

# СТВАРАЛАШТВО, УНИЦИЈАТИВА И САРАДЊА У НАСТАВНИМ ПРЕДМЕТИМА

III год

Приредиле:  
Бургулица Камренковић  
Јасмина Шедер



ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА



Ђурђица Комленовић • Јасмина Шефер  
СТВАРАЛАШТВО, ИНИЦИЈАТИВА И САРАДЊА  
У НАСТАВНИМ ПРЕДМЕТИМА

*Издавач*  
ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА  
11000 Београд • Добрињска 11

*За издавача*  
ЈАСМИНА ШЕФЕР

*Лектор и коректер*  
ТАТЈАНА ДОГДИБЕГОВИЋ

*Лектор за енглески језик*  
CLARE ZUBAC

*Технички уредници*  
ИВАНА ЂЕРИЋ  
ИВАНА ЂИРОВИЋ  
ЈЕЛЕНА СТАНИШИЋ

*Дизајн корица*  
ЈЕЛЕНА РАДИШИЋ

ISBN  
978-86-7447-119-7

COPYRIGHT © 2013 ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА

ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА

Ђурђица Комленовић • Јасмина Шефер

**СТВАРАЛАШТВО,  
ИНИЦИЈАТИВА И САРАДЊА У  
НАСТАВНИМ ПРЕДМЕТИМА**

III део

Београд  
2013.

# ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА

## *Рецензенти*

Проф. др Оливера Гајић  
Доцент др Вера Спасеновић  
Доцент др Сања Благданић

## *Аутори поглавља*

Весна Булић, Војислав Андрић, Јелена Радишић, Драгица Тривић,  
Ђурђица Комленовић, Радиша Јанчић, Ана Пешикан, Слободанка  
Антић, Ђорђе Ђурић, Бланка Богуновић, Коста Богдановић

Књига је резултат рада на пројекту *Од подстицања иницијативе, сарадње и стваралаштва у образовању до нових улога и идентитета у друштву* (бр. 179034), чију реализацију финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (2011–2014).

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

371.3(0.034.2)  
37.015.3(082)(0.034.2)

СТВАРАЛАШТВО, иницијатива и сарадња  
[Електронски извор]. #Део #3, У наставним  
предметима / [уредници Ђурђица Комленовић,  
Јасмина Шефер]. - Београд : Институт за  
педагошка истраживања, 2013. - 1 електронски  
оптички диск (CD-ROM) : текст ; 12 cm

Системски захтеви: нису наведени. - Део  
текста упоредо на енгл. језику. - Насл. са  
насловног екрана. - Тираж 100. -  
Библиографија уз сваки рад

ISBN 978-86-7447-119-7

1. Комленовић, Ђурђица, 1954- [уредник] 2.  
Шефер, Јасмина, 1952- [уредник]  
а) Настава - Методика - Зборници б)  
Стваралачко мишљење - Ученици основних  
школа - Зборници  
COBISS.SR-ID 204108556

## СТВАРАЛАШТВО, ИНИЦИЈАТИВА И САРАДЊА У НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА<sup>13</sup>

*Драгица Тривић\**

Хемијски факултет, Универзитет у Београду

*Бурђица Комленовић*

Институт за педагошка истраживања, Београд

*Радиша Јанчић*

Фармацеутски факултет, Универзитет у Београду

Укључивање природних наука од самог почетка образовања младих важно је јер природне науке побуђују интересовање за откривање света природе и активан однос према природном окружењу, као и одговорност за његово очување. Истовремено развија се креативно, логичко и критичко мишљење приликом решавања проблема. Знања и вештине које се стичу образовањем у области природних наука кроз истраживачке активности (постављање питања, формулисање хипотеза, експерименте, прикупљање и анализа података и извођење закључака) значајна су основа за снажање у свакодневном животу и разумевање функционисања природе. даљи развој основних природних наука, као и професионалну делатност у области примењених дисциплина као што су медицина, фармација, пољопривреда, енергетика, технологија. Пошто су у науци потребна креативна решења, као и иницијатива и тимски рад који подразумева сарадњу стручњака из различитих области, настава природних наука мора да садржи исте компоненте као своје основне циљеве.

У раду су приказане основне идеје и могућности за подстицање иницијативе и развој стваралаштва и сарадње младих

---

<sup>13</sup> *Напомена.* Чланак представља резултат рада на пројектима „Од подстицања иницијативе, сарадње, стваралаштва у образовању до нових улога идентитета у друштву“, бр. 179034 (2011–2014), „Унапређивање квалитета и доступности образовања у процесима модернизације Србије“, бр. 47008 (2011–2014), „Теорија и пракса науке у друштву: мултидисциплинарне, образовне и међугенерациске перспективе“, бр. 179048 (2011–2014), које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

\* E-mail: dtrivic@chem.bg.ac.rs

кроз наставу природних наука. Најпре су размотрене заједничке карактеристике циљева, исхода и стандарда образовања у области природних наука и курикулумима из различитих образовних система, а затим њихов однос према циљевима образовања на којима се инсистира приликом подстицања стваралаштва, иницијативе и сарадње (СИС). Обухваћене су специфичности образовања у природним наукама, које се односе на садржај и методе наставе и учења и досадашња искуства у настави појединачних предмета која говоре о процесима учења који су у вези са подстицањем стваралаштва, иницијативе и сарадње.

### **Смисао наставе природних наука и допринос општем образовању младих**

Образовање у области природних наука пружа младима одговоре о *структури, интеракцијама и енергији на различитим нивоима организације у неживој и живој природи*. Сваки од предмета природних наука развија систем појмова потребан за разумевање одређеног дела природе и доприноси развоју логичког, проблемског, критичког и креативног мишљења. Све природне науке у оквиру општег образовања заједно представљају значајан сегмент општег образовања и требало би да обезбеде формирање базичне научне писмености (Тривић и Стевановић, 2012), креативне облике мишљења и истраживања природе и функционално предзнање за евентуални наставак образовања и професионалну делатност у овој области. Притом не треба изгубити из вида и оне који ће се у будућности бавити научноистраживачким радом кроз који ће се проширивати сазнајни оквир ових наука.

