

Očekivane i stvarne miskonceptcije učenika u biologiji

UDK: 57.001.1-057.874

Izvorni znanstveni članak

Primljeno: 23. 1. 2013.



Dr. sc. Žaklin Lukša¹
Gimnazija Josipa Slavenskog,
Čakovec
zaklinluksa@gmail.com



Prof. dr. sc. Ines Radanović²
PMF Sveučilišta
u Zagrebu
iradan@biol.pmf.hr



Dr. sc. Diana Garašić³
Agencija za odgoj
i obrazovanje, Zagreb
Diana.Garasic@azoo.hr

¹ Žaklin Lukša je profesorica biologije. Doktorirala je na Biološkom odsjeku PMF-a Sveučilišta u Zagrebu. Kao vanjska suradnica predaje kolegije metodike prirode i društva na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Glavna područja znanstvenog interesa vezana su joj uz nastavu biologije i prirode, konceptualno razumijevanje, miskonceptcije i ocjenjivanje u biologiji. Članica je Hrvatskog biološkog društva, i European Science Education Research Association (ESERA).

² Ines Radanović od 2000. godine izvodi nastavu metodike, a od 2005. voditelj je katedre Metodike biologije na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Nakon 2007. sustavno se bavi istraživanjem učenja i poučavanja biologije u osnovnoj i srednjoj školi, kao i na visokoškolskoj razini. Područje znanstvenog interesa obuhvaća izgradnju koncepata u ciklusu učenja i nastave, konceptualno razumijevanje i kognitivne razine učenja.

³ Diana Garašić, viša je savjetnica za biologiju i voditeljica Odsjeka za predmetnu nastavu u Agenciji za odgoj i obrazovanje. Od 1995. godine organizira stručna usavršavanja učitelja i nastavnika biologije. Posebni interes posvećuje području obrazovanja za okoliš i održivi razvoj pa je u tom području vodila brojne projekte usmjerene na usavršavanje učitelja i nastavnika. Nacionalna je koordinatorica za međunarodni znanstveno-obrazovni program GLOBE. Doktorirala je na Biološkom odsjeku PMF-a Sveučilišta u Zagrebu istražujući primjerenost nastave biologije u odnosu na učeničke interese, razumijevanje temeljnih bioloških koncepata i retenciju znanja.

Sažetak

Istraživanje je provedeno s ciljem utvrđivanja učeničkih miskoncepcija u nastavnim sadržajima biologije, te utvrđivanja koliko nastavnici poznaju miskoncepcije učenika. Ukupni uzorak obuhvatio je 8691 učenika iz 41 osnovne škole i 36 gimnazija, koji su rješavali provjere znanja od 2007. do 2010. godine. Miskoncepcije su identificirane analizom frekvencije odabira odgovora po klasama ukupne uspješnosti učenika na provjeri. Dijagnosticirane miskoncepcije kategorizirane su prema uzrocima njihovog nastanka na one koje nastaju kao posljedica nerazriješenih predkoncepcija iz svakodnevnog života, zbog nerazumijevanja korištenih pojmova, zbog nerazlikovanja značenja istih pojmova u svakodnevno kontekstu i znanosti, kao posljedica primjene pogrešne analogije, kao posljedica nerazumijevanja koncepata iz fizike ili kemije, vezane uz teorije koje više ne vrijede u znanosti, kao posljedica neprimjerene informacije u udžbenicima, kao posljedica neprimjerene informacije nastavnika, zbog nerazumijevanja koncepta, uzrokovane površnim prenošenjem činjenica i sadržaja te nastale uslijed učeničkog antropocentričnog pogleda na svijet. Usporedbe miskoncepcija koje očekuju nastavnici, sakupljenih anketiranjem, s učeničkim miskoncepcijama pokazuju da su nastavnici samo djelomice svjesni problema što upućuje na potrebu daljnjih istraživanja i uključivanja rezultata u edukaciju nastavnika. Jedino se na taj način može uspješnije raditi na uklanjanju miskoncepcija, odnosno sprječavanju njihova nastanka u budućem poučavanju.

Ključne riječi: identifikacija miskoncepcije, biologija, uzroci miskoncepcija, nastavnička predviđanja miskoncepcija

Uvod

U poučavanju učenika sve je važnije razvijati konceptualno razumijevanje (Wood, 2009.) koje je to efikasnije i trajnije od gomilanja nepovezanih pojedinačnih informacija. Često se u provjeravanju učeničkog razumijevanja složenijeg gradiva, otkriva da su njihova tumačenja pogrešna, odnosno da postoje miskoncepcije. Mestre (2001.) ističe da miskoncepcije obuhvaćaju učenička shvaćanja koja nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama bez obzira jesu li rezultat stjecanja znanja prije formalnoga učenja ili su nastale tijekom formiranja koncepata u nastavi. Miskoncepcije možemo prevesti kao krive predodžbe ili pogrešne misaone modele, no kako izraz *miskonceptions* ima vrlo široko značenje, upotreba izvornog termina miskoncepcije izazvat

će najmanje nesuglasica u tumačenju. I dr. sc. Josip Silić (osobna komunikacija, 2011.), ističe da je korištenje izvornog termina u skladu s tumačenjem da riječima treba pristupiti s gledišta značenja koje im je prvobitno pridruženo pa se izraz miskoncepcije, po karakteru internacionalan i u skladu su s jezičnim pravilima, može koristiti bez prevođenja jer bi to za njegovo značenje stvorilo najmanje štete.

Prema Fisheru (1985.) miskoncepcije imaju neke zajedničke osobine:

1. u suprotnosti su sa znanstvenim konceptima
2. postoji tendencija da se iste miskoncepcije često pojavljuju kod većeg broja ljudi
3. miskoncepcije su vrlo otporne na promjenu, a posebice kad se u poučavanju koristi tradicionalna predavačka metoda
4. neke miskoncepcije ponekad uključuju čitave alternativne sustave koji su čvrsto logički povezani i koje učenici često koriste
5. neke miskoncepcije su povijesne, tj. proizlaze iz teorija koje su u znanosti prevladane
6. miskoncepcije mogu nastati kao rezultat automatske obrade jezične strukture bez korekcije smisla, mogu biti posljedicom određenih iskustava koja su obično zajednička većem broju pojedinaca ili nastaju na temelju nastave u školi, odnosno pogrešnim tumačenjem udžbeničkog gradiva ili njegovim pogrešnim razumijevanjem.

