

## ЗНАЧАЈ ИНТЕРДИСИЦИПЛИНАРНОСТИ У САВРЕМЕНОЈ НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА

Томка Миљановић

Природно-математички факултет,  
21000 Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића бр. 2

### *Abstract*

**MILJANOVIĆ, Tomka: THE IMPORTANCE OF INTERDISCIPLINARY APPROACH IN MODERN TEACHING OF NATURAL SCIENCES.** [Faculty of Sciences, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića, 2]

The most important challenges of modern teaching of natural sciences are: establishing functional scientific literacy in students, training students to analyse, solve and interpret problem situations by linking knowledge from related subjects, encouraging students to apply acquired knowledge and skills in concrete life situations, and above all else increasing their motivation for studying and acquiring natural sciences. One of the solutions for achieving these goals, such as raising the level and quality of students' knowledge in natural sciences, is for them to use the interdisciplinary approach when studying, i.e. to process and acquire content from natural sciences by connecting and integrating them. This paper shows the importance of interdisciplinary approach in modern teaching of natural sciences. Based on numerous foreign and domestic researches, this approach contributes to improving teaching of both natural sciences and humanities and makes the teaching more efficient.

**Keywords:** teaching natural sciences, interdisciplinary teaching and learning, teaching efficiency

### **Сажетак**

Најважнији захтеви савремене наставе природних наука су: остваривање код ученика функционалне научне писмености, њихово оспособљавање за анализу, решавање и интерпретирацију проблемских ситуација повезивањем знања из сродних наставних предмета, подстицање ученика да стечена знања и вештине примене у конкретним животним ситуацијама, а изнад свега повећање њихове мотивације за учење и усвајање садржаја природних наука. Једно од решења за остваривање наведених циљева, као и подизање нивоа и квалитета знања ученика из природних наука је њихово учење интердисциплинарним приступом, односно обрада и усвајање садржаја природних наука њиховим међусобним повезивањем и интегрисањем. У овом раду се указује на значај интердисциплинарности у савременој настави природних наука. На основу бројних страних и домаћих истраживања, такав приступ доприноси унапређењу и ефикасности наставе и природних и друштвених наука.

**Кључне речи:** настава природних наука, интердисциплинарна настава и учење, ефикасност наставе

## УВОД

Појам интердисциплинарности је у ранијој литератури познат као међупредметна повезаност или корелација у настави, а у новијој литератури као интегративна настава. Сваки од од ових појмова подразумева функционално повезивање наставних садржаја из различитих предмета који се међусобно допуњавају. „Корелација подстиче и развија научно мишљење и омогућује разумевање теоријског знања и њихову практичну примену“ (Поткоњак и Шимлеша, 1989).

У књизи Дидактика истакнуто је: „Ученици у наставном процесу стичу велики број чињеница и генерализација и што је овај број већи, већа је и потреба за логичким сређивањем усвојених знања и њиховом међусобном повезаношћу“ (Пољак, 1985). У међусобној повезаности знања интердисциплинарним учењем, овај аутор сагледава и процес осавремењавања наставе, који резултује разумевањем, схватањем и стваралачком применом наученог.

Шефер (1991) пише о интердисциплинарном приступу у настави као аспекту примене знања различитих дисциплина у функцији вишестраног расветљавања проблема или тема које се истражују. Она такође наглашава да је интердисциплинарна настава по свом карактеру увек и тематска, јер повезује и организује различите садржаје у тематске целине, односно садржаје који су заједнички различитим дисциплинама.

Према Хасарду, интердисциплинарни начин размишљања у наставном процесу је стратегија, која омогућава ученицима да сагледају важност научног садржаја, посебно када је наука повезана са свакодневним, глобалним питањима (Hassard, 2004).

Резултати истраживања Борича су показали да наставне јединице у којима се садржаји тумаче интердисциплинарно воде високим сазнајним нивоима и квалитетном учењу, јер уводе ученике у интерактивно учење и конструкцију знања (Borich, 2007).

Интегративна настава је настава у којој су границе између различитих предмета или дисциплина избрисане или замагљене. У интегративној настави се остварују смислене везе између сличних аспеката различитих дисциплина. Интегративност не значи одрицање од самих дисциплина. Њени корени се налазе управо у њима, она нуди алтернативу доминацији знања из угла појединачних дисциплина. Појединачне дисциплине нам нуде дубину и фокусираност а интегративност ширину контекста, промену перспективе али и примену знања из једне области у другој – тј. функционално знање (Ђорђевић, 2007).

Интердисциплинарност (интегративност) у настави се може сагледавати као потреба за повећањем ефикасности наставног процеса у свим наставним предметима, повезивањем њихових садржаја са циљем повећања квалитета знања ученика и формирања научног погледа на свет.

Интердисциплинарност је модел који је све чешће заступљен и у научним истраживањима. Одговарајући на питање који су изазови научника у померању граница њиховог оквира истраживања, Мејер објашњава да се ти изазови ослањају на проблеме који захтевају комуникацију (повезивање) знања из различитих области. Бројни су начини путем којих оквир истраживања почиње да се проширује. Интердисциплинарност је један од начина који истражујући и решавајући дати проблем користи више од једне научне дисциплине (Meuer, 2007). Овај рад је теоријског карактера. Урађен је методом *теоријске анализе* 59 радова домаћих и страних аутора који су сагледавали различите аспекте интердисциплинарности у настави природних наука, математике и информатике на свим

нивоима образовања. Његов *циљ* је да се истакне значај интердисциплинарности и потенцира њена већа заступљеност у савременој настави природних наука.

## ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНОСТ У НАСТАВИ ПРИРОДНИХ НАУКА

Сви предмети природних наука у основним и средњим школама представљају методички обликоване основе одговарајућих природних наука. Због тога се у њиховим садржајима одражава објективна повезаност која постоји у самој природи и између природних наука. Повезаност природних наука и њихових наставних предмета, треба да буде доминантно заступљена у сазнајном процесу учења њихових програмских садржаја. Та повезаност омогућује ученицима разумевање дијалектике природе на њима доступном нивоу и доприноси темељнијем стицању знања (Ждерић и Миљановић, 2001).

