

Na študenta osredinjeno poučevanje matematike v visokem šolstvu

Karla Ferjančič

*Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko,
naravoslovje in informacijske tehnologije, Inštitut Andrej Marušič
karla.ferjancic@iam.upr.si*

Pozivi k prenovi učenja in poučevanja visokošolske matematike so v tujini obrodili številne projekte in raziskave. Medtem ko lahko v slovenskem prostoru najdemo zelo veliko literature na temo didaktike matematike za obdobje od predšolske vzgoje pa vse do vključno srednje šole, opazimo veliko vrzel za področje predmetne didaktike visokošolske matematike, s tem pa pomanjkanje tako splošnih analiz in usmeritev kot tudi konkretnih gradiv, ki bi lahko služili za izboljšanje študijskega procesa, dosežkov študentov, njihovega konceptualnega razumevanja in nenazadnje tudi oblikovanje pozitivnega odnosa do visokošolskih matematičnih predmetov. V prispevku pregledamo ključne pristope in primere dobrih praks v tujini ter zaobjamemo relevantno obstoječo literaturo in zglede iz slovenskega visokošolskega prostora. Ob presoji omejitvev pri uvajanju na študenta osredinjenega poučevanja so predstavljene tudi usmeritve in primeri, ki bi pripomogli k dejanski implementaciji predstavljenih metod v proces učenja in poučevanja ter tako prispevali k razvoju didaktike tega področja.

Ključne besede: didaktika visokošolske matematike, učenje in poučevanje visokošolske matematike, na študenta osredinjeno učenje in poučevanje, izkustveno učenje, matematična diskusija, raziskovalno usmerjeno poučevanje

Uvod

Prizadevanja za reformo poučevanja v visokem šolstvu, ki bi tradicionalne pristope, v katerih prevladuje teorija, študent pa je zgolj prejemnik informacij, nadgradila z inovativnimi pedagoškimi pristopi, segajo že daleč v preteklost. Raziskave, posvečene razvoju predmetne didaktike za področje visokošolske matematike, ki jih zasledimo v tuji literaturi, izhajajo predvsem iz konstruktivistične teorije (Chang 2011; Jaworski 1994; Orton in Roper 2000), kjer je poudarjeno študentovo konceptualno razumevanje. Na področju vzgoje in izobraževanja s konstruktivizmom označujemo (Plut-Pregelj 2004) teorije znanja in iz njih izpeljane teorije učenja, ki temeljijo na predpostavki, da je znanje kot človekov konstrukt posledica njegove individualne (Piaget) in ožje socialne oziroma širše družbene dejavnosti (Vigotski). Glavni poudarki

t.i. konstruktivistične pedagogike (Driver 1995; Krahenbuhl 2016; Richardson 2003; Savery in Duffy 1995; Uzuntiryaki idr. 2009) so: poučevanje je na študenta osredinjen proces; miselni elementi morajo biti povezani s študentovimi predznanjem, izkušnjami in obstoječo miselno strukturo; učenje mora biti postavljeno v kontekst in povezano z avtentičnimi primeri iz resničnega sveta (Abramovich in Grinshpan 2008; Anku 1996); pomembna sta socialna interakcija in diskusija; učno okolje mora biti vnaprej načrtovano, delovati mora spodbudno in študentu omogočati samostojno pridobivanje ter nadgrajevanje znanja; potrebno je spodbujati in omogočati refleksijo; pomembna je kakovost; poučevanje ni zgolj proces prenosa znanja na študenta – vloga profesorja mora biti bolj kot govorcu podobna dirigentu (Abdulwahed, Jaworski in Crawford 2012).

Medtem ko ima visokošolska didaktika v slovenskem prostoru razmeroma dolgo tradicijo in lahko sledimo številnim aktivnostim za njen razvoj, zlasti od poznih šestdesetih let dvajsetega stoletja dalje (Marentič Požarnik 2020), pa lahko v slovenski strokovni literaturi, ki bi obravnavala predmetno didaktiko za področje visokošolske matematike in pripadajoče specifične smeri, opazimo veliko vrzel. Pregled literature preko ustreznih iskalnikov s ključnimi besedami, kot so visokošolska didaktika matematike, visokošolska didaktika, matematika, konstruktivizem, dodiplomski študij, izkustveno učenje ipd., hitro pokaže, da je področje slovenske visokošolske matematike zelo dobro pokrito s strokovno literaturo, ki jo lahko združimo pod temo »kaj poučevati«, po drugi strani pa je izredno malo literature na temo »kako poučevati«.

V preglednem članku bodo raziskani inovativni trendi in primeri dobrih praks za poučevanje visokošolske matematike, ki jih zasledimo predvsem v tujini. Pri tem se osredotočimo na tri pristope na študenta osredinjenega poučevanja, ki so v tuji literaturi najbolj poudarjeni in so na mnogih fakultetah tudi vpeljani v vsakdanji učni proces. Omenjeni pristopi se seveda med seboj prepletajo in dopolnjujejo. Obravnavana je tudi uporaba tehnologije, ki je v številnih raziskavah uporabljena kot orodje, ki nam omogoča reformo poučevanja. Ob predstavitvi različnih orodij se je potrebno zavedati tudi različnih tipov učnih stilov študentov in preostalih ovir, ki so obravnavane na koncu tega prispevka.

Ključni pristopi k poučevanju visokošolske matematike

V nadaljevanju obravnavamo pristope, ki podpirajo in spodbujajo študente, da razvijejo poglobljeno konceptualno razumevanje pomembnih matematičnih idej in produktivne dispozicije. Njihova implementacija v proces poučevanja bistveno izboljša študentovo konceptualno razumevanje, odnos do

obravnavane teme, sposobnosti diskusije, skupinskega dela, načrtovanja in predstavitve.

Izkustveno učenje

Kolb (1984), eden najpomembnejših teoretikov na tem področju, izkustveno učenje opredeli kot proces, kjer se znanje ustvarja kot ciklični proces, ki vključuje konkretno izkušnjo (vključenost neposredno v avtentično situacijo), razmišljujoče opazovanje (opazovanje, kaj se je zgodilo, in navezovanje na pretekle izkušnje ter konceptualno razumevanje), abstraktno razmišljanje (prenos izkušenj v abstrakten koncept) in aktivno eksperimentiranje (preizkušanje novih zamisli).

