

I bez glave živ? – primjer istraživačkog učenja za osnovnu i srednju školu

Ivana Turković Čakalić, Nikolina Sabo, Matea Blažević, Ana Martinović, Anita Galir Balkić

Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, Hrvatska
ivana.turkovic@biologija.unios.hr

SAŽETAK

Istraživački pristup u prirodoslovnim predmetima omogućuje razvoj istraživačkih vještina učenika, potiče njihovu želju za učenjem, ali i pobuđuje interes za znanost. Učenici samostalno pristupaju rješavanju problema i stvaraju nove ideje i rješenja. Aktivno sudjeluju u svim istraživačkim procesima od postavljanja ciljeva rada, formuliranja istraživačkog pitanja, prikupljanja rezultata i izvođenja zaključaka. Ovakav način učenja, često u obliku izvanučioničke nastave, pridonosi i lakšem usvajanju nastavnog sadržaja i složenih tematskih cjelina te učenik upoznaje prirodni okoliš, razvija ekološku svijest i vježba snalaženje u prirodi. Primjenom aktivnog poučavanja nastavniku je olakšana korelacija nastavnog sadržaja Biologije sa sadržajem ostalih prirodoslovnih predmeta što pridonosi boljem razumijevanju naučenog. U ovom radu predloženo je istraživanje anatomije, morfologije i ekologije virnjaka s naglaskom na njihovu sposobnost regeneracije kako bi učenici shvatili proces regeneracije oštećenih dijelova tijela kao i uporabu virnjaka kao modela u različitim istraživanjima. Sadržaj ovog rada poslužit će nastavnicima osnovnih i srednjih škola. Samostalnim iskustvenim i istraživačkim učenjem, primjenom metoda suradničkog učenja ili odabirom projektnog učenja, na kreativan se način mogu ostvariti ishodi unutar makrokoncepta prirodoznanstveni pristup u integraciji s ostalim ishodima učenja.

Ključne riječi: *aktivno učenje; prirodoznanstveni pristup; terenska nastava; virnjak; regeneracija; neoblasi*

UVOD

U središtu suvremenog obrazovanja je istraživački pristup poučavanju kojim se učenike potiče na razvoj znanstvenog stila razmišljanja i istraživačkih vještina, ali i vještina poput sposobnosti komunikacije i timskog rada. Cilj suvremene nastave je poučiti učenike prirodoznanstvenoj metodi i primjeni stečenih znanja te ih, u konačnici, osposobiti za cjeloživotno učenje (Garašić i sur., 2018; Podrug, 2017). 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). Strategije aktivnog učenja pridonose lakšem razvoju i područno specifičnih i onih općih, generičkih kompetencija, kao što su apstraktno i kreativno mišljenje, povezivanje i stvaranje znanja, izgradnja koncepata, preuzimanje odgovornosti, suradnja i samoregulacija učenja. Ovim se načinom rada u prirodoslovnim predmetima poglavito pobuđuje i interes za znanost (Ristić Dedić, 2013). Ostvarivanje nastavnih ciljeva aktivnim učenjem moguće je koristeći istraživačko, problemsko i projektno učenje (Borić i Škugor, 2014).

Tijekom provedbe istraživačkog projekta naglasak je stavljen na samostalnu aktivnost učenika, dok je uloga nastavnika usmjeravanje i poticanje (Bognar i Matijević, 2005). Pažnja nije usmjerena samo na rezultat istraživanja, već i na aktivan proces učenja pri kojemu se odvijaju značajne mentalne aktivnosti te učenici stječu uvid na koji način funkcionira i istraživanje u znanosti (MZO, 2019). Osmišljavanjem i provedbom istraživačkih projekata potiče se znatiželja učenika, njihova motivacija za učenjem i samostalnim otkrivanjem svijeta oko sebe (Rocard i sur., 2007). Prema Gucek (2017) učenici postižu bolje rezultate u provjeri znanja nakon istraživačkog načina učenja u odnosu na tradicionalni oblik rada

i metodu usmenog izlaganja. Ovakav pristup često zahtjeva veliku angažiranost nastavnika u pripremi nastavnih materijala, budući da bi nastavnik trebao biti dobar poznavatelj svoje struke, vrlo prilagodljiv i vješt u odabiru istraživanja primjerenih svojim učenicima (Borić, 2009). Nadalje, implementacija projektnog učenja rezultira istraživanjem fenomena iz različitih perspektiva i povezivanjem različitih područja znanja i omogućuje izbor područja i tema prema osobnom interesu i sposobnostima učenika (Fabijanić, 2014). U svrhu što kvalitetnije provedbe ovakvog oblika nastave, nastavnicima znatno koristi suradnja sa stručnim suradnicima i nastavnicima na visokoškolskim ustanovama koji mogu pomoći u osmišljavanju i provedbi istraživanja.