Појам интердисциплинарности у природним наукама и њиховим наставним предметима јасно се може сагледати у објашњењу Бејкера о применљивости математике у науци. Математика је незаменљива за науку у одређеним ситуацијама јер доприноси обради и приказу добијених резултата и њиховом објашњењу (Baker, 2011).

На значај интердисциплинарности у домену наука јасно је указао Луцен сагледавањем утицаја физике на развој математике и њихов подједнак утицај и ефикасност у домену природних наука (Lützen, 2011).

Својим истраживањем Карио и сар. су показали да примена учења заснованог на проблему, имплементираног интердисциплинарним приступом у настави основних студија биологије, доприноси осим развоју чињеничног знања и развоју професионалних вештина (Carrióetall., 2011).

На основу разматрања Фрејзера и Вијере, у контексту интердисциплинарног приступа учењу и примени наученог, су истакли да људске одлуке о очувању животне средине и биодиверзитета треба да буду донете као резултат координираног, интердисциплинарног знања људи различитих профила и свеобухватног научног и технолошког приступа (Fraser and Viera, 2009).

Наведени примери су само неки од владајућих ставова и схватања наведених у литератури који указују на веома заступљен интердисциплинарни начин размишљања у науци, интердисциплинарним истраживањима и решавању научних проблема, интердисциплинарном тумачењу наставних садржаја и примене на овакав начин стеченог знања из области природних наука. У свету се данас посвећује велика пажња интердисциплинарном наставном приступу наспрам традиционалног, јер такав приступ омогућава умрежавање знања из различитих области што у значајној мери доприноси формирању функционалних знања и вредносних ставова у друштву у целини (Kyburz-Graberetall., 2003; Robottomand Sauvé, 2003; Liarakou and Flogaitis, 2007; Tsurusaki and Anderson, 2010; Condeand Sánchez, 2010).

У превазилажењу традиционалног приступа настави и учењу, са циљем постизања веће ефикасности образовно-васпитног процеса, развоју способности, вештина и научној писмености, у свету су објављена бројна истраживања. Она укључују и примену модела интердисциплинарног приступа учењу, који доприноси унапређењу образовно-васпитног процеса. Интердисциплинарност у *настави биологије* је истраживана анализом корелације појединачних биолошких дисциплина; анализом корелације биологије са другим природним наукама (географијом, хемијом и физиком), као и анализом корелације биологије са математиком и информационим технологијама. У обради садржаја

изекологије и заштите животне средине интердисциплинарност је такође истраживана анализом корелације еколошких садржаја са садржајима осталих природних наука, математике и информационих технологија. Интердисциплинарност је истраживана и анализом корелације у *настави осталих природних наука и математике*. Од посебног је значаја чињеница да су се истраживачи бавили интердисциплинарним приступом у настави и учењу на свим нивоима образовања: основној школи, средњим школама и на универзитету (не само у настави, већ и у науци). Према Хулсу, значај интердисциплинарности у науци носи са собом потребу разматрања утицаја овог приступа на образовни процес на свим нивоима образовања (Hulse, 2006).

### **Значај интердисциплинарности у настави природних наука у основној школи**

Бројни су радови у којима је анализиран значај интердисциплинарности у настави природних наука у основној школи. Анализирали смо неке од њих.

Резултати истраживања Центра за образовање у Хјустону, објављени у извештају Морена и Тарпа, указују да опадање постигнућа у учењу и губитак интересовања за учење науке почиње још у основној школи. Због тога је на Бејлор колеџу медицине уз помоћ федералних фондова уложен напор да се овај проблем реши. Осмишљен је и проведен пројекат чији је циљ био да наука постане привлачна и релевантна за основце (од вртића до петог разреда) и лакша за предавање и тумачење учитељима и родитељима. Остварење овог циља аутори пројекта видели су у развоју интердисциплинарних наставних материјала који се могу користити у *наставној теми о заштити здравља* као општој теми за све интересне групе пројекта. Након прве године реализације пројекта резултати постигнућа ученика и учешћа наставника и родитеља у обукама на пројекту указали су на тенденцију пораста броја наставника и родитеља заинтересованих за сарадњу као и помоћи студената из свих средина са релевантних студија природних наука (Moreno and Tharp, 1999).

Нелсон је истражио учешће 182 наставника осмогодишњих школа у пројекту посвећеном *екологији*. Током експеримента посвећеног проучавању екологије интердисциплинарним приступом реализоване су радионице уз примену релевантних знања из природних наука. Учесници радионица, након анкетирања, високо су оценили спроведене активности и били су више заинтересовани за наставу екологије након радионица. Пост-тест је указао на повећано познавање садржаја из екологије код наставника основних школа (Nelson, 2010).

Истраживање Црнчеца је имало за циљ да утврди утицај ваннаставних активности из предмета *природа* у шестом разреду основне школе у Хрватској на образовна постигнућа ученика седмог и осмог разреда у *настави хемије*. Садржаји природе су приближени ученицима корелацијом са осталим наставним предметима коришћењем информационо-комуникационе технологије, применом програмиране наставе, портфолија, мапа ума и теренске наставе. Емпиријско истраживање засновано на педагошком експерименту са паралелним групама показало је статистички значајан ефекат корелације наставе хемије у седмом и осмом разреду и предмета *природа* из шестог разреда, на усвојеност садржаја, практичан рад и решавање проблемских задатака у настави хемије у основној школи (Crnčec, 2012).

Доленец и Доленец су у свом истраживању о повезаности биолошког појма сеобе птица и географских појмова који се односе на основна обележја држава у које птице

мигрирају до својих зимовалишта у Африци предложили већу могућност реализације наставе утемељене на међупредметној корелацији *биологије* и *географије*, у основној школи. Такав интердисциплинарни приступ чини наставу учинковитом и занимљивом уз групни (тимски) рад и кооперативно учење. Квалитетно умрежавање облика рада, наставних метода и извора знања води дубљем ученичком разумевању и смислености наставног градива, што утиче на ученичка постигнућа у настави (Dolenec and Dolenec, 2013).