*Циљеви наставе природних наука.* Циљеви из курикулума различитих образовних система указују не само на знања, вештине и ставове које би требало постићи, већ и зашто је образовање у области природних наука обавезно за све младе. Анализа циљева (Томашевић, Тривић, и Војовић, 2007) показала је да *учење природних наука треба да подстиче радозналост и развија интересовање за посматрање и изучавање окружења, разумевање међусобне повезаности природних наука и веза са свим сегментима друштва и људских делатности, као и сагледавање*

*позитивних и негативних ефеката научног и технолошког развоја на животну средину и остале области, донета и ограничења науке са становишта индустрије, етике и животне средине. У различитим образовним системима истиче се да је циљ наставе природних наука формирање научне писмености која обухвата разумевање научних појмова и процеса, одговарајући научни речник, разумевања научних чланака/ текстова/информација у медијима, образовање за доношење прихватљивих одлука у области науке и технологије, локалног или националног значаја. Циљеви укључују и стицање вештина и способности за обављање одређених операција, познавање метода експерименталног рада, разумевање и извођење научних истраживања, безбедно и правилно руковање материјалима, опремом и технологијама, ефикасан и безбедан практични рад. У курикулумима се истиче да примена и размена информација и развијање вештина за експериментални рад кроз једноставна истраживања доприносе развијању особина важних за учење и примену науке, као што су: тачност и прецизност, објективност, свеобухватност, истрајност и нарочито истраживачка радозналост, иницијатива, креативност и критичко мишљење (Томашевић и сар., 2007).*

Опште је прихваћено да постизање функционалне научне писмености обухвата обезбеђивање оног нивоа разумевања науке на основу кога се могу доносити одлуке и дискутовати о научним и технолошким питањима изван формалног образовања (Ryder, 2001). У том смислу образовање за научну писменост не значи само учење научних појмова и теорија, већ и учење о природи тих појмова и како они функционишу у односу на остала веровања о физичком свету (Eichinger, Abell, & Dagher, 1997). Разумевање природе науке је основна компонента научне писмености (Bell & Lederman, 2003), при чему се природа науке односи на вредности и уверења својствена научном знању и његовом развоју (Lederman & Zeidler, 1987).

Циљеви образовања у природним наукама на којима инсистирамо односе се на подстицање стваралаштва, иницијативе и сарадње, односно конкретно на то да ученици:



- мисле дивергентно успостављањем аналогија, посматрањем проблема из различитих углова, продуковањем великог броја идеја и комбиновањем датих елемената и стеченог искуства;
- мисле и расуђују логично, критички – селективно и егзактно;
- развијају радозналост, истраживачки дух, смисао и склоност за формулисање проблема/питања и њихово решавање, склоност за откривање непознатог и експериментисање, тестирање сопствених хипотеза;
- примене своја знања практично и креативно у животу;
- користе методе научног рада приликом организовања радних пројеката у животу,
- разумеју материју, енергију и природне појаве и повежу природне науке стварајући велику слику – систем појмова за разумевање природе које ће моћи да пренесу и у друге области сазнања.

Из претходног текста види се да се већина циљева наставе природних наука заправо односи на развијање стваралачког приступа учењу и сазнању, будући да је управо стваралачко мишљење створило науку у прошлости и развија је и данас. Циљ природних наука, стога, није само у достизању одређених резултата – исхода, о којима ће касније још детаљно бити речи, већ у савладавању *научног мишљења као процеса* у коме се ангажују различите врсте мишљења, са циљем да представљају оруђе развоја и креативног, као и логичког решавања проблема у будућем животу ученика.

*Исходи образовања у природним наукама.* Питање исхода образовања у природним наукама није независно од питања усклађености у раду различитих наставника који за исте ученике реализују наставу из ове групе предмета. Колико њихов рад, циљеви, избор садржаја и метода утичу на формирање јединственог система научног знања и умења ученика чије су компоненте и очекивани исходи, представљени у Табели 2.

*Стандарди образовања у природним наукама.* У стандардима за образовање у области природних наука у различитим образовним системима истакнуто је да је образовање у овој области потребно свим ученицима и да се свима, узимајући у обзир разлике у предзнању, искуству и интересовању, мора омогућити формирање знања и способности у области природних наука (Trivić, Marković, Randelović, Zindović-Vukadinović, i Jankov, 2006). Према стандардима се знање у овој области формира кроз истраживачки приступ, у ситуацијама када ученици прикупљају податке посматрањем и у експерименталном раду, обрађују податке, уочавају правилности, формулишу претпоставке, проверавају их у новим експериментима и изводе закључке. На тај начин они формирају научно знање и развијају научни начин резонавања.

У анализи светских искустава, било да је реч о циљевима, очекиваним исходима или стандардима, може се издвојити заједнички именитељ за захтеве који се односе на образовање у области природних наука (Randelović, Šišović, Jankov, & Zindović-Vukadinović, 2005). Заједнички именитељ за опште образовање у домену природних наука може се исказати у виду следећих категорија:

- информисање о научним чињеницама и формирање појмова;
- формирање знања и разумевања као опште категорије образовних циљева;
- развој вештина посматрања, уочавања, анализе, експерименталног рада и примене;
- развој истраживачког духа и научног метода;
- развој комуникацијске способности;
- развој научних ставова и ставова према природи и њеној заштити.

Кроз основно и средњошколско образовање ученици би требало да *разумеју улогу и значај науке* у свакодневном животу и за развој технологије и друштва, што би требало да буде поткрепљено знањем о историјском развоју основних научних идеја. Кроз образовање у области природних наука ученици богате свој

речник *научном терминологијом* и оспособљавају се за *комуникацију* у науци коришћењем различитих симбола и ознака. *Систем научних појмова* у области природних наука омогућава разумевање природног и техничког окружења у коме живе млади, примену знања за решавање различитих проблема, за наставак образовања и у оквиру будућих професионалних делатности. Кроз једноставна истраживања *проверавају сопствене или неке туђе идеје и уче се тачности, прецизности и контроли услова приликом експерименталне провере идеја*. Ученици се оспособљавају да усмено или у писаном виду *пренесу другима информације* о свом раду, да приме информације од других, користећи различите изворе информација (Trivić, Randelović, Marković, Jankov, i Zindović-Vukadinović, 2007).

Ученици, такође, уче да сарађују у заједничким пројектима кроз које уче о природи, да иницирају потребне акције за проверавање валидности идеја које се наметну током истраживања неке природне појаве и да користе различите истраживачке приступе и начине, као и изворе података да би дошли до одговора на постављена питања, као и да проблематизују истину, како ону која је конкретна и делује очигледно, тако и ону која је теоријска и апстрактна.

