

Interaktivni konceptualni apleti v i-učbeniku kot mediatorji problemskih znanj

¹Alenka Lipovec, ²Igor Pesek, ²Blaž Zmazek, ¹Darja Antolin

¹ Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Koroška cesta 160, 2000 Maribor

alenka.lipovec@uni-mb.si; igor.pesek@uni-mb.si; blaz.zmazek@uni-mb.si; darja.antolin@uni-mb.si

Izvelek

E-učbeniki si pospešeno odpirajo pot v slovenske šole. Njihova bistvena prednost pred klasičnimi učnimi viri naj bi bila interaktivnost. Žal so interaktivni elementi vse prevečkrat le v vlogi dajalca povratne informacije. Zato opredelimo pojem visoko interaktivnih konceptualnih elementov in opišemo konkreten primer apleta, ki služi razvijanju problemskega znanja. Kot primer dobrih e-učbenikov navajamo slovenske i-učbenike za matematiko. Empirični podatki evalvacije i-učbenikov kažejo na dvig matematičnih dosežkov učencev pri rutinsko proceduralnem, konceptualnem in problemskem tipu znanja. Predlagamo, da je smiselno visoka vključenost konceptualnih apletov zahtevana tudi v postopku potrjevanja e-učbenikov.

Ključne besede: interaktivnost, aplet, učbenik, matematika, problemsko znanje.

Abstract

Interactive Conceptual Applets in I-Textbook as Mediators of Problem Based Knowledge

E-textbooks are increasingly making their way into Slovenian schools. Their key advantage over traditional teaching resources should be their interactive nature. Unfortunately, the role of interactive elements is too often only in providing feedback. Therefore, we define the concept of interactive conceptual elements and describe a concrete example of an applet which fosters problem-solving knowledge. Slovenian i-textbooks for mathematics are provided as an example of good e-textbooks. Empirical data on the evaluation of i-textbooks show an increase in mathematical achievements at routinely procedural, conceptual and problem-solving types of knowledge. We propose a reasonable share of conceptual applets in e-textbooks as a formal requirement in e-textbook validation procedure.

Key words: interactivity, applet, textbook, mathematics, problem-based knowledge

1 UVOD

Eden izmed primanjkljajev šolske matematike je v tem, da učenci na nižjih stopnjah redko srečajo »pravo matematiko«. Računstvo, ki je prevladujoče v nižjih razredih, namreč nima lastnosti matematike kot znanosti, za katero je značilno reševanje problemov. Problemi so naloge, pri katerih reševalcu ni vnaprej poznana strategija reševanja. Ali je neka naloga problem ali ne, je odvisno od tega, kako izkušen je reševalec. Z reševanjem problemov razvijamo t. i. problemska znanja oz. znanja, ki so uporabna tudi v drugačnih okoliščinah od učeče. V zadnjih letih v slovenski šolski prostor vpeljujemo problemski pouk, pri katerem učenci igrajo vlogo raziskovalcev. Poučevanje naj bi temeljilo na reševanju problemov, eks-

perimentiranju in dokazovanju, povezovanju različnih matematičnih vsebin ter na komunikaciji o matematičnih problemih in o matematiki na splošno. Iskanje matematično bogatih okoliščin, ki omogočajo napovedovanje, sklepanje, argumentiranje ipd., je zato postalo pomembno. Učitelji take primere največkrat iščejo v učbenikih. Žal slovenski učbeniki niso najboljši; Justin, Klemenčič in Čepič (2012) izpostavljajo, da so težko berljivi in preveč abstraktni.

I-učbeniki so novost v slovenskem šolskem prostoru. V prispevku bomo predstavili temeljne značilnosti slovenskih i-učbenikov, ki so nastali v projektu E-učbeniki s poudarkom naravoslovnih projektov v osnovni šoli, katerega nosilec je v okviru evropskih

socialnih skladov Ministrstvo za šolstvo in šport, ki je izvedbo projekta zaupalo Zavodu RS za šolstvo. Projekt je potekal od 1. 7. 2011 do 31. 8. 2014. Avtorji so bili del ožje projektne skupine, sam projekt je natančneje predstavljen v monografiji Slovenski i-učbeniki, ki so jo uredili Pesek, Zmazek in Milekšič (2014). V tem prispevku se bomo osredinili na visoko interaktivne elemente oz. aplete, za katere menimo, da so ključna komponenta i-učbenikov. Aplet je majhna in relativno preprosta programska aplikacija, ki je zgrajena okrog predhodno konstruirane grafične reprezentacije. V okviru projekta je nastalo približno 5000 apletov različnih tipov. Klasificirali jih bomo in jih natančneje pregledali. Spraševali se bomo, ali vključitev t. i. konceptualnih apletov v pouk matematike pri mlajših učencih lahko vpliva na razvoj problemskih znanj. Na konkretnem primeru aktivnosti Blatno mesto bomo prikazali, kako so mlajši učenci reševali kontekstualizirano nalogo s področja teorije grafov brez uporabe tehnologije. Aktivnost je povzeta po Fellows (1993). Aplet Blatno mesto, ki je nastal v okviru prej omenjenega projekta, aktivnost umesti v virtualno okolje in s tem ponudi možnost za razvoj problemskih znanj.