Često se u istraživačkom pristupu nastavi koristi i izvanučionička nastava koja se organizira u obliku terenske nastave te je uz izlete, škole u prirodi i radionice najzastupljeniji praktični oblik nastave (De Zan, 1999). Terenska nastava nudi brojne prednosti za učenike. Osim zdravstvenih dobrobiti boravka u prirodi, učenici upoznaju prirodni okoliš, razvijaju ekološku svijest, potiču kreativnost i obogaćuju se novim iskustvom. Radom na terenu, učenici primjenjuju znanje stečeno u učionici, nadograđuju koncepte i vježbaju snalaženje u prirodi (Stella, 2000). Nastavnici tijekom terenske nastave potencijalno koreliraju i nastavni sadržaj ostalih prirodoslovnih predmeta, što omogućava promatranje određenog problema s različitih stajališta i pridonosi boljem razumijevanju nastavnih sadržaja (Borić, 2009). Ishodi se ostvaruju analiziranjem naučenog sadržaja u učionici i povezivanjem s radom na terenu, postavljanjem ciljeva, formuliranjem istraživačkog pitanja i u konačnici prikazom podataka na temelju kojih se izvodi zaključak (MZO, 2019). Nastavni sadržaji Biologije lakše se savladavaju u uvjetima izvorne stvarnosti, kada učenici sudjeluju u suvremenim znanstveno-istraživačkim metodama i primjenom interdisciplinarnog pristupa dobivaju cjelovitu sliku, što pridonosi boljem konceptualnom razumijevanju.

Odmakom od frontalnih oblika nastave, učenik postaje aktivni subjekt u nastavnom procesu. Prednosti primjene aktivnih oblika nastave očituju se u dugoročno smanjenoj predavačkoj funkciji nastavnika, čime je omogućena uspostava interakcije između nastavnika i učenika (Labak i sur., 2014). Na temelju navedenog, cilj ovoga rada je predstaviti primjer istraživačkog učenja na temu upoznavanja s anatomijom, morfologijom i ekologijom virnjaka s naglaskom na njihovu sposobnost regeneracije. Na primjeru slobodnoživućih virnjaka prikazat će se značaj abiotičkih čimbenika na preživljavanje jedinki, funkcioniranje procesa regeneracije oštećenih dijelova tijela te uloga virnjaka kao modela u različitim biološkim istraživanjima.

IZVEDBA NASTAVE

Istraživačko učenje u učionici

Ovisno o tome planira li se istraživanje provesti s učenicima osnovne ili srednje škole, kao i o stupnju samostalnosti učenika, moguće je napraviti kratak uvod o biologiji virnjaka i metodologiji znanstvenog rada ili koristeći se obrnutom učionicom zadati im da se sami pripreme i upoznaju s nastavnim materijalom i nacrtom istraživanja.

Upoznavanje s temom - Virnjaci i regeneracija

Slobodnoživući virnjaci (Turbellaria, Platyhelminthes) su niži beskralješnjaci u kojih se tijekom evolucije prvi put javlja bilateralna simetrija te se formiraju tkiva i organi (Sheĭman i Kreshchenko, 2015). Odrasli virnjaci variraju veličinom no najčešće su duljine do 10 mm (Baguñà, 2012), a oblik tijela i boja pokazuju snažnu varijaciju među vrstama, kao i broj te anatomske položaj očiju (Sluys i Riutort, 2018). Tijelo prekriva jednoslojna trepetljikava epiderma ispod koje se nalazi masa nestrukturiranog tkiva nazvanog parenhim (mezenhim) u kojemu su prisutni različiti tipovi stanica (Baguñà, 2012). Isti je okružen

epidermom i slojem mišića koji poput čahure omogućava zaštitu i mehaničku stabilnost jedinke (Scimone i sur., 2017). Virnjaci su grabežljivci. Hrane se koristeći mišićavo ždrijelo koje je povezano s ustima na ventralnoj strani tijela te funkcionira i kao analni otvor. Krvožilni i dišni sustavi nisu prisutni (Sluys i Riutort, 2018), a protonefridijalni ekskretorni sustav ima nekoliko homologija s bubrezima u kralježnjaka (Thi-Kim Vu i sur., 2015). Hermafroditi su te imaju spolni, nespolni i mješoviti (spolni/nespolni, obično sezonski) način razmnožavanja (Baguñà, 2012). Vrste koje se nesporno razmnožavaju (najčešće poprečnim dijeljenjem) imaju slabo razvijene reproduktivne organe, kao što je slučaj u često upotrebljavanih laboratorijskih sojeva (Pongratz i sur., 2003).