На основу анализираних радова може се предложити да интердисциплинарно учење садржаја природних наука буде модел који треба да буде доминантно заступљен од самог почетка изучавања природних наука већ у основношколском узрасту ученика.

### **Значај интердисциплинарности у настави природних наука у средњим школама**

У овом делу рада је анализиран значај интердисциплинарности у настави природних наука у средњим школама. Ово су истакли бројни аутори у својим истраживањима.

Ледерману расветљавању апсурдности *биологије* у деветом разреду критикује судбину средњошколске науке у основном и средњошколском нивоу образовања и предлаже кохерентност *биологије*, *хемије* и *физике* у језгру курикулума за све средњошколце, тражећи везе између ових научних дисциплина, науке и математике, као и друштвених и хуманистичких наука. Циљ његовог разматрања и предложеног модела је научна и хуманистичка писменост базирана на интердисциплинарности као разумном циљу образовања будућих матураната у XXI веку (Lederman, 2001).

Макмилер и сар. описују програм стажирања младих научника из редова ученика средњих школа. За ово истраживање одабрани су ученици средње школе у Балтимору (САД) организовани групним обликом рада са сарадницима Морган државног Универзитета. Овај програм је изложио ученике актуелном базичном истраживању у *молекуларној генетици* кроз увођење и јачање принципа научног метода и демонстрацију примене *математике* и *хемије* у *биологији*. Своје резултате тимови су представили постер презентацијама које су демонстрирали као модел рада на локалним сајмовима средњошколске науке (McMiller et al., 2006).

Ширење *информатике* у *биологији* означава модерну револуцију у науци. У својој студији, Вефер и Шепард су анализирани научни стандарди *биоинформатике* у средњим школама у 49 америчких држава у контексту њихове примене у областима: *генетика*, *судска медицина*, *еволуција*, *класификације организама*, *медицине*, *пољопривреде*, *прехрамбене технологије*. Резултати ових анализа су показали ниску заступљеност корелације информатике са генетиком (8%), као и да је она највиша између информатике и еволуције (64%). Ови подаци нису у сагласности са значајем информатике за развој осталих области. Зато је у извештају дата препорука за измену информатичких стандарда са циљем промовисања веће научне писмености ученика средњих школа (Wefer and Sheppard, 2008).

У истраживању Шорго и сар. су истакли да подучавање средњошколаца о *дигестивном систему* може бити изазов за наставника када жели да превазиђе ситуацију да ученици о систему органа за варење уче чињенице напамет, без дубљег разумевања физиолошких процеса унутар система. Да би се то избегло у *наставу биологије* у

гимназији у Марибору уведена је серија експеримената који илуструју физиолошке процесе у дигестивном систему. У експерименталном истраживању ученицима је коришћењем рачунарских програма омогућено илустровање основних принципа из *физике и хемије објашњењу физиологије система органа за варење*. Кроз наведене практичне активности ученици су били у могућности да истражују неурофизиолошки аспект система, ензимске активности пепсина и амилазе, антибактеријске активности хлороводоничне киселине и значај цревних ресица у апсорпцији продуката варења. Ученици су се изјаснили да су експерименти засновани на корелацији садржаја из хемије и физике приказани рачунарским програмом, интересантни и корисни за разумевање физиологије дигестивног система (Šorgo et al., 2008).

Емран и сар. су у својој студији приказали модел средњошколског и универзитетског нивоа сарадње на примеру Медицинског института на Универзитету Харвард који је подржао програм науке средњошколског образовања пружајући могућност ученицима и њиховим наставницима да и они учествују у заједничком истраживању. Институт је дизајнирао и покренуо пројекат на тему *ембриологије риба* чији је главни циљ био да ученицима и наставницима пружи директно искуство о актуелним техникама које се користе у ембриолошким истраживањима применом знања из *генетике, природне селекције и адаптације животиња*. Исказани позитивни ставови ученика и наставника и повећање њихове мотивације за учење и напредовање су указали на применљивост интердисциплинарног модела учења у различитим лабораторијским поставкама (Emran et al., 2009).

Крајшек и Вилхар су кроз пројекат универзитетско-школске сарадње у средњим школама у Словенији за узраст од десетог до тринаестог разреда, истражили модел активног учења биолошког садржаја из наставне теме *Дифузија* корелацијом са Брауновим кретањем честица из предмета физика. Током часа, ученици су активно истраживали Брауново кретање: микроскопским запажањем неправилног кретања мале честице, компјутерском анимацијом која приказује догађаје на молекуларном нивоу и играњем улога симулирања дифузије. План лекција пратила је анализа научних открића, од Брауновог описа честица кретања до Ајнштајновог објашњења овог феномена на молекуларном нивоу. Анализом искустава током истраживања и позитивних ставова ученика изнетих у анкетном листу, аутори су закључили да се активним учењем биолошких садржаја корелацијом са њиховим знањем из физике ученици подстичу да уче и критички процењују научне моделе (Krajšek and Vilhar, 2010). Својим истраживањем Шорго додатно указује на значај развоја веза између *биологије* и *математике*, као једној од важних међупредметних корелација у школама. При том је истакао да заступљеност садржаја математике у биологији или биологије у математици није довољна, и да мора бити праћена развојем одговарајућих педагошких модела. На основу тога предлажио је модел педагошког математичког знања биолошких садржаја као полазиште за повезивање биологије и математику у школама. Процес повезивања ових дисциплина треба почети што раније у систему образовања, како би произвели припремљене умове који ће бити у стању да комбинују обе дисциплине и на дипломским и последипломским нивоима студија. Пошто су наставници кључни фактор за увођење иновација у образовању, први корак ка таквом циљу треба да буде едукација наставника основних и средњих школа (Šorgo, 2010).

Студија Вандершурена и сар. је показала да је у општем интересу науке и

примењених истраживања да информише јавност о својим достигнућима. Један од начина остварења тог задатка је да се утемељи информисаност и учење *биотехнологије* у средњим школама. Циљ истраживања је био истражити перцепцију биотехнологије, научно знање и свест о биотехнологији у одређеној циљној групи ученика средњих школа на узрасту од 16 до 20 година. Спроведена анкета на узорку од 1410 ученика у шест европских земаља је показала да ученици немају конкретна сазнања о биотехнолошким апликацијама и да је њихово интересовање за биотехнологију у корелацији са њиховим знањима. Повећање интересовања ученика за науку (конкретно биотехнологију) аутори виде у интердисциплинарном приступу изучавања природних наука у школама (Vanderschuren et al., 2010).