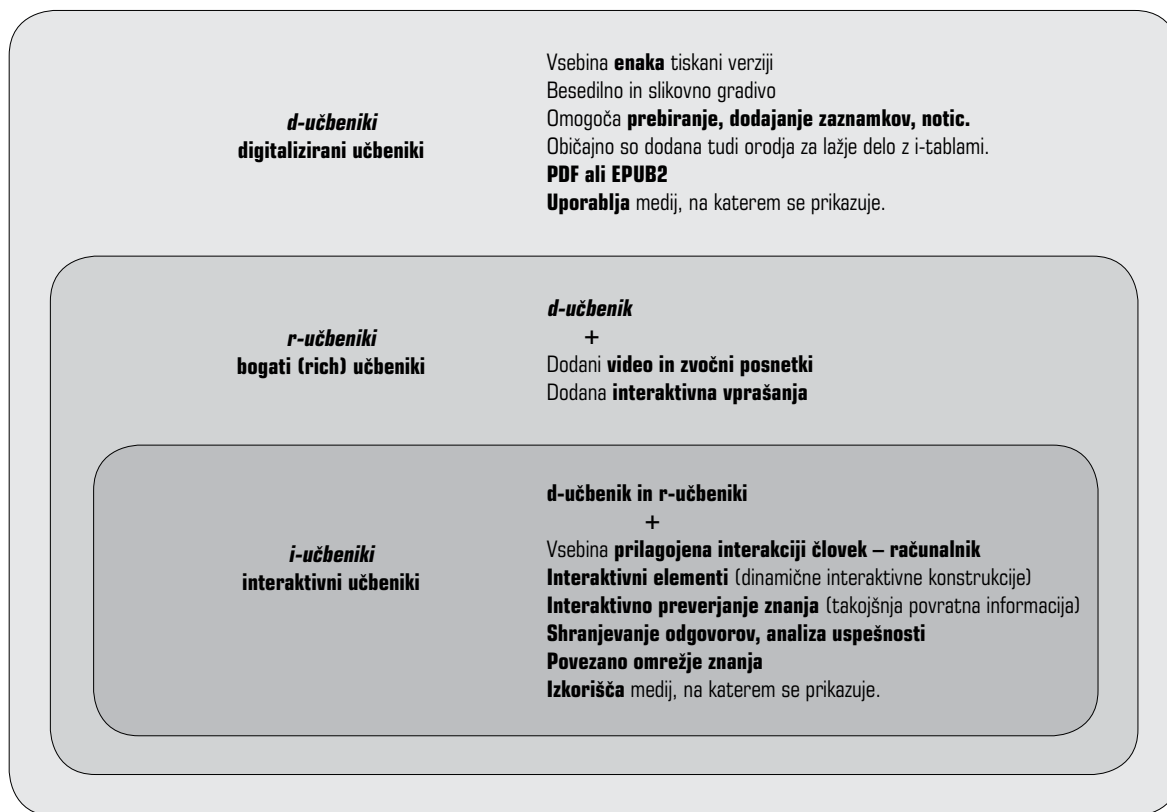
2 E- IN I-UČBENIK

Učinek uporabe e-gradiv v izobraževanju je še vedno predmet mnogih raziskav. Means, Toyama, Murphy, Bakia in Jones (2009) so s sistematično metaanalizo več kot sto raziskav s področja uporabe informacijske in komunikacijske tehnologije v izobraževanju izluščili dve ugotovitvi: najmočnejši pozitivni vpliv na znanje učencev je mogoče zaznati pri kombinirani metodi poučevanja (angl. blended learning) ter pri uporabi digitalnih manipulatorjev, ki sprožijo aktivno učenje.

Shachar in Neumann (2010) po analizi 125 raziskav, ki so zajele več kot 20.000 učencev, ugotavljata, da učenje na daljavo vpliva na dvig učnih dosežkov bolj kot tradicionalno učenje v živo. Žal pa je večina raziskav, zajetih v obeh metaanalizah, vključevala odrasle in natančnejši pregled rezultatov pokaže pozitivne učinke le za dijake in študente. Cavanaugh, Gillan, Kromrey, Hess in Blomeyer (2004) po pregledu spoznanj 14 študij, ki so zajele več kot 7000 učencev, ugotavljajo, da ni razlik v učnih dosežkih pri osnovnošolcih, ki se učijo na daljavo, in tistih, ki se učijo na tradicionalen način. Podobno Balanskat, Blamire in Kefala (2006) izpostavljajo posebno iz-

razite pozitivne učinke pri osnovnošolskih učencih pri maternem jeziku, manj izraziti, a pozitivni učinki so pri naravoslovju, pri matematiki pa učinka ni zaznati. Po drugi strani pa isti avtorji izpostavljajo pozitivno korelacijo med časom uporabe informacijske in komunikacijske tehnologije pri pouku in matematičnim rezultatom na PISI. Več mednarodnih raziskav (npr. PISA, TIMSS in SITES) potrjuje domnevo, da v povprečju učenci, ki imajo dostop do računalnika v šoli, odstopajo od učencev, ki nimajo tega dostopa; pri čemer se učni dosežek učencev zaradi uporabe informacijsko-komunikacijske tehnologije ne spremeni (izboljša) bistveno, prednosti so vidne predvsem v povečani motivaciji (Jewitt, Hadjithoma-Garstka, Clark, Banaji & Selwyn, 2010) in samostojnejšem učenju (Livingstone, 2012). Čeprav je mnogo nejasnosti na tem področju, pa je sprejeta paradigma računalnika kot kognitivnega spodbujevalca (Lesgold, 2013).

Ker se v zadnjem obdobju vse večjega trenda uporabe informacijske in komunikacijske tehnologije v izobraževanju pojavlja vse več e-učbenikov v obliki digitaliziranih klasičnih (tiskanih) učbenikov, ki izkoriščajo nove medije le kot nadomestilo, je vpeljan pojem i-učbenik za interaktivne e-učbenike. Uporaba multimedijskih elementov, vprašanj s takojšnjo povratno informacijo in interaktivnih nalog in zgledov sama ponuja kategorizacijo elektronskih učbenikov v tri ravni oz. vrste. V prvo raven e-učbenikov spadajo t. i. *d-učbeniki*, kar je skrajšano poimenovanje za digitalizirane učbenike. Ti učbeniki so elektronske kopije klasičnih tiskanih učbenikov, torej vsebujejo samo besedilo in slike. Na drugo raven e-učbenikov uvrščamo *r-učbenike*. To so bogati e-učbeniki (angl. rich e-textbooks), ki so nadgradnja d-učbenikov, katerim sta bila dodana zvok in video. Odvisno od prikazovalnika imajo nekateri dodana tudi preprosta vprašanja s takojšnjo povratno informacijo. V tretjo raven uvrščamo *i-učbenike*, kar je krajše poimenovanje za interaktivne e-učbenike. I-učbeniki niso nadgradnja r-učbenikov, čeprav omogočajo vse, kar omogočajo r-učbeniki. Izdelava i-učbenikov se namreč bistveno razlikuje od vseh drugih, tako tehnološko kot vsebinsko. I-učbeniki običajno temeljijo na HTML5- ali EPUB3-standardu, s tem pa omogočimo tudi širok nabor aplikacij, ki jih podpirajo. Grafično je delitev prikazana na sliki 1, ki je povzeta po Pesek, Zmazek in Mohorčič (2014).



Slika 1: **Kategorije e-učbenikov** (Pesek, Zmazek in Mohorčič, 2014)

Bistvena razlika med e- in i-učbeniki je torej v stopnji vključene interaktivnosti, pri čemer interaktivnost razumemo po Repolusk, Zmazek, Hvala in Ivanuš Grmek (2010) kot lastnost kontroliranega procesa komunikacije, ki vsebuje vsaj dve različni povratni zanki, ki sta potencialno večkrat izvedljivi. I-učbenik opredelimo kot e-učbenik, v katerem prevladujejo (smiselno vključeni) i-učni gradniki z visoko stopnjo konceptualne interaktivnosti. Interaktivni gradniki visoke stopnje so skoraj izključno apleti. Konceptualna interaktivnost je definirana kot interaktivno prirejanje med pojmom in apletom (Zmazek idr., 2012). Vsi i-učbeniki, ki so nastali v projektu E-učbeniki za naravoslovne predmete, so prosto dostopni na <http://eucbeniki.sio.si/>.

Projektna skupina je bila na začetku projekta pred velikim tehnološkim izzivom, saj si je zadala več izhodišč:

- i-učbeniki se bodo uporabljali na različnih napravah, primarna ciljna skupina so osebni računalniki in tablice;
- predvidena omejitev ločljivosti zaslonov je 1024 x 768 px;

- i-učbeniki se bodo prikazovali/uprabljali v namensko razvitih aplikacijah za najpogostejše operacijske sisteme: Microsoft Windows, Apple iOS in Android;
- vsebine se bodo predvidoma nahajale lokalno na napravi, zato ni predviden daljši čas dostopanja in nalaganja vsebin;
- na tablicah se bo uporabljal ležeči in pokončni način uporabe;
- enotna celostna grafična podoba.