U ovom radu pod miskoncepcijama će se podrazumijevati sve učeničke predodžbe ili konstrukti, koji nisu u skladu sa znanstvenim spoznajama, a nastali su prije nastavnog procesa ili kao njegova posljedica. U trenutku kad učenici ulaze u učionicu, imaju neke predkoncepcije, a možda i miskoncepcije u vezi gradiva koje će se obrađivati. Međutim, iz učionice mogu izići s istim ili čak novim miskoncepcijama. Taner i Allen (2005.) ističu da učenički pogrešni odgovori mogu biti najbolji alat u poučavanju i kreiranju uspješnoga učenja i usvajanja znanja koja odgovaraju znanstvenim spoznajama. Važno je da nastavnici budu svjesni postojanja učeničkih predkoncepcija ili miskoncepcija da bi ih uključili u planiranje poučavanja. Kad se od učenika zahtijeva obrazloženje odabranog odgovora na neko pitanje, nije neobično da se, unatoč točno odabranom odgovoru, utvrdi postojanje miskoncepcije. Istraživanja pokazuju da predkoncepcije koje učenici donose u nastavu bitno utječu na usvajanje novih koncepcija (Ausubel, 2000.). Zbog toga u poučavanju s ciljem postizanja konceptualnog razumijevanja treba prvo utvrditi učeničke predkoncepcije, identificirati moguće miskoncepcije koje bi mogle ometati učenje, a potom pružiti mogućnosti za povezivanje starih i novih ideja. Zbog toga Smith i Anderson (1984.) ističu sljedeće ishode učenja u obrazovanju nastavnika: stečena spoznaja o važnosti konceptualnog razumijevanja kod učenja, poznavanje strategija korisnih u postiza-

nju konceptualnih promjena, poznavanje uobičajenih miskoncepcija za važne teme i specifičnih strategija za njihovo prevladavanje, vještine u prilagodbi kurikulumskih materijala na temelju učeničkih predkoncepcija, stečena vještina u dijagnosticiranju učeničkih miskoncepcija, posjedovanje teoretskih znanja, ali i vještina opažanja situacije i prilagođavanja potrebama učenika.

Jedan od postupaka za izradu instrumenata za utvrđivanje konceptualnog razumijevanja i identifikaciju učeničkih miskoncepcija razrađen je u najpoznatijem takvom instrumentu, a to je FCI u fizici (Hestenes i sur., 1992). Isti način primijenjen je i za izradu BCI-a na sveučilištu u Coloradu (Klymotski i Garvin-Doxas, 2008), a sličnom metodologijom koristili su se i još neki autori u pokušajima izrade instrumenata s istim ciljem (Michael, 2010). U izradi se kreće od prikupljanja učeničkih odgovora pitanjima otvorenoga tipa ili intervjuima (Klymotski i Garvin-Doxas, 2008) te anketa učenika (Treagust, 1988). Na osnovu prikupljenih najčešćih učeničkih miskoncepcija treba formirati distraktore za pitanja višestrukoga izbora. Uz pomoć ovakvih instrumenata moguće je ocijeniti koji su koncepti problematični za učenike. Instrumenti tipa BCI imaju i svoja ograničenja jer nije uvijek jasno što mjere i koliko na rezultate može utjecati jezična formulacija pitanja ili pak korištenje određene terminologije u testovima. Posebice je problematično oslanjanje na pitanja koja ponajviše ocjenjuju sadržaj znanja, a ne nužno konceptualno razumijevanje i prirodoslovnu pismenost (Smith, Tanner, 2010), a bez obzira na sve uložene napore, može se postaviti i pitanje definiranja temeljnih koncepata koji su odabrani za izradu instrumenta i koliko oni stvarno obuhvaćaju područje koje želimo ispitati. Uz testove BCI tipa postoje i primjeri korištenja konceptnih mapa, intervju, pojmovnih mreža, Vennovih dijagrama te dvoslojnih ispita. Svi navedeni tipovi instrumenata služe za identifikaciju miskoncepcija (Tüysüz, 2009). Nekoliko dvoslojnih dijagnostičkih testova razvijeno je i opisano u literaturi (Tsui i Treagust, 2009). Osnovna karakteristika ovog instrumenta je da pitanja dolaze u parovima. Prvo pitanje u svakom paru sastoji se od pitanja s pet ponuđenih odgovora (jedan točan i četiri distraktora), dok drugi dio svakoga para sadrži pitanje u kojem se nalazi niz od pet obrazloženja odgovora na prvo pitanje iz para. Dvoslojni dijagnostički instrumenti imaju dvije glavne prednosti, prva je smanjenje mjerne pogreške, a druga ispitivanje dva oblika istoga fenomena jer u prvoj razini omogućuje ispitivanje fenomenološkoga poznavanja koncepata, a u drugoj razini konceptualne domene (Tüysüz, 2009).

Cilj istraživanja bio je utvrditi koje miskoncepcije zamjećuju nastavnici kod učenika koje poučavaju i usporediti ih s učeničkim miskoncepcijama koje su identificirane u provjeri znanja učenika setom odabranih pitanja, uz analizu frekvencije izbora pojedinih distraktora.

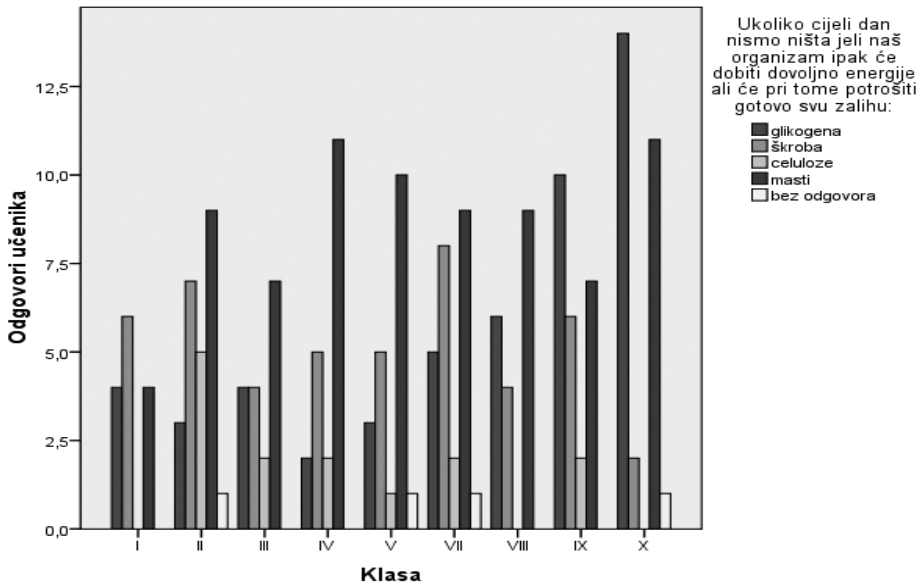
Metode

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Kompetencije učenika u nastavi prirode i biologije* od 2007. do 2010. godine. U ispitivanju je korištena baza pitanja razvijena za ovo istraživanje prema definiranom makrokonceptnom okviru (Lukša, 2011.). Pitanja za bazu KUPIB osmislili su, prema detaljnim uputama, nastavnici na osnovi važećeg programa biologije. Korišteni su tipovi pitanja višestrukog izbora, pitanja tipa T/N u seriji, pitanja sređivanja redoslijeda i sparivanja te pitanja kratkih odgovora. Tijekom školske godine 2009/10. na stručnim vijećima nastavnika biologije u osnovnim i srednjim školama prikupljeni su podaci o tome koje su miskoncepcije u svom radu zapazili kod učenika. Nastavnici su upoznati s predloženim makrokonceptnim okvirom koji je prezentiran u istraživanju i zamoljeni su da na osnovu njega pokušaju navesti probleme koji se kod učenika javljaju s usvajanjem koncepata i miskoncepcijama na onoj razini sustava na kojoj pojedini nastavnici rade. Podaci su prikupljeni preko voditelja stručnih vijeća.