У наставном плану и програму на узрасту од 16 и 17 година у средњим школама у Француској предвиђено је изучавање утицаја људи на водене екосистеме. На основу тога Верноу и сар. су дизајнирали модел учења у области *екологије и заштите животне средине* којим ученици развијају критичко мишљење о загађености вода, како би као грађани могли да га минимизирају. Истраживање модела изведено је у истраживачком центру у коме су одељења била подељена у групе од четири до седам ученика, при чему је свакој групи одређен ментор (научник из центра). Средњошколци су имали задатак да представљањем резултата из публикација о мутацијама риба, формулишу хипотезе, изведу експерименте и дискутују своје резултате интердисциплинарним приступом. Ученици су коришћењем стеченог знања из других наставних предмета посебно *биологије* и *хемије*, одговарали на питања о биолошким, хемијским, економским и социјалним аспектима загађења воде. Нека од тих питања су била: Ког су порекла биолошки и хемијски загађивачи у воденим екосистемима? Како људска популација може бити свесна акватичног загађења? Каква је спремност локалног становништва да плати за заштиту регионалног екосистема? Стечена знања у области заштите животне средине (заштите вода), ученици су применили у изради постер презентација и у дискусији са менторима (експертима) група (Vergnoux et al., 2011). Шипуш и сар. у свом раду скрећу пажњу на тешкоће у настави комплексних концепта у *физици*, попут појмова у области *електромагнетизма*. Да би се достигли очекивани исходи учења, велики проценат ученика треба да има боље предзнање из *математике*. Зато аутори наглашавају потребу за интезивнијом интердисциплинарношћу наставе физике и математике (Šipuš et al., 2012). У свом раду Нејгл је истакао потребу припреме ученика током средњег образовања за интердисциплинарну природу модерне наставе биологије. Припрема ученика и трансформација *наставе биологије у интердисциплинарну* наставу захтева промене у наставном плану и програму, израду упутстава за њену реализацију и професионални развој наставника у циљу њихове подршке интердисциплинарној настави. У припреми ученика за модерну наставу биологије, едукатори треба да им пруже чешће могућности да се укључе у проучавање интердисциплинарних научних питања или проблема. Ученицима ће, како истиче аутор студије, бити потребно довољно времена и подршке, како би овладали интердисциплинарним начином размишљања и учења биологије (Nagle, 2013).

У свим анализираним радовима интердисциплинарно учење природних наука је модел препоручен за њихово изучавања у средњим школама. При томе им често за реализацију тог модела учења природних наука, кроз сарадњу и рад на заједничким пројектима, пружају помоћ одговарајући факултети и институти.

## Значај интердисциплинарности у науци и настави природних наука на универзитету

У овом делу је анализирано неколико радова у којима се препоручује интердисциплинарност у науци и настави природних наука на универзитету.

Тапио и Виламо су разматрали интердисциплинарни системски оквир *заштите животне средине* и процењивали његову примену у образовању. Модел је коришћен за класификацију мера за суочавање са проблемима заштите животне средине. У њему се разматрају и индивидуални и друштвени фактори који утичу на људско деловање у животној средини. Аутори очекују допринос модела интердисциплинарним решењима у овој области у науци и образовању (Tapio and Willamo, 2008).

Према истраживању Дајмонда и сар. главни изазов наставних планова и програма природних наука је континуирана евалуација и развој курсева који одражавају савремена биолошка истраживања. *Синтетички биологија* нуди одличан оквир у коме студенти могу да учествују у најсавременијим интердисциплинарним истраживањима и због тога је понуђена као додатак основним студијама биологије. Ова нова дисциплина, омогућава на пример, дубље разумевање структуре гена, генске функције и структуре хромозома кроз приступ органске хемије. Студенти, тако, постају не само технички вешти, већ и конструктивно критични и способни да се осамостаљују као независни истраживачи (Dymond et al., 2009).

Пурсел у свом раду скреће пажњу научној јавности на Програм трансформације основних студија за будућа истраживања биолога (BIO2010) заступањем става о унапређењу интердисциплинарности –*математичких и физичких компонента* у програму дипломских студија *биологије*. Департаман за хемију и природне науке у Вест Поинту одговара на овакве захтеве развијањем потребних курсева физичке хемије прилагођених потребама природних наука. Да би се превазишао отпор студента ка физичкој хемији, њима је омогућено да обликују градиво одабиром научних тема. Резултати анкете студената су показали да они имају позитиван поглед на курс и осећају да су успели у остваривању његових циљева. Аутор је на испитима и у лабораторији у поређењу са постигнућима студената у традиционалним курсевима физичке хемије, оценио да су њихова постигнућа статистички значајно већа (Pursell, 2009).

Савремена биолошка наука према мишљењу Метјуза и сар. захтева практичаре повећаног нивоа знања, компетенција и вештина из *математике и програмирања*. Прегледом наставног плана и програма науке на Универзитету у Квинсленду, на принципима извештаја националног програма BIO2010 (Програм трансформације основних студија за будуће истраживање биолога 2010) развијен је и представљен интердисциплинарни курс за једногодишње студенте биологије SCIE1000 који подразумева инкорпорирање математике и компјутерских програма у контексту модерне биолошке науке. У овој студији, мерене су перцепције студената биолошких наука уписаних по новом програму. Анализа њихових ставова је показала њихово позитивно уважавање значаја математике у биологији (Matthews et al., 2010).

Студија Милера и Волстона приказује како је Универзитет Труман (Missouri, USA), инспирисан програмом BIO2010, дефинисао програм *математичке биологије* са високо квалитетним искуством у интердисциплинарном истраживању. Резултати студије описују како је уз подршку Националне фондације изграђен програм за науку и препоручују и осталим образовним институцијама да изграде сопствене интердисциплинарне образовне



курсева (Miller and Walston,2010).