Virnjaci imaju izrazitu sposobnost regeneracije oštećenih dijelova tijela (Sheïman i Kreshchenko, 2015) uz pomoć parenhimskih stanica zvanih neoblasi koje predstavljaju jedine stanice odrasle jedinke koje su sposobne za diobu (Reddien i sur., 2005). Neoblasi su stanice s tankim rubom citosola, promjera od 5 do 10 μm , s puno slobodnih ribosoma, malo uočljivih organela i velikom jezgrom s malo heterokromatina (Hay i Coward, 1975). Akumulacija neoblasi pri regeneraciji rane i njihov brz gubitak nakon regeneracije povezale su neoblasi s regeneracijom (Wolff i Dubois, 1948). U virnjaka je dakle mitotička aktivnost ograničena na jednu morfološki homogenu staničnu populaciju te ne postoje matične stanice specifične za organe ili autonomno samoobnavljajuće stanice izvan parenhima virnjaka (Rink, 2013). Nakon ozljede, neoblasi se dijele brzo, s velikim brojem ostvarenih mitotskih dioba već nekoliko sati nakon ranjavanja (Scimone i sur., 2014). Prilikom ranjavanja, epitel oko rane se zatvori i nakon jednog sata prekriva je tanki sloj epidermalnih stanica iz rastegnute stare epiderme (Baguñà, 2012). Ako rana zahtijeva zamjenu nedostajućeg tkiva, vrhunac proliferacije neoblasi događa se nakon 48 sati (Wenemoser i Reddien, 2010) tijekom kojih se neoblasi nakupljaju na mjestu rane i tvore nepigmentirani pupoljak regeneriranog tkiva – blastem (Scimone i sur., 2014). Počevši od 3. ili 4. dana regeneracije, nove strukture (npr. primordije mozga, očne pjege i ždrijelo) definiraju se unutar područja blastema i postblastema (Baguñà i sur., 1994). Na taj se način obnavlja izgubljeni strukturni obrazac i konačno se postižu normalne tjelesne proporcije nakon nekoliko tjedna regeneracije (Baguñà, 2012).

Secirana jedinka sposobna je regenerirati se u cjelovitu životinju savršenih proporcija. U slučaju repnog dijela, to podrazumijeva *de novo* formiranje glave s mozgom, očima i funkcionalnim živčanim vezama s već postojećim tkivom. U slučaju sekcije središnjeg dijela tijela regeneriraju se i glava i rep. Činjenica da se tkiva uvijek formiraju na definiranoj prednjoj i stražnjoj strani tijela ukazuje na to da je proces regeneracije temeljen na polaritetu već postojećih tkiva (Ivanković i sur., 2019). Nužno je napomenuti da su sam vrh glave ispred očiju i ždrijelo nesposobni za regeneraciju (Reddien i Sánchez Alvarado, 2004) te ti dijelovi tkiva posljedično umiru ako se odvoje od ostatka jedinke (Ivanković i sur., 2019).

Zbog lakoće uzgoja i pogodnosti za manipulaciju ove se životinje često koriste za proučavanje utjecaja različitih kemijskih i fizikalnih parametara na životne procese, rast i razmnožavanje. Danas se virnjaci koriste kao modeli za biološka istraživanja regeneracije, biologije matičnih stanica, proučavanja njihove proliferacije i diferencijacije, te regulacijskih mehanizama morfogenetskih procesa. Osim toga, virnjaci se koriste i u neurobiološkim i toksikološkim studijama, u proučavanju evolucijskih aspekata centralizacije živčanog sustava, mehanizama mišićne kontrakcije te u razvoju novih antiparazitskih lijekova (Sheïman i Kreshchenko, 2015).

Istraživačko učenje izvan učionice

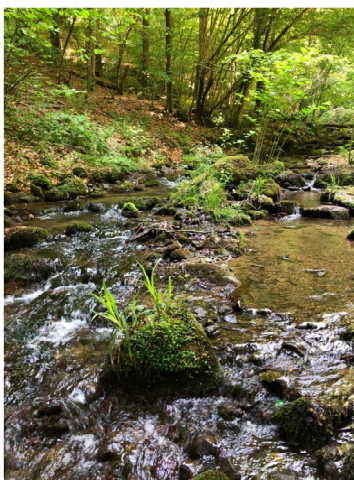
Priprema za terensku nastavu

Ukoliko su učenici naviknuti na samostalan rad i često sudjeluju u istraživačkom radu, moguće im je dati slobodu u planiranju i osmišljavanju protokola. Poželjno je učenike podsjetiti kako je potrebno odjenuti se u skladu s vremenskim prilikama i uvjetima na odabranoj lokaciji za vrijeme uzorkovanja. Također, ako će se istraživanje provoditi unutar Parka prirode ili drugim zaštićenim područjima, kao što je u nastavku predloženo, potrebno je najaviti dolazak nadležnim osobama.