Obuhvaćene su škole iz različitih sredina, od seoskih do škola u gradovima, na području cijele Hrvatske. U osnovnoj školi u istraživanju je sudjelovalo 382 učenika četvrtog, 1278 učenika petog, 1302 učenika šestog, 1401 učenik sedmog i 1541 učenik osmog razreda. U gimnazijama je ispitano 706 učenika prvog, 826 drugog, 712 trećeg i 544 učenika četvrtog razreda. Ostvarena je ravnomjerna zastupljenost ispitanika prema spolu jer je sudjelovalo 4085 dječaka i 4606 djevojčica, a ukupni je uzorak obuhvatio 8691 učenika iz 41 osnovne škole i 36 gimnazija.

Glavno ispitivanje provedeno je u nekoliko faza od 2008. do 2010. godine pomoću sustava za on-line testiranje *Ampyx* (www.ampyx.org) i stranice *Provjerimo svoje znanje iz biologije* u MoD sustavu kojem se pristupa korištenjem elektroničkog identiteta AAI@EduHR na stranicama Sveučilišnog računskog centra Sveučilišta u Zagrebu (SRCE, <http://mod.srce.hr/>). Zadatke za provjeru znanja izradili suiskusni učitelji i nastavnici i to za ispitivanje gradiva razreda u kojima predaju.

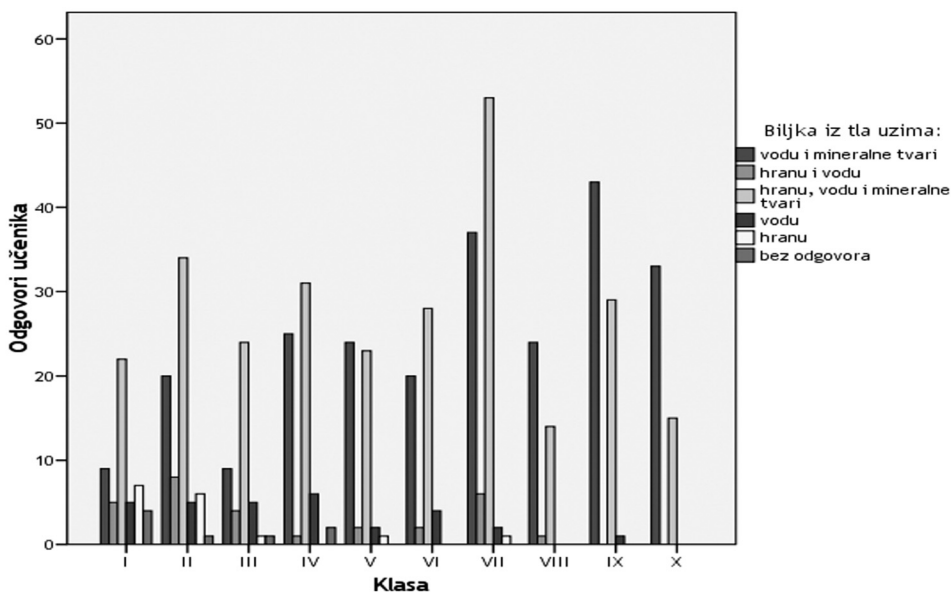
Baza pitanja sadržavala je 1531 pitanje, a svaki je učenik odgovarao na 24 pitanja koja je prema konceptualnom ključu iz baze odabrao on-line sustav testiranja. Budući da su pitanja sastavljali nastavnici praktičari, oblikovali su pitanja onako kako inače ispituju učenike, a korišteni distraktori odraz su njihovog iskustva i poznavanja problema s kojima se učenici susreću u stvarnoj nastavi. Stoga tek dio pitanja sadrži distraktore oblikovane prema čestim netočnim odgovorima učenika, a samo dio dobivenih pitanja stvarno provjerava konceptualno razumijevanje. Smith i Tanner (2010) ističu da u svakom instrumentu, pa i kod BCI, bez obzira na sve uložene napore, ostaje dvojbena koliko neka od pitanja stvarno ukazuju na konceptualno razumijevanje. Treba naglasiti da se miskoncepcije u pitanjima mogu prepoznati kad je



Slika 1. Prikaz frekvencija odabira odgovora prema klasama ukupne uspješnosti na testu za učenike 1. razreda gimnazije koji ukazuje na postojanje miskoncepcije (*ako cijeli dan ništa ne jedemo, izgubit će se naše zalihe masti*): distraktor *masti* biraju učenici u svim klasama u velikom udjelu

uočljiva i podjednaka dominacija odabira distraktora u svim klasama ispitanika, ali samo kod pitanja koja provjeravaju konceptualno razumijevanje. Zbog toga se nakon kvalitativne analize, samo dio pitanja iz ukupnog instrumenta pokazao dovoljno dobrim i upotrebljivim za utvrđivanje eventualnih miskoncepcija. Treba naglasiti da se miskoncepcije u takvim pitanjima mogu prepoznati kad je uočljiva podjednaka dominacija odabira distraktora u svim klasama i samo kod onih pitanja koja su konceptualno postavljena, odnosno provjeravaju konceptualno znanje. To je u skladu s tvrdnjom da se iste miskoncepcije pojavljuju kod većeg broja ljudi u potpuno različitim skupinama koje su poučavane u različitim situacijama ili školskim sustavima (Fisher, 1985.; Klymotski i Garvin-Doxas, 2008).

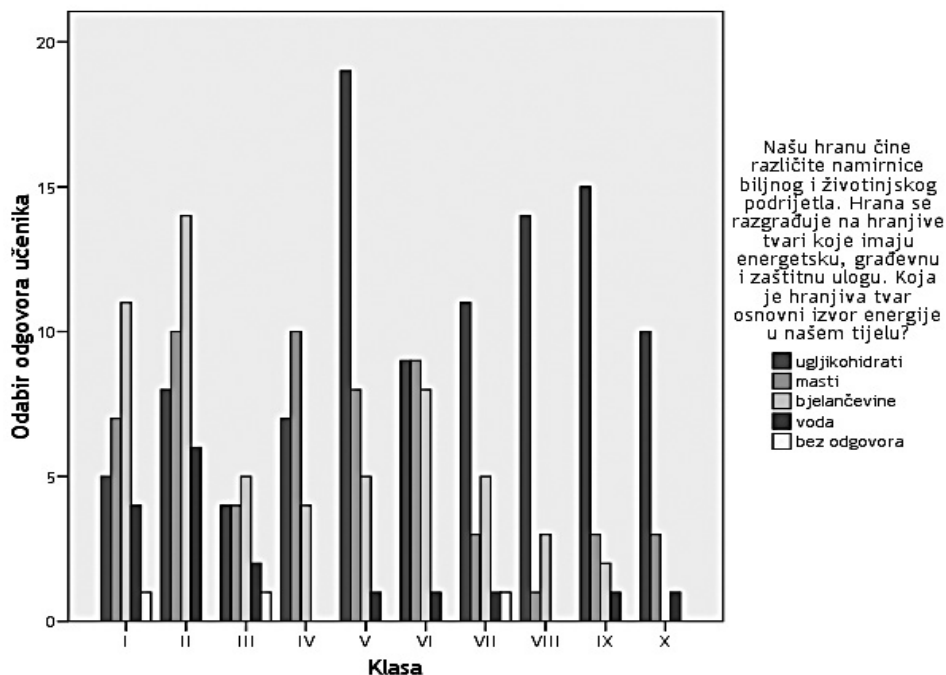
Navedeni autori miskoncepcije su identificirali na osnovu kvalitativne analize pitanja dok je u ovom istraživanju dodatno provedena analiza frekvencije odabira odgovora učenika prema klasama ukupne uspješnosti rješavanja provjere kako bi s većom sigurnošću mogli identificirati miskoncepcije. Ukoliko je neki distraktor odabran podjednako kod svih skupina učenika prema ukupnoj uspješnosti, uključujući klase učenika koji su ukupno slabo riješili test, ali i klase učenika koji su bili vrlo



