
Kosta Dolenc, kosta.dolenc@gmail.com

3D-oblikovanje in vizualizacija s programom Google SketchUp

Strokovni članek

UDK [004:62]:373.3

POVZETEK

V prispevku so predstavljeni razlogi za uporabo programa za 3D-oblikovanje in vizualizacijo Google SketchUp pri pouku Tehnike in tehnologije v osnovni šoli. Poudarek je namenjen analizi obstoječega stanja in vpeljavi programa v učni načrt. Ob tako zastavljeni strategiji krepimo sposobnosti, povezane s tehniškimi dejavnostmi, razvijamo prostorsko inteligenco ter usvajamo, poglobljamo, pridobivamo in utrjujemo ključni evropski kompetenci: 1. matematično kompetenco ter osnovne kompetence v znanosti in tehnologiji ter 2. digitalno pismenost.

Ključne besede: Tehnika in tehnologija, Google SketchUp, prostorska inteligenca, kompetenca, sposobnosti

3D design and visualization with the computer program Google SketchUp

ABSTRACT

This article presents reasons for using a 3D designing program and Google Sketch Up visualization in Engineering and technology classes in primary school. Emphasis is given to the analysis of the current condition of this topic and on incorporating the program into lesson plans. With strategies that utilize such programs, we can strengthen abilities that are connected with technological activities, develop spatial intelligence and assimilate, acquire and reinforce two key European competences: mathematical competence and basic competences in science, technology and digital literacy.

Key words: engineering and technology, Google SketchUp, spatial intelligence, competence, ability

Namesto uvoda

Svet zaznavamo prostorsko v treh dimenzijah: višino, širino in globino. Večina informacij, ki jih pridobivamo pri vsakdanjih opravilih, je v obliki trodimenzionalnih (3D) informacij. Pri načrtovanju izdelkov se v idejni zasnovi ustvari prostorski model, ki poleg vizualnega dela v ozadju skriva vse potrebne informacije o slehernem sestavnem delu izdelka. Takšen informacijski 3D-model je torej neke vrste virtualni spremljevalec fizičnega izdelka skozi celotno njegovo življenjsko dobo, do končne razgradnje in ravnanja z odpadki. Zato je smiselno, da bi učenci v osnovni šoli, pri pouku Tehnike in tehnologije, spoznali, kaj je 3D in kako lahko oblikujejo oziroma predstavijo 3D-informacije.

Program Google SketchUp ima številne prednosti pred drugimi programi za 3D-oblikovanje in vizualizacijo. Google SketchUp je brezplačen, na spletu je dostopna velika količina gradiv in pomoči za uporabo programa, ima več milijonov uporabnikov, ki prispevajo svoje modele v galerijo modelov »3D Warehouse«. Glavna prednost pa je izjemno kratek čas učenja programa, ki ga uporabnik potrebuje, da nariše svoj prvi model.

Opredelitev problema

3D-oblikovanje in vizualizacija

Ploskovni oris prostora je postopek, pri katerem geometrična telesa v prostoru prikažemo na ploskovnem mediju, kot je npr. monitor; bolj nam je poznan pod imenom 3D-računalniška grafika. Za ta postopek uporabljamo programe za 3D-oblikovanje in vizualizacijo, s katerimi lahko modele izdelujemo in tudi upodablamo in prikazujemo. Za razumevanje in uporabo programov za 3D-oblikovanje in vizualizacijo pa moramo poznati naslednje pojme:

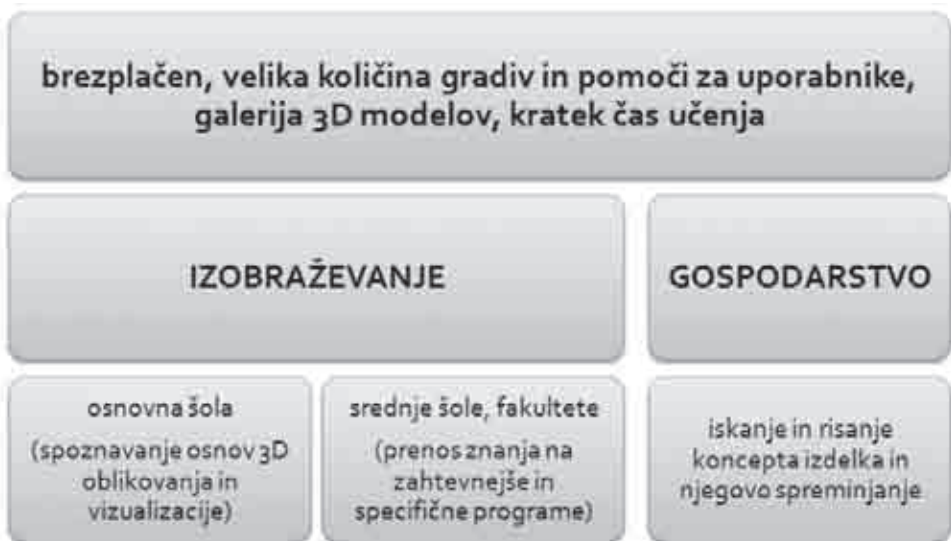
- 3D-oblikovanje je proces izdelave matematične predstavitve 3D-površine ali objekta, s pomočjo za to namenjenega programa. Tako narejen izdelek se imenuje 3D-model, ki se lahko prikaže kot 2D-slika ali kot 3D-računalniška animacija.
- 3D-vizualizacija je vsak proces prikazovanja in manipuliranja s 3D-modelom.
- 3D-modeli predstavljajo 3D-objekt, ki uporablja skupek točk v 3D-prostoru. Te so povezane preko raznih geometričnih form, kot so trikotniki, črte,

ukrivljene površine. Ker so skupek podatkov (točk in ostalih informacij), se 3D-modeli lahko ustvarijo ročno, algoritmično (proceduralno modeliranje) ali s skeniranjem.

Google SketchUp je program za 3D-oblikovanje in vizualizacijo, ki omogoča risanje tako 2D- kot 3D-modelov. Uporablja vmesnik, ki je uporabniku prijazen in poznan iz drugih programov za risanje. Deluje na osnovi površinskega modeliranja. Vsak model je izdelan iz neskončno tanke površine. Tudi predmeti, ki so videti polni, so sestavljeni iz različnih površin, znotraj pa so votli. Izdelovanje modelov v programu SketchUp je podobno izdelovanju modelov iz tankega papirja. Tako izdelovanje modela je preprostejše, saj nam ni potrebno skrbeti, kaj je znotraj modela.

Področje uporabe programa Google SketchUp

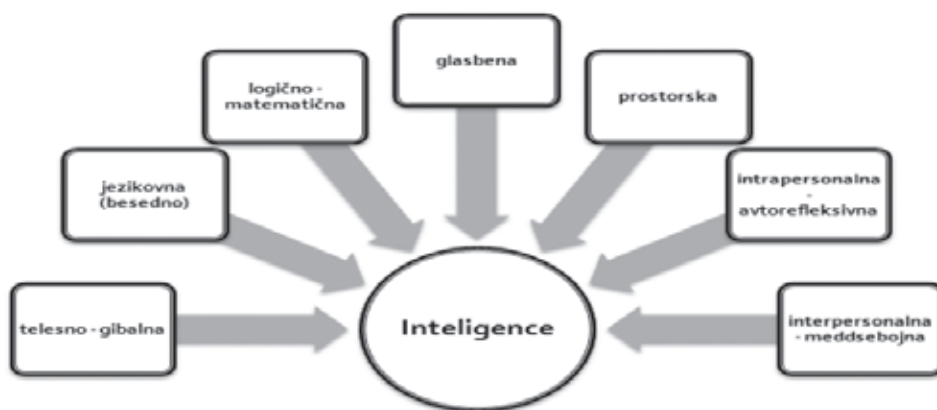
Program Google SketchUp je zaradi svoje zasnove primeren za uporabo v izobraževalnem procesu, še posebej v osnovni šoli, saj sta njegovi največji prednosti enostavnost in splošnost. Tako omogoča, da se lahko učenci hitro naučijo narisati svoj prvi model, spoznajo osnovne principe 3D-oblikovanja in vizualizacije ter znanja, ki jih pridobijo, lažje prenesejo na zahtevnejše, bolj specifične programe v nadaljnjem izobraževanju ali poklicu.