### **Ефекти различитих приступа настави природних наука: резултати истраживања и искуства из праксе**

*Схватања наставника*. Испитивања кључних питања и проблема наставника у вези с промовисањем основних идеја природних наука, утицаја и значаја науке и технологије за друштво показала су да су наставници углавном фокусирани на садржај („шта је то што знамо“), а мање на процес („како сазнајемо“), односно фокусирани су на „финалну форму“ научних садржаја (Duschl, 1990). Настава у области природних наука често не обухвата социјалну и вредносну димензију (Gallagher, 1991). Укључивање историје природних наука у наставу изводи се с циљем подстицања позитивног односа према науци, али ређе као основа за разумевање саме природе наука. Разматрање саме природе предмета, праћење и проверавање постигнућа ученика које

одражава природу предмета природних наука, критичка процена идеја у науци, као и развијање питања значајних за истраживање врло се ретко дешавају у пракси.

Наставников концепт о природи природних наука сам по себи неће унапредити наставну праксу (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Lederman & Ziedler, 1987). То је потребан, али не и довољан услов за ефективну наставу природних наука (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Недостатак наставничких компетенција да организују и успоставе окружење које подржава разговор, дискусију, размену знања и ставова, идентификовано је као главни фактор који инхибира ефективност наставе природних наука (Osborne, Duschl, & Fairbrother, 2002).

У истраживању које се бавило питањем разумевања природних наука и научноистраживачког рада, узорак је чинило 15 едукатора који образују наставнике за предмете природних наука. Сви испитаници су се сложили да су креативност и машта важни за науку (Irez, 2006). Дванаест испитаника (80%) верује да је укључивање креативности и маште ограничено само на одређене фазе научног истраживања. Кључна повезаност се види између концепта о научним методама и креативности и маште (ту су везу истицали чак и они испитаници који су претходно изјавили да постоји само један, универзални научни метод). Насупрот томе, три испитаника (20%) сматрала су да креативност и машта прожимају целокупан научноистраживачки процес: да су неопходни почев од развоја најранијих појмова у вези с предметом истраживања, у смишљању и извођењу истраживања, у интерпретацији резултата, до формулисања теоријског објашњења и нових предвиђања.

Каква је сагласност у виђења образовања у области природних наука научника и наставника предмета природних наука? У испитивању ставова 37 научника о образовању у области природних наука, о образовању наставника и о циљевима образовања у области природних наука (Taylor, Jones, Broadwell, & Orpewal, 2008), научници су изразили бригу у вези с квалитетом наставе, наставних програма и доступности средстава потребних за реализацију наставе у области природних наука. Они су сматрали да би било добро да наставници који раде у

школи имају много више искуства у научним истраживањима и развијању критичког мишљења. На питање који је циљ најважнији у образовању у области природних наука, 40 одсто научника је истакло да наставници учине наставу и учење природних наука забавним и узбудљивим за њихове ученике. Истим истраживањем обухваћен је и 21 наставник средњих школа. Око 30 одсто наставника средњих школа сложило се са мишљењем научника у вези с променљивим квалитетом наставних програма и наставе природних наука. Око 76 одсто наставника је истакло важност развијања критичког мишљења у оквиру наставе природних наука, али су као најважније сматрале подстицање креативности и жеље за учењем природних наука код ученика. Резултати овог истраживања показали су да нема великих разлика у виђењима научника и наставника. И једни и други се слажу да је у учioniцама најчешће занемарен афективни аспект наставе природних наука, што је последица настојања да се задовоље захтеви екстерних тестирања. Истраживање је показало и важност да научници, факултети и институти постану у већој мери партнери наставницима и школама, да би се кроз ту сарадњу створили бољи услови за образовање младих у области природних наука.

*Ефекти пожељних приступа настави.* У истраживању (Bartholomew, Osborne, & Ratcliffe, 2004) утврђено је пет димензија ефективне наставне праксе у области природних наука (Табела 1). Оне нису међусобно независне (на пример, наставници који своју улогу доживљавају као улогу оног који преноси готова знања ученицима често не виде вредност отворених дискусија у којима ученици износе своје идеје), нити су сви показатељи подједнако информативни, али се препознају као корисно аналитичко средство за процену и објашњавање успешности наставника у образовању младих у овој области. Наставници који су на једном крају у једној димензији не значи да ће и у осталим бити на истом крају, нити то значи да наставник једном позициониран у оквиру неке димензије своју позицију током времена не може да мења.

*Табела 1. Пет димензија наставне праксе  
(Bartholomew, Osborne, & Ratcliffe, 2004)*

---

*1. Наставничко знање и разумевање природе науке*

Наставник стално преиспитује ниво сопственог разумевања	↔	Наставници су сигурни да довољно разумеју
---	---	---

*2. Наставнички појмови у вези с улогом коју имају*

Преносилац знања	↔	Олакшава учење
------------------	---	----------------

*3. Наставничка предавања*

Затворена и ауторитативна	↔	Отворена и обухватају разговор
---------------------------	---	--------------------------------

*4. Наставнички појмови о циљевима учења*

Ограничени на стицање знања	↔	Обухватају развијање вештина резонувања
-----------------------------	---	---

*5. Природа активности у учионици*

Активности ученика нису самосталне и аутентичне	↔	Активности покрећу ученици и аутентичне су
---	---	--

---

Ови критеријуми процене наставне праксе могу бити почетни ослонац за дефинисање очекивања и критеријума евалуације успешног рада у настави природних наука у даљем нашем истраживању, с тим што листу треба обогатити циљевима које смо поставили – иницијатива, сарадња, стваралаштво, и методама које сходно циљевима заговарамо – ученичко покретање питања значајних за истраживање, креирање истраживања, формулисање објашњења – теоријског модела). На пример, код категорије вештине резонувања треба спецификовати логичко-критичке

вештине и склоност машти која се разгранава на игру и истраживање света. Код активности ученика препознатљива је иницијатива, а код отворене атмосфере у комуникацији постоји место за разговор и ученичка питања. Потом, разговор и комуникација отварају простор за сарадњу.

Приступу настави природних наука зависе од дефинисања циљева образовања у овој области и резултатима у виду исхода, стандарда или компетенција, на основу којих се препознаје њихова оствареност. Креирање наставних ситуација, избор метода наставе и учења, односно активности ученика, вођено је тиме шта желимо да постигну млади образовањем у овој области. Истраживања показују да на планирање и организацију наставе утичу уверења наставника и њихово виђење природе науке. У нашој наставној пракси свих предмета природних наука доминира преношење готових знања. Ученици се увежбавају у примени готових алгоритама било да су у питању рачунски задаци, експериментални рад или теренски рад. На то указују и резултати упитника у оквиру TIMSS испитивања о активностима ученика на часовима (Trivić, Lazarević, i Bogdanović, 2011; Šišović, 2005).