V načinu izvedbe interaktivnih vsebin:

- je treba upoštevati predvideni razvoj platform v prihodnje;
- mora biti omogočena možnost spreminjanja vsebin i-učbenika;
- morajo biti posamezne učne enote opremljene z metapodatki o umestitvi v kurikulum;
- učne enote sestavljajo osnovni gradniki (besedilo, avdio in video vsebine, interaktivni elementi idr.). Izkušnje iz preteklih razpisov ministrstva, v katerih ni bilo poenotenega zapisa vsebin, so pripeljele do uporabe različnih formatov njihovega zapisa

(HTML, Adobe Flash, Java itd.). Razpršenost tehnologij in večkrat tudi njihova nezdržljivost je onemogočila vse poskuse postavitve izdelanih e-gradiv na skupno platformo. V projektu smo zato pripravili lastno XML shemo (<http://eucbeniki.sio.si/elo/>), ki omogoča zapis poljubnih izobraževalnih vsebin v formatu .xml, ki se v nekaterih pogledih konceptualno razlikuje od že znanih zapisov in zato uporaba standardnih rešitev ni bila mogoča v celoti. Rešitev za vse druge tehnične omejitve pa je z vzponom tabličnih računalnikov ponudila tehnologija HTML5, ki je edina podprta na vseh operacijskih sistemih.

Empirično zasnovanih raziskav, ki primerjajo učinkovitost digitalnih učbenikov v primerjavi s tradicionalnimi, je malo. Prav tako ni jasno, koliko interaktivnih elementov je vključenih v t. i. digitalni učbenik, to pomeni, da običajno iz opisa raziskave ni jasno, ali gre za d-, r- ali i-učbenik. Seo in Lee (2010) v metaanalizi ugotavljata, da na pozitiven odnos osnovnošolcev do učenja vpliva bolj digitalni kot tradicionalni učbenik. Zmerno pozitivni učinek so opazili pri maternem jeziku, sociologiji in naravoslovju. Pri matematiki in tujem jeziku pa je bil učinek sicer pozitiven, vendar zelo majhen. Phuc (2011) meni, da so apleti lahko učinkoviti pri razvijanju posebnega načina matematičnega sklepanja, ki poskuša pojasniti predhodno oblikovane ugotovitve.

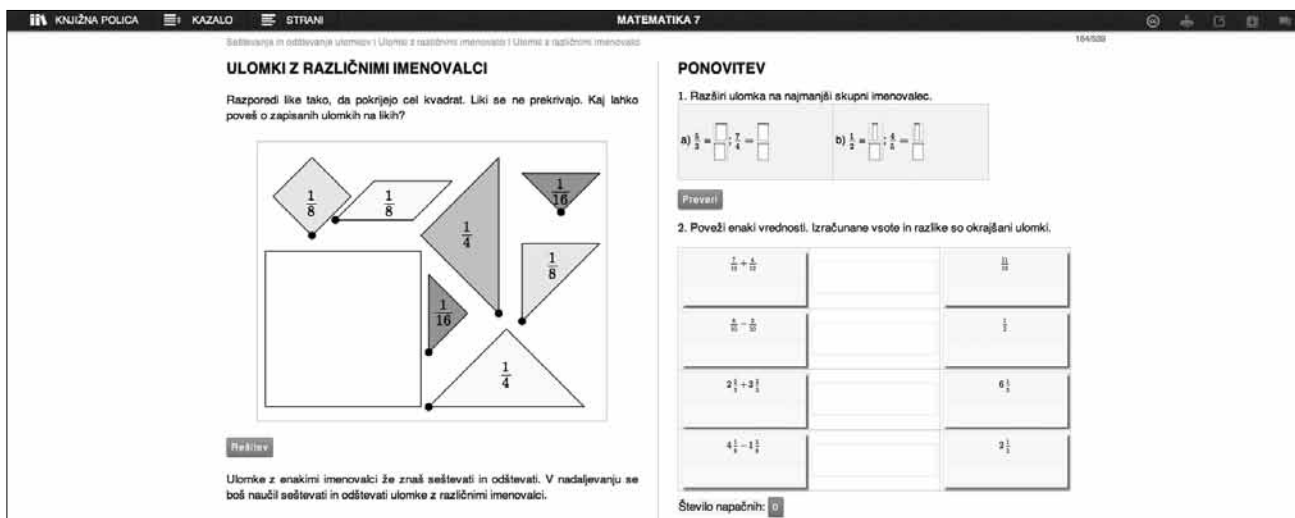
3 APLETI KOT MEDIATORJI PROBLEMSKIH ZNANJ

Pri razvoju problemskih znanj je razen dobro izbrane naloge pomemben tudi način, kako je posredovana učencem. V zadnjem času so pri tem učiteljem v pomoč različna e-učna gradiva. Uporaba programov dinamične geometrije (npr. Geogebra, Cabri, JSX) pri pouku je pomenila prelomnico za pouk matematike. E-učna gradiva sestavljajo manjše enote, imenovane e-gradniki. Aplet je eden izmed takih gradnikov. Gre za relativno majhno in preprosto programsko aplikacijo, ki je zgrajena okrog predhodno konstruirane grafične reprezentacije. Zaradi zmožnosti vizualizacije matematičnih konceptov in procesov ter interaktivne narave je lahko močno pedagoško sredstvo (Yerushalmy, 2005). Pri upravljanju z apleti je učencem omogočeno samostojno preiskovanje, napovedovanje in preizkušanje hipotez, kar so bistveni elementi problemskih znanj. Bistvo apleta je, da ne more biti, za razliko od slik, zgolj viden, ampak mora biti spremenjen. Uporaba apleta pri pouku zelo spre-

meni didaktične pristope in diskurz v učilnici (Repolusk, 2013). Ruthwein (2012) celo ponovno predlaga izvorno Tallovo idejo, da je tehnologija z dinamično geometrijo tako spremenila pouk, da bi namesto didaktičnega trikotnika (učitelj – učenec – učna snov) morali začeti govoriti o didaktičnem štirikotniku (učitelj – učenec – učna snov – tehnologija). Hkrati pa Ruthwein poudarja, da vključitev tehnologije v pouk ne spremeni učnih izidov, če pouk ostaja osnovan na postopkih in transmitivnih metodah.

Žal so v Sloveniji e-gradiva vse prevečkrat samo digitalizirane oblike klasičnih gradiv ali pa se interaktivnost udejanja le skozi povratno informacijo. Čeprav je ena od bistvenih prednosti računalnika, da lahko učencu takoj odgovori, ali je nalogo rešil pravilno ali ne, s tem pri učencu lahko razvijamo le nižje taksonomske tipe znanja, kot sta npr. priklic dejstev ali izvedba vnaprej pojasnenih procedur. Na desni strani slike 2 lahko opazujemo tak aplet desno spodaj. Aplet najdemo v i-učbeniku Matematika 7. Učenec poveže račun z rezultatom, ki ga pridobi po prej pojasnjem postopku seštevanja ulomkov. Ta aplet pri učencu razvija t. i. proceduralni tip znanja. Aplet na levi strani slike 2 pa po drugi strani pri učencu razvija povezovanje različnih znanj in spodbudi t. i. konceptualni tip znanja. Učenci z zlaganjem tangramskih koščkov ozaveščajo vedenje o ekvivalentnih ulomkih, ki je temelj algoritma seštevanja.

Card, Mackinley in Shneiderman (v Kordigel, 2008) so že leta 1999 postavili domnevo, da računalniško podprte grafične reprezentacije prispevajo k znanju učencev. Domneva v splošnem ne drži, ker je treba biti pozoren na tip grafične reprezentacije. Samo »dobra« grafična reprezentacija namreč doseže aktivnost učenca. Na področju slikanic Nikolajeva (2003, v Haramija & Batič, 2013) ponudi klasifikacijo na simetrično vizualno reprezentacijo, pri kateri slika ni nosilec novih informacij, komplementarno vizualno reprezentacijo, pri kateri šele besedilo in slika skupaj tvorita informacijo, in stopnjevalno vizualno reprezentacijo, pri kateri slika presega informacijo, ki jo prinaša besedilo, in je nujna za razumevanje informacije. Tao (v Kordigel, 2008) predlaga tri skupine, in sicer so to organska grafična reprezentacija, ki učencu pomaga pri dojetanju pomena, suplementarna grafična reprezentacija, ki prinaša dodatne informacije, ki niso nujne za razumevanje, in irelevantna grafična reprezentacija, pri kateri slika nima smiselne povezave z učno snovjo.