Slika 1: Možnost uporabe programa Google SketchUp

Uporaba programa Google SketchUp pa se ne konča samo pri izobraževanju. Podjetja, kot so Adobe in Graphisoft, ki trži najbolj znan program za arhitektae ArchiCAD, so hitro ugotovila, da je za iskanje in risanje koncepta izdelka in njegovo spreminjanje najbolj primeren SketchUp. Zaradi tega so v sodelovanju s podjetjem Google razvile svoje vtičnike in slogan: »Začni z odličnim vizualnim 3D-programom in končaj z inteligentnim 3D-programom« (Google SketchUp, 3D-oblikovanje za vsakogar, b. d.).

Teorija o več inteligencah



Slika 2: Intelligence po Gardnerju

Inteligence je sposobnost ali vrsta sposobnosti, ki omogoča posamezniku, reševati probleme, ki so pomembni v posebnem kulturnem okolju.

Na področju tehnike in tehnologije ima še posebno težo razumevanje prostorske inteligence.

»Za prostorsko inteligence so najpomembnejše zmožnosti pravilnega zaznavanja vidnega sveta, izvajanje pretvorb ali sprememb začetnih zaznav, poustvarjanje vidikov, svojih vidnih doživetij, celo v odsotnosti ustreznih telesnih dražljajev« (Gardner, 1995, str. 208).

Sestavine prostorske inteligence se razvijajo pri predmetu Tehnika in tehnologija:

- pri iskanju in predstavljanju rešitve s skiciranjem, tako celote kot sestavnih delov,
- pri risanju predmetov v prostorski projekciji,
- pri opisu nastanka slike v izbrani projekciji.

Iz teorije vemo, da se učenci z razvitejšo prostorsko inteligenco učijo vizualno. Poučevanje in učenje Tehnike in tehnologije je zato podprto s prikazovanjem slik, fotografij, skic, načrtov, modelov, maket in konstrukcij (4. Tehniško-tehnoški posvet, 2009). S programom Google SketchUp lahko bistveno pripomoremo k razumevanju prostora in njegovih zakonitosti ter tako motiviramo učence, da raziskujejo, oblikujejo in posvetijo učenju tudi svoj prosti čas.

Pridobivanje spoznanj, izkušenj in sposobnosti z uporabo programa Google SketchUp

Otrok si pridobiva spoznanja in izkušnje preko igre in ustvarjalnega dela, kjer gre za preoblikovanje začetnega stanja v neko novo stanje z rezultatom, ki se kaže kot stvaritev (Papotnik, 2009).

Z uporabo programa Google SketchUp prenesejo neko idejo oziroma resnični predmet v virtualno okolje, kjer ga lahko poljubno spreminjajo, popravljajo ali dopolnjujejo z namenom izboljšave le-tega. Pri tem si v okviru poteka in aktivnosti risanja 3D-modelov pridobijo informacije in zaključke, ki jim pomagajo pri nadaljnjih fazah načrtovanja in ustvarjanja izdelka.

Pri načrtovanju izdelkov se v idejni zasnovi ustvari prostorski model, ki poleg vizualnega dela v ozadju skriva vse potrebne informacije o slehernem sestavnem delu izdelka. Takšen informacijski 3D-model je torej neke vrste virtualni spremljevalec fizičnega izdelka, skozi celotno njegovo življenjsko dobo, do končne razgradnje in ravnanja z odpadki. Kakovost uresničitve ciljev in vsebin, ki so v logični in smiselni povezavi s tehniškimi, tehnološkimi, fizikalnimi, ergonomskimi, organizacijskimi in ekološkimi problemi ter dejavnostmi, je v veliki meri odvisna od dobrega načrtovanja.

Pri posameznih aktivnostih, postopkih in procesih znotraj uporabe programa Google SketchUp pa se še posebej izrazito razvijajo naslednje sposobnosti:

1. sposobnost opazovanja, predstavljanje (razmerij, figur in oblik), razumevanje tehničnih problemov (pravilno in hitro dojetje strukture in funkcije 3D-modela);
2. ugotavljanje zvez med deli in celoto (medsebojnih odnosov danega 3D-modela z drugimi 3D-modeli, podobnimi po funkciji, a različnimi po strukturi);
3. konstruktivna fantazija (pravilno predstavljanje strukture, funkcije in izdelave)
4. 3D-modela in kasneje končnega izdelka;
5. konstruktivno mišljenje (fantazijsko oziroma miselno ustvarjanje novega izdelka).