Prije polaska na teren potrebno je pripremiti opremu za uzorkovanje: dublja plastična kadica (bijele boje ili što svjetlija radi boljeg uočavanja virnjaka), kanta 5-10 L, plastična ili staklena posuda (teglica 400-600 mL), plastična kapalica, plastična kapalica s odrezanim vrhom (da se dobije što veći otvor, oko 0,5 cm), skalpeli, nožići, meki kistovi, čiste plastične boce od 1 L, prijenosni hladnjak i ledila za prijenosni hladnjak.

Odabir lokacije

Virnjaci se mogu pronaći u svim kopnenim vodama, od potoka, rijeka, jezera i močvara, pa sve do vlažnih kopnenih staništa (Reynoldson i Young, 2000; Knezović i sur., 2015). Prikupljanje virnjaka može se provesti u svako godišnje doba, pa i zimi ukoliko voda nije zaleđena (Tyler i Kozlowski, 2000). Kao prijedlog lokaliteta izabran je planinski potok Kovačica (Slika 1) koji je smješten unutar Parka prirode Papuk. Odabran je zbog svoje male dubine, proziran je cijelim tokom, lako mu je pristupiti sa obale i ima izobilje prirodnog materijala u kojemu se mogu pronaći virnjaci.



Slika 1 Lokalitet uzorkovanja (Planinski potok Kovačica, Park prirode Papuk)

Terenska nastava

Virnjake se najčešće pronalazi ispod kamenja, naplavljenog lišća i drvenog materijala, unutar nakupina mahovine i na makrofitama (Reynoldson i Young, 2000; Tyler i Kozlowski, 2000). Jednostavnim preokretanjem supstrata koji je uronjen u vodu, s donje strane nalazi se mnoštvo pričvršćenih virnjaka (Slika 2).



Slika 2 Virnjaci pričvršćeni s donje strane kamena

Od površine kamena virnjake je moguće odvojiti na nekoliko načina: mlazom vode iz kapalice koji je usmjeren iznad kadice ili kante, prikupljanjem s odrezanom plastičnom kapalicom, struganjem i prenošenjem mekim kistom ili nježnim podvlačenjem skalpela, noža, špatule ispod jedinke i odizanjem od površine kamena. Ukoliko se prikupljaju virnjaci iz nakupine mahovine ili s makrofita, potrebno je biljni materijal staviti u kadicu, preliti vodom iz uzorkovanog staništa i nježno protresti kroz vodu ili prikupiti virnjake mekim kistom. Kamen manjih dimenzija ili manja količina biljnog materijala može se staviti i u posudu s vodom iz uzorkovanog staništa. Nakon nekog vremena virnjaci će se sami odvojiti i skupiti na stranicama posude ili na površini vode. Također, moguće je staviti i mali komad svježe jetre (svinjska ili teleća) uz sam rub vode i ostaviti 15-20 minuta. Ako u blizini ima virnjaka pričvrstit će se s donje strane jetre i početi hraniti (Tyler i Kozlowski, 2000).

Na terenu je potrebno prikupiti nekoliko virnjaka za svakog učenika. Nakon što se prikupi odgovarajući broj jedinki, potrebno ih je prenijeti u plastičnu ili staklenu posudu ispunjenu vodom iz uzorkovanog staništa (Slika 3), a posuda staviti u prijenosni hladnjak ispunjen ledilima.



Slika 3 Plastična posuda s prikupljenim virnjacima

Na terenu je još potrebno izmjeriti temperaturu vode termometrom te napuniti nekoliko čistih boca vodom iz istog staništa koja će biti korištena tijekom istraživačkog rada u učionici.

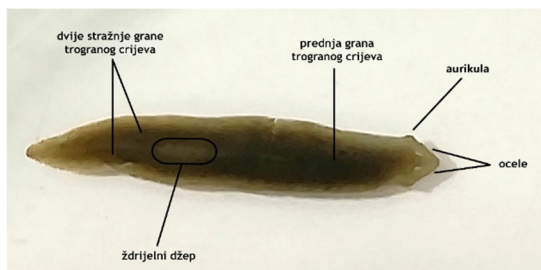
Virnjake je potrebno uzorkovati najmanje tjedan dana prije provedbe eksperimenta kako bi jedinke imale dovoljno vremena za potpuno pražnjenje crijeva. Tijekom tog razdoblja, potrebno ih je čuvati na tamnom mjestu te ih ne treba hraniti već samo mijenjati vodu u kojoj se nalaze (iz uzorkovanog staništa, jednom ili dva puta u tjedan dana).

Istraživačko učenje u učionici

Suđe i pribor koje se koristi za provedbu eksperimenta mora biti čisto.