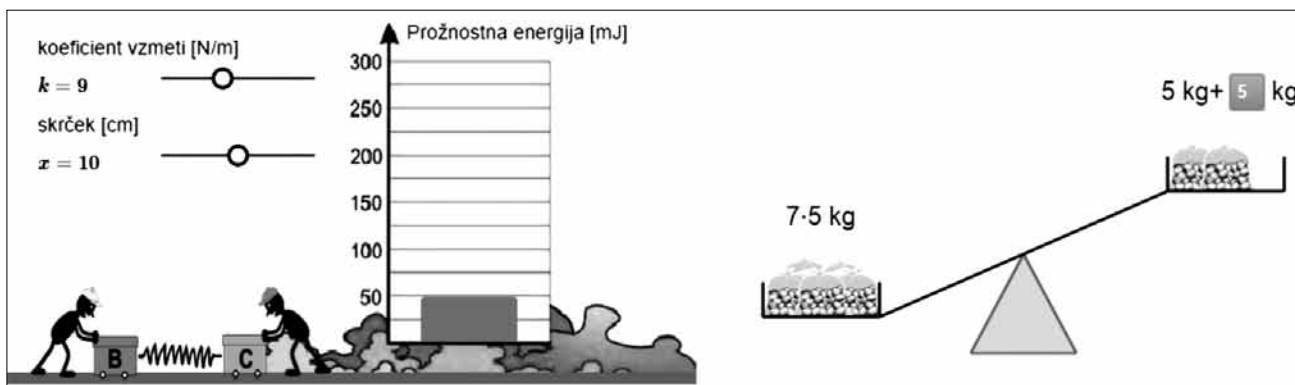
Slika 2: Konceptualni in proceduralni aplet (Vir: <http://eucbeniki.sio.si/iucbeniki/>)

Churchill (2007) loči informacijske, predstavitvene, vadbene, kontekstualne, simulacijske in konceptualne aplete. V nadaljevanju nas bodo zanimali le konceptualni apleti. Gre za aplete, ki so stopnjevalne (po Nikolajevi), organske (po Tao) in konceptualne (po Churchill) narave. Za te aplete je značilno, da učencu omogočijo pomoč pri izgradnji pojma oz. koncepta. Gre za reprezentacijo temeljnega koncepta enote vsebine ali tudi več konceptov, ki so povezani s trenutno učno tematiko. Brez apleta je razumevanje koncepta za učenca oteženo. Primera konceptualnih apletov, ki učencu pomagata pri izgradnji pojmov, sta na sliki 3. Najdemo ju v učbenikih Fizika 8 in Matematika 4. Premikanje drsnikov omogoči intuitivno idejo za Hookov zakon, tehtnica pa omogoči učencu razumevanje pojmov enačba in neenačba. Oba apleta simulirata eksperiment, ki bi zaradi napak pri merjenju

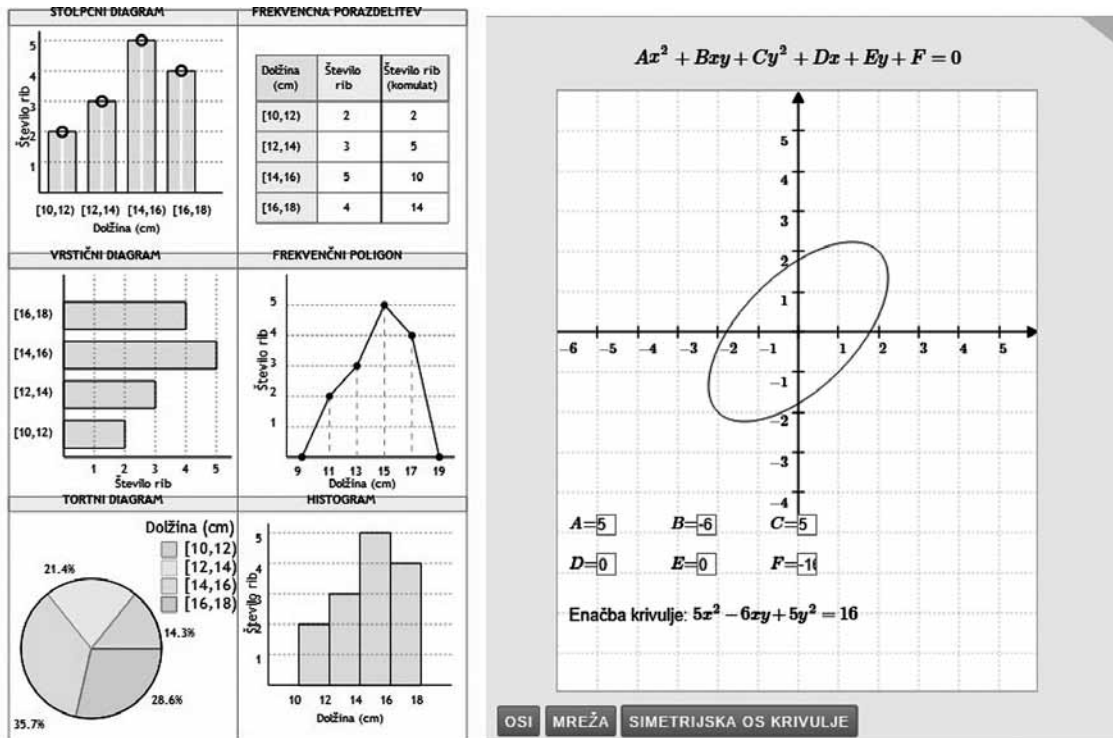
in netočnih merilnih instrumentov lahko pri mlajših učencih povzročil napačne predstave.

Primera konceptualnih apletov, pri katerih se povezuje več konceptov, vidimo na sliki 4. Primera sta iz i-učbenikov za matematiko za prvi (Vega 1) in tretji letnik gimnazij (Vega 3). Pri prikazih podatkov dijak spreminja stolpčni diagram in opazuje spremembe na ostalih prikazih podatkov, pri krivuljah drugega reda pa z vnosom koeficientov spremlja različne krivulje drugega reda.

