBO Reports, 4(12), 1104–1107), and Schiele's findings (2020) that pseudoscientific narratives in the media foster skepticism toward scientific authorities (Journal of Science Communication, 19(02), L01). The conclusions emphasise that the debunking of misconceptions is crucial for the development of scientific and media literacy. Teachers have a decisive role in this process by recognising the fallacies that students bring from the media environment, encouraging critical thinking, and comparing popular claims with proven facts, thereby creating new learning opportunities. Systematically incorporating topics about fallacies into science and biology curricula contributes to the understanding of science as a dynamic, investigative process, and science and biology educational outcomes that thematise science provide an opportunity to resolve these misconceptions. Teachers and educators can turn media misconceptions into powerful teaching incentives for research, argumentation, and source verification through guided analysis, clear distinctions between facts and interpretations, and instruction in how to verify claims.

Keywords: *misconceptions; popular culture; media; science literacy*

Uloga edukacije u borbi protiv antimikrobne rezistencije uz istraživanje literaturnih izvora

Karmela Brčić Đapić

Nadbiskupska klasična gimnazija, Voćarska cesta 106, 10000 Zagreb, Hrvatska

kdiapic1@gmail.com

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje primjenu istraživačkog pristupa uz istraživanje literaturnih izvora u poučavanju biologije, posebno fokusirajući se na temu antimikrobne rezistencije (AMR). Kroz multidisciplinarni pristup, naglašava se važnost poticanja aktivnog sudjelovanja učenika te razvoj kritičkog mišljenja i analitičkih vještina. Nastava usmjerena prema istraživanju internetske literature, ostvaruje korist za poticanje kreativnosti i dubljeg razumijevanja bioloških koncepata. Posebna pažnja posvećena je aktivnostima učenika tijekom nastave, uključujući istraživanje literaturnih izvora, izradu postera i prezentaciju rezultata. Kroz aktivnosti, ovakav pristup može se uspješno primijeniti, pri čemu se kod učenika potiču vještine samostalnog istraživanja, razvijanje kritičkog mišljenja, boljeg razumijevanja bioloških koncepata te osnaživanje komunikacijskih i suradničkih vještina. Kako bi se preduhitрили uočeni problemi potrebno je: učenicima pružiti smjernice za kritičku evaluaciju vjerodostojnosti izvora, koristiti vizualne alate i rasprave kako bi učenici lakše razumjeli povezanost uzroka i posljedica, organizirati role-playing aktivnosti i scenarije koji omogućuju učenicima da prepoznaju osobnu odgovornost u prevenciji AMR-a.

Ključne riječi: antimikrobna rezistencija; edukacija o AMR-u; istraživanje literaturnih izvora; timski rad

UVOD

Cilj nastave trebao bi nadilaziti jednostavno memoriranje činjenica i definicija, te se usmjeriti na razvoj sposobnosti učenika za kontinuirano učenje tijekom života. Bitno je potaknuti ih da samostalno promatraju, kritički razmišljaju, rješavaju probleme, te primjenjuju svoje znanje u praktičnim situacijama. Također, važno je naglasiti važnost prepoznavanja praktične primjene stečenog znanja u svakodnevnom životu. Umjesto da se fokusiramo samo na pasivno primanje informacija, nastojimo potaknuti učenike da budu aktivni sudionici u procesu učenja (Jeremić, 2012).

Biologija ima ključnu ulogu u oblikovanju razumijevanja života i prirode. Učenici uče o složenosti organizama na svim razinama, od molekularne strukture do ekosustava, te o njihovim međuovisnostima i interakcijama s okolinom (MZO, 2019). Razumijevanje bioloških koncepata nije samo akademski izazov za učenike, već ključan korak prema rješavanju globalnih problema s kojima se sučeljavamo danas. U tom kontekstu, jedan od najznačajnijih izazova je antimikrobna rezistencija (AMR), koja je prijetnja za javno zdravlje i zahtijeva multidisciplinarni pristup svom rješenju.

Nastava biologije usmjerena prema istraživačkom pristupu preko analize internetske literature donosi izuzetne prednosti za razvoj biološke pismenosti, ali i kreativnosti učenika. Istraživačko učenje je aktivni oblik učenja, kojim učenici istražujući samostalno stvaraju znanje i izgrađuju koncepte (Bognar i Matijević, 2005), čime je omogućeno trajnije pamćenje, a kao posljedica navedenog procesa jača intrinzična motivacija učenika (Balažinec, 2020; Garašić i sur., 2018). Takav pristup učenju potiče učenike da samostalno istraže bogatstvo bioloških informacija dostupnih online, ali i procijene vjerodostojnost izvora informacija, čime se potiče kritičko razmišljanje, analitičke vještine i dublje razumijevanje bioloških koncepata, što su ključne kompetencije za uspješno funkcioniranje u suvremenom društvu.

Korištenje interneta kao izvora informacija omogućava učenicima širok spektar resursa, od znanstvenih članaka do interaktivnih simulacija i videa, što potiče raznolikost pristupa učenju. Učenici imaju priliku istražiti teme koje ih posebno zanimaju i koje su relevantne za njihovu svakodnevnicu, što ih dodatno motivira za učenje. Kroz proces pretraživanja internetske literature, učenici uče kako pravilno procjenjivati i koristiti različite izvore informacija, čime se razvija sposobnost donošenja informativnih zaključaka. Kroz istraživanje različitih izvora i interpretaciju podataka, učenici imaju priliku razviti i vlastite ideje i perspektive te ih prenijeti na ostale članove razreda putem prezentacija ili rasprava. Time se potiče međusobno učenje i suradnja među učenicima, što dodatno obogaćuje njihovo iskustvo učenja.

METODE

Provedeno istraživačko učenje u nastavi biologije ima za cilj osnažiti ključne kompetencije učenika, kao što su razvoj kritičkog mišljenja, razumijevanje bioloških koncepata te vještine suradnje i komunikacije, s naglaskom na tematiku antimikrobne rezistencije (AMR). Izdvojeni ishodi povezani su s obrazovnim standardima za biologiju srednjih škola prema kurikulumu (Tablica 1), te su specifično usmjereni na razrede u okviru makrokoncepata SŠ B (Procesi i međuovisnosti u živome svijetu) i SŠ D (Prirodnoznanstveni pristup). Ovi ishodi temelje se na službenim Standardima kurikuluma za biologiju srednjih škola (MZO, 2019), koji se odnose na:

- 🌱 BIO SŠ B.4.1., BIO SŠ B.4.2., BIO SŠ B.4.3.: Standardi za osnovne i srednje škole u pogledu temeljnog razumijevanja bioloških principa i vještina.
- 🌱 BIO SŠ D.4.1., BIO SŠ D.4.2.: Standardi za dublje razumijevanje i primjenu bioloških koncepata, s posebnim naglaskom na razvoj kritičkog mišljenja i analitičkih vještina.