Ključne kompetence za vseživljenjsko učenje

Decembra 2006 je bilo izdano priporočilo evropskega parlamenta in sveta o ključnih kompetencah za vseživljenjsko učenje, z namenom razvijanja ključnih kompetenc za vse kot del strategije za vseživljenjsko učenje. Kompetence so tako opredeljene kot kombinacija znanja, spretnosti in odnosov, ustrežajočih okoliščinam. Ključne kompetence so tiste, ki jih vsi ljudje potrebujejo za osebno izpolnitev in razvoj, dejavno državljanstvo, socialno vključenost in zaposlitev (Ključne kompetence za vseživljenjsko učenje, 2006).

Referenčni okvir določa osem ključnih kompetenc:

1. sporazumevanje v materinem jeziku,
2. sporazumevanje v tujih jezikih,
3. matematična kompetenca ter osnovne kompetence v znanosti in tehnologiji,
4. digitalna pismenost,
5. učenje učenja,
6. socialne in državljanske kompetence,
7. samoiniciativnost in podjetnost,
8. kulturna zavest in izražanje.

Ključne kompetence se štejejo za enako pomembne, saj vsaka od njih prispeva k uspešnemu življenju v družbi znanja. Številne kompetence se prekrivajo in povezujejo, vidiki, ki so bistvenega pomena za eno področje, podpirajo kompetence na drugem. Obstajajo številne teme, ki se uporabljajo v celotnem referenčnem okviru, kot so: kritično razmišljanje, ustvarjalnost, dajanje pobud, reševanje problemov, ocena tveganj, sprejemanje odločitev ter konstruktivno obvladovanje čustev, in so pomemben dejavnik pri vseh osmih ključnih kompetencah.

Pri pouku Tehnike in tehnologije lahko trdimo, da se vseh osem ključnih kompetenc prekriva in dopolnjuje skozi vsebino učnega načrta. Z uporabo programa za 3D-oblikovanje in vizualizacijo Google SketchUp pa bi učenci še dodatno razvijali in utrdili dve ključni kompetenci:

1. matematično kompetenco ter osnovne kompetence v znanosti in tehnologiji,
2. digitalno pismenost.

Omejitev problema

3D-oblikovanje in vizualizacija pri pouku Tehnike in tehnologije danes

3D-oblikovanje in vizualizacija sta pri pouku Tehnike in tehnologije prisotna v vsebinskem sklopu Informacijska tehnologija, kjer učenci uporabljajo računalnik kot pripomoček za delo in učenje. S pomočjo grafičnega in pisnega komuniciranja izdelujejo tehnično in tehnološko dokumentacijo ter samostojno izražajo svoje zamisli (Učni načrt za tehniko in tehnologijo v devetletki, 2002). Grafični orodji, ki jih uporabljajo pri pouku Tehnike in tehnologije za risanje, sta Slikar in CiciCAD. CiciCAD je program za tehnično risanje in konstruiranje. Program uporabljajo predvsem za izdelavo tehnične in tehnološke dokumentacije. Njegova velika pomanjkljivost pa je dokaj zapleteno in okrnjeno risanje v 3D.

V 6. in 7. razredu je večji poudarek na 3D-vizualizaciji. Učenci spoznajo proces načrtovanja, ki je tesno povezan s 3D-vizualizacijo. Pri iskanju in oblikovanju idej za izdelek iščejo in predstavljajo informacije v 3D-obliki. Pomembna faza načrtovanja je tehnična in tehnološka dokumentacija, kjer učenci spoznajo tehnično skico, risbo ter risanje pravokotne projekcije na tri ravnine. Tehnično in tehnološko dokumentacijo izdelajo ročno ali s pomočjo programa CiciCAD. V 8. razredu je prisotno tudi 3D-oblikovanje, kjer učenci oblikujejo 3D-model s pomočjo grafičnega orodja CiciCAD. Poudarek je na predstavitvi predmeta v prostorski – izometrični projekciji, ki najbolje ponazori stvarnost in daje opazovalcu največ informacij.

Uporaba programa Google SketchUp v osnovni šoli

Program Google SketchUp ne podpira operacijskega sistema Linux ter operacijskih sistemov Windows, starejših kot Windows XP. Minimalne strojne zahteve, ki so potrebne za nemoteno delovanje programa, pa ustrezajo tipu starejšega računalnika, primerljivega osebemu računalniku Pentium II.