Oba apleta dijaka nagovarjata k povezovanju pojmov, in sicer enkrat prikazov podatkov in enkrat stožnic. Povezovanje konceptov med seboj je temelj razumevanja učne snovi. Skozi nastanek kognitivnih shem postane učna snov za učenca stisljiva, s tem pa nastane možnost umeščanja novih konceptov v obstoječo strukturo (Skemp, 1978). Oba apleta dijaku



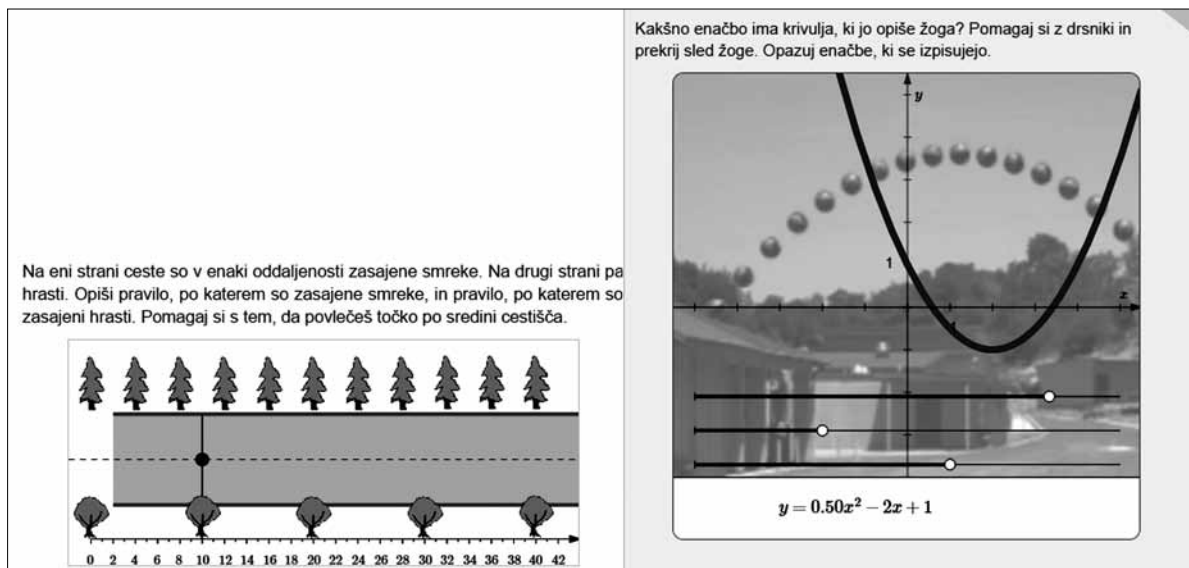
Slika 3: Konceptualna apleta za Hookov zakon in enačbo/neenačbo (Vir: <http://eucbeniki.sio.si/iucbeniki/>)



Slika 4: Povezovanje pojmov pri statistiki in pri krivuljah drugega reda skozi konceptualna apleta (Vir: <http://eucbeniki.sio.si/iucbeniki/>)

odvzameta breme proceduralnih postopkov (risanja prikazov oz. grafov) in mu omogočita, da se osredotoči na konceptualno komponento. Podobno vlogo igra aplet Blatno mesto, ki ga bomo v nadaljevanju predstavili podrobneje.

Apleti zlahka omogočijo kontekstualizacijo matematičnih vsebin. Primera za najmanjši skupni večkratnik (Matematika 7) in kvadratno funkcijo (Vega 2) vidimo na sliki 5. Povezovanje z življenjskimi primeri učencem olajša učno snov in jo naredi lažje dostopno v kognitivni shemi.



Slika 5: Kontekstualizirana konceptualna apleta za najmanjši skupni večkratnik in kvadratno funkcijo (Vir: <http://eucbeniki.sio.si/iucbeniki/>)

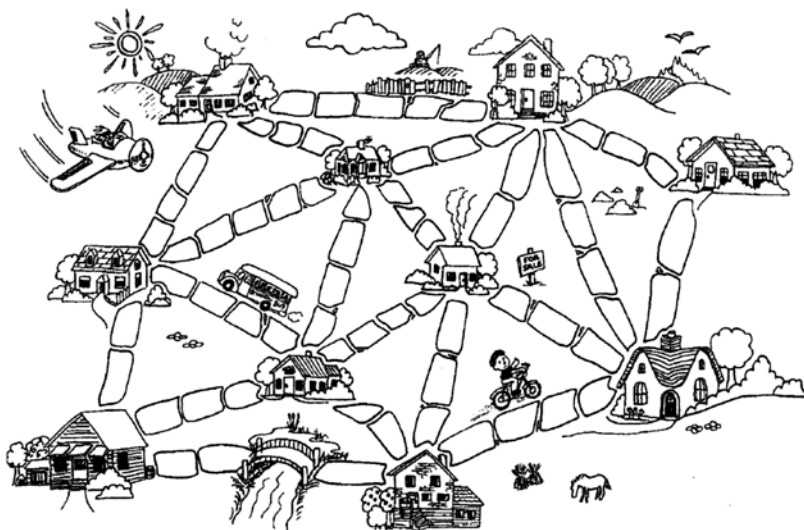
Ko učencem predstavimo življenjsko vpet problem, je najprej potreben kritičen razmislek, katere pogoje bomo upoštevali in katere zavrgli pri izgradnji matematičnega modela. Reševanje znotraj matematičnega problema je nato običajno rutinsko. Pri nekaterih problemih pa se lahko zgodi, da je prav reševanje znotraj matematičnega modela zanimiv vir matematičnega razmišljanja. V nadaljevanju bomo predstavili tak primer. Aktivnost Blatno mesto spada na matematično področje teorije grafov, specialnodidaktično pa v sklop procesnih znanj, natančneje med problemska znanja.

4 BLATNO MESTO – PRIMER KONCEPTUALNEGA APLETA

Aktivnost Blatno mesto je povzeta po Fellows (1993). V nadaljevanju bomo najprej opisali aktivnost, nato utemeljili, da skozi to aktivnost lahko razvijamo problemska matematična znanja že v nižjih razredih osnovne šole, in nazadnje pokaza-

li, kako z apletom aktivnost umestimo v i-učbenik Matematika 5.

V Blatnem mestu (slika 6) želijo prebivalci asfaltirati ceste z minimalnimi stroški. Župan mesta vztraja pri tem, da nekatere ceste morajo biti asfaltirane in da je ta težava prednostna. Asfaltirali bodo toliko cest, da bo vsak lahko prišel kamor koli. Vseeno jim je tudi, ali je pot potovanja po asfaltirani cesti zato daljša. Ne želijo velikih stroškov. Asfaltiranih mora biti toliko cest, da lahko vsakdo potuje po asfaltirani cesti od svoje hiše do katere koli druge hiše v mestu. Toda asfaltiranje mora biti opravljeno za minimalnimi stroški, ker bo preostanek mestnega sklada uporabljen za izgradnjo mestnega plavalnega bazena. Težavi sta v tem, kako pripraviti shemo asfaltiranja, da bo takšna, kot si jo želijo prebivalci, in kako povezati mesto z mrežo asfaltiranih cest upoštevajoč minimalne stroške asfaltiranja. Odseki na zemljevidu Blatnega mesta prikazujejo stroške za izgradnjo posamezne ceste. Cena asfaltiranja je izračunana s seštevanjem izbranih cest za asfaltiranje.



Slika 6: **Blatno mesto** (Vir: www.google.com/educators/activities/unpluggedTeachersDec2006.pdf)

Matematično gledano gre za problem iz teorije grafov. To področje je lahko bogat vir problemov za mlajše učence (Novak, 2007). Grafi so strukture, ki jih sestavljajo točke in povezave. Če struktura ne vsebuje krožnih poti, tak graf imenujemo drevo. V našem problemu iščemo minimalno vpeto drevo povezanega obteženega grafa. To pomeni, da iščemo podmnožico povezav, ki tvori najcenejše drevo, tj. povezuje vse hiše brez krožnih poti. Rešitev lahko vedno najdemo z uporabo Kruskalovega algoritma

(Kruskal, 1956), ki ga ne bomo podrobneje opisovali. Ko takšen problem postavimo pred učence v prvem ali drugem triletju, učitelj niti ne pričakuje niti ne spodbuja rešitve v smislu posplošenega algoritma. Pomembno je, da so učencem predstavljene verjetne in privlačne problemske zgodbe, ki zagotavljajo reševanje skozi igro. V literaturi (Fellows, 1993) najdemo, da nekateri petletniki začnejo s tem, kje naj bi bil postavljen nov plavalni bazen v mestu in kateri vozil predstavljajo njihovo hišo. Torej, če je razred

soočen s takšnim problemom, ga rešuje z aktivnostjo. Nekateri učenci hitro razumejo problem, nekateri pa potrebujejo nadaljnjo razlago, da bodo lažje prišli do rešitve. Vedno spodbudimo tiste učence, ki razumejo problem, da ga razložijo tistim, ki ga še ne razumejo.