Izkustveno učenje vključuje naslednje elemente (Association for Experiential Education b.l.): skrbno izbrane izkušnje, podprte z refleksijo, s kritično analizo in sintezo; izkušnje so strukturirane tako, da od študenta zahtevajo pobudo, sprejemanje odločitev in odgovornost za rezultate; skozi izkustveni učni proces študent aktivno sodeluje s postavljanjem vprašanj, z raziskovanjem, eksperimentiranjem, reševanjem težav in s kreativnostjo; možnost, da se študentje učijo preko naravnih posledic, napak in uspehov; študentje so vključeni intelektualno, čustveno, socialno, duševno in/ali fizično; rezultati učenja so osebni in so osnova za prihodnje izkušnje in učenje; odnosi se razvijajo; študent in predavatelj lahko doživita uspeh, neuspeh in negotovost, saj rezultatov izkušenj ni mogoče povsem napovedati; osnovna vloga predavatelja je postavljanje primerno zahtevnih nalog, zagotavljanje podpore študentom ter prepoznavanje in spodbujanje spontane priložnosti za učenje, pri tem pa se mora zavedati svoje pristranskosti in predsodkov ter tega, kako ti vplivajo na študenta. Zasnova učne izkušnje vključuje možnost učenja naravnih posledic, napak in uspehov.

V letu 2019 je pri Znanstveni založbi Filozofske fakultete izšel visokošolski učbenik *Izkustveno učenje* (Marentič Požarnik idr. 2019), v katerem avtorice poudarijo pomen nenehnega povezovanja neposredne izkušnje s teoretičnimi izhodišči, tehtnim načrtovanjem uporabe izkustveno zasnovanih pristopov k učenju, z nudenjem kakovostnih povratnih informacij in ustvarjanjem ustreznih učnih okolij, ki učence motivirajo za pridobivanje celovite učne izkušnje.

Proces izkustvenega učenja je povezan s formalnim in z neformalnim učnim okoljem, v katerem se vedenje ustvarja prek transformacij izkušenj. Seveda mora pri načrtovanju in izbiri aktivnosti glede na cilje in namene izkustvenega učenja visokošolski učitelj razmisliti (Marentič Požarnik idr. 2019) o različnih okoliščinah, kot so značilnosti udeležencev, velikost skupine, pro-

storske, tehnične in časovne možnosti, kdo ali kaj bo v žarišču pozornosti (ali je v ospredju posameznik, skupina ali tematika), kako temeljito bo predavatelj pri analizi vodil v globino, kakšna bo stopnja interakcije med vodjo in udeleženci ter med udeleženci samimi ter kako bo usmerjal obravnavo in analizo učne izkušnje.

Pogosta oblika izkustvenega izobraževanja (Moore 2010) za področje poučevanja visokošolskih matematičnih predmetov je praksa, ki študentom prinese določeno število kreditnih točk. Predvsem v tujini poznajo različne oblike praktičnih usposabljanj (npr. storitveno učenje, kooperativno izobraževanje, raziskave v skupnostih). Običajno je samostojen predmet, ki ni neposredno povezan s teoretičnimi predavanji. Študent ima, ob podpori univerzitetnega osebja, priložnost, da preko različnih projektov sodeluje s strokovnjaki izven fakultete. Glavni nameni prakse so povezovanje teorije z izzivi zunaj fakultete, odkrivanje kariernih priložnosti ter osebni in poklicni razvoj.

Ob tem ne gre spregledati pomembne posledice bolonjskega študija, ki je študente v večji meri kot pred reformo sistema spodbudila, da se za določeno obdobje študija udeležijo izobraževanja na visokošolskih zavodih v drugi državi. Poleg pridobivanja novih matematičnih znanj prinaša študij v tujini pomembno komponento izkustvenega učenja, in sicer kulturno potopitev, ki ponuja številne izzive ureditve življenja v novem kraju. Študij v tujini lahko pri določenih študijskih smereh vključuje tudi študijsko prakso.

Raziskovalno usmerjen pristop k poučevanju (raziskovalni projekti)

V literaturi je matematično raziskovanje kot pristop k učenju karakterizirano na različne načine. Npr., Richards (1991) raziskovanje definira kot učenje veščine, kako se matematično izražati, sodelovati v matematičnih diskusijah, postavljati domneve in reševati nove ali neznane matematične probleme. V tovrstnih karakterizacijah je v ospredje postavljena dejavnost študentov, kar je le del raziskovalnega procesa. Da bolje opišemo kompleksnost raziskovalnega pristopa kot metode učenja, moramo v samo definicijo zajeti tudi predavateljevo dejavnost, ki mora vključevati raziskovanje študentovega matematičnega razmišljanja in utemeljevanja (Rasmussen in Kwon 2007; Rasmussen idr. 2006). To visokošolskemu učitelju omogoča, da izgradi model o tem, kako njegovi študentje interpretirajo in generirajo matematične ideje, poleg tega pa tudi sam pridobi nova spoznanja, nove matematične ideje in lahko sledi ter nadgrajuje študentova razmišljanja s postavljanjem novih vprašanj in nalog. Študentje se z raziskovalnim pristopom učijo novih matematičnih konceptov prek vključevanja v izvirno argumentacijo in spoznajo, da lahko sami razvijajo nove (inovativne) matematične ideje. Rasmussen in Kwonova

(2007) za primer raziskovanja diferencialnih enačb navajata naslednje prednosti raziskovalnega pristopa učenja in poučevanja, ki nadgrajujejo klasične analitične tehnike: študentje sami na novo odkrivajo matematične ideje in numerične metode za analizo rešitev danih problemov. Namesto da jim predavatelj predstavi osnovne analitične in numerične pristope, imajo sami priložnost, da se spopadejo z zahtevnimi izzivi, ki jim omogočajo ustvarjanje lastnih analitičnih in numeričnih pristopov. Kot izhodišče za matematično raziskovanje dobijo študentje primerno zahtevno nalogo, ki pogosto izhaja iz realističnih situacij. Prednost pred klasičnimi pristopi, kjer se tovrstni primeri pojavijo na koncu poglavij, je, da študenta že na začetku motivirajo za ustvarjanje idej, ki pripeljejo do različnih metod za reševanje danega problema. Glavna ideja raziskovalnega pristopa (Yoshinobu in Jones 2012; 2013, 1–11) torej ni, da bi študentje zgolj spoznavali tehnike, ki jih predstavi učitelj, in jih nato samo aplicirali na podobne probleme, pač pa da so aktivno vključeni in sami prispevajo svoje matematične ideje za reševanje problemov. Na tak način se z matematiko ukvarjajo tako, kot se z njo ukvarjajo matematični raziskovalci.