Tablica 1. Očekivani ishodi učenja o antimikrobnoj rezistenciji uz provedbu istraživanja literaturnih izvora

Očekivani ishodi	Povezani obrazovni standardi	Objašnjenje
Usvajaju temeljne pojmove antimikrobne rezistencije, mehanizme razvijanja antimikrobne rezistencije, MDR/XDR bakterija i njihove najvažnije predstavnike.	BIO SŠ B.4.1., BIO SŠ B.4.2., BIO SŠ D.4.1.	Učenici će razumjeti osnovne pojmove kao što su antimikrobna rezistencija, mehanizme njenog razvoja, te vrste bakterija otpornih na lijekove (MDR/XDR).
Povezuju čovjekov utjecaj na razvoj i metode prevencije antimikrobne rezistencije.	BIO SŠ B.4.3., BIO SŠ D.4.2.	Kroz istraživački rad, učenici će analizirati način na koji ljudska aktivnost (prekomjerna uporaba antibiotika, samoliječenje) doprinosi razvoju AMR-a i kako se može spriječiti.
Koriste kritičko promišljanje, proučavanje znanstvenih radova, kreiraju uzročno-posljedične veze, oblikuju zaključke i izvještavaju o njima.	BIO SŠ B.4.2., BIO SŠ D.4.1.	Učenici će razvijati vještine kritičkog razmišljanja i analize znanstvenih radova, stvarati povezanosti između uzroka i posljedica, te izvještavati o svojim nalazima.
Vode i moderiraju rad grupe, koriste komunikacijske vještine: argumentiranje, aktivno slušanje, parafriziranje, fokusiranje, sažimanje.	BIO SŠ B.4.3., BIO SŠ D.4.2.	Kroz grupne projekte, učenici će razvijati komunikacijske vještine, uključujući argumentiranje, aktivno slušanje, sažimanje i parafriziranje, što je ključno za uspješno vođenje timskog rada.

IZVEDBA NASTAVE

Priprema za nastavni sat o AMR-u za nastavnika je izazovan, ali izuzetno inspirativan proces, gdje se od njega očekuje da istraži različite izvore informacija kako bi produbio razumijevanje ove važne teme koja ima sve veći utjecaj na globalno zdravlje. Kroz niz znanstvenih članaka, izvještaja Svjetske zdravstvene organizacije i edukativnih materijala, nastavnici stječu temeljno znanje o AMR-u, pripremajući se za učinkovitu edukaciju učenika.

Nakon produbljivanja temeljnih znanja o AMR-u, nastavnik se usredotočuje na identifikaciju ključnih pojmova i koncepta koje želi prenijeti učenicima. Upoznavanje s temeljnim konceptima razvoja antimikrobne rezistencije i kontekstualizacija teme prema društvu i pojedincu, su glavni ciljevi. Učenici će unaprijediti svoje istraživačke vještine kroz grupni rad i kritičko razmišljanje te komunikacijske vještine kroz argumentiranje, aktivno slušanje i izlaganje metodom vršnjačke edukacije. Jedan od ključnih alata koji može dodatno obogatiti razumijevanje AMR-a jest videozapis "The Evolution of Bacteria on a Mega-Plate Petri Dish". Ovaj videozapis vizualno demonstrira procese evolucije bakterija i razvoja antimikrobne rezistencije. Prije nego što učenici zarone u ovu vizualnu demonstraciju, važno je naglasiti kako je razumijevanje osnovnih pojmova, poput primarne i sekundarne AMR-a, ključno za dešifriranje poruka koje videozapis nosi. Promatrajući kako se bakterije razvijaju na Mega-Plate Petrijevoj zdjeli, učenici imaju priliku vidjeti u praksi kako se procesi mutacija i horizontalnog prijenosa gena odvijaju te kako doprinose razvoju rezistencije. Utjecaj čovjeka na razvoj antimikrobne rezistencije postaje jasniji kada povežemo opažene uzročno-posljedično načine. Videozapis osvjetljava kako ljudske aktivnosti, poput nepravilne uporabe antibiotika ili korištenja istih u poljoprivredi, dovode do selekcije bakterijskih sojeva otpornih na lijekove. Kroz prikaz superbakterija i MDR/XDR bakterija, videozapis naglašava eskalaciju problema antimikrobne rezistencije te naglašava hitnost problema. Promatrajući bakterije koje su postale otporne na multiple lijekove, učenici shvaćaju ozbiljnost situacije te izazove s kojima se suočava medicinska zajednica. Nadalje, videozapis pruža uvid u nozokomijalne infekcije, naglašavajući kako se antimikrobna rezistencija može širiti u zdravstvenim ustanovama. To postavlja temelj za raspravu o metodama zaštite i prevencije, kao što su higijenske prakse i racionalna uporaba antibiotika.

U konačnici, videozapis "The Evolution of Bacteria on a Mega-Plate Petri Dish" postaje snažan alat u nastavnom procesu, nadopunjujući temeljna znanja i potičući učenike na dublje promišljanje o problemu antimikrobne rezistencije i mogućim rješenjima.

Aktivnosti učenika

Učenici započinju sa istraživanjem teme uz moderiranje i sugestiju nastavnika. Učenike treba podijeliti u pet grupa, pri čemu svaka grupa ima zadanu temu za istraživanje i na raspolaganju najmanje po dva laptopa (Slika 1).

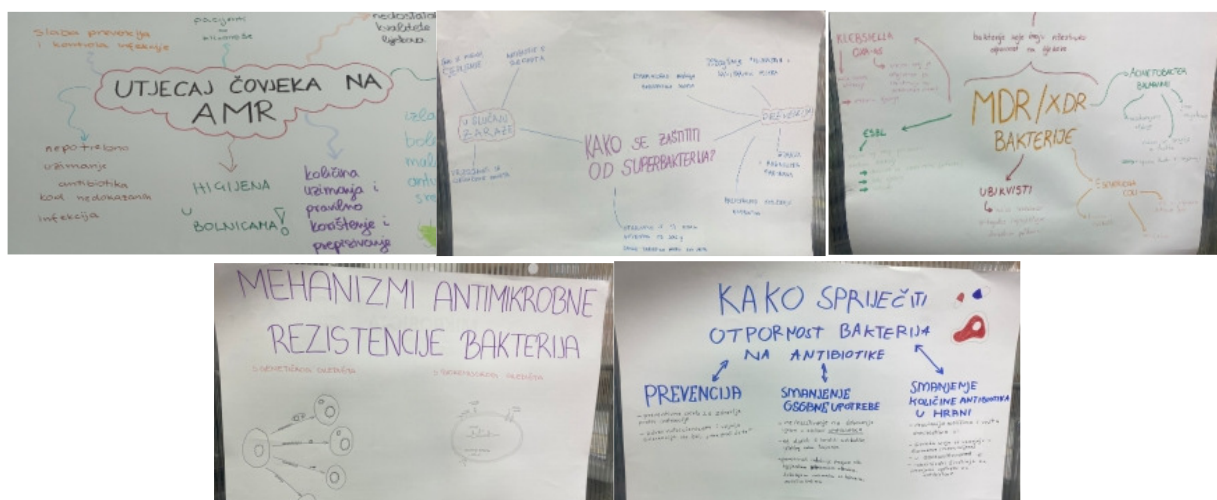


Slika 1. Učenici marljivo istražuju literaturu kako bi produbili svoje razumijevanje teme