Aktivnost Blatno mesto je bila v Sloveniji pilotsko evalvirana na 23 učencih tretjega razreda znotraj projekta Razvoj naravoslovnih kompetenc (Lipovec & Pesek, 2010). Ugotavljali smo, ali je aktivnost primerna za to starostno skupino in ali zares spodbuja razvoj problemskih znanj. Učenci so nalogo reševali z uporabo konkretnih pripomočkov. Blatno mesto je bilo postavljeno na tleh, cene cest so bile podane s številom kamnov (npr. dve denarni enoti sta bili predstavljeni z dvema kamnoma). Učenci so pobirali kamne. Izvedli smo tri srečanja. Na prvem srečanju smo učence seznanili s problemom, nato je sledilo delo po skupinah. Učenci so rešitve najprej preverili v skupini. Večkrat se je zgodilo, da je njihova rešitev vsebovala cikel. Ob razpravi v skupini so ugotovili, da je ena povezava v ciklu nepotrebna. Ko so skupine predstavljale rešitve, so učenci včasih ugotovili, da do katere hiše niso speljali ceste, kar so lahko hitro popravili. Vse predstavljene rešitve so tedaj predstavljale vpeta drevesa, ki pa niso bila nujno najcenejša. Ob koncu prvega srečanja je bilo povprečno odstopanje od optimizacijske rešitve 23-odstotno. Na drugem srečanju je sodelovalo vseh 23 učencev. Ob podobnem, a vendarle drugačnem problemu (internetna omrežja), je postala očitna želja po optimizaciji rešitve. V tabelo so učenci zapisovali vedno optimalnejše rešitve, v povprečju so rešitve optimizirali s 13-odstotnim odstopanjem. Nesistematičnega poskušanja je bilo malo, prevladovalo je sistematično iskanje z beleženjem na slikovni, ponekod že tudi na simbolni ravni. Očitno je postalo, da so si vedno bolj pomagali z računanjem in razmišljanjem. Optimalno rešitev so poskušali najti s tem, da so izločali najdražje povezave. Večkrat so naleteli na težavo nepovezanosti v navidezno optimalni rešitvi (rešitev je sicer nižja od optimalne, a neregularna, ker niso povezani vsi objekti). Na tem srečanju je prihajalo do težav tudi zaradi tega, ker so učenci napačno računali vrednosti številskih izrazov, kot je npr. $4 \cdot 2 + 5 \cdot 3$. Do tega je prihajalo zaradi slabega znanja poštevanka, ki je snov tretjega razreda. Na tretjem srečanju so učenci reševali nalogo, ki so jo zastavili sami. Zaradi neprimerljivosti tako nastalih nalog podajanje ugotovitev o optimalnosti ni mogoča. Na zadnjem srečanju je sodelovalo le 15 učencev, od tega jih je 11 našlo optimalno rešitev.

Aktivnost je očitno problemska, tj. pot do rešitve ni znana vnaprej, kar je zaznati tudi iz zapisov, ki so jih učenci oddali ob koncu aktivnosti. Navajamo nekatere zapise, pri čemer so imena otrok zaradi varovanja identitete spremenjena. Ana izpostavlja, da je šlo zares za problem, ko pravi: »Na začetku se mi je zdela zelo težka, potem pa je bila kar lahka.« Vsi učenci so poudarili pomembnost sproščene, odprtega vzdušja, v kakršnem lahko izražajo svoja mnenja. Varno okolje je omogočilo učencem, da so izpostavili svoje ideje in jih prediskutirali z ostalimi v različnih oblikah sodelovalnega učenja. Vesna: »Šlo mi je dobro, ker sem razumela nalogo in ker sem sodelovala s sošolci.« Učenci jasno izražajo občutek zadovoljstva ob lastnem uspehu. Primož pravi: »Počutil sem se, da sem naredil za sebe nekaj dobrega.« Podobno ugotavlja Janja: »Počutila sem se, kot da sem se že dosti stvari naučila.« Učenci izrazito kažejo željo po še bolj samostojnem, še manj vodenem učenju.

Ugotovljeno je bilo, da je aktivnost Blatno jezero primerna celo za učence tretjega razreda, zato smo jo vključili v i-učbenik Matematika 5. Znotraj projekta je bil izdelan aplet, ki je prikazan na sliki 7. Učencem izbere ceste, tehnologija pa mu pomaga tako, da izračuna ceno asfaltiranja. Na primeru Blatnega mesta, kjer optimizacijsko asfaltiramo poti po danem zemljevidu, se učenci soočajo z novim načinom reševanja nalog, ki vsebuje najprej naključno, nato pa sistematično poskušanje. Ko problem rešujemo z bolj ali manj sistematičnim računanjem, lahko tudi v nižjih razredih uberemo dve poti. V eni poti problem »izrabimo« za vajo računanja. Našo aktivnost lahko uporabimo za doseganje kurikularnega cilja uporabe prioritet računskih operacij. V tem primeru poudarimo izračunavanje cene asfaltiranja in učence spodbujamo k pridobivanju rezultatov. Avtorji menijo, da je taka pot sicer mogoča, a z njo ni dovolj izkoriščen niti potencial problema, še manj pa potencial medija (virtualnega okolja). V drugi poti je pridobivanje rezultatov drugotnega pomena, bistveni element je bolj ali manj sistematična strategija. Učencem v ta namen aktivnost predstavimo v virtualnem okolju skozi aplet, ki je prikazan na sliki 7.

Učenec s klikom določa poti, ki jih bo izbral v omrežje, tehnologija pa izračunava vrednost asfaltiranja in preverja optimalnost rešitve.

V naslednjem razdelku predstavljamo rezultate evalvacijske faze, v kateri je bil kot vsebina vključen tudi opisani aplet. Čeprav je rezultat spodbuden, se

Nekoč nekje je bilo mesto brez asfaltiranih cest. Posebno po nevihtah je bilo vse blatno. Avtomobili so se vdirali v blato in ljudje so bili popolnoma umazani. Župan mesta se je odločil, da je potrebno nekatere ceste asfaltirati, vendar ni želel porabiti več denarja, kot bi bilo nujno potrebno. Zato je postavil pogoja:

1. asfaltirati je potrebno toliko cest, da bo vsak lahko po njih prišel do koderkoli v mestu;
2. asfaltiranje naj stane čim manj.

Na aktivni sliki je zemljevid mesta. Črte predstavljajo poti, število ob posamezni poti med hišami predstavlja ceno asfaltiranja te poti. Pot izbereš s klikom nanjo, pri tem se pot obarva rdeče. Poišči najboljšo možno asfaltiranje. Če želiš začeti znova, uporabi puščici zgoraj desno.

Za izgradnjo bi potrebovali **0** denarnih enot.