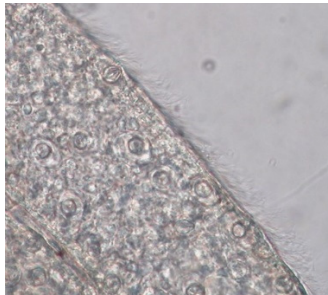
Popis potrebnog materijala za izvođenje pokusa: Petrijeva zdjelica (PZ) Ø10 cm, Petrijeva zdjelica (PZ) Ø15 cm, predmetno stakalce, kapalica, plastična posuda i žlica za led, skalpel, žilet, nožić, 2 histološke iglice, voodootporni flomaster, aluminijska folija, led, voda sa terena, virnjaci.

U manju PZ (Ø10 cm, donji dio) uliti vodu s terena i u nju nježno prenijeti jednog virnjak. Prije sekcije, pod lupom promotriti vanjsku građu i kretanje virnjaka (Slika 4).



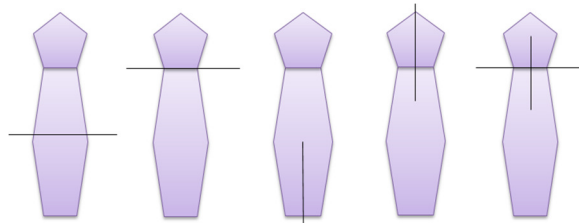
Slika 4 Vanjska građa virnjaka, *Dugesia* sp.

Istog virnjaka potom prenijeti na predmetno stakalce u nekoliko kapi vode s terena te pod mikroskopom promotriti trepetljivu epidermu virnjaka (Slika 5).



Slika 5 Trepetljivakva epiderma virnjaka pod mikroskopom (autor: arhiva Laboratorija za vodene beskraljježnjake, Odjel za biologiju)

Nakon morfološkog pregleda jedinke, potrebno je izabrati način reza tj. koji dio regeneracije tijela se želi promatrati (Slika 6).



Slika 6 Primjeri rezova virnjaka

U veću PZ (\varnothing 15 cm, donji dio) staviti malo vodovodne vode i 2-3 žlice smrvljenog leda. Na nju zatim staviti manju PZ (\varnothing 10 cm, donji dio) u kojoj se nalazi virnjak (Slika 7). Led ima funkciju snižavanja temperature vode čime se usporava metabolizam virnjaka i on se sporije kreće.



Slika 7 Snižavanje temperature virnjaka uz pomoć leda

Ukoliko je moguće, poželjno je rezanje jedinke raditi pod lupom s upaljenim samo gornjim svjetlom i minimalnom jakosti svjetlosti. Rez je moguće napraviti pomoću skalpela, žileta (gornji dio se zaštiti s aluminijskom folijom) ili dvjema histološkim iglicama koje se postavje u obliku slova x (rez napraviti kada se iglice prevuku jedna preko druge). Prilikom rezanja nužno je biti brz i odlučan.

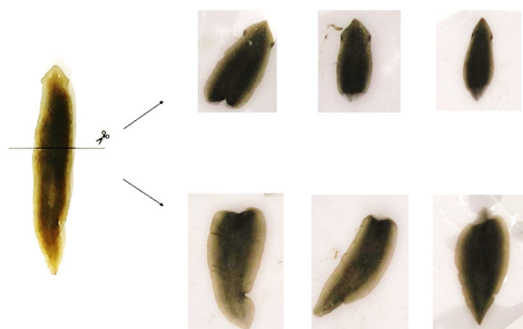
Svaki dio prerezanog virnjaka staviti u zasebnu PZ kako bi se lakše pratila regeneracije pojedinih dijelova tijela. Na gornji dio PZ voodootpornim flomasterom nacrtati rez koji je napravljen, a zatim cijelu PZ zamotati u aluminijsku foliju. Vodu u PZ je potrebno mijenjati svaki dan ili svaka dva dana pomoću kapalice kojom se oprezno izvuče sva postojeća voda u zdjelici i zamijeni s novom vodom prikupljenom na terenu. Prilikom izmjene vode potrebno je paziti da se kapalicom ne uvuku dijelovi virnjaka. Tijekom eksperimenta, virnjake je potrebno čuvati na približno jednakoj temperaturi kao prilikom uzorkovanja.

Dakle, ukoliko je uzorkovano u gorskom potoku pri temperaturi od 6 °C tada je potrebno PZ zamotane u foliju skladištiti u hladnjaku. Ukoliko je uzorkovano u jezeru prilikom ranih ljetnih mjeseci kada je temperatura vode bila 22° C tada PZ zamotane u foliju držati na sobnoj temperaturi. Boce s vodom prikupljene na terenu čuvati na istoj temperaturi na kojoj se nalaze i virnjaci. Ako se zamijete bijele ili smeđe naslage na dnu zdjelice ili u vodi, potrebno je virnjake prenijeti u novu čistu PZ kako bi se izbjegla kontaminacija tkiva. Za vrijeme eksperimenta virnjake ne hraniti.