Nakon što istraže svoje teme, rezultate trebaju prikazati kroz izradu postera (Slika 2). Na kraju, svaka grupa predstavlja svoj poster pred ostalim učenicima. Nastavnik aktivno sudjeluje u procesu istraživanja i izrade postera tako što obilazi, sugerira i usmjerava rad učenika. Njegova prisutnost pruža podršku i smjernice učenicima te osigurava kvalitetno vođenje aktivnosti. Zadane teme su:

- ☛ definirati pojam primarne i sekundarne antimikrobne rezistencije

- ✎ istražiti i opisati oblike stjecanja antimikrobne rezistencije (spontane mutacije, horizontalan prijenos gena: transformacija, transdukcija i konjugacija)
- ✎ istražiti i opisati mehanizme sekundarne rezistencije (inaktivacija antibiotika putem modifikacija ili degradacije, produkcija enzima koji razgrađuju ili modificiraju antibiotik, smanjenje propusnosti stanične stijenke, pojačano izbacivanje antibiotika pomoću efluks pumpi)
- ✎ istražiti i opisati kako čovjek utječe na razvoj antimikrobne rezistencije
- ✎ povezati opažene načine uzročno-posljedično - za svaki način ponuditi primjer
- ✎ definirati pojam i značenje superbakterija, MDR/XDR bakterija
- ✎ objasniti razvoj multiplerezistentnih sojeva
- ✎ objasniti pojam ubikvitarnih mikroorganizama
- ✎ objasniti pojam nozokomijalnih infekcija
- ✎ uzročno-posljedično povezati razvoj multiplerezistentnih sojeva sa njihovim rizikom za zdravlje i zdravstveni sustav
- ✎ imenovati važne predstavnike (npr. *Acinetobacter baumannii*, ESBL sojevi *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* OXA-45, *Mycobacterium tuberculosis* XDR)
- ✎ istražiti i opisati metode zaštite i prevencije prijenosa multiplerezistentnih uzročnika
- ✎ opisati načela antiseptice, kontaktne izolacije i druge mjere prevencije (bolničkih) infekcija
- ✎ uzročno-posljedično povezati izostanak mjera zaštite i prevencije s rizikom širenja i daljnjeg razvoja multiplerezistentnih uzročnika te posljedicama na zdravlje i zdravstveni sustav
- ✎ istražiti postojeće smjernice za prevenciju razvoja antimikrobnih svojstava
- ✎ istražiti i objasniti načelo racionalne primjene antimikrobnih lijekova
- ✎ istražiti postojeće lokalne, nacionalne i međunarodne dokumente na temu prevencije razvoja antimikrobnih lijekova
- ✎ ponuditi primjere za prevenciju na razini pojedinca, društva, nacionalnog i međunarodnog zakonodavstva.



Slika 2. Rezultati učeničkih istraživanja prikazani u obliku postera

Na kraju izlaganja, učenici kroz grupnu raspravu stavljaju temu antimikrobne rezistencije u kontekst današnjeg društva. Kroz analizu stvarnih problema i razmatranje posljedica koje AMR može imati na zdravlje ljudi i društvo u cjelini, učenici razvijaju kritičko mišljenje i analitičke vještine. Tijekom rasprave, učenici se usmjereni na identificiranje utjecaja pojedinca na širenje AMR-a, prepoznaju sposobnost prevencije i razmatraju odgovornost svakog pojedinca u smanjenju ovog globalnog problema.

Kroz suradnički rad i kreativno razmišljanje, učenici donose zaključak o načinima prevencije razvoja antimikrobne rezistencije, fokusirajući se na primjenu praktičnih mjera kao što su pravilna uporaba antibiotika, edukacija zajednice i odgovorno ponašanje. Ovaj pristup omogućuje im da se povežu sa stvarnim životnim situacijama i shvate važnost osobne odgovornosti za sprječavanje širenja AMR-a.

Svaka grupa predstavlja uz pomoć izrađenog postera svoju temu preostalim grupama u trajanju od maksimalno 5 minuta. Predstavnik grupe će sumirati ključne informacije i poruke koje je grupa iznijela na temu, naglašavajući najvažnije aspekte istraživanja, te ih jasno i sažeto predstaviti ostatku razreda (Slika 3).



Slika 3. Svoje rezultate istraživanja predstavili su kroz šarene i informativne postere

UČINCI UČENJA

Poster su uglavnom dobro odrađeni, a učenici su uspjeli prikazati ključne aspekte antimikrobne rezistencije (AMR), uključujući mehanizme razvoja rezistencije, vrste bakterija, te važnost prevencije. Najveća snaga bila je u vizualnom prikazu složenih bioloških procesa, poput prijenosa gena rezistencije, što je pomoglo učenicima da bolje razumiju apstraktne koncepte.

Međutim, neki su učenici imali poteškoća u preciznom predstavljanju odnosa između ljudskog ponašanja (poput nepravilne uporabe antibiotika) i razvoja rezistencije. Također, kod nekoliko poster nedostajala je dublja analiza posljedica AMR-a na globalno zdravlje, što je trebalo bolje integrirati.

Na kraju izlaganja, učenici kroz grupnu raspravu stavljaju temu antimikrobne rezistencije u kontekst današnjeg društva. Kroz analizu stvarnih problema i razmatranje posljedica koje AMR može imati na zdravlje ljudi i društvo u cjelini, učenici razvijaju kritičko mišljenje i analitičke vještine. Tijekom rasprave, učenici se usmjereni na identificiranje utjecaja pojedinca na širenje AMR-a, prepoznaju sposobnost prevencije i razmatraju odgovornost svakog pojedinca u smanjenju ovog globalnog problema. Kroz suradnički rad i kreativno razmišljanje, učenici donose zaključak o načinima prevencije razvoja antimikrobne rezistencije, fokusirajući se na primjenu praktičnih mjera kao što su pravilna uporaba antibiotika, edukacija zajednice i odgovorno ponašanje. Ovaj pristup omogućuje im da se povežu sa stvarnim životnim situacijama i shvate važnost osobne odgovornosti za sprječavanje širenja AMR-a.