Канг и Пурнел су у овом раду истакли да је савремена биологија постала квантитативна и механицистичка више него квалитативна и феноменолошка. Америчко друштво за биологију ћелије је 2010. године скренуло пажњу научне јавности да учење *биологије* обухвата различите области: *математику, хемију, физику, инжењеринг* и *компјутерске науке*, односно да биологија представља интердисциплинарну раскрсницу наведених научних дисциплина. Због тога, су интердисциплинарни биолошки курсеви све више потреба за припрему студената за даље образовање и каријеру у природним наукама. Аутори су описали и графички демонстрирали заступљености истраживања две биолошке дисциплине, *биохемије* и *биофизике* у истраживачкој литератури. На основу тога, они су предвидели будуће трендове истраживања у овим дисциплинама и импликације ових трендова на основно студијско образовање, као и неопходност иновације биолошких наставних модела базираних на интердисциплинарности (Kang and Purnell,2011).

Мекејб је у свом раду истакао да није једноставно за ученике у школи, а ни за студенте основних студија, да разумеју међусобну повезаност сложених биолошких односа. Због тога је предложио да већ стечена знања у форми концептуалних мапа и графикона, тзв. „графичка знања“, могу помоћи ученицима и студентима да препознају знања из различитих биолошких дисциплина и примене их у решавању сложених биолошких односа. Као наставно помагало аутор сугерише употребу таблет персоналних рачунара који би технички подржали наставу (McCabe,2011).

У истраживању Мадлунга и сар. Указано је да на америчким универзитетима постоји већи ентузијазам за наставне приступе који комбинују *математику* и *биологију*. Позив за интегрисање квантитативног рада са биологијом довео је образовање до нових наставних средстава која побољшавају квантитативне вештине. Мало је познато да ли повећање интердисциплинарног рада ове врсте може довести до нежељених ефеката као што су могућност да математика узрокује анксиозност студената у учионици, или да се фокусирањем на математику изгуби из вида њена улога у разумевању биолошких појмова. Аутори студије су развили и оценили интегративни модул за учење математике и биологије којим су показали да утицај математике квантитативно повећава вредност теста из биологије. Аутори су закључили, да увођење математичких прорачуна у напредне наставне програме биолошких курсева не омета учење студената у целини, а може повећати дисциплину учења и вештине тумачења података напредним студентима (Madlung et all.,2011).

Берлингери и Бароуз су на Департману за биологију Универзитета Порто Рико у циљу развоја квантитативних процесних способности захтеваних у модерној биологији код студената основних студија биологије остварили промене наставног програма. Курикуларна ревизија укључила је додавање *математике (статистике)* у *биологију* у учењу *генетике* и *зоологије*. У њиховом раду описане су активности развијене за ова два курса и инструменти за мерење учења кроз интердисциплинарност биологије и статистике. На основу резултата мерења, аутори су истакли делотворност ових могућности учења у помагању студентима да унапреде своје разумевање математике и статистичких концепата и њихову способност да их примене у решавању биолошких проблема. У светлу овог истраживања, аутори су препоручили најбољу праксу на академским департманима биологије и математике на којима би се имплементацијом интердисциплинарне наставе и учења повезивањем математике (статистике) и биологије

студенти обучили за захтеве модерне биолошке науке (Berlinger and Burrowes, 2011).

Једна од стратегија за побољшање припреме студената за природне науке је редизајнирање уводних курсева попут биологије, хемије и физике, како би они боље одражавали своју интердисциплинарност. Самтер и Овенс су у извештају о свом истраживању приказали приступ настави основних студија опште хемије који је базиран на интердисциплинарном карактеру *биологије* и *хемије*. Овај иновативни модел наставе представља модел у коме су дисциплинске баријере ове две науке смањене у најранијем нивоу изучавања садржаја науке на основним студијама. Курс је подељен у три главна образовна модула: 1. Основи опште хемије, 2. Медицински приступи инфламацијама и 3. Неуро наука као конектор биологије и хемије. Очекивање истраживача је било да ће овај модификовани приступ настави опште хемије повећати интересовања студената за хемију и премостити јаз уочен између биологије и хемије. Курсеви засновани на контексту интердисциплинарне наставе чине темељ за едукацију будућих научника у XXI веку (Sumter and Owens, 2011).

Мекбрајд и сар. су у свом раду истакли потребу да се студенти током студија припремају за решавање научних изазова у XXI веку. Они су анализом утицаја *еколошки-научно-орјентисаног модела* са интердисциплинарним приступом екологији и у науци и у настави, указали на значај његове имплементације како би се осигурало да будући научници (еколози) већ током студија буду добро обучени за обављање стручних и научних питања: посебно да одговоре на кључна питања интердисциплинарне природе сложених еколошких изазова са којима се друштвосучава (McBride et al., 2011).

Шмит и сар. су у овом раду истакли да су изазови *животне средине* обимни и глобални и да захтевају решења која интегришу знање више дисциплина. Решења за ове изазове треба да дођу из различитих тимова, а не од појединаца или појединачних академских дисциплина, због чега аутори наглашавају да, дипломирани студенти морају превазићи постојеће границе и бити обучени за рад у различитим тимовима. У раду је представљен истраживачки програм интегративног постдипломског образовања националне фондације за науку на Универзитету у Вашингтону, као модел обуке који је фокусиран на интердисциплинарној, међународној сарадњи на еколошким изазовима. Анализом ефеката истраженог и реализованог програма аутори студије су препоручили да се размотре слични програми обуке који укључују стратегије за одржавање интердисциплинарног приступа у решавању еколошких питања и истовремено стицање искуства студената на међународном нивоу (Schmidt et al., 2012).

Томсон и сар. су описали национални експеримент у пројекту основних студија у области научног образовања финансиран од стране Медицинског института у Мериленду (САД), чији је циљ био да будуће лекаре током студија са флексибилним курикулумом припреме да развију широке научне компетенције. У свом концепту модели треба да интегришу *биологију*, *хемију*, *физику* и *математику* и да се кроз реформу садржаја природних наука изврши реформа педагошког аспекта модела. Посебан нагласак се односио на стратегије физичких наука у решавању аутентичних биолошких проблема. Свеобухватан план је био испитивање концептуалног знања ученика из физике и њихових ставова према интердисциплинарном приступу са тенденцијом развоја специфичних научних компетенција (Thompson et al., 2013).