Slika 2. Prikaz frekvencija odabira odgovora prema klasama ukupne uspješnosti na testu za učenike 5. razreda OŠ koji ukazuje na postojanje miskoncepcije (*biljka iz tla uzima hranjive tvari*): distraktor *hranu, vodu i mineralne tvari* najčešće je biran u klasama od I do VII, a čak i u klasama najboljih učenika značajno je zastupljen; ostale distraktore gotovo isključivo izabiru učenici slabijeg uspjeha što ukazuje na njihovo neznanje

uspješni na ukupnom testu, možemo govoriti o problemu pri učenju ili mogućem postojanju miskoncepcije, a ne samo neznanju. Na slikama 1. i 2. Prikazani su primjeri frekvencije odabira odgovora za pitanja kod kojih je moguće identificirati miskoncepcije, a slika 3. pokazuje primjer gdje to nije bilo moguće. Analiza frekvencije odabira odgovora prema klasama ukupne uspješnosti χ^2 testom očekivano pokazuje statistički značajne razlike između pojedinih klasa učenika pa su analizirani samo rezultati koji od toga odstupaju. Izostanak statistički značajne razlike između različitih klasa i odabira odgovora učenika potvrđuje postojanje problema u razumijevanju gradiva ili miskoncepcije.

Klase učenika definirane su na osnovu decilnih vrijednosti postignutog uspjeha učenika u rješavanju provjere znanja za svaki razred. Podjela učenika u klase prema ukupnoj uspješnosti za sve razrede prikazana je u tablici 1. Može se uočiti da i najbolji učenici u svim razredima postižu relativno nisku uspješnost. Raspon postignute uspješnosti u najvišoj klasi kreće se od 72% kod učenika četvrtog razreda osnovne škole, do najniže 57% u četvrtom razredu gimnazije.



Slika 3. Prikaz frekvencija odabira odgovora prema klasama ukupne uspješnosti na testu za učenike 8. razreda OŠ koji provjerava reproduktivno znanje i ne može se koristiti za utvrđivanje miskoncepcije: točan odgovor biraju u većem broju uspješniji učenici, a distraktori su birani u manjem obimu; izbor distraktora *masti* i *bjelančevine* češće je biran od učenika slabije uspješnosti što ukazuje na njihovo neznanje

Tablica 1. Podjela učenika u decilima prema ukupnoj uspješnosti

razredi	4. OŠ	5. OŠ	6. OŠ	7. OŠ	8. OŠ	1. gim	2. gim	3. gim	4. gim
decili	Uspješnosti rješavanja provjere (%)								
10	33,33	20,83	20,83	25,00	29,17	29,17	26,92	26,92	22,86
20	38,89	25,00	25,00	29,17	33,33	33,33	32,00	31,43	25,71
30	50,00	33,33	29,17	33,33	37,50	37,50	36,00	36,00	31,43
40	50,00	37,50	33,33	37,50	41,67	41,67	40,00	40,00	31,43
50	55,56	41,67	37,50	41,67	45,83	45,83	43,74	43,74	34,29
60	61,11	45,83	41,67	45,83	50,00	50,00	46,15	46,15	37,14
70	61,11	50,00	45,83	50,00	54,17	53,85	48,15	49,08	40,00
80	66,67	54,17	54,17	54,17	58,33	58,33	52,00	52,17	51,43
90	77,78	62,50	62,50	62,50	66,67	66,67	59,26	59,26	57,14

Rezultati

Premda pitanja u bazi ispitnih zadataka nisu specijalno konstruirana za identifikaciju miskoncepcija, primijenjena je metodologija omogućila njihovu identifikaciju. Pitanja su sastavljali nastavnici iz prakse i pokazalo se da često pri oblikovanju distraktora, premda uglavnom nesvjesno, koriste miskoncepcije koje susreću kod učenika. Analiza frekvencije odabira odgovora prema klasama ukupne uspješnosti pokazala se kao dobar indikator za izdvajanje miskoncepcija. Miskoncepcije identificirane u ovom istraživanju nakon kvalitativne analize podijeljene su u nekoliko kategorijana osnovu pretpostavljenog razloga utjecaja na njihovo nastajanje uz sistematizirane literaturne izvore:

- (A) prenošenjem predkonceptija iz svakodnevnog života (Fisheru, 1985.)
- (B) zbog nerazumijevanja korištenih pojmova u nastavi (Barrass, 1984; Fisheru, 1985.)
- (C) zbog nerazlikovanja značenja istih pojmova u kontekstu svakodnevnog govora i znanosti (semantičko nerazumijevanje)(Barrass, 1984; Fisheru, 1985.)
- (D) kao posljedica nerazumijevanja konceptata iz fizike ili kemije
- (E) kao posljedica neprimjerene informacije nastavnika (ponekad u pokušajima da se neke spoznaje pojednostave do razine razumljive učenicima ili postojanja miskoncepcija kod nastavnika)(Barrass, 1984; Fisheru, 1985.)
- (F) kao posljedica primjene pogrešne analogije ili njenim površnim prenošenjem
- (G) zbog neostvarenog konceptualnog razumijevanja pri prenošenju činjenica u sadržajno usmjerenoj nastavi
- (H) kao posljedica učeničkog antropocentričnog pogleda na svijet (Tamir i Zohar, 1993)
- (I) kao posljedica neprimjerene informacije u udžbenicima (Michael, 2010; Barrass, 1984)
- (J) vezano uz teorije koje više ne vrijede u znanosti (Baumgartner i Duncan, 2009)

Pokušaj sistematizacije miskoncepcija i problema identificiranih u ovom istraživanju prema razlozima njihova stvaranja prikazan je u tablici2. pri čemu su označeni razredi u kojima je identificirana pojedina miskoncepcija. Važno je napomenuti da u nekim razredima nisu utvrđene miskoncepcije poglavito iz razloga što nisu korištena adekvatna pitanja, a ne zato što one ne postoje. U daljnjem bi istraživanju bilo zanimljivo provjeriti postojanje navedenih miskoncepcija u svim razredima i uz korištenje različitih specijaliziranih metoda njihove detekcije, te istražiti mijenjaju li se već utvrđene miskoncepcije u različitim razredima tijekom školovanja.