Praćenje procesa regeneracije

Nakon rezanja virnjaka, promatrati površinu reza pod lupom. Zatvaranje rane (epitela) mišićnim kontrakcijama stijenke tijela i zacjeljivanje epitela odvija se unutar jednog sata od učinjenog reza. Nakon potpunog zacjeljivanja rane počinje se stvarati blastem čija brzina stvaranja ovisi o temperaturi. Kod virnjaka koji su čuvani na temperaturi od 22 do 24 °C blastem se formira unutar jednog do dva dana te je jasno vidljiv kao nepigmentirano područje od tri do četiri dana, a regeneracija je potpuna u razdoblju od dva do tri tjedna (Tyler i Kozłowski, 2000). Na nižim se temperaturama cijeli proces odvija sporije.

Prilikom svake zamjene vode u PZ potrebno je promatrati napredak regeneracije, zapažanja zapisivati u dnevnik rada i sve dokumentirati fotografijama (Slika 8).



Slika 8 Primjer regeneracije prednjeg i stražnjeg dijela tijela virnjaka *Dugesia* sp.

METODIČKI ZNAČAJ

Provedbom predloženog istraživanja u nastavi Biologije moguće je ostvariti ishode predviđene kurikulumom za učenike osnovnih i srednjih škola. Samostalnim iskustvenim i istraživačkim učenjem, primjenom metoda suradničkog učenja ili odabirom projektnog učenja, na kreativan način mogu se ostvariti ishodi unutar makrokoncepta prirodoslovnog pristupa u integraciji s ostalim ishodima učenja (npr. OŠ B.8.3., OŠ B.8.4., OŠ D.8.1., SŠ B.2.2., SŠ B.2.3., SŠ D.2.1., SŠ D.2.2.) (MZO, 2019). Prijedlog se može doraditi i prilagoditi potrebama nastavnika, pri čemu ga je moguće provesti i interdisciplinarno kao projekt u suradnji s kolegama nastavnicima kemije ili ostalih predmeta prirodoslovnog područja.

Kod učenika osnovnih škola ovim istraživanjem olakšat će se usvajanje koncepta regeneracije, budući da je moguće u stvarnom vremenu vizualno pratiti odvijanje procesa. Važno je usmjeriti učenike na usvajanje osnovnog koncepta, koji će kasnije spiralno nadograđivati i povezivati s prethodno usvojenim znanjem. No, prvenstveno, učenicima se daje prilika za usavršavanje vještina i umijeća (koordinacija ruku i očiju te vješto izvođenje određenih pokreta i postupaka) odnosno ostvarivanje ishoda u Bloomovoj psihomotoričkoj domeni. Učenici usvajaju tehnike znanstvene metodologije neposredno sudjelujući u cijelom istraživanju – postavljaju hipoteze i ciljeve, analiziraju podatke i donose zaključke. Također, može se utjecati i na afektivnu domenu, osvrtom na etiku znanstvenog istraživanja i opravdati

korištenja virnjaka (koji i u prirodnom okruženju provode ovaj proces, kao oblik nespolnog razmnožavanja) u navedenu svrhu.

S učenicima srednjih škola moguće je ostvariti veću slobodu u planiranju istraživanja i provesti složenije analize. Ovisno o propisanim ishodima i iskustvu učenika u radu istraživačkim načinom učenjem, po završetku predloženog istraživanja učenici mogu produbiti istraživanje i doraditi nacrt. Mogu, primjerice, istražiti utjecaj vanjskih čimbenika na proces regeneracije virnjaka, proučavajući uspješnost regeneracije virnjaka u različitim tipovima vode (tekućice i stajaćice) uz spektrofotometrijsku analizu vode, utjecaj temperature i svjetlosti na brzinu regeneracije, usporediti sposobnosti regeneracije različitih vrsta virnjaka, odrediti uspješnost regeneracije na istim vrstama virnjaka, a koji nastanjuju različite vode gorskih i nizinskih područja i odrediti utjecaj čimbenika koji reguliraju regeneraciju, kao i uvjeta pod kojima se događa regeneracija te biokemijsku i molekularnu osnovu učinka bioaktivnih svojstava određenih biljaka na regeneraciju virnjaka. Rezultate takvih istraživanja mogu predstaviti u obliku posterskih priopćenja i izložiti na školskom sajmu, stručnim skupovima i sl. Istraživanje je moguće realizirati i kao mini projekt u suradnji sa studentima i nastavnicima Odjela za biologiju ili ostalih studija prirodoslovnog usmjerenja, kako bi se darovitim i iznimno zainteresiranim učenicima omogućilo ozbiljnije sudjelovanje u istraživačkom radu. Primjenom navedenih oblika aktivnog učenja učenike se potiče na razvoj prirodoslovnostvene pismenosti, na jačanje samostalnosti, organizacijske sposobnosti i snalaženje u istraživačkom radu, kao i na odgovornost prema sudionicima projekta.