Tovrsten pristop seveda zahteva veliko truda in znanja za pripravo dobrih učnih materialov. Primeri dobre prakse iz tujine so raziskovalni projekti, v sklopu katerih delovne skupine, ki vključujejo tako raziskovalce kot tudi podporno osebje, oblikujejo ustrezne metode, skrbijo za njihovo vključitev v poučevanje in nenazadnje tudi za izvedbo raziskave o doseženih učinkih.

Eden od takih primerov je projekt TIMES »Teaching Inquiry-Oriented Mathematics: Establishing Supports (TIMES)«¹ (b. l.), v sklopu katerega so E. Johnson (Virginia Tech), C. Andrews-Larson (Florida State University) in K. Keene (North Carolina State University) razvili inovativne metode za tri specifična matematična področja (abstraktna algebra, linearna algebra in diferencialne enačbe), ki temeljijo na raziskovalno usmerjenem pristopu in med drugim vključujejo konkretno gradivo za študente ter gradivo za podporo izvajalcem teh predmetov (učni cilji, utemeljitve nalog, navodila za izvajanje).

Drug primer iz tujine je projekt ESUM (Jaworski idr. 2011), v sklopu katerega so za namen poučevanja matematike prvih letnikov študentov tehničnih smeri nosilci projekta preučili učni načrt, oblikovali vprašanja/naloge/skupinske projekte in (ob podpori doktorskih študentov) zasnovali inovativne učne pristope. Inovacija je vključevala zasnovo konkretnih raziskovalnih vprašanj in nalog, uporabo ustreznega računalniškega programa in načrt aktivnosti v majhnih skupinah študentov.

Poleg vključevanja raziskovalnega pristopa v izvedbo samih vaj in predavanj se lahko študentje v matematično raziskovanje vključujejo tudi na druge

načine in v neformalnih (obštudijskih) okoljih. Tu lahko izpostavimo dva primera:

- *Matematični raziskovalni projekti fakultet in inštitutov.* Za (najboljše) študente je dragocena izkušnja, če lahko delujejo kot raziskovalni sodelavci na projektih fakultete ali inštituta. Preko tovrstnega sodelovanja lahko študentje razvijajo nove matematične ideje in se spoznajo s pisanjem izvirnih znanstvenih člankov, kar lahko rezultira tudi v objavah v najboljših mednarodnih znanstvenih revijah, indeksiranih v SCI (primera: Vasilyev, Darda in Stevanovic 2014; Darda in Hujdurović 2015), in sodelovanjih na mednarodnih znanstvenih konferencah.
- *Poletni matematični dogodki za študente.* Tudi med študijskimi počitnicami so študentom na razpolago dejavnosti, ki podpirajo povezovanje teorije in prakse ter spodbujajo njihov osebni in poklicni razvoj. Primer je mednarodno tekmovanje, imenovano PRIMATIJADA, ki se že vrsto let odvija na področju matematike, računalništva, biologije, kemije, fizike in drugih naravoslovnih ved ter v športnih disciplinah. Letno se ga udeleži okoli 1.500 študentov iz vseh držav Balkana, ki na dogodku predstavijo svoje izdelke (projektne/raziskovalne naloge) in tekmujejo v športnih disciplinah. Študenti, ki se želijo udeležiti tekmovanja, morajo pod strokovnim mentorstvom pripraviti svoje projektne/raziskovalne naloge. Prijavijo se lahko študenti dodiplomskih in podiplomskih študijskih programov, ki svoje raziskovalno delo na samem tekmovanju tudi predstavijo/zagovarjajo.

Kljub različnim tipom učnih tehnik in različnemu obsegu uporabe navedenih aktivnosti lahko implementacijo raziskovalno usmerjenega pristopa pri poučevanju matematičnih predmetov povežemo z boljšimi uspehi in večjo vztrajnostno študentov pa tudi z izboljšanimi ocenami študijsko manj uspešnih študentov (Kogan in Laursen 2014; Laursen 2013; Laursen idr. 2014).

Dobra vprašanja z matematično diskusijo

Tradicionalne pasivne metode poučevanja dopuščajo le malo časa za matematično diskusijo med študenti in/ali s predavateljem (Abdulwahed, Jaworski in Crawford 2012). Študente na matematičnih vajah/predavanjih lahko sicer okarakteriziramo kot skupnost prakse, v kateri lahko prepoznamo številne vidike vključevanja in aktivnosti (Wenger 1998), kljub temu pa lahko opazimo, da ta skupnost ne dosega najboljših dosežkov v smislu uresničevanja ciljev, povezanih s študentskim konceptualnim razumevanjem mate-

matike. Za razvoj slednjega je ključno poučevanje, ki mora vključevati postavljanje vprašanj in iskanje odgovorov, prepoznavanje problemov in iskanje rešitev, postavljanje domnev in dokazovanje (Jaworski 2013). Ob primerno zastavljeni diskusiji se študentje potopijo v matematične procese in koncepte ter dosegajo globlje ravni razumevanja, namesto da bi ostali zgolj pri površinskem dojemanju snovi. Podobno velja tudi za visokošolske učitelje – s postavljanjem vprašanj in razvijanjem idej v razredu se poglobijo v konceptualizacijo učnih procesov ter razmišljanje o primernih pristopih/vprašanjih za spodbujanje konceptualnega učenja študentov.

Prvi koraki k zasnovi primerne matematične diskusije so jasna postavitev ciljev izbrane aktivnosti, načrtovanje inovacije in načrtovanje učnega pristopa. Za spodbujanje dialoga in razvijanje idej so posebej primerne aktivnosti v manjših skupinah (Jaworski in Matthews 2011). Changova (2011) za primer poučevanja linearne algebre predlaga uporabo vprašanj, ki spodbujajo razmišljanje in omogočajo dvosmerno komunikacijo med predavateljem in študenti pa tudi uporabo preprostih aplikativnih zgledov, ki motivirajo učenje in sodelovanje študentov. Avtorica poudarja nujnost, da predavatelji postanejo boljši poslušalci. Seveda je zelo pomembno strukturirati dobra vprašanja/trditve (Mazur 1997). Dobra matematična vprašanja so vprašanja, ki (Miller, Santana-Vega in Terrell 2006): spodbudijo študentovo zanimanje in radovednost; pomagajo spremljati študentovo razumevanje obravnavane teme; študentom omogočajo pogoste priložnosti za postavljanje domnev in argumentacijo o njihovi veljavnosti; temeljijo na predhodnem znanju in (ne)razumevanju študentov; predavateljem omogočajo pogosto sprotno preverjanje, kaj so se študentje naučili; spodbujajo aktivno učno okolje.