Tablica 2. Popis miskoncepcija identificiranih istraživanjem po skupinama - ovisno o uzrocima nastanka i prema razredima u kojima su identificirane

* A - iz svakodnevnog života ; B - nerazumijevanje pojma; C- jezično brkanje pojmova iz života i znanosti (semantičko značenje); D - vezano uz nerazumijevanje kemije ili fizike; E- kao posljedica neprimjerene informacije nastavnika; F - kao posljedica primjene pogrešne analogije ili njenim površnim prenošenjem;G - nerazumijevanje koncepta kao posljedica sadržajne usmjerenosti na činjenice; H- antropocentrizam; I –udžbenik; J – teorije koje više ne vrijede u znanosti

*	Identificirane miskoncepcije	razredi u kojima su identificirane pojedine miskoncepcije												
		r. osnovne škole					r. gimnazije							
		4	5	6	7	8	1	2	3	4				
A F	spavanje daje energiju našem organizmu	+												
A I	vitamini se u našem organizmu koriste kao izvor energije		+				+							
A	antibiotici se koriste za liječenje virusnih bolesti							+						
AHI	pijetao kukurice da nam javi da je dan	+												
A	porođaj završava porodom djeteta												+	
A	ako cijeli dan ništa ne jedemo, izgubit će se naše zalihe masti								+				+	
A D	kad imamo povišenu temperaturu, treba piti vrući čaj - nerazumijevanje koncepta regulacije tjelesne temperature	+	+										+	+
A	od svih virusnih bolesti možemo se zaštititi cijepljenjem									+				
A	vitamini i smanjenje tjelesne aktivnosti jačaju imunitet									+				
AIE	pticama je zimi hladno pa zato sele na jug		+											
AGF	funkcija bubrega je samo izlučivanja otrovnih tvari iz organizma							+					+	
A G	zelena boja poistovjećuje se s organizmima koji su proizvođači (pr. zelena plijesan)				+	+								
A G B	osnova za razlikovanje biljaka i životinja su različiti načini disanja i razmnožavanja	+												

A G I	korijen uvijek raste dolje, a stabljika gore, pa i u svemiru (bez razumijevanja zašto)		+						
A G	ovulacija se uvijek događa na sredini ciklusa					+		+	+
A G	ovulacija je uvijek 14. dan ciklusa					+		+	+
B	nacionalni cvijet je onaj kojeg ima najviše oko nas	+							
B	plod biljkama služi za oprašivanje					+			
B	biljke imaju koristi od životinja jer se uz pomoć njih razmnožavaju	+							
B	hormone luče žlijezde s vanjskim izlučivanjem					+			
CGI	biljka iz tla uzima hranjive tvari					+			
C G	u barama se nalazi „nečista“ voda, pa čista voda smeta za razvoj punoglavaca	+							
C G	biljke za fotosintezu trebaju i hranjive tvari	+							
D G	širenje tinte u vodi je osmoza (nerazumijevanje osmoze i difuzije na primjerima ponašanja stanica)		+				+		
D G	energija u živim sustavima kruži					+			+
D G	toplinska energija je oblik u kojem je energija pohranjena u organizmima				+				
E G	za djelovanje enzima važan je njihov sastav, a ne oblik						+		
F G	u građi kromosoma dolazi i RNA						+		
G C	poistovjećivanje cvijeta i biljke	+							
G	bjelančevine izgrađuju gene						+		
GF	aminokiseline određuju raznolikost živoga svijeta						+		
G	uloga enzima je da daju energiju						+		
G C	biljke za proizvodnju hrane koriste kisik	+	+						
G	kisik je u fotosintezi reaktant		+						
G	biljke noću stvaraju škrob		+						
G I	biljke dišu samo noću		+						

G	redosljed razgradnje hrane u našem probavnom sustavu: tjestenina – ulje – meso					+				+
G B	izvor energije za kemoautotrofe su organski spojevi								+	+
G	za proces glikolize potreban je kisik									+
G	kisik se troši u svim procesima u mitohondriju									+
G D	višak energije u biljci pohranjuje se u klorofilu i kloroplastima									+
GF	kisik u fotosintezi nastaje iz ugljikova dioksida		+							+
G	nerazumijevanje hranidbenih lanaca i odnosa članova lanca i njihove brojnosti		+	+						+
G	nerazumijevanje i nepovezivanje ciklusa razvoja organizama i promjena u prirodi					+				
G	brojnost članova u ekosustavu pokazuje hranidbeni lanac, a ne hranidbena piramida		+	+						+
G J	punoglavcima u akvariju ne rastu noge jer nemaju gdje skakati	+								+
GJF	mutacije se javljaju kako bi udovoljile potrebama organizama									+
G J	promjene oblika i veličine kljunova dogodile su se zbog njihove potrebe da jedu različitu vrstu hrane kako bi preživjele									+
G J	gušteri su se trebali promijeniti kako bi preživjeli i na taj se način razvijaju nova korisna svojstva									+
G	prije pojave mejoze u evoluciji nije bilo genetičke raznolikosti								+	
G	mejoza je nužna za nastanak svih živih bića					+				
G	mejoza je neophodna za rast i razvitak organizma					+	+			
IEG	mejoza je dioba spolnih stanica					+	+			+
G	virusi nemaju jezgru								+	
G	za klijanje nije potreban zrak		+							

Razmnožavanje	
<ul style="list-style-type: none"> – ne razlikuju mitozu i mejozu – <u>ne razlikuju broj kromosoma u tjelesnim i spolnim stanicama</u> – ne povezuju mitozu i mejozu s tjelesnim i spolnim st. – smatraju da je roditelj kod nespolnog razmnožavanja muškog ili ženskog roda – ne razumiju uzroke menstruacije i ne razlikuju menstruaciju od faza menstrualnoga ciklusa 	<ul style="list-style-type: none"> – miješaju pojmove oprašivanje i oplodnja – ne razumiju izmjenu generacija kod algi i gljiva – miješaju pojmove sporofit, sporangij, spora (spora kod bakterija i gljiva) – <u>smatraju da se kromosomi udvostručuju u mitozu</u>
Ravnoteža	
<ul style="list-style-type: none"> – imaju krive predodžbe o korisnosti kukaca koji održavaju prirodnu ravnotežu – shvaćaju ekologiju kao zaštitu okoliša – <u>ne razlikuju pojmove hranidbeni lanac i mreža</u> – <u>ne razlikuju pojmove difuzija i osmoza</u> – ne razumiju hranjivu vrijednosti namirnica – ne poimaju dugoročne posljedice ljudskog djelovanja 	<ul style="list-style-type: none"> – <u>miješaju hranidbeni lanac i hranidbenu mrežu</u> – <u>ne razlikuju difuziju i osmozu</u> – ne razlikuju središnje i periferne organe imunološkog sustava
Meduovisnost	
<ul style="list-style-type: none"> – pogrešno koriste pojmove osjet-osjetilo – teško povezuju živu i neživu prirodu – ne razumiju pojam životni uvjeti – ne povezuju biologiju sa svakodnevnim životom – imaju krivu predodžbu o čovjekovu utjecaju na okoliš i ideju da čovjek ne može puno toga promijeniti – ne razlikuju ulogu simpatikusa i parasimpatikusa 	<ul style="list-style-type: none"> – ne povezuju pojmove unutar ekologije (eutrofikacija, biološka ravnoteža, globalne promjene...) – ne razlikuju simbiozu u odnosu na mutualizam

Raznolikost	
<ul style="list-style-type: none"> – <u>smatraju da prilagodba nastaje nastojanjem jedinki</u> – smatraju da su praživotinje dinosauri – smatraju da su koralji i spužve biljke, da je dupin riba – smatraju da je šišmiš ptica, da je pingvin sisavac – smatraju da je evolucija sada gotova – misle da su sve bakterije uzročnici bolesti – <u>imaju poteškoće u prepoznavanju prilagodbi</u> 	<ul style="list-style-type: none"> – smatraju da su modifikacije nasljedne – <u>tvrde da prilagodba nastaje nastojanjem jedinke</u> – miješaju razine organizacije sa sistematikom

Uočava se da nastavnici uviđaju brojne probleme s kojima se susreću učenici ali neki od njih samo su odraz neznanja učenika, a ne i miskoncepcije (npr. miješaju pojmove populacije i životne zajednice, ne znaju definirati organele). Ipak kod utvrđenih miskoncepcija uočena je velika podudarnost kod učenika u osnovnoj školi i u gimnaziji, što potvrđuje njihovu trajnost i tvrdokornost te ukazuje na zahtjevnost njihova ispravljanja.