Pri provedbi nastave uočeni su slijedeći izazovi za učenike, ali i nastavnike te problemi u provedbi zadatka kao i pri razumijevanju proučavane literature:

- ☞ Skepticizam prema znanstvenim informacijama: Učenicima je možda bilo teško razlikovati vjerodostojne izvore od lažnih informacija, što je otežalo analizu podataka iz različitih izvora.
- ☞ Prepoznavanje uzročno-posljedičnih veza: Razumijevanje kompleksnih mehanizama koji stoje iza razvoja antimikrobne rezistencije moglo je biti izazovno za učenike, posebno u vezi s načinima na koje ljudski faktor doprinosi problemu.

- ☛ Rasprava o prevenciji i odgovornosti: Neki učenici su možda imali poteškoća u prepoznavanju osobnih odgovornosti i načina na koje mogu konkretno doprinosti smanjenju AMR-a.

Na osnovu provedene nastave i nakon refleksije nastavnika te analize ostvarenih ishoda i učinaka učenja izlučene su preporuke za daljnje izvođenje ovog i sličnih primjera nastave uz istraživanje literaturnih izvora:

- ☛ Povećati fokus na kritičku analizu izvora – Učenicima treba pomoći u prepoznavanju vjerodostojnih znanstvenih izvora, što im može pomoći u jačanju njihovih istraživačkih vještina.
- ☛ Pojednostaviti kompleksne mehanizme AMR-a – Objasniti osnovne biološke procese iza AMR-a kroz interaktivne aktivnosti ili vizualizacije, čime bi učenici bolje razumjeli uzroke i posljedice.
- ☛ Potaknuti daljnju diskusiju o osobnoj odgovornosti – Organizirati radionice ili debate u kojima bi učenici mogli razmjenjivati ideje i stvarati planove akcije koji uključuju konkretne korake u prevenciji AMR-a.
- ☛ Poticati suradnju s vanjskim stručnjacima – Povezivanje sa stručnjacima iz područja medicine i mikrobiologije može pomoći učenicima da dobiju konkretne informacije i savjete o prevenciji AMR-a.

Kako bi se preduhitрили uočeni problemi u drugoj izvedbi potrebno je:

- ☛ Prije istraživanja, učenicima pružiti smjernice za kritičku evaluaciju izvora i organizirati aktivnosti za analizu vjerodostojnosti izvora.
- ☛ Koristiti vizualne alate (dijagrami, simulacije) i rasprave kako bi učenici lakše razumjeli mehanizme AMR-a i povezanost uzroka i posljedica.
- ☛ Organizirati role-playing aktivnosti i scenarije koji omogućuju učenicima da prepoznaju osobnu odgovornost u prevenciji AMR-a.
- ☛ Jasno podijeliti zadatke unutar grupe, omogućiti redovno praćenje napretka i pružiti smjernice za efikasan timski rad.

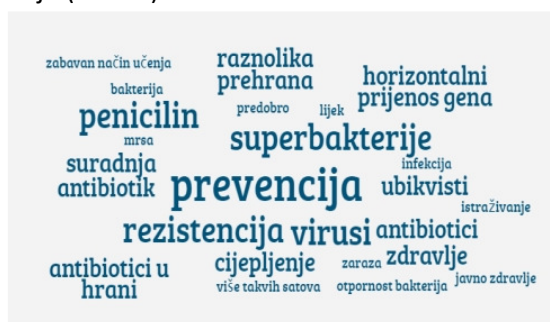
Na temelju provedenog istraživačkog pristupa, većina učenika uspješno je došla do ključnih zaključaka (Tablica 2), osobito u prepoznavanju odgovornosti u prevenciji AMR-a, kao i u prepoznavanju i analizi vjerodostojnosti izvora.

Tablica 2. Uspješnost učenja i poučavanja uz savjete za buduću primjenu aktivnosti istraživanja literaturnih izvora

IDENTIFICIRANI PROBLEM/ZAKLJUČAK	PREDLOŽENA STRATEGIJA ZA PREDUHITRIVANJE PROBLEMA	PROCJENA USPJEHA UČENIKA U POSTIZANJU ZAKLJUČKA	KOMENTAR O UČINKOVITOSTI NASTAVE
SKEPTICIZAM PREMA IZVORIMA	Pružiti smjernice za kritičko vrednovanje izvora i organizirati aktivnosti analize izvora .	80% učenika uspješno je prepoznavalo i ocjenjivalo izvore temeljem vjerodostojnosti.	Učenici su dobro prihvatili vježbe analize izvora, no neki su još imali poteškoća s prepoznavanjem prikrivenih predrasuda u izvorima.
PREPOZNAVANJE UZROČNO-POSLEDIČNIH VEZA	Korištenje vizualnih alata (dijagrami, simulacije) i grupnih rasprava za jasnije razumijevanje mehanizama AMR-a.	75% učenika je uspješno povezivalo uzrok (nepravilna uporaba antibiotika) i posljedicu (razvoj AMR-a).	Simulacije su bile korisne, ali neki učenici su imali poteškoća u povezivanju apstraktnih bioloških mehanizama s realnim posljedicama.
RASPRAVA O PREVENCIJI I ODGOVORNOSTI	Organizirati role-playing aktivnosti i scenarije koji omogućuju učenicima da prepoznaju osobnu odgovornost.	85% učenika je uspjelo prepoznati i argumentirati svoju odgovornost u prevenciji AMR-a.	Učenici su se vrlo angažirali u raspravama i simulacijama, no potrebno je dodatno naglasiti svakodnevnu primjenu teorije u praksi.
PODRŠKA U GRUPNOM RADU	Jasno podijeliti zadatke unutar grupe, omogućiti praćenje napretka i pružiti smjernice za efikasan timski rad .	90% učenika je učinkovito surađivalo i preuzelo odgovornost za svoje zadatke.	Grupni rad bio je vrlo uspješan, no neki su učenici trebali dodatnu podršku u vođenju diskusije i dijeljenju ideja.
MOTIVACIJA ZA AKTIVNO SUDJELOVANJE	Povezati temu s aktualnim događanjima i koristiti projektnu nastavu za praktičnu primjenu znanja.	95% učenika je aktivno sudjelovalo, motivirani aktualnim primjerima iz medija.	Povezivanje s realnim svijetom povećalo je angažman i interes učenika za temu.

