

Matematika i film

Zrinka Tomašković, Karlovac

Iako je često pozivanje na širenje svijesti o sveprisutnosti matematike i nužnosti matematičkih znanja za uspjeh u suvremenom svijetu znanja, prigode u kojima se unutar škole može organizirati nešto te prirode nisu česte. Večer matematike u organizaciji Hrvatskog matematičkog društva svakako je jedna od takvih prigoda.



Školske godine 2015./2016. Gimnazija Karlovac sudjelovala je u projektu Večeri matematike s dvije radionice: *Matematika i film* (voditeljica Zrinka Tomašković) i *Matematičke igre* (voditeljice Vera Glazer i Marina Ljubenko). Na večeri matematike u Gimnaziji Karlovac sudjelovalo je ukupno 65 učenika što je nešto više od 10 % učenika škole.

Radionica *Matematika i film* nastala je na temelju predavanja *Film i matematika* Zrinke Tomašković održanoga na 19. filmskoj reviji mladeži u okviru popratnog programa, a tematski je podijeljena u dva dijela: matematika u animiranim filmovima i

matematika u igranim filmovima. Svaki dio radionice sastoji se od primjera koji služe kao motivacija i filmska pozadina za zadatke te od konkretnih zadataka koje učenici rješavaju u skupinama. Radionicu je praktično provoditi u informatičkoj učionici u kojoj učenici imaju pristup internetu.

Uvodni dio radionice

Filmski leksikon daje devet značenja riječi *film* od kojih je matematički najzanimljivije ono značenje prema kojemu je film *cjelovit i društveno-doživljajno svrhovit filmski proizvod*¹. Matematika je znanost o odnosima među veličinama (brojevima) i prostornim tvorevinama, a posebno je odlikuje njezina apstraktnost. Ti su odnosi kao i veličine (brojevi) i prostorne tvorevine koje se u matematici pojavljuju i promatraju preuzeti iz realnoga svijeta, ali su im kvalitativna obilježja apstrahirana, i to znatno više nego u bilo kojoj drugoj znanosti.² Film i matematika naoko nemaju poveznica, ali zajedničko im je to što se temelje na realnome svijetu i daju interpretaciju realnoga svijeta te pritom uspostavljaju veze između onih koji gledaju film ili rješavaju matematički problem i toga istog svijeta. Film je na radionici podijeljen na igrani, animirani i dokumentarni te je svaki od tih žanrova povezan s matematikom.

Zrinka Tomašković, prof., Gimnazija Karlovac, Karlovac, zrinka.tomaskovic@skole.hr

¹ <http://jeff560.tripod.com/variables.html> (Pristupljeno 18. 12. 2015.)

² Vidi <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=39398> ili <http://proleksis.lzmk.hr/36652/>.

Animirani filmovi

Na radionici se pošlo od činjenice da je matematika vrlo često prisutna u filmu, a da to uopće nije lako uočiti. Najpodatniji za prenošenje matematičkih ideja na film možda je upravo animirani žanr. Uspjeh toga prenošenja u animiranom filmu ovisi samo o matematičkom umijeću autora filma. Glumci međutim moraju biti pripremljeni za ulogu koju igraju; ne smiju improvizirati. Improvizacija bi mogla narušiti matematičku točnost u prijenosu ideje pa zato nije prihvatljiva. Od svih animiranih filmova u crtane je filmove moguće najbolje prenijeti brojne matematičke ideje i uklopiti zadatke koji neće biti veliko opterećenje za gledatelje. Na radionici je provedena analiza nekoliko matematičkih detalja u crtanom filmu *Simpsoni* što je objašnjeno u primjerima koji slijede.³

Primjer 1.

U prvome primjeru⁴ učenici su trebali dokučiti jesu li brojevi prikazani na *screenshotu* (oko 8200 posjetitelja) nasumični brojevi ili nisu?



Slika 1. Screenshot iz 22. epizode 17. sezone *Marge and Homer Turn a Couple Play* iz 2006. godine

Broj 8191 jest prost broj i to u Mersennovu obliku $2^p - 1$, za p koji je prost broj: $8191 = 2^{13} - 1$.

³ Vidi http://www.simonsingh.net/Simpsons_Mathematics/.

⁴ Screenshot iz 22. epizode 17. sezone *Marge and Homer Turn a Couple Play* iz 2006. godine.

⁵ Screenshot iz 20. epizode 3. sezone *Colonel Homer* iz 1992. godine.

⁶ Screenshot iz 2. epizode 10. sezone *The wizzard of the evergreen terrace* iz 1998. godine.

Broj 8128 jest savršen broj – zbroj svih svojih djelitelja osim samoga sebe: $8128 = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 127 + 254 + 508 + 1016 + 2032 + 4064$.