У студији Морина и сар. је приказано истраживање модела решавања друштвено акутних питања на начин којим су студенти из различитих дисциплина и са различитих

континентална коришћењем *дигиталних технологија* окупљени око заједничке дигиталне платформе, на решавању *питања из животне средине* (размножавање зелених алги и загађивање обале Бретање; изградња постројења десалинизације морске воде за производњу пијаће воде у близини Мелбурна; промене у потрошњи меса на глобалном нивоу у односу на пројекције становништва у 2050. години...). Аутори су закључили да се на овај начин развија квалитет колективног размишљања и интеракција студената, због чега су предложили организацију заједница учења и изградњу колегијалне стручности. Резултати студије су истовремено показали да интердисциплинарне дискусије, посебно на међународном нивоу, подстичу разумевање сложених ситуација. У раду је предложен модалитет једног интердисциплинарног дидактичког сценарија, за побољшање критичког мишљења и заједничког рада, као и простора којим би се подржале ученичке аргументације (Morin et al., 2013).

У анализираним радовима потенцира се интердисциплинарност у истраживањима у природним наукама, али и на студијама природних наука, како за студенте који ће се бавити истраживачким радом у области биологије и екологије, тако и за будуће наставнике природних наука у основној и средњим школама. Разлози су оправдани и произилазе из потребе за што већом интердисциплинарности у науци и настави ових и осталих природних наука, математике и информатике на универзитету, као и у основним и средњим школама.

### **Интердисциплинарност у настави природних наука у Србији**

Истраживања о заступљености интердисциплинарности у настави природних наука у Републици Србији су још увек малобројна. Нешто већа пажња је посвећена истраживањима корелације наставних садржаја *биологије и хемије* са другим природним наукама и екологијом. Анализирали смо неке од тих радова.

Шишовић и сар. (1997) су анализирали интердисциплинарност у наставним предметима *хемија, биологија и физика* у основној школи и истакли њен значај за изучавање образовно-васпитних садржаја који се односе на основне животне процесе у исхрани биљака.

За тумачење појма енергије у наставном предмету физика у основној школи Шишовић и сар. (1996) и Шишовић и Шишовић, (2002) наглашавају важност повезивања садржаја наставних предмета *физика и хемија*, односно важност примене раније стеченог знања ученика у њиховом разумевању појма енергија.

Бојовић и Шишовић (1996) и Шишовић и сар. (2002) укажују на важност интеграције знања из наставних предмета *хемија, биологија и физика* за формирање нових научних појмова у основној школи активним учешћем ученика.

Миљановић (2004) је анализирала наставне програме предмета *биологија, географија, хемија и физика* у основној школи у Републици Србији и указала на непостојање корелације у њиховим садржајима.

Посебан допринос истраживању интердисциплинарности у настави код нас дали су Шефер и Радишић (2010). Оне су у свом раду изложиле резултате евалуације програма професионалног развоја наставника на тему интердисциплинарности која је имала за циљ подстицање креативности у тематској настави игром и истраживачким радом ученика млађих разреда. Резултати истраживања су показали да је интердисциплинарни приступ настави, по мишљењу наставника, подстицајан за развијање креативног понашања

ученика. Промене у ставовима, осећај успеха и мотивисаности ученика и наставника су били најзаступљенији ставови. Критички осврт на резултате сугерисао је даљи правац усавршавања и начина обуке наставника.

Цвјетићанин и сар. (2010) су представили модел интердисциплинарности *екологије* и *заштите животне средине* и *хемије* у неформалним облицима едукације на примеру едукације запослених у хемијској индустрији. За реализацију су предложили потребу одабира одговарајућих метода и инструмената у циљу мотивације запослених како би надоградили њихова еколошка знања.

Лукић Радојчић (2011) је у свом раду истакла значај примене интегративне наставе у млађим и старијим разредима основне школе, подстицањем наставника за међупредметно повезивање и њихову жељу за стручним усавршавањем из ове области јер је очигледно да су наставници, без обзира на степен стручне спреме и године радног стажа, недовољно припремљени за планирање и реализацију интегративних часова. Решење овог проблема, који се огледа у недовољној примени концепта интегративне наставе, је у допуни стратегије образовања, како би се овај иновативни модел реализовао преко званичног курикулума.

Цвјетићанин и Сегедицац (2011) у оквиру стратегије побољшања образовања наставника у Србији сматрају да је неопходно да се дефинишу јасни образовни стандарди интегрисане науке за ученике, као и да се створи модел образовања наставника: за примену научних метода у образовању, који укључује проширење знања из *хемије*, *биологије* и *физике*; затим примене метода експеримента у раном школском узрасту, индивидуализацију наставе, те примену научних метода решавањем проблема. У оквиру тог модела, наставници треба да буду охрабрени да прихвате неопходност свог континуираног самообразовања, а тиме и усавршавања.

На основу анализираних радова и код нас је предложена већа заступљеност интердисциплинарности у настави природних наука на свим нивоима образовања. Оправданост такве препоруке потврђена је истраживањима која су показала већу ефикасност овог модела учења у настави биологије и екологије у односу на традиционалну наставу (Никлановић и сар., 2012 и 2014).

## ЗАКЉУЧАК

Прегледом 59 радова домаћих и страних истраживача са сигурношћу се може закључити да интердисциплинарни приступ научним истраживањима у природним наукама и њиховој настави и учењу има велики значај на свим нивоима образовања.

Интердисциплинарним приступом истраживањима, проучавању и учењу природних наука, повећавају се кооперативност у раду, квалитет аргументација, вештине анализе и тумачења података, боље и ефикасније разумевање садржаја природних наука, математике и информатике, подстиче се вештина критичког размишљања код ученика и студената, развија се мотивација за њихово учење, спремност за даље професионално усвршавање наставника итд. То су само неки од ефеката интердисциплинарног приступа реализације садржаја из биологије, екологије, осталих природних наука, математике и информатике.