Zanimljivo je usporediti kako se pojedina očekivanja podudaraju kod nastavnika osnovne škole i gimnazije što govori u prilog trajnosti miskoncepcija. Od učeničkih miskoncepcija utvrđenih ovim istraživanjem nastavnici su prepoznali samo dio (tablica 4.).

Tablica 4. Podudaranje zapažanja nastavnika o miskoncepcijama učenika i stvarno identificirane miskoncepcije učenika

Miskoncepcije učenika	Problemi koje su uočili nastavnici (podcrtani se pojavljuju i u osnovnoj školi i u gimnaziji)
Ustrojstvo živih bića	
– biljka iz tla uzima hranjive tvari	korijen iz zemlje upija hranjive tvari
Energija	
<ul style="list-style-type: none"> – biljke za fotosintezu trebaju i hranjive tvari – energija u živim sustavima kruži – biljke za proizvodnju hrane koriste kisik – kisik je u fotosintezi reaktant – biljke dišu samo noću – kisik u fotosintezi nastaje iz ugljikova dioksida 	<ul style="list-style-type: none"> – <u>smatraju da biljke udišu ugljikov dioksid, a izdišu kisik</u> – <u>usvojeni pojmovi bez razumijevanja (glikoliza, vrenje, stanično disanje, Krebsov ciklus, dišni lanac)</u> – <u>ne razumiju nastanak šećera iz vode i CO₂</u> – <u>biološka oksidacija usvojena, ali ne i njezina svrha</u>

Razmnožavanje	
– plod biljkama služi za oprašivanje	– miješaju pojmove oprašivanje i oplodnja
Ravnoteža	
– nerazumijevanje hranidbenih lanaca i odnosa članova lanca i njihove brojnosti	– ne razlikuju pojmove hranidbeni lanac i mreža
– brojnost članova u ekosustavu pokazuje hranidbeni lanac, a ne hranidbena piramida	– miješaju hranidbeni lanac i hranidbenu mrežu
Raznolikost	
– mutacije se javljaju kako bi udovoljile potrebama organizama	– tvrde da prilagodba nastaje nastojanjem jedinke
	– smatraju da prilagodba nastaje nastajanjem jedinki
	– imaju poteškoće u prepoznavanju prilagodbi

Rasprava

Podjela identificiranih miskoncepcija i njihovi uzroci

Šesnaest identificiranih miskoncepcija u istraživanju pripada skupini nastalih iz iskustva svakodnevnog života. Neke od njih česte su i kod odraslih osoba koje ih prenose na djecu (Hewson i Hewson, 1983.), npr. *spavanje daje energiju našem organizmu, kad imamo povišenu temperaturu, treba piti vrući čaj, od svih virusnih bolesti može se zaštititi cijepljenjem*. Korištenja ovakvih fraza ili priča u svakodnevnom životu kao uzrok miskoncepcija opisuju i drugi autori u svojim istraživanjima (Yip, 1998). U ovu skupinu pripada i miskoncepcija *pijetao kukuriče da nam javi da je dan*. Kod ove miskoncepcije može se govoriti i o posljedicama antropocentričnog pogleda na svijet prema kojem djeca često doživljavaju i određuju svijet po sebi. Ovaj tip miskoncepcija uočavaju i Tibell i Rundgren (2010.). I nastavnici u nekim slučajevima doprinose razvoju ovog tipa miskoncepcija korištenjem analogija, npr. mitohondriji se uspoređuju s elektranama ili se djelovanje antitijela na infektivne čestice povezuje s ljudskim osobinama ili dobrim i lošim namjerama. Te strategije kod nekih učenika mogu pridonijeti konstruiranju antropomorfnih prikaza bioloških pojava i procesa. Tamir i Zohar (1993.) navode primjer kako učenici često zamišljaju da stanica „zna“ što treba poduzeti, što primiti, a što izlučiti.

Miskoncepcija *pticama je zimi hladno pa zato sele na jug* ukazuje na mogućnost da uzrok njenog stvaranja može biti informacija u udžbenicima u kojima često stoji da je zimi hladno i ptice sele u toplije krajeve, što dovodi do nerazumijevanja stvarnog razloga selidbe ptica. Ali ta se rečenica često čuje u svakodnevnom životu,

ponekad je koriste i sami nastavnici bez objašnjenja stvarnih razloga selidbe ptica. I uzrok miskoncepcije *biljke dišu samo noću* može se pripisati slikama u mnogim udžbenicima na kojima je prikazano kako biljke danju obavljaju fotosintezu, a noću dišu. Korištenje neadekvatnog vizualnog materijala ili njegova neadekvatna prezentacija može biti izvor problema jer učenici stilizirane slike doživljavaju kao realan prikaz strukture i reprodukciju realnosti (Harrison i Treagust, 2000.). Učenici ponekad tumače dijagrame kao realan, a ne kao shematski prikaz. Neki autori ističu da animacije mogu uzrokovati kognitivna preopterećenja učenika ili dovesti do miskoncepcija (Tasker i Dalton, 2006.). Druge studije pak pokazuju dobre rezultate s korištenjem animacija za vizualizaciju i prikaz dinamičkih procesa (Tibell i Rundgren, 2010.). Jasno je da vizualizacija igra važnu ulogu, ali neadekvatna primjena ili neprilagođeno i nedostatno objašnjenje može dovesti i do stvaranja miskoncepcija. Važno je uzeti u obzir dizajn i povezanost s ciljevima učenja, kao i predznanja učenika kojima je neka vizualizacija namijenjena. Upravo vizualizaciju kao jedan od čestih uzroka stvaranja miskoncepcija u molekularnoj biologiji navode Tibell i Rundgren (2010.). Kao način prevladavanja takvog negativnog utjecaja ovi autori navode suradnju znanstvenika, nastavnika, istraživača obrazovanja, lingvista i psihologa kako bi se utvrdile strategije za uporabu adekvatnih vizualizacija. Dikmeneli i suradnici (2009.) navode da su udžbenici često izvori miskoncepcija pa su tako u turskim udžbenicima za osnovne škole utvrdili niz pogrešaka tipa preopćenitih generalizacija, prevelikih pojednostavljenja, zastarjelih koncepata i pojmova koji značajno utječu na stvaranje učeničkih miskoncepcija. I sami nastavnici imaju miskoncepcije koje prenose učenicima, kao što pokazuju istraživanja Abd-El-Khalicka i Ledermana (2000.). U Hrvatskoj nije provedeno ni jedno istraživanje ovog tipa, a bilo bi zanimljivo vidjeti kakve su miskoncepcije studenata završnih godina nastavnčkih studija pa i samih nastavnika te istražiti slikovne materijale koji se koriste u udžbenicima iz biologije i njihovu stvarnu ulogu u učenju i provesti ukupnu analizu udžbenika glede njihove uloge u stvaranju učeničkih miskoncepcija.