Leta 2009 je bila ponovno izvedena raziskava Stanje in trendi uporabe računalnika v osnovnih šolah Slovenije. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da večina šol uporablja vsaj operacijski sistem Windows XP in ima računalnike z novejšimi ali najnovejšimi procesorji (Gerlič, 2009). Iz tega je razvidno, da za vpeljavo in uporabo programa Google SketchUp v osnovnih šolah ni potrebno spreminjati IKT-tehnologije, saj večina šol izpolnjuje minimalne strojne zahteve programa.

Google SketchUp je v osnovni verziji zastojni program. Plačljiva različica Google SketchUp PRO za učence v osnovnih šolah ni potrebna, priporočljivo pa bi bilo, da bi jo imel učitelj. Bistvene prednosti PRO-verzije so v zmožnosti uvažanja in izvažanja ostalih 2D- in 3D-formatov. Zmožnosti PRO-verzije bi lahko izkoristili

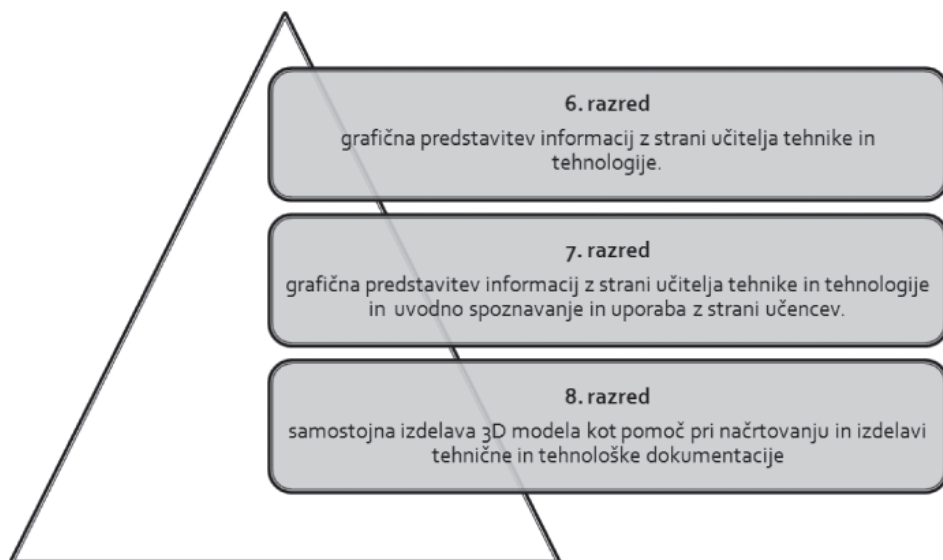
tudi pri drugih predmetih in izbirnih vsebinah. Kupljena licenca traja eno šolsko leto, nato pa jo je potrebno obnoviti. V Sloveniji je trenutno 448 osnovnih šol, skupaj s podružnicami 786. Nakup ene licence bi za osnovno šolo, glede na ostalo informacijsko tehnologijo, predstavljal zanemarljiv znesek. Stroški vzdrževanja programa Google SketchUp so nizki. Posodabljanje zastojne verzije se opravi brezplačno, prav tako je v enoletno licenco všteto tudi posodabljanje PRO-verzije.

Risanje v programu Google SketchUp je podobno risanju s svinčnikom na papir. Ko uporabniki spoznajo osnovne sklope orodij za 3D-oblikovanje in vizualizacijo, je pot do enostavnega modela dolga le par klikov z miško. Google SketchUp so uporabniki sprejeli kot izjemno orodje, ki prihrani čas izdelave v začetnih razvojnih fazah modelov. Velika količina dodatnih gradiv in pomoči na uradni strani programa pa uporabnikom ponuja številne možnosti za spoznavanje, učenje in utrditev znanja.

Program Google SketchUp trenutno še ni preveden v slovenski jezik, je pa osnova programa ikonska, zato z osnovnim znanjem angleščine ni težav pri njegovi uporabi. Učenci imajo v sklopu osnovnošolskega izobraževanja kar 656 ur angleščine. Iz tega lahko sklepamo, da je znanje angleščine v osnovni šoli zadostno za razumevanje osnovnih ukazov programa Google SketchUp, hkrati pa je tudi prehod na ostale programe za 3D-oblikovanje in vizualizacijo ter splošne specifične programe, ki so po večini vsi v angleškem jeziku, lažji. Upoštevati pa je potrebno tudi slovenski jezik, zato se lahko prevede velik del informacije in ukazov, ki so prisotni v programu Google SketchUp, in se jih uporabi pri razlagi in pomenu funkcij in orodij programa. Pomembno je, da učenci poznajo oba izraza za orodja in funkcije, saj jim to koristi pri iskanju rešitve problemov ter informacij.