Za področje osnov matematične analize lahko zasledimo zbirko dobrih vprašanj, ki so nastala v sklopu projekta na Cornell University (»GoodQuestions Project: Class Materials« b. l.) in jih avtorji razdelijo na več tipov: vprašanja za ogrevanje, ki jih študentje rešijo prek ustreznega računalniškega programa pred samimi predavanji, da se seznanijo z naslednjo obravnavano temo, predavatelj pa na ta način preveri njihovo razumevanje ključnih osnovnih konceptov; kratka vprašanja med predavanji/vajami, s katerimi predavatelj preverja osnovno razumevanje; testna vprašanja, ki zahtevajo nekoliko več razmišljanja in razširjanje osnovnega koncepta; poglobljena vprašanja, ki večinoma zahtevajo predavateljevo vključevanje s primerno diskusijo, ki študente vodi v pravo smer.

Dobro sestavljeno vprašanje, ki lahko vključuje tudi odgovore, med katerimi morajo študentje izbrati pravega, in diskusija, ki jo le-to sproži, sta lahko zelo močni orodji za poučevanje (Santana-Vega 2004).

Tehnologija kot orodje za inovativno poučevanje visokošolske matematike

Uporabo tehnologije pri poučevanju matematike lahko v grobem razdelimo na dva dela – na uporabo specifičnih matematičnih računalniških programov in paketov ter na uporabo splošnih učnih tehnologij in spletnih orodij.

Med programi je potrebno omeniti programsko opremo Wolfram Mathematica, ki vsebuje sistem za simbolično obdelavo (ne)enačb, numerično računanje, orodja za vizualizacijo in proceduralni programski jezik. Posebej pri poučevanju predmetov iz matematične analize uporaba Mathematice bistveno prispeva k študentovemu konceptualnemu razumevanju snovi, doseganju boljših rezultatov na izpitih in večjemu zadovoljstvu (Roddick 2001). Pomemben programski paket za numerično analizo in programski jezik, ki ga razvija podjetje MathWorks, je Matlab. Uporaben je za izvedbo različnih dejavnosti pri pouku linearne algebre (Chang 2011), pogosto pa se ga uporablja tudi pri matematičnih predmetih na tehničnih smereh (Waldvogel, 2006; Pennell, Avitabile in White 2009). Mathematica in Matlab (oziroma prosto dostopen alternativni program Octave) se v slovenskem visokošolskem prostoru uporabljata pri poučevanju osnov linearne algebre in analize (Kosi-Ulbl 2011) ter predvsem pri implementaciji in testiranju algoritmov, ki jih študentje spoznavajo pri numerični algebri in numerični analizi (Bapić in Vitrih 2019; Kozak 2008; Plestenjak 2015). Ta orodja pomagajo razvijati študentovo konceptualno razumevanje obravnavane snovi in spodbujajo samostojno raziskovanje preko nalog, ki jih študentje rešujejo na računalnikih (Lappas in Kritikos 2018). Dodatna orodja (npr. Matlab Grader) omogočajo, da lahko študent takoj (avtomatsko) dobi povratno informacijo o tem, ali je njegov rezultat pravilen, oziroma dodaten napotek, če rezultat ni ustrezen.

Med interaktivnimi spletnimi orodji se na nekaterih univerzah v tujini uveljavlja učno okolje ALEKS, ki najprej preveri, kaj študent že zna, česa ne zna in kaj se lahko v naslednjem koraku nauči. Uporablja algoritme umetne inteligence za kreiranje nalog, ki so prilagojene študentovemu predznanju (Potocka 2010). Na spletu so dostopne že obstoječe zbirke za poučevanje algebre in verjetnosti, rezultati raziskav pa potrjujejo, da uporaba ALEKS-a bistveno izboljša ocene, ki jih študentje dosežejo na izpitih (Hagerty in Smith 2005; Hagerty, Smith in Goodwin 2010). Na spletu so dostopna tudi različna interaktivna orodja (npr. TurningPoint, Mentimeter), ki omogočajo hitro in anonimno interakcijo s študenti preko njihovih pametnih telefonov, tablic ali računalnikov. Predavatelj ima možnost postavljati različne tipe vprašanj in anket za pridobivanje povratnih informacij. Raziskave kažejo, da študentje njihovo

uporabo zelo pozitivno vrednotijo in raje obiskujejo predavanja, saj imajo več priložnosti, da izrazijo svoje mnenje (King in Robinson 2009; Wood in Shirazi 2020).

Uporaba spleta, elektronskih gradiv in spletnih učilnic (npr. Moodle) je postala že standard in nepogrešljivo orodje pri poučevanju (Engelbrecht in Harding 2009; Loong in Herbert 2012; Miller 2011; Thomas in Holton 2003), posebej v letošnjem obdobju epidemije. V literaturi lahko zasledimo več poimenovanj: učenje na daljavo, spletno učenje in mobilno učenje, ki se med seboj prepletajo. Nabor različnih možnosti uporabe IKT v pedagoškem procesu na univerzitetni ravni je predstavljen v znanstveni monografiji z naslovom *Izzivi in priložnosti uporabe informacijsko komunikacijske tehnologije v pedagoškem procesu na področju naravoslovja, tehnologije in matematike* (Ferk Savec in Rugelj 2019). Monografija sicer ne pokriva uporabe IKT za področje poučevanja visokošolske matematike, lahko pa služi kot idejni navdih in razmislek, kako nekatera spregledana orodja IKT smiselno vključiti v pedagoški proces tudi na tem področju.

Ob uvajanju različnih orodij se moramo vsekakor zavedati različnih tipov učnih stilov študentov. Uporaba tehnologije nekoliko bolj ustreza vidnim tipom študentov, medtem ko slušni tipi bolj prisegajo na klasično okolje, ki omogoča neposredno komunikacijo (Becker in Dwyer 1998).