Насупрот тој ситуацији, у различитим курикулумима и стандардима земаља чији су ученици успешни на међународним тестирањима истакнута је потреба да се кроз процес образовања подстиче развијање *креативности* младих кроз проблемско мишљење у домену природних наука. Потенцијал наставе предмета из области природних наука у том погледу није мали. Ми додајемо да су и сарадња у групном истраживању и иницијатива, као сведок аутентичне укључености у наставу, битни за приступ настави који заговарамо.

### **Стваралачки рад, иницијатива и сарадња младих у настави природних наука: повезаност са дијалогом, игром и истраживачким радом**

Развој *стваралачког понашања* ученика у оквиру наставе природних наука може започети охрабривањем ученика да иницирају трагање за одговорима у врло широком опсегу тема у области живе и неживе природе, њиховог свакодневног искуства

и проблема из реалног живота. У вези с постављеним питањем ученике треба подстицати да планирају истраживање кроз које могу доћи до одговора, да планирају потребну опрему и услове, где ће истраживање извести, у школској лабораторији или на терену, са ким ће сарађивати у прикупљању података, друговима, наставницима различитих предмета, родитељима, старијом браћом и сестрама, запосленима у одговарајућим институцијама.

Такав приступ значајан је не само за формирање знања из области природних наука, већ и за развијање истраживачког и отвореног приступа питањима изван школе, критичког приступа информацијама које се посредују путем медија, оснажује аутономију младих и спремност да пруже оригиналан одговор. Тиме се мења позиција младог човека у активног појединца, спремног да *иницира* активности, да трага за решењима значајним на личном или професионалном плану, који располаже знањем и вештинама у вези с одређеним процедурама којима се може доћи до решења, и то као основе која ће се унапређивати искуствима из њихове примене у новим животним и професионалним ситуацијама. Кроз сарадњу у оквиру истраживачког рада, размену искустава, предлога, дискусију резултата, објашњења, закључака јачају се комуникацијске способности младих, способности за *сарадњу* и преузимање одговорности у оквиру тимског рада, што је веома важно за будућу професионалну активност.

*Повезаност са дијалогом, игром и истраживачким радом.*

У претходним текстовима су игра, истраживачки рад и дијалог који укључује и постављање питања истакнути као методе подстицања креативности, иницијативе и сарадње у настави уопште. Сва три методичка приступа подстичу креативност и у настави природних наука пошто су компатибилни креативном процесу приликом стварања научних знања (Табела 2).



Табела 2. Заједничке компоненте наставних програма предмета природних наука (Bartholomew, Osborne, & Ratcliffe, 2004) – допуњена верзија (Д. Тривић)

Компоненте	Опис очекивања у оквиру компоненте
Научни метод и критичко мишљење и тестирање	Ученици треба да науче да наука користи експериментални метод за тестирање идеја, посебно одређене технике контроле. Резултати само једног експеримента ретко су довољни за извођење тврђења и проверавају се ретестирањем, на основу индуктивне методе закључивања која је карактеристична за емпиријске науке.
Наука, тачност/егзактност и релативност знања	Ученици би требало да увиђају зашто је научно знање, посебно оно које стичу у школи, добро засновано и релативно изван сумње, као и која знања би требало проверити. Требало би објаснити да у будућности може доћи до промена знања добијањем нових чињеница или новом интерпретацијом старих, дакле релативизовањем знања и отварањем за новине.
Разноликост научног мишљења, дивергентно и конвергентно мишљење	Ученици би требало да науче да наука користи различите методе и приступе, а не само један научни метод или приступ, да се суштина у природним наукама конструише посматрањем и методом вештачког изазивања појаве ради њеног изучавања – експеримент, од дивергентног до конвергентног процеса.
Хипотезе и предвиђања	Ученици би требало да науче да научници развијају хипотезе и предвиђања у вези с природним феноменима. Тај процес је есенцијалан за развој новог знања и у школи се на њему може инсистирати, нарочито од 11. године с уласком у стадијум апстрактног мишљења.
Историјски развој научног знања и истраживачки експеримент по угледу на историју открића	Ученици би требало да науче о историјској позадини развоја научног знања и о процесу стварања научног знања који би требало поновити кроз истраживање приликом школског учења.

Сарадња, иницијатива и стваралаштво у наставним предметима

<b>Креативност</b>	Ученици би требало да увиде да научна активност, као и многе друге активности човека, укључује креативност и машту и да су научне идеје огромно интелектуално и креативно постигнуће. Научници су посвећени својим истраживањима, а њихов рад је вођен инспирацијом и маштом.
<b>Наука и отварање питања</b>	Ученици треба да науче да је важан аспект рада научника континуиран и цикличан процес постављања питања и тражења одговора, који даље воде новим питањима. Тај процес води стварању нових научних теорија и техника које се потом емпиријски тестирају. На пример, експеримент је један начин индиректног постављања питања о природи која нам посредно даје одговор о томе како функционише.
<b>Анализа и интерпретирање података</b>	Ученици треба да науче да научна пракса обухвата пажљиву анализу и интерпретацију података. Научно знање не представљају добијени подаци, већ њихово интерпретирање и грађење теорија. Зато је могуће и неслагање међу научницима услед различите интерпретације података. То управо сведочи о релативности знања и иде у прилог потреби да се знање стално поново преиспитује.
<b>Сарадња и развој научног знања</b>	Ученици треба да науче да је научни рад друштвена активност. Иако појединци могу направити значајне доприносе, научни рад се најчешће изводи у тимовима, који могу бити мултидисциплинарни и интернационални. Да би ново знање постало широко прихваћено, оно мора проћи процес критичке евалуације других научника (peer review). Исто се дешава у иновативној пракси и технолошком развоју.

\* *Напомена.* Болдом су назначене компоненте које се односе на иницијативу, сарадњу и креативност као и на компоненте креативног мишљења у природним наукама.

На млађим узрастима свакако ће бити пресуднија експлоративна – истраживачка игра, а како ученици сазревају и прелазе из једне у другу развојну фазу која се односи на усложњавање логичког мишљења и когнитивних структура, елемент игре све ће више бити замењиван научноистраживачким методама испитивања и проверавања научних истина. То, међутим, не значи (као што се види и кроз поменута истраживања) да дивергентно мишљење и машта треба да буду угушени критичким приступом решавању проблема, рационалним осмишљавањем апстрактног мишљења и логичким правилима закључивања који се са узрастом све више развијају. Изазови на овом развојном путу за опстанак креативног мишљења су виши разреди основне школе, када долази до нагло опадања креативности због вршњачког утицаја и потребе за конформирањем.