ZAKLJUČAK

Aktivno sudjelovanje učenika u istraživačkim aktivnostima u srži je suvremenih metoda i oblika poučavanja, budući da se ovakvim pristupom učenike potiče na razvoj prirodoslovnostvene pismenosti i razvoj vještina u znanstvenom rasuđivanju i konceptualnom razumijevanju znanstvenih spoznaja, ali i kreativno mišljenje. Budući da čovjek prirodno uči na vlastitom iskustvu, kada je okružen izvornom stvarnosti, to je ujedno i najlakši i najučinkovitiji način učenja, jer neposrednim promatranjem kritički promišlja, objašnjava, zaključuje i nadograđuje postojeće koncepte. Ovim radom predstavljen je primjer istraživačkog učenja koji može poslužiti kao osnova samostalnijem usvajanju makrokoncepta prirodoslovnostveni pristup u integraciji s ostalim ishodima vezanim uz različite načine razmnožavanja organizama, utjecaj životnih uvjeta na razvoj prilagodbi i bioraznolikost na primjeru lako dostupnog i jednostavnog organizma – virnjaka. Provođenje istraživanja nije financijski zahtjevno, budući da je nastavnicima potreban osnovni pribor koji se nalazi u gotovo svakom biološkom kabinetu. K tome, uzimajući u obzir sposobnosti učenika i stupanj njihove samostalnosti, istraživanje je prema potrebi moguće prilagoditi kako bi se učenike poticalo na osobni rast i razvoj. Samostalnim istraživačkim radom prvenstveno se ostvaruju ishodi vezani uz psihomotoričku domenu učenja, odnosno ostvaruju se ishodi vezani uz usvajanje vještina i umijeća. Istraživanje je predviđeno za provedbu u učionici i na terenu, tijekom kojega učenici imaju priliku sudjelovati u cijelom procesu, od prikupljanja živog materijala, promatranja i obrade te donošenja zaključaka. Dakle, učenici samostalno ili uz povremeno vodstvo nastavnika proživljavaju cijeli proces znanstvene metodologije, primjenjuju znanstveni način razmišljanja uz jačanje područno specifičnih i generičkih kompetencija.

LITERATURA

- Baguñà, J. (2012). The planarian neoblast: the rambling history of its origin and some current black boxes. *The International Journal of Development Biology*, 56, 19-37.
- Baguñà, J., Saló, E., Romero, R., García-Fernández, J., Bueno, D., Muñoz-Marmol, A. M., Bayascas-Ramírez, J. R., Casali, A. (1994). Regeneration and pattern formation in planarians: cells, molecules and genes. *Zoological Science*, 11, 781-795.