Upoštevanje razlik v učnih stilih

Pri načrtovanju aktivnosti na vajah in predavanjih je potrebno upoštevati razlike med študenti. Študentov učni stil lahko opišemo kot študentovo preferenco o tem, kako »sprejema in obdeluje informacije« (Felder in Silverman 1988). Študentje, katerih učni stil se ujema s profesorjevim stilom poučevanja, si informacije bolje zapomnijo, znanje uspešneje uporabljajo in imajo pozitivnejši odnos do predmeta kot tisti študentje z drugačnim učnim stilom (Felder 1993). S tem vedenjem je postala zelo pomembna pedagoška tema »kako se študentje učijo« (Hawk in Shah 2007). Razvitih je bilo veliko modelov, povezanih z različnimi učnimi stili (Felder in Silverman 1988; Fleming in Mills 1992; Gardner 1983; Gregorc 1979; Kolb 1984; McCarthy 1986). Kljub temu, da so učni stili individualni, obstajajo vzorci, ki se pojavijo v raziskavah s skupinskimi kategorizacijami, kot sta spol in rasa. Raziskovalci so med drugim ugotovili, da so pomembne razlike v učnih stilih med moškimi in ženskami (Fisher idr. 2013). Številne študije so potrdile obstoj konfliktov med študentovim in profesorjevim stilom učenja ter razmišljanja pri poučevanju matematičnih predmetov na univerzah (Abramovich in Grinshpan 2008). Kot posebej problematično avtorji navajajo abstraktno poučevanje visokošolske matematike

pri študentih, ki v sami osnovi ne študirajo matematike. V takih primerih je zelo pomembno izkustveno učenje oziroma uporaba na študenta osredinjenega poučevanja, ki vključuje praktične primere (Maull in Berry 2000). Aktivnosti pri poučevanju visokošolske matematike in tudi preverjanje znanja je potrebno načrtovati tako, da je prilagojeno različnim učnim stilom, saj se s tem zmanjša nepotreben stres in izboljšajo dosežki študentov (Savitz in Savitz 2010).

Ovire pri uvajanju inovativnega učenja in poučevanja

V nasprotju z učitelji matematike v osnovnih in srednjih šolah, ki morajo opraviti ustrezna pedagoška usposabljanja, so predavatelji na univerzah v splošnem visoko izobraženi specialisti za posamezna matematična področja, imajo pa opravljenih malo (ali nič) formalnih pedagoških usposabljanj (Abdulwahed, Jaworski in Crawford 2012). Kljub temu da so učinkovite tehnike na študenta osredinjenega učenja in poučevanja visokošolske matematike (v tujini) že zelo dobro raziskane in je njihova uporaba v številnih raziskavah povezana s pozitivnimi odzivi in dosežki študentov, ostaja glavni problem reform ta, da še vedno primanjkuje učinkovitih strategij, kako pridobiti dovolj veliko število univerz in visokošolskih učiteljev, ki bi te strokovno podprte metode vpeljali v svoj način poučevanja (Fairweather 2008; Henderson in Dancy 2007; 2008; 2011).

Preden začne visokošolski učitelj uporabljati inovativne tehnike poučevanja, mora opraviti zahteven prehod s tradicionalnih metod k novim tehnikam. Paulsen in Feldman (1995) v svojem modelu opisujeta tri faze tega prehoda: odmrzovanje, spremembo in zamrzovanje. Med prvo fazo učitelj pridobiva motivacijo za spremembo zaradi velike razlike med cilji in dejanskimi dosežki študentov ob uporabi obstoječih tehnik poučevanja. Pri tem sta ključna občutek psihološke varnosti in vizualizacija tistih sprememb, ki bi ponovno vzpostavile učiteljevo pozitivno samopodobo brez izgube integritete ali identitete. V naslednji fazi se predavatelj uči, aplicira in reflektira nove strategije poučevanja, ki bi lahko pripeljale do zelenih rezultatov. V zadnji fazi se te nove strategije ali utrdijo zaradi pozitivnih povratnih informacij ali pa se predavatelj vrne na začetne metode. Medtem ko so pomembne vse tri faze, je najbolj raziskana druga med njimi (Connolly in Millar 2006).

Ena od možnosti, ki lahko bistveno podpre učitelje pri prehodu k uspešnejšim tehnikam poučevanja, so intenzivne vsakoletne več dni trajajoče delavnice. Hayward, Koganova in Laursenova (2016) so v svojem delu preučili, kako udeleženci tovrstnih usposabljanj prehajajo skozi proces spreminjanja, in se posebej osredotočili na vpliv enotedenskih delavnic na manj raziskane faze

odmrzovanja in zamrzovanja. Preko rezultatov intervjuja in anket so potrdili pozitiven vpliv enotedenskih usposabljanj na vse tri faze prehoda k novim strategijam poučevanja visokošolske matematike. Lattuca, Bergom in Knight (2014) so odkrili, da je med šestimi različnimi tipi aktivnosti, ki so namenjeni profesionalnemu razvoju predavateljev, ravno udeležba na delavnicah tista, ki najbolj prispeva k dejanski implementaciji tehnik inovativnega poučevanja. Raziskave pripisujejo velik pomen izmenjavi širokih inkluzivnih definicij inovativnih tehnik, predstavitvi izkušenj iz različnih institucij in diskusijam o različnih pomislekih, ki bi lahko govorile v prid tradicionalnim pristopom, kot so ustrezna obravnava vseh predvidenih tem, odpor študentov ter sposobnost predavatelja za implementacijo novosti, pomembna pa sta tudi nadaljnja podpora in formiranje skupnosti visokošolskih učiteljev, ki prakticirajo omenjene tehnike (Hayward, Kogan in Laursen 2016).

V slovenskem univerzitetnem prostoru je že leta 1998 Marentič Požarnikova zasnovala model profesionalnega razvoja univerzitetnega učitelja, ki bi vključeval začetna usposabljanja za asistente z mentorstvom izkušenih visokošolskih učiteljev, seminarje, tečaje in pedagoške delavnice, vzajemno usposabljanje, akcijsko raziskovanje področja ter mreženje strokovnjakov. Ker se akademska kariera bodočih predavateljev visokošolske matematike začne z doktorskim študijem, pri katerem večina študentov sodeluje v pedagoškem procesu, raziskave kažejo na veliko potrebo, da bi bili doktorski študentje poleg usposabljanj za znanstveno-raziskovalno delo deležni tudi obveznih formalnih pedagoških izobraževanj (Mezgec 2020). V svojem prispevku Mezgečeva (2020) preuči profesionalni razvoj visokošolskega učitelja, predvsem z vidika pedagoškega dela, in poudari potrebo po kakovostnem začetnem pedagoškem usposabljanju visokošolskih učiteljev ter razvoju sistema nadaljnjega izobraževanja in usposabljanja. Analize namreč kažejo, da je pedagoško delo v primerjavi z znanstveno-raziskovalnim, ki ima večji vpliv na napredovanje v akademski karieri, zapostavljeno.