Učinkovitost nastave može se vidjeti kroz visoki postotak učenika koji su aktivno sudjelovali u grupnim raspravama i simulacijama. Iako je većina učenika uspješno shvatila glavne koncepte AMR-a, neki su još imali poteškoća u povezivanju apstraktnih bioloških mehanizama s realnim posljedicama, te je za njih bilo korisno dodatno pojašnjenje uz vizualne alate. Također, bilo je potrebno dodatno naglasiti svakodnevnu primjenu teorije u praksi, kako bi učenici bolje shvatili važnost osobne odgovornosti u kontekstu sprječavanja AMR-a. Povezivanje teme s aktualnim događanjima u svijetu povećalo je interes učenika i motiviralo ih da se dublje uključe u istraživanje, što je rezultiralo visokim postotkom aktivnog sudjelovanja. Ovaj pristup je pokazao visoku učinkovitost u aktivnom učenju i kritičkom razmišljanju, kao i u razvijanju suradničkih vještina među učenicima.

U aplikaciji AnswerGarden učenici su imali priliku slobodno izraziti ključni pojam koji su istraživali, a veličina istaknutih pojmova jasno iskazuje sažetak učenja tijekom istraživanja literature na temu borbe protiv antimikrobne rezistencije (Slika 5).



Slika 5. Prikaz rezultata ključnog pojma

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Učenici su uspješno savladali ključne koncepte antimikrobne rezistencije (AMR), razvili kritičko mišljenje i vještine analize izvora, te poboljšali suradničke i komunikacijske vještine. Teže su razumjeli apstraktne biološke procese poput mehanizama razvoja rezistencije, gdje je bilo potrebno dodatno pojašnjenje i vizualne pomoći. Za buduće izvedbe preporučuje se korištenje vizualnih alata, aktualnih primjera iz stvarnog života i jasna podjela zadataka u grupama kako bi se povećala angažiranost i olakšalo razumijevanje složenih tema.

LITERATURA

- Buffie C., Jarchum I., Equinda M., Lipuma L., et al. 2011. Profound alterations of intestinal microbiota following a single dose of clindamycin results in sustained susceptibility to *Clostridium difficile*-induced colitis. *Infect Immun.* 80: 62–73.
- Chee-Sanford J.C., Mackie R.I., Koike S., Krapac I.G., et al. 2009. Fate and transport of antibiotic residues and antibiotic resistance genes following land application of manure waste. *J Environ Qual.* 38(3): 1086–1108.
- Graham J.P., Price L.B., Evans S.L., Graczyk T.K., Silbergeld E.K. 2009. Antibiotic resistant enterococci and staphylococci isolated from flies collected near confined poultry feeding operations. *Sci Total Environ.* 407(8): 2701–2710.
- Horrigan L., Lawrence R.S., Walker P. 2002. How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ Health Perspect.* 110(5): 445–456.
- Jeremić, M. 2012. "Filozofija s djecom" i motiviranje na učenje. *Metodički ogledi*, 19(2): 79–87.
- Graham J.P., Price L.B., Evans S.L., Graczyk T.K., Silbergeld E.K. 2009. Antibiotic resistant enterococci and staphylococci isolated from flies collected near confined poultry feeding operations. *Sci Total Environ.* 407(8): 2701–2710.
- MZO 2019. Odluka o donošenju kurikulumu za nastavni predmet Biologije za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj. NN 7/2019. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_149.html
- KreniZdravo. 2025. WHO upozorava: Neke bakterije u krvi postale otporne na sve antibiotike. KreniZdravo, <https://krenizdravo.dnevnik.hr/zdravlje/who-upozorava-neke-bakterije-u-krvi-postale-otporne-na-sve-antibiotike>, pristupljeno 30.10.2025.

- KreniZdravo. 2025. Terapija antibioticima: Postali su na neki način omraženi, nekad su prijeko potrebni, a bakterije su sve otpornije – evo što kaže struka. KreniZdravo, <https://krenizdravo.dnevnik.hr/zdravlje/terapija-antibioticima-postali-su-na-neki-nacin-omrazeni-nekad-su-prijeko-potrebni-a-bakterije-su-sve-otpornije-evo-sto-kaze-struka>, pristupljeno 30.10.2025.
- Sveučilište u Zagrebu, PMF. 2025. Antimikrobna rezistencija: Razumijevanje i izazovi. PMF Repozitorij, <https://repozitorij.pmf.unizg.hr/islandora/object/pmf%3A3775/datastream/PDF/view>, pristupljeno 30.10.2025.
- Genetika, PMF. 2025. Mehanizmi rekombinacije u bakterija. <https://www.genetika.biol.pmf.hr/docs/sadrzaj/dvanaesto-poglavlje/mehanizmi-rekombinacije-u-bakterija/>, pristupljeno 30.10.2025.

The importance of education in combating antimicrobial resistance through literature research

Karmela Brčić Đapić

Archbishop's Classical Gymnasium, Voćarska cesta 106, 10000 Zagreb, Croatia

kdjapic1@gmail.com

ABSTRACT

This paper examines the use of an inquiry-based approach to conducting literature reviews in biology education, with a specific focus on antimicrobial resistance (AMR). It highlights the importance of fostering active student participation and developing critical thinking and analytical skills through a multidisciplinary lens. Teaching that emphasizes online literature research enhances creativity and fosters a deeper understanding of biological concepts. Particular attention is given to student activities during lessons, which include researching literature sources, creating posters, and presenting their findings. This approach effectively encourages students to cultivate independent research skills, enhance critical thinking, gain a better understanding of biological concepts, and strengthen their communication and collaboration abilities. To address the challenges identified, it is essential to provide students with guidelines for critically evaluating the credibility of sources. Additionally, using visual tools and discussions can help students grasp the connections between cause and effect. Organizing role-playing activities and scenarios allows students to recognize their personal responsibility in preventing AMR.

Keywords: *antimicrobial resistance; AMR education; literature research; teamwork*

Poučavanje na osnovu učestalosti konzumacije alkoholnih pića u mladima

Ivana Ozimec^{1,2}, Irena Radojčić¹

¹OŠ Matka Laginje, Zagreb

²Škola suvremenog plesa Ane Maletić, Zagreb,

ivanaozimec7@yahoo.com; irena.r66@gmail.com

SAŽETAK

Provedena anketa prikazuje učestalost konzumacije alkohola učenika osnovne i srednje škole u dobi od 14 do 16 godina. Anketu o konzumaciji alkohola ispunjavali su učenici osmih razreda osnovne škole te prvi i drugi razred srednje škole. Htjelo se ispitati prepoznaju li mladi problem u konzumiranju alkohola i zašto ga konzumiraju. Rezultati su pokazali kako je 90% ispitanika probalo neko od alkoholnih pića prije navršene 12 godine života te da im je prvo alkoholno piće ponudio netko od članova obitelji. Ovaj upitnik potvrdilo nam je kako s mladima treba mnogo više razgovarati o prevenciji ovisnosti, osobito o alkoholizmu jer smatraju da povremena konzumacija alkohola ne predstavlja put ka ovisnosti. Na osnovu odgovora učenika na anketni upitnik pripremljena je nastava u obliku izrade plakata, provedba debate i provođenje vršnjačke edukacije u kojoj je učenicima osviješten problem rane konzumacije alkohola. Učenici su osvijestili kako konzumacija alkohola izaziva ovisnost koja sa sobom nosi obiteljske i društvene probleme te ozbiljno narušava zdravlje pojedinca. Alkohol nije potreban kako bi druženja i zabave bili zanimljivi.