Broj 8208 jest narcisoidan broj – broj koji je zbroj potencija svojih znamenaka s eksponentom koji je broj znamenaka $8208 = 8^4 + 2^4 + 0^4 + 8^4$.

Analizom brojeva učenici su došli do sljedećeg zaključka: tko je god birao navedene brojeve, vrlo dobro vlada brojevima s neobičnim svojstvima – savršenim brojevima, narcisoidnim brojevima i prostim brojevima prisutnim u navedenim zadacima.

Primjer 2.

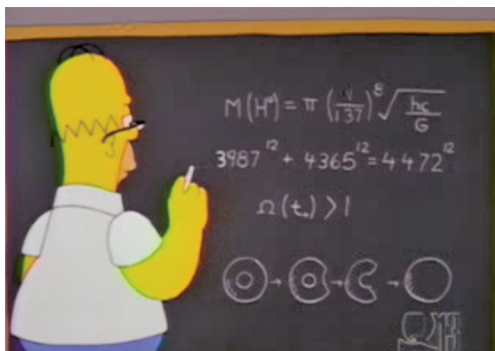
U drugome primjeru analizirao se naziv kinodvorane *Googolplex*⁵ prisutan u crtanome filmu. Iako je danas riječ *google* općeprihvaćena kao sinonim za internetsku tražilicu, epizoda iz koje je izdvojen analizirani *screenshot* nastala je 1992. – četiri godine prije nego što je slavna tražilica *Google* uopće nastala. Riječ *googol* /'gu:ɡəl/ nastala je 1938. kada je američki matematičar Edward Kasner od svoga devetogodišnjeg nećaka Milтона Sirotta zatražio da izmisli naziv za broj 10^{100} što je ovaj i učinio – *googol*. Iz toga je izveden naziv za broj 10^{googol} , a to je *googolplex*. Naziv toga broja autori crtanoga filma iskoristili su za ime spomenute kinodvorane.



Slika 2. Screenshot iz 20. epizode 3. sezone *Colonel Homer* iz 1992. godine

Primjer 3.

U trećemu primjeru provjeravala se jednakost vidljiva na *screenshotu*⁶ koja glasi $3987^{12} + 4365^{12} = 4472^{12}$. Učenici su provjeravali jednakost služeći se i modernim i starijim džepnim računalima. Provjerom na modernim kalkulatorima utvrdili su da jednakost ne vrijedi jer je razlika između desne i lijeve strane jednakosti zapravo $1.2 \cdot 10^{33}$.



Slika 3. Screenshot iz 2. epizode 10. sezone *The wizard of the evergreen terrace* iz 1998. godine

Provjeravanjem te jednakosti na starijim džepnim računalima (korištenima u vrijeme nastajanja crtanoga filma) koji ne mogu računati s toliko velikim brojevima (red veličine 10^{43}) dobiva se da je lijeva strana jednaka desnoj. Iz toga slijedi da polazna jednakost predstavlja kontraprimjer za Fermatov veliki teorem koji glasi: za $n \in \mathbf{N}$, $n > 2$ ne postoje $x, y, z \in \mathbf{N}$ za koje vrijedi $x^n + y^n = z^n$. Kako se od 1995. godine zna da je tvrdnja teorema istinita tvrdnja⁷, autori crtanoga filma gledatelje dovode u zabludu da tvrdnja Fermatova teorema nije istinita.

Ako u jednadžbu $x^n + y^n = z^n$ (koja nema nijedno cjelobrojno rješenje ni za jedan $n > 2$) umjesto n stavimo 2, dobivamo mnogo jednostavniju jednadžbu: $x^2 + y^2 = z^2$; jednadžbu s beskonačno mnogo rješenja čak i u okviru prirodnih brojeva. Rješenje jednadžbe $x^2 + y^2 = z^2$ koju često nazivamo Pitagorin poučak (iako ona to postaje tek

kad ju stavimo u kontekst pravokutnog trokuta kojem su x i y duljine kateta, a z duljina hipotenuze) u skupu prirodnih brojeva jest Pitagorina trojka (x, y, z) .

Postoji mnogo načina za izračunavanje Pitagorinih trojki. Jedan je od neobičnijih načina izračunavanje s pomoću niza Fibonaccijevih brojeva. Nizom Fibonaccijevih brojeva naziva se niz 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89... Prva dva člana toga niza jesu $F_1 = 1$ i $F_2 = 1$, a svi ostali članovi nastaju rekurzivno po formuli $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$, za $n \geq 2$ zbrajanjem prethodnih dvaju. Pitagorine trojke iz toga niza računaju se na sljedeći način: trojka s najmanjim brojevima ("prva" trojka) jest uređena trojka (3, 4, 5), a svaki drugi broj nakon 5 u Fibonaccijevu nizu jest duljina hipotenuze nekog pravokutnog trokuta (... 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89...).