Zasebnu skupinu miskoncepcija čine one za koje se može pretpostaviti da nastaju zbog nerazumijevanja korištenih pojmova. Takav primjer je miskoncepcija *nacionalni cvijet je onaj kojeg ima najviše oko nas* pri čemu rezultati istraživanja pokazuju da učenici ne razumiju pojam *nacionalni*. U ovu skupinu spada i miskoncepcija *plod biljkama služi za oprašivanje* jer većina učenika četvrtog razreda osnovne škole ne razlikuje pojmove *oprašivanje* i *rasprostranjivanje* biljaka. Miskoncepcije koje nastaju zbog zbunjenosti učenika sličnim nazivima opisao je i Bahar (2003.) npr. *homologni*, *homozigoti* i *hemizigoti*, dok neki autori navode kako ih zbunjuje postojanje sinonima i zastarjele terminologije (Tibell i Rundgren, 2010.; Tamir i Zohar, 1993.).

Mogu se izdvojiti i miskoncepcije u kojima učenici ne razlikuju značenja pojmova u svakodnevnom kontekstu i znanosti, npr. *biljka iz tla uzima hranjive tvari ili u barama se nalazi „nečista“ voda, pa čista voda smeta za razvoj punoglavaca*. U prvom slučaju radi se o nerazumijevanju značenja *hranjivih tvari*, a u drugom značenju riječi *čista* ili *nečista* voda. Ovi primjeri skreću nam pozornost na to kako bi trebalo uvijek provjeriti što učenici podrazumijevaju pod određenim pojmom koji upotrebljavaju posebice kada isti pojmovi imaju različito značenje u svakodnevnom životu i znanosti. Na miskoncepcije koje nastaju zbog toga upozoravaju i Tibell i Rundgren (2010). Iako ovi zaključci zahtijevaju pornije daljnje istraživanje, vrlo je važno na njih skrenuti pozornost nastavnicima.

Dio identificiranih miskoncepcija u ovom istraživanju može se povezati s učeničkim nedovoljnim poznavanjem drugih područja, najčešće fizike i kemije. Npr. *energija u živim sustavima kruži, širenje tinte u vodi je osmoza, nerazumijevanje osmoze i difuzije na primjerima ponašanja stanica u različitim otopinama*. U svim navedenim primjerima jasno je da učenici nisu usvojili potrebne koncepte vezane uz fiziku pa nema njihove primjene ni u biologiji. Ovaj tip miskoncepcija u svom istraživanju navode i Oliveira sa suradnicima (2003.) na primjerima vezanim uz dobivanje i pretvorbu energije.

Miskoncepcija *punoglavcima u akvariju ne rastu noge jer ionako nemaju gdje skakati* pokazala je izuzetnu otpornost na promjene. Ova miskoncepcija odgovara Lamarkovoj teoriji evolucije koja je odbačena u znanosti. Ona se ipak pojavljuje već kod učenika u četvrtom razredu osnovne škole i ne mijenja se, bez obzira na poučavanje biologije, sve do četvrtog razreda gimnazije (*mutacije se javljaju kako bi udovoljile potrebama organizama, promjene oblika i veličine kljunova dogodile su se zbog njihove potrebe da jedu različitu vrstu hrane kako bi preživjele, gušteri su se trebali promijeniti kako bi preživjeli i na taj se način razvijaju nova korisna svojstva*). Pojava *lamarkizma* nije specifična samo za učenike u Hrvatskoj već je opisana u radovima Baumgartnera i Duncana (2009.).

Dio miskoncepcija jasno ukazuje na potpuno učeničko nerazumijevanje koncepta, ali razlozi bi se tek trebali detaljnije ispitati npr. *kisik u fotosintezi nastaje iz ugljikova dioksida, bjelančevine izgrađuju gene, mejoza je nužna za nastanak svih živih bića, virusi nemaju jezgru* i sl. Stoga bi rezultati istraživanja trebali poslužiti kao podloga za daljnje ispitivanje miskoncepcija kod učenika kako bi se utvrdili uzroci njihova stvaranja i učinkovite mjere za njihovo sprečavanje ili pak smanjivanje.

Ovo je istraživanje potvrdilo trajnost miskoncepcija na nizu primjera pase miskoncepcije koje se pojavljuju u osnovnoj školi ne mijenjaju do gimnazije, npr. miskoncepcije vezane uz razlikovanje difuzije i osmoze (*širenje tinte u vodi je osmoza*) u petom razredu osnovne škole, ali i prvom razredu gimnazije. Otpornost miskon-

cepcija dokazana je i na primjeru evolucije. Za učenike je lamarkizam vrlo čvrsto ukorijenjena miskoncepcija koja ostaje i kod učenika četvrtog razreda gimnazije. Takav rezultat ukazuje na potrebu promjene pristupa poučavanju kako bi se smanjio broj miskoncepcija, što se u ovom slučaju nije dogodilo. To bi moglo ukazivati na nedovoljno učinkovite metode poučavanja, odnosno općenito slabu primjenu strategija i tehnika aktivnog učenja u nastavi, kao i rijetko korištenje istraživačkog učenja koje različiti autori ističu kao najučinkovitiju strategiju za prevladavanje miskoncepcija (NCES, 2004.; Mestre, 2001.). Učenike treba izložiti situaciji u kojoj ih njihove predkoncepcije ne mogu zadovoljiti, što uzrokuje kognitivno nezadovoljstvo, koje će otvoriti put izgradnji novih koncepcija. Novi koncepti, prezentirani u toj situaciji moraju biti razumljiviji, uvjerljiviji i plodonosniji kako bi došlo do konceptualne promjene (Strike i Posner, 1985.).

Poseban problem, uočen u istraživanju je nerazlikovanje konceptualne razine na kojoj tražimo da učenici razumiju pojedini koncept u različitim razredima. Prema pitanjima koja su sastavljali nastavnici čini se kao da očekuju usvojenost pojedinih koncepata na jednak način na posve različitim razinama učenja tj. u različitim dobnim skupinama. Tako npr. kod *koncepta osmoze*, za koji Odom i Kelly (2000.) također utvrđuju uporne učeničke miskoncepcije, isti se problem pokazuje u više razreda i možda je rezultat neprimjerenosti koncepta osmoze razvojnim sposobnostima učenika pojedinih dobnih skupina. Stoga bi svakako trebalo razmisliti o revidiranju postojećih nastavnih programa i definiranju onoga što se od učenika na pojedinoj razini školovanja očekuje.

Usporedba zapažanja nastavnika o usvojenosti koncepata i postojanju miskoncepcija s rezultatima ispitivanja učenika

Usporedba miskoncepcija identificiranih u ovom istraživanju s iskustvima nastavnika pokazuje da oni spominju neke od učeničkih miskoncepcija, npr. *da biljka upija hranjive tvari iz tla*, što znači da su svjesni postojanja dijela miskoncepcija učenika. No, u nekim primjerima može se uočiti da su nastavnici zamijetili postojanje problema s usvajanjem određenog koncepta, npr. problem razumijevanja kemo- i foto-autotrofije ili pak probleme s razlikovanjem mitoze i mejoze, ali nisu definirali konkretne miskoncepcije. Kako su istraživanja različitih autora dokazala da već usvojeni koncepti učenika imaju značajan utjecaj na učeničko razumijevanje novih koncepata, a već usvojene miskoncepcije vrlo se teško ili čak nikako mijenjaju, posebice tradicionalnim načinima poučavanja (Fisher, 1985.) važno je spriječiti njihovo stvaranje i nastajanje, posebice u ranim fazama učenja. Modell i suradnici (2005.) naglašavaju da samo nastavnici koji poznaju miskoncepcije s kojima se suočavaju njihovi učenici mogu pomoći učenicima da ih odbace i zamijene ispravnim konceptima.