Cljučne riječi: alkoholizam; mladi; rasprava; kritičko mišljenje; razvoj pozitivnih stavova

UVOD

Ideja za provođenje ankete i primjena rezultata ankete u nastavi za potrebe osvještavanja problema i djelovanja na razvoj pozitivnih stavova, javila se na temelju istraživanja Zavoda za javno zdravstvo Dubrovačko neretvanske županije u srednjim školama 2006. godine (Čale Mratović, 2006). Mladi često pijenjem pokušavaju poručiti da su odrasli, a ponekad je to način da se uklape u društvo (Milanović, 2014).

Samo svaki četvrti srednjoškolac ne pije alkohol, a 51% učenika pije nekoliko puta mjesečno i češće (Čale Mratović, 2006). Obrazac pijenja kod mladih razvija se prvenstveno u skupinama vršnjaka, najviše u dobi između 13. i 17. godine (Milanović, 2014). Jedno piće popije tek 17% učenika, 2-3 pića 24%, 4-5 18% i više od 5 pića 20% učenika (Čale Mratović, 2006). Posebnosti su pijenja kod mladih i to da se oni najčešće ne obaziru na posljedice, piju u "rundama", često se natječući međusobno u količini ispijenih pića, te kombiniraju alkohol i druga sredstva ovisnosti (Milanović, 2014). Već svaki peti učenik prvih razreda srednjih škola (22%) pije po obrascu opijanja po 4-6 i više pića, dok u završnim razredima srednjih škola samo 10% učenika ne pije, a 4-6 i više pića pije 54% učenika (Čale Mratović, 2006). Velika je vjerojatnost da će imati određene poteškoće kao što su: promjene apetita, gubitak težine, glavobolju, poremećaj sna, poteškoće s učenjem i slobodnije seksualno ponašanje (Spudić i Kosić, 2020). Posebno zabrinjava podatak da se jednom tjedno i češće opije 5% učenika u prvom razredu srednje škole i 11% učenika četvrtih razreda (Čale Mratović, 2006).

Najčešće su posljedice konzumiranja alkohola kod mladih povraćanje i poremećaj svijesti (Spudić i Kosić, 2020). U periodu od 2013. do 2018. godine u bolnicu je zaprimljeno zbog opservacije i hospitalizacije uslijed alkoholne intoksikacije kod adolescenata i mladih punoljetnika u Karlovačkoj županiji 72,7 % mladića i 27,3 % djevojaka, prosječne dobi 19 godina (Spudić i Kosić, 2020). Iako se pijenje još uvijek smatra dominantno muškom aktivnošću, sve je veći broj žena konzumentica, tako

djevojčice danas piju čak deset puta češće no u prošlom desetljeću, a dječaci dvaput više nego prije deset godina (Milanović, 2014).

Problem alkoholizma nije problem samo osobe koja pije, već i njene obitelji i zajednice u cjelini (Milanović, 2014). Kod mladih koji piju i voze ili dopuštaju da ih vozi osoba koja je konzumirala alkohol, vjerojatnost da će biti sudionici prometnih nesreća puno je veća, dok neki mladi ljudi u alkoholiziranom stanju pokazuju agresivno ponašanje i skloniji su kriminogenom ponašanju (Spudić i Kosić, 2020). Alkohol je najčešće prva ovisnost s kojom se mladi susreću, nerijetko se ne zaustavljajući samo na njemu (Milanović, 2014). Obilježja današnjeg vremena, u kojem je pijenje izgubilo odlike nečeg opasnog, zabranjenog i štetnog, nikako nam ne ide na ruku u borbi sa sve većim brojem alkoholičara među mladima (Milanović, 2014). Uporaba alkohola među adolescentima i mlađim punoljetnicima sve je više izražena te je često karakterizirana visokom alkoholemijom i manjkom empatije prema opitom od strane vršnjaka (Spudić i Kosić, 2020). Treba pokušati na pozitivan način okupirati i privući pozornost adolescenata, zadovoljiti njihovu znatiželju, interese i razvojne potrebe, omogućivši im tako da sami donose pravilne odluke i izbore (Milanović, 2014).

Provedba anketnog upitnika temeljila se na pretpostavci da se rezultati u dvije zagrebačka škole neće mnogo razlikovati od rezultata drugih istraživanja. Zbog analize stvarnih prikupljenih rezultata u njihovoj populaciji, odgovori učenika mogu biti polazište aktivnostima učenja i osvještavanja problema alkoholizma kod mladih.

METODE

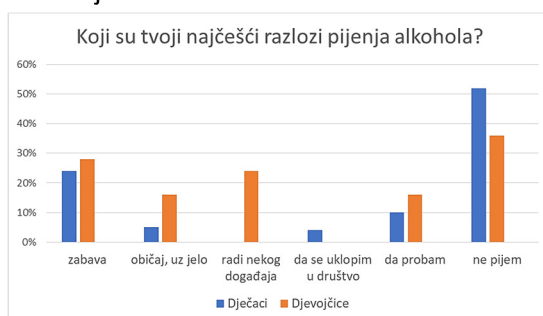
U anketi *Učestalost konzumacije alkoholnih pića u mladima* sudjelovali su učenici OŠ Matka Laginje – osmi razredi (46 učenika) i učenici Škole suvremenog plesa Ane Maletić, prvi i drugi razred srednje škole (35 učenika). Anketa je provedena 2020., prije pandemije COVID-a 19 i potresa u Zagrebu.

Uz pažljivo osmišljena pitanja htjelo se prikazati kako su mladi u ovoj dobi već probali alkohol te da među njima ima onih koji redovito tijekom izlaska konzumiraju alkohol. Od 39 postavljenih pitanja u anketi o konzumaciji alkohola u mladima, izdvojeno je 10 pitanja, kako bi se prikazali najvažniji zaključci koji mogu služiti kao osnova učenju.

Uz provedenu anketu, učenicima su zadani zadaci za izradu plakata na određenu temu vezanu za alkohol i alkoholizam. Provedbom debate nastojao se osvijestiti problem i opasnosti alkoholizma kod mladih te da protekom godina problemi mogu biti još više zabrinjavajući. Rezultati učenja prikazani su javno kako bi bili vidljivi svim učenicima osnovne i srednje škole, učiteljima, nastavnicima i roditeljima.

Rezultati anketnog upitnika

Rezultati pokazuju kako je gotovo 90% mladih neovisno o spolu konzumiralo neku vrstu alkoholnog pića. kao najčešći razlog konzumacije alkohola navodi se zabava ili neki događaj (Slika 1).