- Balažinec, M., Radanović, I., Sertić Perić, M. (2020). Utjecaj zainteresiranosti i nepoticanog samoreguliranog učenja na krajnji ishod učenja građe i svojstva tla. *Educatio biologiae*, 6, 46-64.
- Bognar, L., Matijević, M. (2005.) *Didaktika* (treće izmijenjeno izdanje). Zagreb, Školska knjiga
- Borić, E. (2009). *Istraživačka nastava prirode i društva: Priručnik za nastavu*. Učiteljski fakultet u Osijeku, Osijek
- Borić, E., Škugor A. (2014). Ostvarivanje kompetencija učenika istraživačkom izvanučioničkom nastavom prirode i društva. *Croatian Journal of Education*, 16 (1), 149-164.
- De Zan, I. (1999). *Metodika nastave prirode i društva*. Zagreb, Školska knjiga
- Fabijanić, V. (2014). Projektna nastava: primjena u izradi istraživačkih radova učenika. *Educatio biologiae*, 1, 89-96.
- Garašić, D., Radanović, I., Lukša, Ž. (2018). Osvrt na aktualne nastavne programe učenja biologije. *Napredak*, 159, 159-178.
- Gucek, M. (2017). Ovisnost usvojenosti nastavnog sadržaja i istraživačkog učenja biologije kod učenika srednje škole. *Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju*
- Hay, E. D., Coward, S. J. (1975). Fine structure studies on the planarian, *Dugesia*: I. Nature of the "neoblast" and other cell types in noninjured worms. *Journal of Ultrastructure Research*, 50, 1-21.
- Ivanković, M., Haneckova, R., Thommen, A., Grohme, M. A., Vila-Farré, M., Werner, S., Rink, J. C. (2019). Model systems for regeneration: planarians. *Development*, 146 (17): dev167684.
- Knezović, L., Miliša, M., Kalafatić, M., Rajević, N., Planinić, A. (2015). A key to the freshwater triclad (Platyhelminthes, Tricladida) of Herzegovina watercourses. *Periodicum biologorum*, 17(3), 425-433.
- Labak, I., Heffer, M., Radanović, I. (2014). Stavovi učenika i učitelja o nastavi prirode i biologije organiziranoj u dvosatu. *Educatio biologiae*, 1, 36-48.
- Ministarstvo znanosti i obrazovanja (MZO) (2019). *Kurikulum nastavnog predmeta Biologija za osnovne škole i gimnazije*. Zagreb, Republika Hrvatska
- Podrug, I. (2017). Mogućnosti primjene mobilnih aplikacija u nastavi prirode i biologije. *Educatio biologiae*, 3, 165-176.
- Pongratz, N., Storhas, M., Carranza, S., Michiels, N. K. (2003). Phylogeography of competing sexual and parthenogenetic forms of a freshwater flatworm: patterns and explanations. *BMC Evolutionary Biology*, 3, 23.
- Reddien, P. W., Sánchez Alvarado, A. (2004). Fundamentals of planarian regeneration. *Annual Review of Cell and Development Biology*, 20, 725-757.
- Reddien, P. W., Oviedo, N. J., Jennings, J. R., Jenkin, J. C., Sánchez Alvarado, A. (2005). SMEDWI-2 is a PIWI-like protein that regulates planarian stem cells. *Science* 310, 1327-1330.
- Reynoldson, T. B., Young, J. O. (2000). *A key to the freshwater triclad of Britain and Ireland*. Cumbria, Freshwater Biological Association
- Rink, J. C. (2013). Stem cell systems and regeneration in planaria. *Development Genes and Evolution*, 223(1), 67-84.
- Ristić Dedić, Z. (2013). Istraživačko učenje kao sredstvo i cilj prirodnoznanstvenog obrazovanja: psihologijska perspektiva. *Dijete, vrtić, obitelj*, 19 (73), 4-7.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., Hemmo, V. (2007). *Science Education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg, Office For Official Publications of the European Communities
- Scimone, M. L., Cote, L. E., Reddien, P. W. (2017). Orthogonal muscle fibres have different instructive roles in planarian regeneration. *Nature*, 551, 623-628.
- Scimone, M. L., Kravarik, K. M., Lapan, S. W., Reddien, P. W. (2014). Neoblast specialization in regeneration of the planarian *Schmidtea mediterranea*. *Stem Cell Reports*, 3(2), 339-352.
- Sheĭman, I. M., Kreshchenko, I. D. (2015). Regeneration of planarians: experimental object. *Russian Journal of Developmental Biology*, 46(1), 3-12.
- Sluys, R., Riutort, M. (2018). Planarian diversity and phylogeny. *Methods in Molecular Biology*, 1774, 1-56.
- Stella, I. (2000). *Priprema i provedba školskih izleta, ekskurzija i putovanja*. Zagreb, ZIB Mladost
- Thi-Kim Vu, H., Rink, J. C., McKinney, S. A., McClain, M., Lakshmanaperumal, N., Alexander, R., Sánchez Alvarado, A. (2015). Stem cells and fluid flow drive cyst formation in an invertebrate excretory organ. *eLife*, 4, e07405.
- Tyler, M. S., Kozlowski, R. N. (2000). *Vade Mecum: An Interactive Guide to Developmental Biology*. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates
- Wenemoser, D., Reddien, P. W. (2010). Planarian regeneration involves distinct stem cell responses to wounds and tissue absence. *Developmental Biology*, 344, 979-991.
- Wolff, E., Dubois, F. (1948). Sur la migration des cellules de regeneration chez les planaires. *Revue suisse de zoologie*, 55, 218-227.

Alive without a head? – an example of research learning for elementary and secondary schools

Ivana Turković Čakalić, Nikolina Sabo, Matea Blažević, Ana Martinović, Anita Galir Balkić

Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek, Croatia

ivana.turkovic@biologija.unios.hr

ABSTRACT

The research approach in science subjects allows students to develop research skills, encourages their desire to learn, and also stimulates an interest in science. Students approach problem solving independently and develop new ideas and solutions. They actively participate in all research processes, from setting work objectives to formulating the research question to collecting results and drawing conclusions. This type of learning, often in the form of extracurricular lessons, also helps them to more easily assimilate the teaching content and complex thematic units, learn about the natural environment, develop ecological awareness and find their way in nature. By using active teaching, it is easier for the teacher to relate the teaching content of biology to the content of other science subjects, which contributes to a better understanding of what is learned. In this paper, a study of turbellarian anatomy, morphology, and ecology with emphasis on their regenerative ability is proposed to help students understand the process of regeneration of damaged body parts and the use of turbellarians as a model in various researches. The content of this paper will be useful for primary and secondary school teachers. Through independent experiential and research learning, the use of cooperative learning methods, or the selection of project learning, outcomes within the macro concept of science can be creatively achieved in conjunction with other learning outcomes.

Key words: *active learning; natural science approach; field classes; Turbellaria; regeneration; neoblasts*