Sklep

V prispevku so raziskani pristopi k učenju in poučevanju visokošolske matematike, ki spodbujajo študentovo konceptualno razumevanje in temeljijo na sodobnih pedagoških pristopih h konstruktivističnemu učenju (sodelovalno učenje, izkustveno/projektno/raziskovalno učenje), kontekstualizaciji s primeri iz resničnega sveta in uporabi matematičnih programov ter spletnih orodij. Opisane tehnike so razdeljene na tri sklope (ki se med seboj prepletajo in dopolnjujejo): izkustveno učenje, raziskovalno usmerjen pristop k poučevanju in dobra vprašanja z matematično diskusijo. Posebej je pred-

stavljena uporaba tehnologije, relevantne za področje visokošolske matematike, ki nam lahko služi pri reformi poučevanja. Ob predstavitvi različnih učnih tehnik se je potrebno posvetiti tudi diskusiji o omejitvah, kot so različni tipi učnih stilov študentov, dovezetnost in strokovna usposobljenost predavateljev za uporabo pristopov, osredinjenih na študenta, ter strokovna in tehnična podpora pedagoškemu osebju, ter preostalih ovirah, ki so predstavljene v zadnjih razdelkih tega prispevka. Za razvoj predmetne didaktike visokošolske matematike v slovenskem prostoru bi bilo, po zgledih dobrih praks iz tujine, predstavljenih v tem preglednem članku, ključno razviti tudi konkretne priročnike za posamezne visokošolske matematične predmete, ki bi bili osnovani na metodah, osredinjenih na študenta. Žal je ta razvoj še vedno odvisen le od zavzetih in strokovno-didaktično močnih predstavnikov te stroke (Mihevc in Marentič Požarnik 1998).

Kot utemeljuje Jaworskijeva (2013), ne smemo biti zadovoljni zgolj s tem, da upoštevamo obstoječe norme in načine dela, pač pa moramo neprestano raziskovati priložnosti za razvoj pristopov k učenju in poučevanju matematike, ki bi bili učinkovitejši. Pri tem govorimo o kritičnem procesu uskladitev – spraševanje o tem, kaj počnemo, in iskanje boljših načinov za doseganje zastavljenih ciljev (Jaworski 2006; 2008). Izvajanje strokovnih raziskav in razvoj kakovostnih učnih materialov seveda nimata prave vrednosti, če na koncu ne zaživita tudi v predavalnicah. Za to pa so potrebne spremembe na nacionalni in univerzitetni ravni, ki bi dale pedagoškemu delu visokošolskih učiteljev večji pomen, in nenazadnje predvsem spremembe pri vsakem posameznem predavatelju, da bi stopil pred svoje študente s strokovno podprtimi, na študenta osredinjenimi metodami učenja in poučevanja.

Literatura

- Abdulwahed, M., B. Jaworski in A. R. Crawford. 2012. »Innovative Approaches to Teaching Mathematics in Higher Education: A Review and Critique.« *Nordic Studies in Mathematics Education* 17 (2): 49–68.
- Abramovich, S., in A. Grinshpan. 2008. »Teaching Mathematics to Nonmathematics Majors through Applications.« *PRIMUS* 18 (5): 411–428.
- Anku, S. 1996. »Fostering Students' Disposition towards Mathematics: A Case from a Canadian University.« *Education* 116 (4): 536–542.
- Association for Experiential Education. B. I. »What is Experiential Education?« <https://www.aee.org/what-is-experiential-education>.
- Bapić, A., in V. Vitrih. 2019. *Selected Topics in Numerical Mathematics: Lecture Notes*. Koper: Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.
- Becker, D., in M. Dwyer. 1998. »The Impact of Student Verbal/Visual Learning

- Style Preference on Implementing Groupware in the Classroom.« *Journal of Asynchronous Learning Networks* 2 (2): 61–69.
- Chang, J. M. 2011. »A Practical Approach to Inquiry-Based Learning in Linear Algebra.« *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 42 (2): 245–259.
- Connolly, M. R., in S. B. Millar. 2006. »Using Workshops to Improve Instruction in STEM Courses.« *Metropolitan Universities* 17 (4): 53–65.
- Darda, R., in A. Hujdurović. 2015. »On Bounds for the Product Irregularity Strength of Graphs.« *Graphs and Combinatorics* 31:1347–1357.
- Driver, R. 1995. »Constructivist Approaches to Science Teaching.« V *Constructivism in Education*, ur. L. P. Steffe in J. Gale, 385–400. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Engelbrecht, J., in A. Harding. 2009. »Teaching Undergraduate Mathematics on the Internet.« *Educational Studies in Mathematics* 58:253–276.
- Fairweather, J. 2008. »Linking Evidence and Promising Practices in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Undergraduate Education.« A Status Report for the National Academies Research. https://www.nsf.gov/attachments/117803/public/Xc-Linking_Evidence-Fairweather.pdf.
- Felder, R. M. 1993. »Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education.« *Journal of College Science Teaching* 23:286–290.
- Felder, R. M., in L. K. Silverman. 1988. »Learning and Teaching Styles in Engineering Education.« *Engineering Education* 78 (7): 674–681.
- Ferk Savec, V., in J. Rugelj, ur. 2019. *Izzivi in priložnosti uporabe informacijsko komunikacijske tehnologije v pedagoškem procesu na področju naravoslovja, tehnologije in matematike*. Ljubljana: Univerza.
- Fisher, S., K. Middleton, P. Wright in E. Ricks. 2013. »Mathematics Learning Styles, Attitudes, and Relatability.« *Institute for Learning Styles Journal* 1:1–15.
- Fleming, N. D., in C. Mills. 1992. »Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection.« *To Improve the Academy* 11 (1): 137–144.
- Gardner, H. 1983. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- »GoodQuestions Project: Class Materials.« B.I. Department of Mathematics, Cornell University. <http://pi.math.cornell.edu/GoodQuestions/materials.html>.
- Gregorc, A. F. 1979. »Learning/Teaching Styles: Potent Forces behind Them.« *Educational Leadership* 5:234–236.
- Hagerty, G. W., in S. Smith, S. 2005. »Using Web Based Interactive Software to Enhance College Algebra.« *Mathematics and Computer Education* 39 (3): 183–194.
- Hagerty, G. W., S. Smith in D. Goodwin. 2010. »Redesigning College Algebra:

- Combining Educational Theory and Web-Based Learning to Improve Student Attitudes and Performance.« *PRIMUS* 20 (5): 418–437.
- Hawk, T. F., in A. J. Shah. 2007. »Using Learning Style Instruments to Enhance Student Learning.« *Decision Sciences Journal of Innovative Education* 5 (1): 1–19.
- Hayward, C. N., M. Kogan in S. L. Laursen. 2016. »Facilitating Instructor Adoption of Inquiry-Based Learning in College Mathematics.« *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education* 2 (1): 59–82.
- Henderson, C., in M. H. Dancy. 2007. »Barriers to the Use of Research-Based Instructional Strategies: The Influence of Both Individual and Situational Characteristics.« *Physical Review Special Topics – Physics Education Reform* 3 (2): 0201102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020102>.
- . 2008. »Physics Faculty and Educational Researchers: Divergent Expectations as Barriers to the Diffusion of Innovations.« *American Journal of Physics* 76 (1): 79–91.
- . 2011. »Increasing the Impact and Diffusion of STEM Education Innovations.« Predstavitev na forumu Impact and Diffusion of Engineering Education Innovations Forum, New Orleans, LA, 7.–8. februar. <http://www.nae.edu/File.aspx?id=36304>.
- Jaworski, B. 1994. *Investigating Mathematics Teaching: A Constructivist Enquiry*. London: Falmer.
- . 2006. »Theory and Practice in Mathematics Teaching Development: Critical Inquiry as a Mode of Learning in Teaching.« *Journal of Mathematics Teacher Education* 9 (2): 187–211.
- . 2008. »Building and Sustaining Inquiry Communities in Mathematics Teaching Development: Teachers and Didacticians in Collaboration.« *V Participants in Mathematics Teacher Education: Individuals, Teams, Communities and Networks*, ur. K. Krainer in T. Wood, 309–330. The International Handbook of Mathematics Teacher Education zv. 3. Rotterdam: SensePublishers.
- . 2013. »Developing Teaching of Mathematics to Engineering Students: Teacher Research, Student Epistemology and Mathematical Competence.« *V Actes du séminaire national de didactique des mathématiques de l'année 2012*, ur. S. Coppe in M. Hapekian, 5–14. Pariz: Université Paris Diderot.
- Jaworski, B., in J. Matthews. 2011. »Developing Teaching of Mathematics to First Year Engineering Students.« *Teaching Mathematics and its Applications* 30 (4): 178–185.
- Jaworski, B., J. Matthews, C. Robinson in T. Croft. 2011. »Engineering Students Understanding Mathematics (ESUM).« *MSOR Connections* 11 (3): 47–48.
- King, S. O., in C. L. Robinson. 2009. »Pretty Lights and Maths! Increasing Student Engagement and Enhancing Learning through the Use of Electronic Voting Systems.« *Computers and Education* 53 (1): 189–199.