Не заборавимо да апстрактно-логичке операције у време када истраживачки рад у настави природних предмета треба да цвета отварају врата не само логици највишег нивоа, већ и фиктивном плану – вероватноћи и постављању хипотеза као показатељима маште у природним наукама. Виготски је тврдио да се подстицањем маште подстиче управо апстрактно логичко мишљење. Машта не карактерише креативност само у уметности, већ исто тако и у науци (изјава Алберта Ајнштајна: „Машта је много важнија од знања. Знање је ограничено. Машта заокружује свет“; али не треба занемарити да је потребно имати информације као ослонац за развијање маште, односно знања отварају простор за машту уколико им приступамо на флексибилан начин).

### **Специфичности приступа и циљева у појединим природним наукама**

*Хемија.* Предмет истраживања у хемији као науци и појам о коме се учи у настави хемије јесте *супстанца*, њена структура, својства, промене и закони према којима се промене одвијају. Хемија и хемијска технологија имају огроман значај за савремени свет у задовољавању потреба појединца и друштва у целини, као и у богаћењу научног и културног наслеђа.

Специфичност формирања хемијских појмова јесте њихово разматрање на три нивоа (Gabel, 1999): на макроскопском нивоу на коме се опажају својства и промене супстанци, на микроскопском нивоу (структура супстанце од које зависе њена својства) и на симболичком нивоу (хемијски симболи и формуле којима се представљају супстанце и хемијске једначине којима се представљају хемијске промене). Уз то, учење хемије укључује математичке формуле и једначине којима се изражавају везе и односи између макроскопског и микроскопског нивоа.

Заједничко за хемију као науку и наставу хемије јесте сазнавање кроз експериментални истраживачки рад, који обухвата планирање експеримента, прикупљање података посматрањем и мерењем, обраду и сређивање података, уочавање правилности, формулисање објашњења или нових хипотеза које ће се проверавати у даљим истраживањима, извођење закључака. Учење хемије кроз истраживање изражава природу науке и резултира функционалним и трајнијим концептуалним променама.

Када ученици уче кроз истраживање, они развијају различите вештине. Неке од њих су психомоторне и укључују физичко извођење активности, као што је, на пример, састављање апаратуре, мерење, бележење података, цртање графика. Друге вештине су интелектуалне или академске, као што су, на пример, анализирање података, упоређивање, евалуација резултата, припремање извештаја, дискутовање о резултатима са другима. Ученици у потпуности ангажују све способности потребне за пуно истраживање проблема и стичу искуство које ће им у будућности помоћи да решавају нове проблеме. Они нису ограничени на запамћивање и препричавање, већ развијају вештине које ће моћи да користе и у другим животним ситуацијама.

У досадашњим истраживањима у области наставе хемије утврђени су позитивни ефекти приступа када се ученици поставе у позицију да испитују својства супстанци, да упоређују својства различитих супстанци, и да на основу прикупљених података, повезујући својства супстанци са структуром и договарањем на нивоу групе, конструишу објашњење и изведу закључке (Šišović & Војовић, 2001).

Креативност, иницијатива, као и сарадња са различитим партнерима из окружења (друговима, родитељима, продавцима у оближњој продавници) испољили су се у ситуацији када је ученицима задат домаћи задатак да самостално осмисле и изведу експерименталну процедуру за одређивање растворљивости шећера и кухињске соли, користећи прибор и посуђе које имају на располагању код куће (Marković, Randelović, & Trivić, 2010).

Значај учења хемије се може сагледати кроз питање како интеракција науке и технологије омогућава решавање потреба савременог човека и развој друштва. Такав приступ може позитивно да утиче на мотивисаност ученика за учење и да отвори простор за њихова виђења, идентификовање позитивног и негативног утицаја технолошког развоја на свакодневни живот на бази аргумената, вредности и стандарда, и за предлоге како би се могла унапредити одређена производња. У наставној пракси испитали смо могућности таквог приступа с ученицима основне школе, и то на примерима два производа који су веома блиски деци: *ватромет* и *Cherry бомбоне*. Ученици су кроз експерименте у вези с ова два производа, и мање или веће вођење (зависно од предзнања) прикупљали податке, дискутовали на нивоу групе и конструисали објашњења (Trivić i Randelović, 2007).

Велики потенцијал за подстицање креативности и иницијативе код ученика има укључивања историјске перспективе ради сагледавања како се напредак у науци одражава на технолошко и људско знање. У наставној пракси испитани су ефекти примене историјско-проблемског приступа садржајима природних наука. У таквим ситуацијама ученици се уводе у улогу научника који је истражујући одређено питање/проблем поставио експеримент и добио резултате. На том месту ђаци се позивају да конструишу теоријски модел за добијене резултате. Даље, они могу да прате одрживост свог теоријског модела суочени са новим експерименталним подацима до којих је наука већ дошла, чиме се подстиче и развој њиховог критичког мишљења (Šišović i Војовић, 2000).

У пракси су утврђени и позитивни ефекти када се ученици позивају да повезујући знање из различитих предмета (биологије,

физике и хемије) напишу есеј на одређену тему где је креативна позиција ученика такође очигледна.

Учење садржаја природних наука које подстиче и подржава креативност постоји и у ситуацијама када ученици праве наставна средства (Marković, Randelović, Trivić, Bojović, i Zindović-Vukadinović, 2006).

Развој креативности у настави природних наука може се подстаћи постављањем ученика у позицију да формулишу питања за која процењују да су веома важна, да креирају задатке, као и да осмисле критеријуме за процену квалитета задатака других ученика (Šišović, Bojović, & Pavlović, 2003). То је још један пример подстицања креативности, али и развоја критичког мишљења.

*Физика.* Предмет изучавања физике је материја, њена својства, структура, интеракције и кретање, укључујући и енергију. Истраживања у области физике обухватају феномене у опсегу од субатомских честица до физике галаксија и пружају теоријску основу за развој бројних научних дисциплина. Физика знатно доприноси развоју технике и нових технологија, и тиме модернизацији друштва и унапређењу квалитета живота.

Специфичност физике је примена математике на проблеме из области физике и развој математичких модела физичких феномена (Галилео Галилеј: „Језик физике је математика“). У веома широком опсегу предмета изучавања физике могу се стварати услови за сазнавање кроз истраживање, а у оквиру тога за креативност, иницијативу и сарадњу.