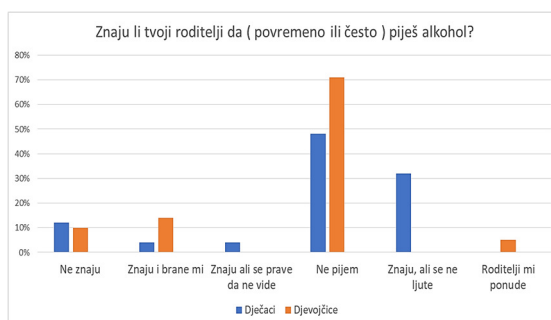
Slika 1. Razlozi konzumacije alkoholnih pića

10% ispitanika redovito konzumira alkohol u izlascima (Slika 2).



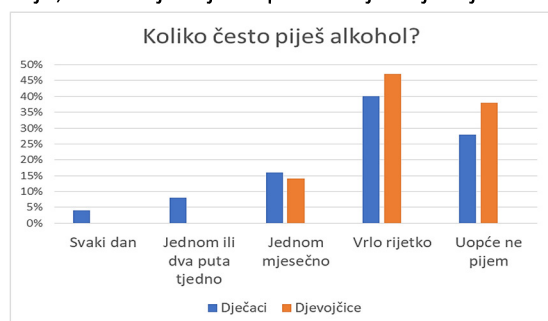
Slika 2. Konzumacija alkoholnih pića tijekom izlaska

U 60 % obitelji alkohol se redovito konzumira, a za gotovo 50% ispitanika alkohol je u domu lako dostupan. Samo 8 % roditelja koji znaju da im djeca konzumiraju alkohol brane im konzumaciju alkohola, a ostali roditelji uglavnom se ne ljute i ne brane im, a neki im čak i sami nude alkoholna pića (Slika 2).



Slika 3. Reakcije roditelja na konzumaciju alkoholnih pića u njihove djece

Oko 15% ispitanika konzumira alkohol bar jednom mjesečno. 8% dječaka konzumira alkohol jednom do dvaput tjedno, a oko 4% njih svakodnevno. Ovo je prva razlika ovisno o spolu te rezultati pokazuju kako djevojčice ne konzumiraju redovito alkohol (Slika 4). Razlozi konzumacije alkohola kod dječaka uglavnom su zabava i opuštanje, a kod djevojčica postizanje osjećaja veselja.



Slika 4. Učestalost konzumacije alkoholnih pića

Više od 90% ispitanika svjesno je kako osobe koje konzumiraju alkohol predstavljanju opasnost i nesigurnost u gradu. Djevojčice mnogo više pričaju sa obitelji o zdravim životnim navikama i ovisnosti, gotovo njih 85% u odnosu na 50% dječaka.

Na osnovu provedenog istraživanja doneseni su zaključci koji su služili za poučavanje učenika koji su rješavali anketni upitnik, ali i ostalih učenika u osnovnoj i srednjoj školi u kojima je upitnik proveden:

- Većina učenika konzumirala je alkoholna pića.
- U obiteljima se često konzumiraju neka od alkoholnih pića i to se smatra zabavom.
- Alkoholna pića su učenicima dostupna.

- ☞ Kako još uvijek većina učenika ne izlazi redovito, podatci pokazuju da na izlascima ne piju alkoholna pića u velikoj mjeri.
- ☞ Roditelji su upoznati s konzumacijom alkoholnih pića u svoje djece, ali se ne ljute na njih.
- ☞ U ovoj dobnoj skupini ispitanika (14. i 16. godina) već ima onih koji svakodnevno konzumiraju alkohol.
- ☞ Premda znaju posljedice konzumacije alkohola, alkohol učenicima predstavlja zabavu i opuštanje.
- ☞ Dječaci premalo pričaju o problemu konzumacije alkohola sa svojom obitelji.

IZVEDBA NASTAVE

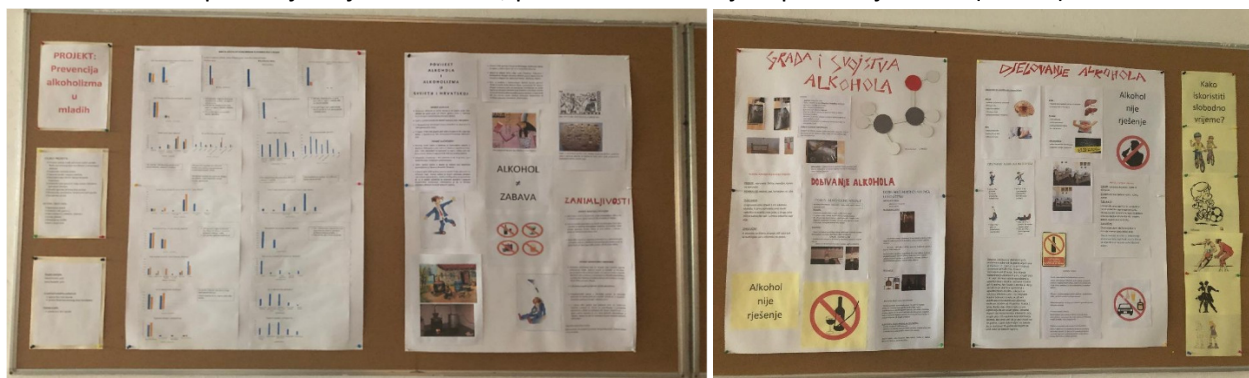
Nakon provođenja ankete, ispitanicima su u sklopu timskog poučavanja biologije i kemije predstavljeni rezultati. Pri tome su učenici odgovore anketnog upitnika učili prikazivati grafički i opisivati te su dobivene podatke uspoređivali s ranije objavljenim rezultatima i pri tome učili kako se objašnjavaju rezultati istraživanja.

Nakon toga učenici su upućeni na istraživanje literature, tijekom kojeg su upoznali propisane nastavne sadržaje, ali i širi kontekst alkoholizma. Pri tome su bili podijeljeni u skupine od kojih je svaka dobila temu za izradu plakata. Sadržaj tema bio je:

- ☞ Povijest alkohola i alkoholizma u svijetu i u Hrvatskoj,
- ☞ Kemijska građa i svojstva alkohola,
- ☞ Djelovanje alkohola.

S temama se htio obuhvatiti nastavni sadržaj biologije i kemije koji bi obuhvaćali ishode: raspraviti o utjecaju životnih navika na funkciju živčanog sustava i osjetila, primijeniti kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari, samostalno odabirati odgovarajuću digitalnu tehnologiju, samostalno kritički procijeniti proces, izvore i rezultate pretraživanja te odabrati potrebne informacije, logički zaključivati rješavajući problem. Učenici su istraživanjem literaturnih izvora putem interneta analizirali potrebne informacije.