Zaključci

Dijagnosticirane miskoncepcije podijeljene su prema uzrocima stvaranja na mi-skoncepcije koje nastaju kao rezultat iskustava iz svakodnevnoga života učenika, zbog nerazumijevanja značenja i jezičnoga nesklada pojmova iz života i znanosti, koje su povezane s nerazumijevanjem koncepata iz kemije ili fizike, nastaju kao posljedica sadržajne usmjerenosti na činjenice i površnog usvajanja činjenica bez konceptualnog razumijevanja te kao posljedica antropocentrizma. Usporedbom mi-skoncepcija koje kod učenika očekuju nastavnici s miskoncepcijama koje su identifi-cirane u ispitivanju učenika može se zaključiti da su nastavnici svjesni dijela proble-ma, ali ipak nedovoljno poznaju miskoncepcije koje se javljaju kod učenika. Ovakvo stanje ukazuje na potrebu daljnjih istraživanja i edukaciju nastavnika o miskoncep-cijama, jer se jedino na taj način može uspješnije raditi na njihovom uklanjanju ili smanjenju.

Literatura

- Ausubel, D.P. (2000.). The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Abd-El-Khalick F, Lederman NG (2000) Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *Int J Sci Edu* 22: 665–670
- Bahar, M. (2003.). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Science* 3, 55-64.
- Barrass, R. (1984.). Some Misconceptions and Misunderstandings Perpetuated by Teachers and Textbooks of Biology. *Journal Of Biology Education* 18: 201-205.
- Baumgartner, E., Duncan, K. (2009.). Evolution of Students' Ideas About Natural Selection Through a Constructivist Framework. *The American Biology Teacher*. 71(4), 218-227.
- Dikmenli, M., Çardak, O., Öztas, F. (2009.). Conceptual Problems in Biology-Related Topics in Primary Science and Technology Textbooks in Turkey *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(4), 429-440.
- Fisher, K. (1985.). A Misconception in Biology: Amino Acids and Translation. *Journal Of Research In Science Teaching*, 22, 53-62.
- Harrison, A.G., Treagust, D.F. (2000.). A typology of school science models. *Int. J. Sci. Educ.* 22, 1011–1026.
- Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992.). Force concept inventory. *Physics Teach.* 30(3), 141–158.
- Hewson, M.G., Hewson, P.W. (1983.). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*. 20(8), 731-743.
- Klymkowsky, M.W., Garvin-Doxas, K. (2008.). Recognizing student misconceptions through Ed's tools and the biology concept inventory. *PLoS Biol.* 6, e3. www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.0060003 preuzeto 25. 2. 2011.

- Lukša, Ž. (2011.). Učeničko razumijevanje i usvojenost osnovnih koncepata u biologiji. Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Doktorska disertacija.
- Mestre, J. (2001.). Cognitive aspects of learning and teaching. National science foundation (NSF):80-94.
- Michael, J. (2010.). From Misconceptions to Concepts, <http://bioliteracy.colorado.edu/>, preuzeto 20. 11. 2010.
- Modell, H., Michael, J., Wenderoth, M.P. (2005.). Helping the learner to learn: the role of uncovering misconceptions. *The American Biology Teacher* 67, 20-26.
- National Center for Education Statistics (2004.). Highlights from the Trends in International Math and Science Study (TIMSS). <http://nces.ed.gov/>, preuzeto 1. 3. 2010.
- Odom, A., Kelly, P. (2000.). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education*, 85(6), 615 – 635.
- Olivera, G.A., Sousa, C.R., Da Poian, A. T., Luz, M.R.M.P. (2003.). Students misconception about energy-yielding metabolism: glucose as the sole metabolic fuel. *Adv. Physiol. Educ.* doi: 10.1152/advan.00009.2003, 27, 97–101.
- Peterson, R.F., Treagust, D.F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *J. Chem. Edu.* 66, 459-460.
- Smith, E.L., Anderson, C.W. (1984.). Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 685-698.
- Smith, J.I., Tanner, K. (2010.). The Problem of Revealing How Students Think: Concept Inventories and Beyond, *CBE—Life Sci. Educ.*, 9, 1–5. dostupno na www.lifescied.org/cgi/content/full/9/1/1], preuzeto 27. 1. 2011.
- Strike, K.A., Posner, G.J. (1985.). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West i L. Pines (ur.), *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando. FL.: Academic Press. 211-231.
- Tamir, P., Zohar, A. (1993.). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Sci. Educ.* 75, 57–67.
- Tanner, K., Allen, D. (2005.). Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers-Teaching toward Conceptual Change. *Cell Biology Education*, 4, 112–117.
- Tasker, R.F., Dalton, R.M. (2006.). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. *Chem. Educ. Res. Pract.* 7, 141–159.
- Tibell, L. A. E., Rundgren, C.J. (2010.). Educational Challenges of Molecular Life Science: Characteristics and Implications for Education and Research, *CBE—Life Sciences Education*, 9, 25–33.
- Treagust, D. (1988.). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education* 10(2), 159-169.
- Tsui, C.Y., Treagust, D. (2009.). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *Int. J. Sci. Educ.* 32, 1073–1098.
- Tüysüz, C. (2009.). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4(6), 626-631, at <http://www.academicjournals.org/SRE>, preuzeto 5. 11. 2010.
- Wood WB (2009) Revising the AP biology curriculum. *Science* 325, 1627–1628
- Yip, D.J. (1998.). Alternative Conceptions on Excretion and Implications for Teaching Education Journal. 26(1), 101-116.

Anticipated and real students' misconceptions in biology

Abstract

The research was conducted with the aim of determining students' misconceptions in the teaching contents of biology, as well as of determining how much the teachers know about students' misconceptions. The total sample included 8691 students from 41 elementary and 36 high schools, who were tested in the period from 2007 to 2010. Misconceptions were identified by using a correlation histogram of overall student performance and students' answers to individual questions and by the analysis of frequency of choosing the correct answer by classes of overall performance of the students who were tested. Diagnosed misconceptions have been categorised according to the causes of their origin into those that arise as a consequence of unresolved every day preconceptions, as a result of misunderstanding of the terminology used, as a result of an inability to distinguish between the meaning of the same terms in everyday situations and the scientific context, as a consequence of using the wrong analogy, as a consequence of not understanding the concepts from physics and chemistry, related to theories not valid in science any more, as a consequence of inappropriate information in students' textbooks or inappropriate teachers' information, due to lack of understanding of the concept, caused by superficial transfer of facts and contents and as a consequence of students' anthropocentric point of view. Comparisons of the misconceptions anticipated by teachers, collected by the survey, with students' misconceptions show that teachers are only partially aware of the problem, which points to the need for further research and inclusion of the obtained results into teachers' education. It is the only way to try to remove misconceptions in a successful manner, i.e. to prevent their appearance in future teaching.

Key words: identification of misconceptions, biology, causes of misconceptions, teachers' anticipation of misconceptions