Možnost uporabe programa Google SketchUp pri pouku Tehnike in tehnologije

Program Google SketchUp bi lahko uvrstili v vsebinski sklop Informacijska tehnologija, ki je prisoten v 6., 7. in 8. razredu. Uporaba programa Google SketchUp bi potekala od 6. razreda, s spoznavanjem programa, do 8. razreda, kjer bi učenci znali samostojno narisati idejo v 3D-obliki. Učitelji Tehnike in tehnologije pa bi lahko izkoristili program Google SketchUp kot orodje za multimedijско podajanje informacij.



Slika 3: Možnost uporabe programa Google SketchUp pri pouku Tehnike in tehnologije

V 6. razredu učenci spoznajo pomen načrtovanja in izdelave izdelka. Postopek je razdeljen na faze, ki se med seboj prepletajo in dopolnjujejo. S programom Google SketchUp lahko učenci skicirajo, učitelj Tehnike in tehnologije pa ga lahko kot učni pripomoček uporabi tako v fazi iskanja in oblikovanja idej, kjer lahko oblikuje in modelira različne ideje, kot tudi v fazi izbiranja in odločitve, kjer lahko najboljše izdelke izriše in predstavi učencem, ki se na podlagi tako zbranih informacij lažje odločijo za najboljši izdelek. Predstavitev izdelkov v 3D-tehnologiji učencem omogoča boljše prostorsko dojetje izdelka kot navadna 2D-risba. V 6. razredu bi bil program Google SketchUp uporaben predvsem za grafične predstavitve informacij z strani učitelja.

V 7. razredu učenci spoznajo pravokotno projekcijo. Mnogo ljudi ima težave s prostorsko predstavljivostjo in razumevanjem prostorskih odnosov. Učenci si na začetku zelo težko predstavljajo like in telesa v prostoru. S pomočjo predstavitve 3D-modelov v programu Google SketchUp olajšamo razumevanje prostorskih odnosov. Učitelj Tehnike in tehnologije lahko s programom Google SketchUp namesto lesenih modelov ali predmetov, podanih z 2D-sliko izometrične projekcije, izdelava animacije prehajanja 3D-modela na posamezno ravnino. 3D-modele, ki jih pripravi in nariše, pa lahko poljubno dopolnjuje in spreminja.

Risanje pravokotne projekcije s pomočjo 3D-modelov je omejeno na učilnico tehnike ali učilnico računalništva oziroma na šolski prostor. Priporočljivo pa bi bilo, da bi lahko učenci dostopali do 3D-modelov tudi doma. V ta namen lahko učitelj Tehnike in tehnologije objavi 3D-modele tudi v galeriji modelov 3D-Warehouse. Takšen način omogoča učencu dostop do 3D-modelov tudi z domačega računalnika. Potrebna bi bila ena šolska ura, da bi učencem predstavili program in jih naučili osnovnih operacij za manipuliranje s 3D-modelom. Učenci bi bili tako sposobni risati pravokotno projekcijo tudi s pomočjo 3D-modela. V 7. razredu bi bil program Google SketchUp uporaben za grafične predstavitve informacij s strani učitelja in uvodno spoznavanje ter uporabo s strani učencev.

V 8. razredu učenci spoznajo izometrično projekcijo. Prostorska risba daje največ informacij na eni risbi. Z enim prikazom vidimo največ strani predmeta. Predmet je v prostorski risbi narisano tako, kakor ga vidi človeško oko. Da bi učenci spoznali pravi pomen prostorskega risanja in manipuliranja z modeli, lahko uporabimo program Google SketchUp. S programom lahko narišejo 3D-model in si ga poljubno ogledujejo z vseh strani. Predmet, narisano v prostoru s programom, ki omogoča njegovo manipuliranje, daje učencu vse potrebne informacije, da izdelava tehnično in tehnološko dokumentacijo. Pri načrtovanju izdelka lahko sedaj učenci s programom Google SketchUp sami narišejo 3D-model ideje in ga uporabijo za izdelavo tehnične in tehnološke dokumentacije. Tako izdelan 3D-model jim kasneje služi pri izdelovanju izdelka kot sestavna ali montažna risba.