Preveri rešitev

Slika 7: Konceptualni aplet kot mediator problemskega znanja (Vir: <http://eucbeniki.sio.si/iucbeniki/>)

je treba zavedati omejitvev teh raziskav, preden podamo domnevo o učinkovitosti slovenskih i-učbenikov. Dodatno nismo ločeno evalvirali apletov, kot je npr. aplet za Blatno mesto, in zato ne moremo sklepati na učinkovitost tega specifičnega apleta.

5 EVALVACIJA SLOVENSkih I-UčBENIKOV

V evalvacijski fazi projekta E-učbeniki za naravoslovne predmete se je na področju matematike pokazalo, da učenci, ki se učijo z uporabo i-učbenika, dosegajo boljše rezultate na matematičnem preizkusu znanja. Evalvirani so bili le določeni sklopi učbenikov Matematika 4 in Matematika 5. Kljub izenačenemu vho-dnemu znanju eksperimentalne in kontrolne skupine je eksperimentalna skupina na končnem preizkusu znanja dosegala pet odstotkov boljše učne rezultate. Do sedaj je bila opravljena evalvacija s pedagoškim eksperimentom na 204 učencih četrtil in petih razredov, pri čemer se je pokazalo, da je bilo znanje učencev, ki so uporabljali i-učbenik, v večini primerov statistično značilno boljše od znanja učencev, ki so

se učili po tradicionalnih virih (Lipovec, Senekovič in Repolusk, 2014). Na manjšem vzorcu 49 četrtošolcev je bilo ugotovljeno, da i-učbenik posebno spodbudno deluje na učence z večjim matematičnim predznanjem in da so učenci eksperimentalne skupine mnogo bolje reševali naloge, ki preverjajo rutinsko-proceduralna znanja v simbolni reprezentaciji, konceptualna znanja v slikovni reprezentaciji in problemsko-konceptualna znanja v simbolni reprezentaciji (Gregorčič, 2014). Nekatero izmed delnih evalvacij i-učbenika so vsebovale tudi afektivni element, tj. odnos do učenja, in so pričakovano ugotovile, da se učenci radi učijo na ta način (Bandur, 2014). Na dijaški populaciji so bila izvedena nekatera pilotska preverjanja uporabniške izkušnje (Lipovec & Zmazek, 2014), ki so bila predstavljena tudi na konferenci o učenju in poučevanju matematike v Čatežu leta 2014. Skozi dijaške poglede so bili oblikovani tudi nekateri pogledi za nadgradnjo učbenika, kot so npr. izdelava vadnice, ki vključuje izluščene naloge iz vseh enot, razvrščene po poglavjih; izdelava aplikacije, ki omogoča, da si

dijak sam izdelava nabor nalog s kriteriji izbora, npr. po težavnosti, po vsebinskih sklopih, po časovni determiniranosti; izdelava povezanega omrežja vseh enot, ki za posamezno enoto pokaže na vse enote, v katerih se skriva predznanje, potrebno za novo vsebino; dostop z uporabniškim imenom in geslom, kar omogoča spremljanje dela uporabnikov. Predlagana je izdelava aplikacije, ki dijakom omogoča ne le vpogled v to, koliko delajo, temveč ob daljši neaktivnosti dijaka tudi samodejno obvešča (npr. prek e-pošte ali mobilne aplikacije). S sprotno analizo uporabnikovih rezultatov pri reševanju nalog aplikacija selektivno ponuja bodisi košarico lažjih bodisi težjih nalog in analizira navade uporabnika, ki dosega slabe rezultate. V naslednjih generacijah aplikacija išče podobne vzorce in skupine uporabnikov vnaprej opozarja na možnost slabših rezultatov.

I-učbenik ima mnoge prednosti in motivacijsko privlačne lastnosti. S svojo interaktivnostjo lahko pripomore k večjemu veselju do učenja in boljšemu matematičnemu znanju. Kljub temu se je treba vprašati, ali je i-učbenik pripeljal do uspešnejših rezultatov na testih znanja zaradi svoje interaktivnosti ali zaradi vsebovanih nalog, ki temeljijo na razvoju konceptualnega znanja. Potrebni bo še nekaj raziskav, saj trenutno vemo le to, da je ustrezen za poučevanje in boljši od tradicionalnega tiskanega učbenika, ne vemo pa še točno, zakaj. V tem prispevku smo poskušali utemeljevati, da se vzrok za učinkovitost skriva v konceptualnih apletih. Za potrditev te hipoteze pa je potrebnih še več empiričnih podatkov.

6 SKLEP

Z uporabo konceptualnih apletov lahko učinkovito pripomoremo k izgradnji matematičnega znanja učencev. V našem prispevku smo opisali i-učbenike, ki ponujajo velik nabor takšnih apletov. Opisali smo rezultate evalvacije učbenikov in konkreten primer aktivnosti Blatno mesto, ki je realiziran v i-učbeniku za peti razred.

Repolusk (2013) v svoji nalogi meni, da apleti omogočajo s svojo interaktivno naravo učinkovito vizualizacijo mnogih matematičnih konceptov in procesov in so lahko učinkovit mediator pri samostojnem preiskovanju in odkrivanju matematičnih konceptov in procesov. Ker so v učnem pogovoru učinkovito orodje argumentacije, ustvarjajo pogoje za pojav nenadnih uvidov (aha efekt) in posledično pozitivnih izkušenj ob ukvarjanju z matematiko. Do-

datno apleti pomagajo pri premiku učiteljeve vloge od edinega posrednika in posedovalca znanja k vlogi mentorja, ki omogoča učencem doživetje lastne raziskovalne izkušnje in »odkritja« novega znanja.

Z našim prispevkom potrjujemo te ugotovitve. Menimo, da bi morala biti vključenost konceptualnih apletov v e-učbenike tudi predpisana v postopku potrjevanja učbenikov. Trenutno namreč pravilnik o potrjevanju učbenikov iz leta 2010 omogoča potrjevanje vseh oblik e-učbenikov (d-, r- in i-), pri čemer ne upošteva, da npr. d-učbenik učencu omogoča aktivno učenje na skorajda enaki ravni kot tradicionalni učbenik in seveda niti približno ne izkoristi vseh možnosti, ki jih ponuja tehnologija.

Ob koncu bi kljub temu ponovno opozorili na stališče, ki ga skupina pripravljavcev i-učbenikov poudarja že od začetka. Sodobni interaktivni in dinamični gradniki lahko v učnem procesu, v odvisnosti od spretosti sestavljalca e-učne enote, odigrajo konstruktivno, pa tudi destruktivno vlogo. Lahko so koristni pripomočki pri zagotavljanju aktivne udeležbe učenca pri boljši predstavitvi dejstev in doseganju globljega razumevanja snovi. Napačno uporabljeni gradniki lahko zmotijo zbranost učenca oz. dijaka in jo od bistvenih ciljev usmerijo povsem drugam. Dinamičnost in interaktivnost zato ne smeta biti sami sebi namen in nista sami po sebi dobri (Zmazek, Kobal, Zmazek & Hvala, 2007).