Интердисциплинарност у науци и настави природних наука на универзитетском нивоу образовања ће свакако бити доминантно заступљен у будућности. То је сигнал и за његову што већу имплементацију и на нижим нивоима образовања у циљу ефикаснијег

образовања ученика основних и средњих школа из природних наука.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Baker, A. (2011): Explaining the applicability of mathematics in science. *Interdisciplinary Science Reviews*, 36 (3): 255-267.
2. Berlinger, C.M., Burrows, P.A. (2011): Teaching biology through statistics: application of statistical methods in genetics and zoology courses. *CBE Life Science Education*, 10 (3): 259-267.
3. Бојовић, С., Шишовић, Д. (1996): *Корелација наставе хемије и физике у основној школи*. Трећи научни скуп методике хемије. Нови Сад. 17-18. јуна. Изводи радова: стр. 20.
4. Borich, G. (2007): *Effective teaching methods : research - based practice*. Pearson Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River New Jersey. USA.
5. Vanderschuren, H., Heinzmann, D., Faso, C., Stupak, M., Arga, K.Y., Hoerzer, H., Laizet, Y., Leduchowska, P., Silva, N., Simková, K. (2010): A cross-sectional study of biotechnology awareness and teaching in European high schools. *New Biotechnology*, 27 (6): 822-828.
6. Vergnoux, A., Allari, E., Sassi, M., Thimonier, J., Hammond, C., Clouzot, L. (2011): A multidisciplinary investigation of aquatic pollution and how to minimise it. *Journal of Biological Education*, 45 (1): 37-49.
7. Dolenc, Z., Dolenc, P. (2013): Correlation in teaching biology and geography. *Croatian Journal of Education*, 15 (2): 267-274.
8. Dymond, J.S., Scheifele, L.Z., Richardson, S., Lee, .P., Chandrasegaran, S., Bader, J.S., Boeke, J.D. (2009): Teaching synthetic biology, bioinformatics and engineering to undergraduates: the interdisciplinary Build-a-Genome course. *Genetics*, 181 (1): 13-21.
9. Ђорђевић, В.(2007): Иновативни модели наставе (Интегративна настава, Пројектна настава и Интерактивна настава), *Образовна технологија*, 4, 76-97.
10. Emran, F., Brooks, J.M., Zimmerman. S.R, Johnson, S.L., Lue, R.A. (2009): Zebrafish embryology and cartilage staining protocols for high school students. *Zebrafish*, 6 (2):139-143.
11. Ждерић, М., Миљановић, Т. (2001): *Методика наставе биологије*. Природно-математички факултет, Институт за биологију. НовиСад.
12. Kang, J., Purnell, C.B. (2011): Implications for undergraduate education of two interdisciplinary biological sciences: biochemistry and biophysics. *CBE Life Science Education*, 10 (2): 111-112.
13. Krajšek S. S., Vilhar, B. (2010): Active teaching of diffusion through history of science, computer animation and role playing. *Journal of Biological Education*, 44 (3): 116-122.
14. Kyburz-Graber, R., Posch, P., Peter, U. (2003): *Challenges in teacher education – interdisciplinarity and environmental education*. Innsbruck-Vienna-Munich-Bozen, Studien Verlag.
15. Liarakou, G., Flogaitis, E. (2007): From environmental education to education for sustainable development: Issues, trends and proposals, in: Liarakou, G., Athanasiadis, I. & Gavrilakis, C. (2011): What Greek secondary school students believe about climate change?, *International Journal of Environmental and Science Education*, 6 (1): 79-98.
16. Lederman, L.M. (2001): K-12 science education as the road to consilient curricula. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 935:261-265.

17. Лукић Радојичић, Ж. (2011): Интегративна настава у савременом образовном процесу. *Образовна технологија*, 4: 367-378.
18. Lützen, J. (2011): The physical origin of physically useful mathematics. *Interdisciplinary Science Reviews*, 36 (3): 229-243.
19. Madlung, A., Bremer, M., Himelblau, E., Tullis A. (2011): A study assessing the potential of negative effects in interdisciplinary math-biology instruction. *CBE Life Science Education*, 10 (1):43-54.
20. Matthews K., Adams, P., Goos, M. (2010): Using the principles of *BIO2010* to develop an introductory, interdisciplinary course for biology students. *CBE Life Science Education*, 9 (3): 290–297.
21. Meyer, M. (2007): Increasing the frame: interdisciplinarity, transdisciplinarity and representativity. *Interdisciplinary Science Reviews*. 32 (3): 203-212.
22. Miller J., Walston, T. (2010): Interdisciplinary training in mathematical biology through team-based undergraduate research and courses. *CBE Life Science Education*, 9 (3): 284–289.
23. Миљановић, Т. (2004): Корелација програма биологије за основну школу са програмима географије, хемије и физике. *Педагошка стварност*, 50 (1-2): 48-62.
24. Moreno, N.P., Sharp, B.Z. (1999): An interdisciplinary national program developed at Baylor to make science exciting for all K-5 students. *Academic Medicine*, 74 (4): 345-347.
25. Morin, O., Simonneaux, L., Simonneaux, J., Tytler, R. (2013): Digital technology to support students' socioscientific reasoning about environmental issues. *Journal of Biological Education*, 47 (3): 157-165.
26. McBride, B.B., Brewer, C.A., Bricker, M., Machura, M. (2011): Training the next generation of renaissance scientists: The gk-12 ecologists, educators, and schools program at the University of Montana. *Bio Science*, 61 (6): 466-476.
27. McMiller, T., Lee, T., Saroop, R., Green, T., Johnson, C.M. (2006): Middle/high school students in the research laboratory: A summer internship program emphasizing the interdisciplinary nature of biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34 (2): 88-93.
28. McCabe, B. (2011): An integrated approach to the use of complementary visual learning tools in an undergraduate microbiology class. *Journal of Biological Education*, 45 (4): 236-243.
29. Nagle, B. (2013): Preparing high school students for the interdisciplinary nature of modern biology. *CBE Life Science Education*, 12 (2): 144-147.
30. Nelson, A. (2010): Environmental education & ecology in a life science course for preservice k-8 teachers using project wildlife in learning design. *The American Biology Teacher*, 72 (3): 156-160.
31. Никлановић М., Дракулић, В. Прибићевић, Т. (2012): Ефикасност интердисциплинарног приступа обраде садржаја из екологије у гимназији. *Педагогија*, 67 (2): 233-242.
32. Niklanović, M., Miljanović, T., Pribićević, T. (2014): A model of interdisciplinary teaching of ecology in the high school. *Archives of Biological Sciences*, 66 (3): 1291-1297.
33. Пољак, В. (1985): *Дидактика*. Школска књига. Загреб.
34. Поткоњак, Н., Шимлеша, П. (уред.) (1989): *Педагошка енциклопедија 1*. Завод за уџбенике и наставна средства. Београд.