Izložba radova postavljena je za učenike, profesore i roditelje u predvorju škole (Slika 5).



Slika 5. Rezultati ankete i izložba radova učenika

Nakon pripreme plakata i njihove prezentacije učenici su bili podijeljeni u dvije debatne skupine kako bi raspravljali o temi: *Trebaju li mladi tijekom izlaska i na druženjima konzumirati alkoholna pića*. Deбата se temeljila na dva od učenika istaknuta problema:

- ☞ Imamo li kao društvo problem s prekomjernom konzumacijom alkohola, proizlaze li nasilni oblici ponašanja iz ovog problema i što kao društvo činimo kako bi se ti problemi riješili?
- ☞ Svakodnevno slušamo o nesrećama izazvanim pod utjecajem alkohola u krvi, a mladi ne vide problem u konzumiranju alkoholnih pića.

Uvjerljivo je pobijedila skupina koja je bila protiv, a kao argumente su često navodili i rezultate provedenog anketnog upitnika, ali i druge činjenice koje su upoznali tijekom izrade plakata.

Između učenika je odabrano 10 vršnjačkih edukatora koji su izradili interaktivnu prezentaciju *Prevenција alkoholizma u mladih*, u koju su uklopili rezultate anketnog upitnika, informacije prikupljene tijekom izrade plakata te argumente za i protiv konzumiranja alkohola iznesene tijekom debate. Vršnjački edukatori su na satovima razrednika učenicima koji nisu sudjelovali u anketi prezentirali svoja saznanja o konzumaciji alkohola u mladima. Odabiranje vršnjačkih edukatora pokazala se kao odlična ideja jer učenici radije slušaju savjete svojih vršnjaka nego odraslih. Mana poučavanja u osnovnoj školi bila je u tome što su vršnjački edukatori bili iz osmog razreda te su iduće školske godine otišli u srednju školu, ali oni su po dobi bolje odgovarali za anketni upitnik.

Na osnovu uspješno ostvarene nastave i razvoja pozitivnih stavova učenika, cilj je ponoviti provedbu anketnog upitnika i nastavu uz rezultate tako provedenog istraživanja nakon što će se izmijeniti cijela generacija učenika. Pri tome će se istražiti postoji li statistički značajna razlika u konzumaciji alkoholnih pića u navedenom razdoblju.

ZAKLJUČCI I METODIČKI ZNAČAJ

Analizom anketnog upitnika provedenog među učenicima izlučeni su najznačajniji zaključci koji su služili kao osnova poučavanju. Mladi uglavnom konzumiraju alkoholna pića iz zabave te kako bi bili dobro raspoloženi i ne vide u tome problem. Ne postoje značajnije razlike u odgovorima između učenika osnovne i srednje škole. Postoji minimalna razlika u odgovorima u odnosu na spol. Razlika je najviše bila vidljiva u razgovoru s obitelji o životnim navikama gdje je vidljivo da 35% više djevojčica razgovara o tome u odnosu na dječake. 90 % učenika konzumiralo je neko alkoholno piće i prvo alkoholno piće ponudio im je netko iz obitelji. U više od 60% ispitanika alkoholna pića konzumiraju se u obitelji redovito. Najčešći razlog konzumacije je zabava. 30% roditelja nije zabrinuto što im djeca ponekad konzumiraju alkoholna pića. 90% učenika svjesno je negativnih posljedica konzumiranja alkoholnih pića, ali i dalje ne smatraju da je konzumiranje alkoholnih pića u njihovoj dobi problem. Poučavanjem se najviše htjelo utjecati na smanjenje postotka ispitanika koji konzumira alkohol te osvijestiti kako je to problem u svakoj životnoj dobi te da konzumiranje alkohola u mlađoj dobi stvara mogućnost rane ovisnosti o alkoholu. Za provedbu nastave na temu alkoholizma u nastavi biologije i kemije preporučuje se analiza stvarnih podataka koji trebaju postati osnova za učenje i razvoj prirodoslovne pismenosti. Takav pristup je uspješno omogućio razvoj pozitivnih stavova učenika, a posebno je tome pridonijela diseminacija informacija upoznatih tijekom učenja ostalim učenicima putem vršnjačkih edukatora. Tijekom vršnjačkog poučavanja nakon rezultata ankete, izrade plakata i provedene debate bilo je vidljivo kako su učenici osvijestili problem konzumiranja alkohola u njihovoj dobi.

ZAHVALA

Zahvaljujemo profesorici i pedagoginji Biserki Šavori, u mirovini. Bila nam je velika pomoć u osmišljavanju anketnih pitanja. Njene sugestije i angažman pomogli su nam u poučavanju.

LITERATURA

- Čale Mratović, M. (2006). Alkohol i mladi. Zavod za javno zdravstvo Dubrovačko-neretvanske županije. Dostupno na: <https://www.zjzdnz.hr/zdravlje/zdravlje-djece-i-mladih/242>, preuzeto 2.3.2018.
- Milanović, M. (2014). Mladi i alkohol. PLIVAzdravlje. Dostupno na: <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/24551/Mladi-i-alkohol.html>, preuzeto 12.9.2024.
- Spudić, M. i Kosić, R. (2020). Alkoholizam kod mladih. Sestrinski glasnik, 25 (2), 104-108. <https://doi.org/10.11608/sgnj.25.2.2>

Teaching based on the frequency of alcohol consumption among young

Ivana Ozimec^{1,2}, Irena Radojčić¹

¹Primary school Matka Laginje, Zagreb, Croatia

²Contemporary dance school Ana Maletić, Zagreb, Croatia

ivanaozimec7@yahoo.com; irena.r66@gmail.com

ABSTRACT

The survey conducted aimed to investigate the frequency of alcohol consumption among primary and secondary school students aged 14 to 16. It involved eighth-grade students from primary school, first and second-grade students from secondary school. The purpose was to determine whether young people recognize alcohol consumption as a problem and to understand the reasons behind their consumption. The results revealed that 90% of respondents had tried an alcoholic beverage before the age of 12, with the majority being offered their first drink by a family member. This research underscores the urgent need for discussions about addiction prevention, specifically concerning alcoholism. Many young people may mistakenly believe that occasional alcohol consumption does not lead to addiction. Based on the survey responses and analysis, educational lessons were developed, including creating posters, conducting debates, and facilitating peer education. These activities aimed to raise awareness among students about the dangers of early alcohol consumption. Students learned that alcohol consumption can lead to addiction, accompanied by family and social issues, and can severely affect an individual's health. It was emphasized that alcohol is not necessary for making social gatherings and parties enjoyable.

Keywords: *alcoholism; youth; discussion; critical thinking; development of positive attitudes*