7 VIRI IN LITERATURA

- [1] Balanskat, A., Blamire, R., & Kefala, S. (2006). *The ICT impact report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. Brussels: European Schoolnet.
- [2] Bandur, N. (2014). *Evalvacija e-učbenika za 5. razred – vsebina: obdelava podatkov* (Diplomsko delo). Maribor: Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta.
- [3] Cavanaugh, C., Gillan, K. J., Kromrey, J., Hess, M., & Bloomer, R. (2004). *The effects of distance education on K–12 student outcomes: A meta-analysis*. Naperville, Ill.: Learning Point Associates. Pridobljeno 25. 9. 2014 s <http://www.ncrel.org/tech/distance/index.html>.
- [4] Churchill, D. (2007). Towards a useful classification of Learning Objects. *Educational Technology Research and Development*, 55(5), 479–497.
- [5] Fellows, M. R. (1993). Computer science and mathematics in the elementary schools. V N. D. Fisher, H. B. Keynes & P. D. Wagreich (ur.), *Mathematicians and Education Reform 1990–1991* (str. 143–163). Amer. Math. Society.
- [6] Gregorič, Ž. (2014). *Evalvacija i-učbenika – številski izrazi v 4. razredu* (Diplomsko delo). Maribor: Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta.
- [7] Haramija, D., & Batič, J. (2013). *Poetika slikanice*. Murska Sobota: Podjetje za promocijo kulture Franc Franc.
- [8] Jewitt, C., Hadjithoma-Garstka, C., Clark, W., Banaji, S., & Selwyn, N. (2010). *School use of learning platforms and associated technologies*. Coventry: Becta.

- [9] Justin, J., Klemenčič, E., & Čepič, M. (2012). *Predstave o pomenu znanja v šolskih dokumentih in učbenikih: končno poročilo*. Ljubljana: Pedagoški inštitut.
- [10] Kordigel, M. (2008). Visual Literacy – One of 21st Century Literacies for Science teaching and Learning. *Problems of Education in the 21st Century*, 5, 9–17.
- [11] Kruskal, J. B. (1956). On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem, *Proceedings of the American Mathematical Society*, 7(1), 48–50.
- [12] Lipovec, A., & Pesek, I. (2010). Razvijanje specifičnih naravoslovnih kompetenc na podlagi matematike. V V. Grubelnik & M. Ambrožič (ur.), *Opredelitev naravoslovnih kompetenc: znanstvena monografija* (str. 164–172). Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- [13] Lipovec, A., Senekovič, J., & Repolusk, S. (2014). Evalvacija i-učbenikov za matematiko v OŠ. V I. Pesek, B. Zmazek & V. Milekšič (ur.), *Slovenski i-učbeniki* (str. 144–158). Ljubljana: ZRSŠ.
- [14] Lipovec, A., & Zmazek, E. (2014). Uporabniške izkušnje dijaka pri delu z matematičnimi interaktivnimi gradivi. V I. Pesek, B. Zmazek & V. Milekšič (ur.), *Slovenski i-učbeniki* (str. 179–197). Ljubljana: ZRSŠ.
- [15] Livingstone, S. (2012). Critical reflections on the benefits of ICT in education. *Oxford review of education*, 38 (1), 9–24.
- [16] Lesgold, A. (2013). Information Technology and the Future of Education. V S. P. Lajoie & S. S. Derry (ur.), *Computers as cognitive tools* (str. 369–384). London: Routledge.
- [17] Novak, L. (2007). *Teorija grafov v prvih dveh triletnih osnovne šole* (Diplomsko delo). Maribor: Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta.
- [18] Pesek, I., Zmazek, B., & Milekšič, V. (ur.). (2014). *Slovenski i-učbeniki*. Ljubljana: ZRSŠ.
- [19] Pesek, I., Zmazek, B., & Mohorčič, G. (2014). Od e-gradiv do i-učbenikov. V I. Pesek, B. Zmazek & V. Milekšič (ur.), *Slovenski i-učbeniki* (str. 9–17). Ljubljana: ZRSŠ.
- [20] Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2009). *Evaluation of evidence-based practices in online learning: a meta-analysis and review of online learning studies*. Washington, DC: U. S. Department of Education, Office of Planning, Evaluation, and Policy Development.
- [21] Phuc, N. D. M. (2011). Design dynamic mathematics models in E-textbooks to improve students' abductive inferences. *Fourth International on Science and Mathematics Education, CoSMEd 2011, Penang, Malaysia*. Pridobljeno 16. 9. 2014 s <http://apec-lessonstudy.kku.ac.th/upload/paper%20apec/NguyenDangMinhPhuc.pdf>.
- [22] Repolusk, S. (2013). *Značilnosti učnega pogovora pri učenju matematike z apleti* (Doktorska disertacija). Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- [23] Repolusk, S., Zmazek, B., Hvala, B., & Ivanuš Grmek, M. (2010). Interaktivnost e-učnih gradiv pri pouku matematike. *Pedagoška obzorja*, 25(3/4), 110–129.
- [24] Ruthven, K. (2012). The didactical tetrahedron as a heuristic for analysing the incorporation of digital technologies into classroom practice in support of investigative approaches to teaching mathematics. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 44(2), 627–640.
- [25] Shachar, M., & Neumann, Y. (2010). Twenty Years of Research on the Academic Performance Differences Between Traditional and Distance Learning: Summative Meta-Analysis and Trend Examination, *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 6(2), 318–334.
- [26] Seo, Y. M., & Lee, Y. J. (2010). Meta Analysis on the Digital Textbook's Effectiveness on Learning Attitude, *Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education*. Putrajaya, Malaysia: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- [27] Skemp, R. R. (1978). Relational understanding and instrumental understanding. *Arithmetic Teacher*, 26(3), 9–15.
- [28] Zmazek, B., Kobal, D., Zmazek, V., & Hvala, B. (2007). The challenge of E-learning. V N. Callaos (ur.) idr., *11th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics jointly with the 13th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis, Proceedings, Vol. 1* (str. 5). Orlando: International Institute of Informatics and Systemics.
- [29] Zmazek, B. Lipovec, A., Pesek, I., Zmazek, I., Šenveter, S., Regvat, J., & Prnaver K. (2012). What is an e-textbook? *Metodički obzori*, 7 (15), 127–139.
- [30] Yerushalmy, M. (2005). Functions of Interactive Visual Representations in Interactive Mathematical Textbooks. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 10(3), 217–249.

Alenka Lipovec je izredna profesorica za specialno didaktiko na Pedagoški fakulteti Univerze v Mariboru. Je članica predmetne razvojne skupine za matematiko na Zavodu RS za šolstvo in soavtorica učnega načrta za matematiko v osnovni šoli. Raziskovalno se ukvarja z razvojem zgodnjih matematičnih pojmov, pedagoškovebinskim znanjem učiteljev, s starševskim vključevanjem in uporabo informacijske in komunikacijske tehnologije pri pouku matematike.

Igor Pesek je docent za računalniško izobraževanje na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. Bil je vodja projekta E-učbeniki za naravoslovne predmete na Zavodu RS za šolstvo. Raziskovalno se ukvarja z razvojem e-učenja in uporabo informacijske in komunikacijske tehnologije pri pouku ter poučevanjem računalništva v osnovnih in srednjih šolah.

Blaž Zmazek je redni profesor za matematiko na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. Je predsednik državne komisije za splošno matura, predsednik komisije za splošno izobraževalne srednje šole pri Strokovnem svetu za splošno izobraževanje in član komisije za učbenike v Strokovnem svetu za splošno izobraževanje. Bil je vodja projektov E-um, ki so podlaga projekta E-učbeniki za naravoslovne predmete. Raziskovalno se ukvarja s teorijo grafov.

Darja Antolin je asistentka za matematiko in didaktiko matematike na Pedagoški fakulteti Univerze v Mariboru. Raziskovalno se ukvarja s poučevanjem matematike v predšolskem obdobju in v osnovni šoli, s starševskim vključevanjem ter z uporabo informacijske in komunikacijske tehnologije pri pouku matematike.