35. Pursell, D.P. (2009): Enhancing interdisciplinary, mathematics, and physical science in an undergraduate life science program through physical chemistry. *CBE Life Science Education*, 8 (1): 15-28.
36. Robottom, I., Sauvé, L. (2003): Reflecting on participatory research in environmental education: Some issues for methodology. *Canadian Journal of Environmental Education*, 8: 111-128.
37. Sumter, T.F., Owens, P.M. (2011): An approach to teaching general chemistry II that highlights the interdisciplinary nature of science. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 39 (2): 110-116.
38. Schmidt, A.H., Robbins, A.S.T., Combs, J.K., Freeburg, A., Jespersen, R.G., Rogers, H.S., Sheldon, K.S., Wheat, E. (2012): A new model for training graduate students to conduct interdisciplinary, interorganizational and international research. *Bio Science*, 62 (3): 296-304.
39. Tapio P., Willamo, R. (2008): Developing interdisciplinary environmental frameworks. *AMBI. A Journal of the Human Environment*, 37 (2): 125-133.
40. Tsurusaki, B. K., Anderson, C.W. (2010): Students' understanding of connections between human engineered and natural environmental systems. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5 (4): 407-433.
41. Thompson, K.V., Chmielewski, J., Gaines, M.S., Hrycyna, C.A., LaCourse, W.R. (2013): Competency-based reforms of the undergraduate biology curriculum: integrating the physical and biological sciences. *CBE Life Science Education*, 12 (2): 162-169.
42. Fraser, S., Viera, A.V. (2009): Biodiversity and nature conservation: some common arguments and alternative views. *Interdisciplinary Science Reviews*, 34 (4): 345-349.
43. Hassard, J. (2004): *The art of teaching science: inquiry and innovation in Middle School and High School*. Oxford University, New York, USA.
44. Hulse, R.A. (2006): Preparing k-12 students for the new interdisciplinary world of science. *Journal of Experimental Biology and Medicine*, 231 (7): 1192-1196.
45. Carrió, M., Larramona, P., Baños, J.E., Pérez, J. (2011): The effectiveness of the hybrid problem-based learning approach in the teaching of biology: a comparison with lecture-based learning. *Journal of Biological Education*, 45 (4): 229-235.
46. Cvjeticanin, S.M., Segedinac, M. D., Adamov, J. M. (2010): Model of permanent eco-chemical education of employees of chemical industry in the function of ecological development. *Problemy Ekorozwoju*, 5 (1): 53-59.
47. Cvjeticanin, S., Segedinac, M. (2011). Problems of teachers related to teaching optional science subjects in elementary schools in Serbia. *Croatian Journal of Education*, 13 (2): 184-216.
48. Conde, M. C., Sanchez, S. J. (2010): The school curriculum and environmental education: A school environmental audit experience. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5 (4): 477-494.
49. Crnčec, D. (2012): Utjecaj prirodoslovne izvannastavne aktivnosti učenika šestih razreda na obrazovna postignuća u nastavi kemije primarnog obrazovanja. *Zbornik radova Međumurskog veleučilišta u Čakovcu*, 3 (2): 15-21.
50. Шефер, Ј. (1991): Интердисциплинарни тематски приступ у настави. *Учитељ у пракси*, 246-263. Републички завод за унапређивања образовања и васпитања Србије. Београд.
51. Šefer J., Radišić, J. (2010): Kreativnost i interdisciplinarnost u našoj nastavi. *Nastava i*

- vaspitanje*, 59 (2): 205-223.
52. Šipuš, Z., Bartolić, J., Milin Šipuš, Ž. (2012): Mathematical concepts in electromagnetics: teaching experiences. *ELMAR*, 309-312. Zadar.
53. Шишовић, Д., Бојовић, С., Вукотић, В. (1996): Повезаност наставе хемије и физике кроз појам енергије. 38. *Саветовање Српског хемијског друштва*. Београд. 6-8. јуна. Изводи радова НС-6, стр. 280. Београд.
54. Шишовић, Д., Бојовић, С., Марковић, М. (1997): Исхрана биљака – међупредметна повезаност биологије, хемије и физике у основној школи. *Четврти научни скуп методике хемије: Хемија у пољопривреди*. Нови Сад. 17-18. јун. Изводи радова: стр. 13.
55. Šišović, D., Voјović, S., Šišović, N. (2002): Theme for integration of chemistry, physics and biology knowledge and pupils active participation. *3rd International Conference of the Chemical Societies of the South-Eastern European Countries. Chemistry in the New Millennium: An Endless Frontier*, Romania, Bucharest. September 22-25. Book of Abstracts: Vol 1: 88.
56. Šišović, D., Šišović, N. (2002): The concept of energy: The bridge between chemistry and physics. *Proceedings of 3rd IOSTE Symposium. Czech Republic*. Prague. June 15-18: 259-262.
57. Šorgo, A., Hajdinjak, Z., Briski, D. (2008): The journey of a sandwich: computer-based laboratory experiments about the human digestive system in high school biology teaching. *Advances in Physiology Education*, 32 (1): 92-99.
58. Šorgo, A. (2010): Connecting biology and mathematics: first prepare the teachers. *CBE Life Science Education*, 9 (3): 196-200.
59. Wefer, S.H., Sheppard, K. (2008): Bioinformatics in high school biology curricula: a study of state science standards. *CBE Life Science Education*, 7 (1): 155-162002E

Примљено: 14. 10. 2015.

Одобрено: 28. 04. 2016.