Možnost uporabe programa Google SketchUp pri drugih naravoslovnih predmetih

Potreba po programu, kot je Google SketchUp, se pojavlja tako pri pouku Tehnike in tehnologije kot pri drugih naravoslovnih predmetih, še posebej pri računalništvu. Za risanje v programu potrebujemo dobro prostorsko predstavo, ki jo pridobimo pri pouku Tehnike in tehnologije, ter hkrati poznavanje osnovnih zakonitosti za delo z računalnikom, ki jih pridobimo pri pouku računalništva. Zaradi ekonomičnosti pouka ne bi bilo potrebe obravnavati celotnega gradiva pri samo enem predmetu. Tako bi smiselno povezovanje učnih vsebin učitelja v zavesti učencev ustvarilo celotno sliko in doprineslo k boljšemu dojetju snovi (Dolenc, 2010).

Naj naštejemo samo nekaj možnosti uporabe programa Google SketchUp pri drugih naravoslovnih predmetih:

- **Izbirni predmet Računalništvo**
 - izdelava animacij in slik za uporabo na spletu;
 - predstavitev 3D-modelov starejših računalnikov in komponent v prostoru.
- **Matematika**
 - predstavitev geometrije v prostoru in geometrijskih teles.

- **Biologija**
 - predstavitev celic ter anatomije živali in ljudi v prostoru.
- **Kemija**
 - predstavitev zgradbe atomov, molekul in spojin v prostoru.

Uporaba programa Google SketchUp pa ni omejena samo na naravoslovne predmete, saj se lahko uporabi pri vseh predmetih, kjer je za boljše razumevanje snovi potrebna predstavitev v prostoru.

Namesto sklepa

Družba zahteva, da učencu v sistemu izobraževanja in usposabljanja damo temeljno znanje in spretnosti, ki bodo osnova za njegovo nadaljnje življenje in delo. Dati mu moramo funkcionalno pismenost, ki ni samo sposobnost branja, pisanja in računanja, ampak predvsem sposobnost reševanja osnovnih problemov v življenju in kasneje v poklicu. Trendi 3D-oblikovanja in vizualizacije kažejo, da postaja trodimenzionalni svet vse bolj prepoznaven in uporabljan. Tudi v osnovni šoli moramo slediti sodobnim trendom na področju konstruiranja v praksi, trendom, kjer se navidezna resničnost vse bolj približuje realnosti in 3D-tehnologija postaja del informacijske tehnologije, kot so to včasih bile slike oziroma filmi.

Menim, da bi vpeljava 3D-oblikovanja in vizualizacije v pouk osnovne šole povečala prostorsko inteligenco pri učencih, razvijali bi sposobnost kreativnega in kritičnega mišljenja, spodbujala bi se radovednost in pozitivna stališča do naravoslovja, prispevali bi k boljšim dosežkom na področju vsebinskih znanj in navsezadnje približali naravoslovno-tehnične predmete učencem.

LITERATURA

Dolenc, K. (2010). *Uporaba programa Google SketchUp za 3D oblikovanje in vizualizacijo v osnovni šoli*. Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

Gardner, H. (1995). *Razsežnosti uma. Teorija o več inteligencah*. Ljubljana: Tangram.

Gerlič, I. (2009). *Stanje in trendi uporabe računalnika v osnovnih šolah Slovenije (2009)*. Pridobljeno 30. 1. 2011, s <http://iris.pfmb.uni-mb.si/old/raziskave/os2009/kazalo.htm>.

Google SketchUp. 3D-oblikovanje za vsakogar. Pridobljeno 30. januar 2011, s <http://sketchup.google.com/>.

Ključne kompetence za vseživljenjsko učenje. (2006). Pridobljeno 30. 1. 2011, s <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+TA+P6-TA-2006-0365+0+DOC+PDF+V0//SL>.

Papotnik, A. (2009). *Koncepti in modeli didaktike tehnike*. Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

4. Tehniško-tehnološki posvet. (2009). Pridobljeno 30. 1. 2011, s http://www.ossevnica.si/Sevnica_posvet_2009_zbornik.pdf.

Učni načrt za tehniko in tehnologijo v devetletki. (2002). Pridobljeno 30. 1. 2011, s http://www.zrss.si/doc/TEH_TT_un_izdan.doc.