Пројекат *Рука у тесту* је пример како се такав приступ може реализовати са ученицима најмлађег узраста (први циклус образовања). Креирали су га француски физичари (Šarapak, 2001). Према приступу *Рука у тесту* знање се конструише кроз постављање питања (иницијатива ученика), истраживање, експериментисање (иницијатива и креативност) и дискусију (сарадња) (<http://rukautestu.vin.bg.ac.rs>). Ученици сами реализују експерименте, размишљају и дискутују да би разумели резултат који су добили. Они уче кроз рад, испробавање и грешење, кроз сарадњу са друговима и експертима, изражавањем свог става, суочавањем мишљења с другима у вези с експерименталним резултатима,

тестирањем заснованости и пуноважности резултата. Наставник усмерава ученике, полазећи од питања које су поставили у ситуације које омогућују смислено истраживање. Он усмерава ученике, али не ради уместо њих, подстиче их да искажу и образлажу став, а закључке на основу добијених експерименталних резултата поставља у контекст постојећих научних знања.

Позитивни ефекти (ниво постигнућа и трајност знања) учења кроз примену научног метода у реализацији наставне теме *Гравитација* утврђени су у истраживању у које су били укључени ученици гимназије друштвено-језичког смера (Nagl i Obadović, 2010).

Припремање ученика за живот у модерном друштву, у коме високе технологије захтевају промену у образовању која негује иновативност, подстакло је истраживање ефеката (ниво постигнућа и трајност знања) учења кроз решавање проблема наставне теме *Притисак* у шестом разреду основне школе (Најдуковић-Јандрић и Обадовић, 2007).

Иницијатива ученика се може подстицати и кроз промену њихове позиције у процесу праћења напредовања у учењу физике. Позитиван утицај таквог приступа утврђен је у истраживању које је као циљ имало испитивање ефеката самовредновања ученика на ниво њихових постигнућа у настави физике у основној школи (Мишић и Нешић, 2011).

*Биологија*. Предмет истраживања биологије – жива бића, издваја биологију од осталих природних наука. Из тог предмета проистичу посебности ове науке: велика сложеност, динамичност и огромна разноврсност.

Сложеност се огледа у великом броју области које припадају науци о живим бићима. Она обухвата науку о биљкама (ботаника), науку о животињама (зоологија), науку о наслеђивању (генетика), науку о постанку света (еволуција), науку о животној средини и међусобним односима између организама (екологија). Примењене области биологије су исто тако разноврсне: пољопривреда, шумарство, хортикултура, медицина, фармација, ветерина.

Динамичност је изражена у сталним допунама фонда постојећих знања (нове врсте, нова сазнања о њиховом животу) и, понекад, драматичним променама у схватању процеса.

Велика разноврсност подразумева да свака област, анатомија, физиологија, биогеографија, филогеографија, обухвата различите истраживачке активности. Томе треба додати да сазнања из биологије знатно утичу на неке ставове у филозофији (порекло живота, порекло човека), у социологији (једнакост, истоветност, развој, заштита, опстанак), психологији (различити облици понашања као адаптивне особине). Наравно, не треба заборавити да упознавање особина живих бића, чак и на основном нивоу, захтева предзнања из физике, хемије, географије и, у извесном смислу, неких друштвених наука.

Биологија се изучава на свим нивоима институционалног образовања у свим државама света, али у појединим школским курикулумима различито се приступа појединачним предметима. Учити о животу на земљи, сазнати нешто о живим бићима увек је узбудљиво и готово редовно покреће *иницијативу* (постављају се питања: Шта је то живот? Каква је разлика између живог и неживог? Одакле потиче живот? Шта нам је потребно да бисмо преживели? Одакле храна?...), *креативност* у трагању и формулисању одговора, потребу за *сарадњом* код младих људи (поготову што се нешто може посматрати само у заједници).

И у стицању знања из биологије *истраживање* заузима централно место зато што омогућава ученицима да схвате како се развијају научне идеје и зато што су вештине и процедуре научног истраживања врло корисне алатке у решавању свакодневних, ненаучних проблема. Истраживање као метод учења активира нове способности ученика и знатно помера границе ученичких постигнућа. Неопходно је упорно настојати да се објасни да стечено знање има примену у свакодневном животу, поготову о области заштите животне средине и здравља.

Природа предмета биологија ставља на централно место учење изван учионице. То је важна специфичност у настави биологије и захтева посебну пажњу. Рад у природи карактерише мешавина различитих метода учења и преношења знања и помаже у задовољавању различитих потреба. Пружа прилику



Ћацима да раде као тим, што је важан део личног и друштвеног образовања. Омогућава сазнање о раду у различитим временским условима, о важности повезивања теорије и посматрања. Омогућава младима да виде свет који је далеко од њиховог свакодневног живота – да посматрају биљке и животиње у њиховим стварним стаништима и, изводећи их из уобичајене школске свакодневнице, мотивише и инспирише да прошире своје знање о биљкама и животињама. Напољу, у шуми, пољу, поред реке, свако мора да *означи* све оно што га окружује, мора да *разликује* једно од другог, а оно што може да се *означи* и *разликује*, то се и *схвата*.

Склад који влада у природи не може се научити, а још мање осетити, ако се не *изађе* у поље, у шуму. Свест о постојању складне условљености, међусобне зависности, најзначајнија је за разумевање свега што се дешава у природи. Настава у природи се знатно разликује од уобичајене школске праксе, нарочито ако се ради о вишедневном боравку у природи. У том случају ученици се за два-три дана навикну на непознато окружење и уроне у тему, уживајући у истраживању и учењу. Ћаци који су имали прилику да нешто такво искусе без изузетка истичу да је тај боравак био један од највећих ужитака, али и најкориснији део њиховог школовања. Задивљујуће је колико пуно науче за то кратко време. Квалитетна интелектуална активност и забава често иду заједно. Све то може да помогне да се изграде ставови и прихвате вредности које су важне за интегрисање у заједницу и да се, између осталог, превазиђу међусобни неспоразуми и незнања (као, на пример, између руралних и урбаних подручја). О овоме сведоче резултати многих научних истраживања (Ђокић-Остојић и Stanisavljević, 2011; Niklanović i Miljanović Tomka, 2009).

*Географија.* Географија је једна од најстаријих наука, која описује и објашњава међуоднос природних и друштвених фактора у различитим срединама на земљи, односно у геопростору. Ова разноликост изучавања географске науке која се ослања на друге природне и друштвене науке и научне дисциплине, које знање и вештине у области географије разјашњавају, допуњују и обогаћују, утицала је на многе теоретичаре који су се залагали за њену вештачку поделу на

природну/физичку и друштвену географију. Таква подела научне географије одразила се на поделу и организацију наставе географије. Садржаји географије изучавају се на свим нивоима институционалног образовања у свим државама света, али у појединим школским курикулумима уочава се одступање од поделе на наставне предмете, и конципиране су различите наставне области или комбинације појединачних предмета (Komlenović, 2007).