- Kogan, M., in S. L. Laursen. 2014. »Assessing Long-Term Effects of Inquiry-Based Learning: A Case Study from College Mathematics.« *Innovative Higher Education* 39 (3): 183–199.
- Kolb, D. A. 1984. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kosi-Ulbi, I. 2011. *Uporaba Matematice pri osnovah linearne algebre: zbrano gradivo*. Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Kozak, J. 2008. *Numerična analiza*. Ljubljana: DMFA-založništvo.
- Krahenbuhl, K. S. 2016. »Student-Centered Education and Constructivism: Challenges, Concerns, and Clarity for Teachers.« *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas* 89 (3): 97–105.
- Lappas, P., in M. Kritikos. 2018. »Teaching and Learning Numerical Analysis and Optimization: A Didactic Framework and Applications of Inquiry-Based Learning.« *Higher Education Studies* 8 (1): 42–57.
- Lattuca, L. R., I. Bergom in D. B. Knight. 2014. »Professional Development, Departmental Contexts, and Use of Instructional Strategies.« *Journal of Engineering Education* 103 (4): 549–572.
- Laursen, S. L. 2013. »From Innovation to Implementation: Multi-Institution Pedagogical Reform in Undergraduate Mathematics.« V *Proceedings of the 9th DELTA Conference on the Teaching and Learning of Undergraduate Mathematics and Statistics*, ur. D. King, B. Loch in L. Rylands, 24–29. Penrith: University of Western Sydney.
- Laursen, S. L., M. L. Hassi, M. Kogan in T. J. Weston. 2014. »Benefits for Women and Men of Inquirybased Learning in College Mathematics: A Multi-Institution Study.« *Journal for Research in Mathematics Education* 45 (4): 406–418.
- Loong, E. Y.-K., in S. Herbert. 2012. »Student Perspectives of Web-based Mathematics.« *International Journal of Educational Research* 53:117–126.
- Marentič Požarnik, B. 1998. »Izpopolnjevanje univerzitetnih učiteljev za boljše poučevanje kot del kulture kakovosti.« V *Za boljšo kakovost študija: pogoji o visokošolski didaktiki*, ur. B. Mihevc in B. Marentič Požarnik, 29–48. Ljubljana: Center za izobraževanje Filozofske fakultete in Slovensko društvo za visokošolsko didaktiko.
- . 2020. »Visokošolska didaktika in didaktično usposabljanje visokošolskih učiteljev pri nas.« *Andragoška spoznanja* 26 (2): 15–32.
- Marentič Požarnik, B., M. Šarič in B. Šteh. 2019. *Izkustveno učenje*. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- Maull, W., in J. Berry. 2000. »A Questionnaire to Elicit the Mathematical Concept Images of Engineering Students.« *International Journal for Mathematics Education in Science and Technology* 31 (6): 899–917.
- Mazur, E. 1997. *Peer Instruction: A User's Manual*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- McCarthy, B. 1986. *The 4MAT System: Teaching to Learning Styles with Right-Left Mode Techniques*. Barrington, IL: EXCEL.
- Mezgec, M. 2020. »Profesionalni razvoj in pedagoško usposabljanje visokošolskega učitelja.« *Andragoška spoznanja* 26 (2): 75–85.
- Mihevc, B., in B. Marentič Požarnik. 1998. *Za boljšo kakovost študija: pogovori o visokošolski didaktiki*. Ljubljana: Center FF za pedagoško izobraževanje in Slovensko društvo za visokošolsko didaktiko.
- Miller, E. 2011. »Technology/Enhanced Calculus Lectures.« *Academis Exchange Quarterly* 15 (4): 1–7.
- Miller, R. L., E. Santana-Vega in M. S. Terrell. 2006. »Can Good Questions and Peer Discussion Improve Calculus Instruction?« *PRIMUS* 16 (3): 193–203.
- Moore, D. T. 2010. »Forms and Issues in Experiential Learning.« *V New Directions for Teaching and Learning* 124, ur. D. M. Qualters, 3–13. San Francisco, CA: Josey-Bass.
- Orton, T., in T. Roper. 2000. »Science and Mathematics: A Relationship in Need of Counselling?« *Studies in Science Education* 35 (1): 123–153.
- Paulsen, M. B., in K. A. Feldman. 1995. *Taking Teaching Seriously: Meeting the Challenge of Instructional Improvement*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 2. Washington DC: ERIC Clearinghouse on Higher Education.
- Pennell, S., P. Avitabile in J. White. 2009. »An Engineering-Oriented Approach to the Introductory Differential Equations Course.« *PRIMUS* 19 (1): 88–99.
- Plestenjak, B. 2015. *Razširjen uvod v numerične metode*. Ljubljana: DMFA.
- Plut-Pregelj, L. 2004. »Konstruktivistične teorije znanja in šolska reforma: učitelj v vlogi učenca.« *V Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev*, ur. B. Marentič-Požarnik, 17–40. Ljubljana: Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete.
- Potočka, K. 2010. »An Entirely-Online Developmental Mathematics Course: Creation and Outcomes.« *PRIMUS* 20 (6): 498–516.
- Rasmussen, C., in O. N. Kwon. 2007. »An Inquiry-Oriented Approach to Undergraduate Mathematics.« *The Journal of Mathematical Behavior* 26 (3): 189–194.
- Rasmussen, C., O. N. Kwon, K. Allen, K. Marrongelle in M. Burtch. 2006. »Capitalizing on Advances in Mathematics and k-12 Mathematics Education in Undergraduate Mathematics: An Inquiry-Oriented Approach to Differential Equations.« *Asia Pacific Education Review* 7:85–93.
- Richards, J. 1991. »Mathematical Discussions.« *V Radical Constructivism in Mathematics Education*, ur. E. von Glasersfeld, 13–51. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Richardson, V. 2003. »Constructivist Pedagogy.« *The Teachers College Record* 105 (9): 1623–1640.
- Roddick, C. D. 2001. »Differences in Learning Outcomes: Calculus and Mathematics vs. Traditional Calculus.« *PRIMUS* 11 (2): 161–184.

- Santana-Vega, E. 2004. »The Impact of the Good Questions Project on Students' Understanding of Calculus Concepts.« Magistrsko delo, Cornell University.
- Savery, J. R., in T. M. Duffy. 1995. »Problem-Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework.« *Educational Technology* 35 (5): 31–38.
- Savitz, R. M., in F. R. Savitz. 2010. »Experience Matters: Innovative Techniques Add up to Mathematical Achievement.« *PRIMUS* 20 (6): 517–528.
- »Teaching Inquiry-oriented Mathematics: Establishing Supports (TIMES).« B. I. San Diego State University. https://crmse.sdsu.edu/projects/times_project.
- Thomas, M. O. J., in D. Holton. 2003. »Technology as a Tool for Teaching Undergraduate Mathematics.« V *Second International Handbook of Mathematics Education*, ur. A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick and F. K. S. Leung, 351–393. Springer International Handbooks of Education Volume 10. Dordrecht: Springer.
- Uzuntiryaki, E., Y. Boz, D. Kirbulut in O. Bekatas. 2009. »Do Pre-Service Chemistry Teacher Reflect Their Benefits about Constructivism in Their Teaching Practices?« *Research in Science Education* 40 (3): 403–424.
- Vasilyev, A., R. Darda in D. Stevanovic. 2014. »Trees of Given Order and Independence Number with Minimal First Zagreb Index.« *MATCH Communications in Mathematical and in Computer Chemistry* 72 (3): 775–782.
- Waldvogel, J. 2006. »Teaching Mathematics to Engineering Students at ETH: Coping with the Diversity of Engineering Studies.« Delavnica na Mathematics in Engineering Imperial College, London, 25.–26. april.
- Wenger, E. 1998. *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wood, R., in S. Shirazi. 2020. »A Systematic Review of Audience Response Systems for Teaching and Learning in Higher Education: The Student Experience.« *Computers and Education* 153: 103896. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103896>.
- Yoshinobu, S., in M. Jones. 2012. »The Coverage Issue.« *PRIMUS* 22 (4): 303–316.
- . 2013. »An Overview of Inquiry-Based Learning in Mathematics.« V J. J. Cochran, L. A. Cox, P. Keskinocak, J. P. Kharoufeh in J. C. Smith, *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 1–11. Atlanta, GA: American Cancer Society.

Student-Centred Teaching of Mathematics in Higher Education

Calls for the reform of the teaching and learning of undergraduate mathematics have yielded numerous projects and research abroad. While in Slovenia we can find a lot of literature about the didactics of mathematics for the period from elementary to secondary education, we can notice a large gap in the field of the didactics of undergraduate mathematics, namely, the lack of general analysis and good guidelines, which could serve to improve the study pro-

cess, students' achievements, their conceptual understanding and, last but not least, a positive attitude towards undergraduate mathematics courses. In this paper, we review key approaches and examples of good practice from abroad and cover relevant existing literature in Slovenia. In addition to an overview of the constraints in implementing student-centred teaching, some suggestions are also given that would contribute to the final implementation of the presented methods into the process of teaching and learning and thus the development of the didactics of this field.

Keywords: didactics of undergraduate mathematics, learning and teaching undergraduate mathematics, student-centred teaching, experiential learning, mathematical discussion, inquiry-based teaching