Основна идеја концепта географског образовања у школи 21. века је развијање географских компетенција које су засноване на знању, вештинама, активностима и вредностима које помажу ученицима да се успешно прилагоде условима у географској средини, да се економски и еколошки одговорно понашају у њој. То значи да настава географије омогућава ученицима упознавање и разумевање природногеографских, социоекономских, друштвенополитичких и геоколошких појава, процеса, идеја, концепата, закона и теорија које се одражавају на његову земљу и на свет као целину (Demirci & Karakuu, 2002).

Географски курикулум са свим својим компонентама пружа могућност ученицима да сами генеришу, процењују и користе географске чињенице и да своје могућности и идеје аргументовано усмеравају на изналажење нових решења или путева за њихово решавање. На тај начин код ученика се подстичу и развијају стваралаштво, логичко, критичко и креативно мишљење. Поред тога, настава географије омогућава ученицима разумевање и развијање личних и социјалних компетенција које су потребне у свакодневной комуникацији у животном окружењу, у контексту личне улоге и одговорности за унапређивање и заштиту свих њених елемената. То укључује интеркултурално разумевање и сарадњу са другима, што ученицима даје могућност да боље разумеју своје место у свету који се мења, као и шире импликације социјалних, еколошких и политичких промена на појединце и заједнице на локалном и глобалном нивоу.

Компетенције које ученик развија кроз географску наставу могу да се развијају и путем истраживачких активности (групно или појединачно) у учионици и кроз рад на терену.

Радозналост и иницијатива ученика најчешће подстиче истраживањем, а оно почиње питањем „где и зашто нешто постоји“. Наредни кораци укључују избор најсврхисходнијих метода истраживања, од којих су најзаступљеније географско-картографска, аналитичка, синтетичка и дескриптивна метода, а све више се користе математичко-статистичке методе и методе експеримента. У новије време све већу примену у географији имају информационе технологије, а то је резултовало појавом географског информационог система (ГИС), чијом применом ученици стичу функционална географска знања и развијају вештине које олакшавају рад са великим бројем ажурираних географских чињеница. Поред тога, применом ГИС-а ученици лакше, квалитетније и прецизније проналазе географске податке и представљају своје истраживачке резултате (Johansson & Pellikka, 2005; Kerski, 1999; 2006; Komlenović i Manić, 2008; Komlenović, Manić, i Malinić, 2013; Robertson, 2003).

Иницијатива, стваралаштво и сарадња у настави географије најчешће се одвија путем разноврсних наставних и истраживачких активности које могу да се организују у школи, специјализованим институцијама и на терену, у контексту изналажења оних дидактичких концепата које доприносе методичкој концентрацији наставе, односно повезивању географске наставе с наставом различитих школских предмета (Vognar i Matijević, 2005). Примењена, трансверзална истраживања, које најчешће иницира наставник или група ученика, могу да се изводе у локалној средини, односно на терену где се истраживачке методе примењују на функције и процесе у тој средини. Ученици посматрају, мере, бележе и прикупљају податке, тестирају хипотезе и извлаче закључке о местима, догађајима и појавама које виде. Најчешћа истраживања која ученици обављају односе се на морфолошке карактеристике, физичке и хемијске особине географских објеката, појава и процеса (рељеф, време, ваздух, тло, живи свет, становништво, насеља, привреда...) и њихову дисперзију у географској средини. Резултате микроистраживања ученик или група ученика презентују на часу или у оквиру ваннаставних активности, и то најчешће у форми реферата, семинарских радова, извештаја са

терена или са путовања, зидних новина, расправа, пригодних предавања, школских драмских представа и друго.

У истраживачким активностима се повећава интересовање за предмет или групу предмета, промовише се примена стечених знања и вештина, упоређују се и предвиђају природни процеси и феномени у локалној средини и на глобалном нивоу, потврђују се постојећа решења или се предлажу нова. Истраживачке активности наглашавају улогу ученика као активног учесника који иницира истраживачке поступке, сарађује са другима, учествује у стварању, предвиђању активности у својој животној средини. Поред тога, истраживачке активности подстичу развој његових графичких и визуелних географских вештина, маште и важних ставова у контексту просторне, еколошке, демографске, економске, политичке и друге перспективе.

Истраживачке активности укључују представљање просторних, локацијских и других географских информација помоћу планова, мапа, модела, природних материјала, дијаграма, фотографија, сателитских и даљинских снимака, као и електронских мултимедијалних средстава. Употреба географских карата различитог размера и садржаја у истраживачким активностима представља основну, кључну географску вештину која омогућава ученику да на основу разумевања и коришћења математичких и географских елемената карте препозна географске чињенице и њихове односе и да их усклади са њиховим стварним просторним односима и еквивалентом у окружењу. Израда географских модела посебно је корисна за подстицање просторног разумевања географских чињеница. Током истраживања у локалној средини ученик може да прикупити низ природних материјала који ће му послужити за наредно истраживање, сортирање, тумачење или класификацију.

### **Закључак**

Образовање према захтевима нашег приступа (СИС) који се односи на подстицање стваралаштва, иницијативе и сарадње иде

у сусрет потребама савременог друштва и потребама појединца у новом окружењу. С друге стране, у складу је с циљевима, исходима и стандардима образовања у области природних наука (хемије, физике, биологије и географије).

Образовање у области природних наука потребно је сваком појединцу због доприноса ових наука у различитим делатностима и основе које пружају за решавање проблема у свакодневном животу.

У раду је размотрен потенцијал наставе хемије, физике, биологије и географије за развој иницијативе, стваралачких и сарадничких способности ученика. У оквиру свих наведених предмета укључивање ученика у истраживање у вези с наставним темама доприноси већој осетљивости ученика за питања и теме значајне за истраживање, охрабрује их да покажу иницијативу, да изнесе предлоге о начину испитивања, да изведе истраживања и да дискутују о резултатима до којих дођу.

До сада изведена истраживања у којима су испитивани ефекти организовања учења кроз истраживања која изводе ученици показала су трајнија и функционалнија знања. Та истраживања су добра полазна основа за креирање нових истраживања у којима ће се испитивати ефекти реализације наставе природних наука са циљем подстицања стваралаштва, иницијативе и сарадње.

### *Коришћена литература*

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417–436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–702.
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students "Ideas-About-Science": Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88, 655–682.

- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87, 352–377.
- Bognar, L., i M. Matijević (2005). *Didaktika*. Zagreb: Školska knjiga.
- Demirci, A., & M. Karakuyu (2002). *Textbooks for Middle and High Education Geography Education: Teaching Effective Use of Tools and Techniques*. Proceedings of the Congress of the Turkish Geographical Society Geography 9-12 Ankara: Gazi Kitabevi.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education*. New York: Teachers College Press.
- Dokić-Ostojić A., i Stanisavljević, J. (2011). Uticaj terenske nastave biologije na trajnost i kvalitet stečenih znanja u oblasti ekološkog obrazovanja. *Nastava i vaspitanje*, 1, 47-48.
- Eichinger, D. C., Abell, S. K., & Dagher, Z. R. (1997). Developing a graduate level science education course on the nature of science. *Science & Education*, 6, 417–429.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 4, 548-553.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121–133.
- Hajduković-Jandrić, G., & Obadović D. Ž. (2007). Problemski zasnovana početna nastava fizike. *Pedagoška stvarnost*, 53(5-6), 451-46.
- Irez, S. (2006). Are We Prepared?: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs About Nature of Science. *Science Education*, 90, 1113–1143.
- Johansson, T., & P. Pellikka (2005). Interactive Geographical Information System (GIS) Applications for European Upper secondary Schools. Proceedings of the *International Conference on Multimedia and ITC in Education*, Lisbon, m-ICTE2005 Retrieved from <http://www.formatex.org/micte2005>.
- Kerski, J. J. (1999). *A Nationwide Analysis of the Implementation of GIS in High School Education*. Proceedings of the 21st Annual ESRI User Conference, San Diego. Retrieved from <http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap202/p202.htm>.
- Kerski, J. J. (2003). The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. *Journal of Geography*. 102(3), 128-137.

- Komlenović, Đ. (2007). Razvoj geografske nastave u svetu. *Pedagogija*, 62(4), 682-694.
- Komlenović, Đ., i Manić, E. (2008). Didaktička vrednost geografskog informacionog sistema u nastavi geografije. *Pedagogija*, 63(4), 619-629.
- Komlenović, Đ., Manić, E., & Malinić, D. (2013). The Geographic Information System (GIS) in secondary education in Serbia. *Perspectives in Education*, 31(1), 96-104.
- Lederman, N. G., & Zielder, D. L. (1987). Science teachers' conception of the nature of science: Do they really influence teaching behaviour? *Science Education*, 71(5), 721-734.
- Marković, M., Randelović, M., Trivić, D., Bojović, S., i Zindović-Vukadinović, G. (2006). Efikasnost različitih metoda nastave i učenja hemije u osnovnoj školi. *Nastava i vaspitanje*, 4, 398-413.
- Marković, M., Randelović, M., & Trivić, D. (2010). Practical homework assignments as part of chemistry teaching and learning. *NFEElectronic Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2), 69-78.
- Mišić, T., & Nešić, Lj. (2011). Uticaj samovrednovanja učenika na nivo postignutih rezultata u nastavi fizike u osnovnoj školi. *Nastava i vaspitanje*, 60(2), 206-219.
- Nagl, M., & Obadović, D. (2010). Naučni metod u nastavi fizike – povezanost postignuća učenika i naučnog metoda. *Pedagogija*, 65(4), 651-661.
- Niklanović, M., & Miljanović, T. (2009). Inovativni modeli nastave biologije i zaštita životne sredine. *Pedagoška stvarnost*, 55(1-2), 131-140.
- Osborne, J. F., Duschl, R., & Fairbrother, R. (2002). *Breaking the mould: Teaching science for public understanding*. London: Nuffield Foundation.
- Randelović, M., Šišović, D., Jankov, R., & Zindović-Vukadinović, G. (2005). Standardi za učenička postignuća u nastavi hemije (II deo). *Nastava i vaspitanje*, 2-3, 171-184.
- Robertson, M. (2003). *Learning through enquiry - Making sense of geography in the key stage 3 classroom*. Sheffield: Geographical association.
- Ryder, J. (2001). *Identifying science understanding for functional scientific literacy: Implications for school science education*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), Seattle, WA.

- Šarapak, Ž. (2001). *Ruka u testu (nauke u osnovnoj školi)*. Beograd: Društvo fizičara Srbije.
- Šišović, D. (2005). Postignuće učenika iz hemije. U *TIMSS 2003 u Srbiji* (str. 215-245). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Šišović, D., & Bojović, S. (2001). The elaboration of the salt hydrolysis concept by cooperative learning. *Journal of Science Education (REC)*, 1, 19-23.
- Šišović, D., Bojović, S., & Pavlović, J. (2003). Individualno i grupno proveravanje znanja hemije na početku prvog razreda gimnazije. *Nastava i vaspitanje*, 2-3, 139-156.
- Šišović, D., & Bojović, S. (2000). *Approaching Chemical Concepts by Cooperative Learning and Historical Background*, Proceedings of 3<sup>rd</sup> IOSTE Symposium, Czech Republic, Prague, June 15-18, 99-102.
- Taylor, A. R., Jones, M. G., Broadwell, B., & Oppewal, T. (2008). Creativity, Inquiry, or Accountability? Scientists' and Teachers' Perceptions of Science Education. *Science Education*, 92, 1058-1075.
- Tomašević, B., Trivić, D., i Bojović, S. (2007). Ciljevi obrazovanja u oblasti prirodnih nauka i hemije u srednjoj školi – I deo. *Pedagogija*, 62(4), 644-656.
- Trivić, D., Lazarević, E., i Bogdanović, M. (2011). Postignuće učenika i nastava hemije. U S. Gašić-Pavišić i D. Stanković (Ur.), *TIMSS 2007 u Srbiji* (str. 97-145), Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Trivić, D., Marković, M., Randelović, M., Zindović-Vukadinović, G., i Jankov, R. (2006). Standardi za proces nastave i učenja hemije, *Pedagogija*, 61(4), 512-522.
- Trivić, D., & Randelović, M. (2007). Fireworks on school bench. *Journal of Science Education (REC)*, 2, 96-99.
- Trivić, D., Randelović, M., Marković, M., Jankov, R. M., i Zindović-Vukadinović, G. (2007). Standardi učeničkih postignuća u nastavi hemije – vizija o hemijski pismenim mladima, *Nastava i vaspitanje*, 56(1), 30-39.
- Trivić, D. i Stevanović, J. (2012). Jezička i naučna pismenost: preduslov za efikasno učenje. U J. Šefer i J. Radišić (ur.), *Stvaralaštvo, inicijativa i saradnja – Implikacije za obrazovnu praksu, II deo* (str. 159-185). Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.