Prema uputama voditeljice radionice (iznesenima u prethodnim dvama ulomcima) učenici su odredili članove *druge* trojke. Učenici su računali duljine kateta, a duljina hipotenuze zadana je Fibonaccijevim brojevima. Duljina duže katete jednaka je zbroju duljina stranica prethodne trojke. Duljina kraće katete računa se tako da se broju koji se u Fibonaccijevu nizu nalazi između hipotenuze i prethodne hipotenuze oduzme kraća kateta prethodne trojke. Imajući to u vidu, učenici su izačunali da je duljina duže katete trokuta koji ima hipotenuzu duljine 13 jednaka zbroju duljina stranica prethodne (*prve*) trojke što je prikazano u jednakosti $3 + 4 + 5 = \underline{12}$, a duljina kraće katete broj između hipotenuze 8 kojom se oduzme kraća kateta prethodne trojke 3: dakle $8 - 3 = \underline{5}$. Time su odredili *drugu* trojku (5, 12, 13). Na opisan način mogu se računati sve sljedeće trojke Pitagorinih brojeva.

Zorna ilustracija Fibonaccijevih brojeva i njihove zastupljenosti u prirodi jest i film *Nature by numbers*⁸ prikazan na radionici.

⁷ Više o temi na <http://mis.element.hr/fajli/513/03-08.pdf>.

⁸ Film se može pogledati na <https://www.youtube.com/watch?v=kkGe0WY0FoA>.

Primjer 4.

U četvrtome primjeru analiziran je isječak⁹ crtanoga filma *Simpsoni* koji prikazuje jedan od matematičkih problema prisutan u mnogim zbirkama zabavne matematike. U kontekstu crtanoga filma *Simpsoni* taj problem glasi: *Kako da otac čamcem preveze dijete, psa i otrovne tablete preko rijeke pod uvjetom da s ocem u čamcu može biti ili samo dijete, ili samo pas, ili samo tablete?*



Slika 4. Screenshot iz 13. epizode 20. sezone *Gone Maggie Gone* iz 2009. godine

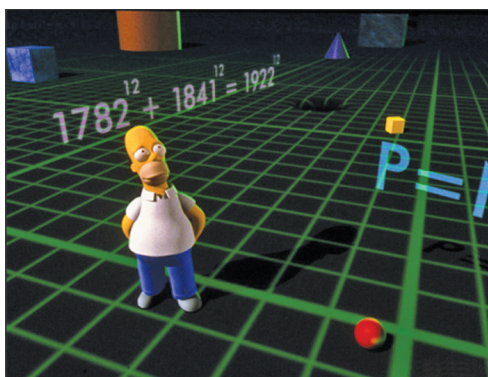
Treba naime voditi računa o tome da pas napada dijete pa ne smiju ostati sami na obali, a dijete bi pojele tablete jer sliče šarenim bombonima pa mu ne smiju biti dostupne. Originalna inačica toga problema potječe iz 8. stoljeća: Alcuin iz Yorka formulirao ga je u svojoj knjizi *Propositiones ad acuendos juvenes*¹⁰ i u originalu se radi o čovjeku koji preko rijeke treba prevesti vuka, kozu i kupus (tzv. problem vuka, koze i kupusa).

Nakon primjera vezanih uz crtane filmove uslijedili su zadatci koje su učenici rješavali u skupinama.

Zadatci vezani uz crtane filmove:

- 1) Pronađite opći oblik Mersennovih brojeva te ispišite neke od njih.

- 2) Koliko ima prostih brojeva? (Dokaz.)
- 3) Pronađite najmanje savršene brojeve.
- 4) Pronađite nekoliko narcisoidnih brojeva.
- 5) Koje svojstvo moraju imati brojevi da bi bili brojevi blizanci?
- 6) Koje svojstvo moraju imati brojevi da bi bili prijateljski brojevi?
- 7) Navedite još brojeva koji imaju naziv.
- 8) Napišite prvih nekoliko Pitagorinih trojki izračunatih iz Fibonaccijevih brojeva! Pronađite još načina za izračunavanje Pitagorinih trojki!
- 9) Riješite tzv. problem vuka, koze i kupusa!
- 10) Uočite sve matematičke elemente koji se javljaju u isječku¹¹!



Slika 5. Screenshot iz 6. epizode 7. sezone *Treehouse of Horror VI: Homer*³ iz 1995. godine s nekim od matematičkih elemenata koje treba uočiti u isječku na koji se odnosi 10. zadatak

Igrani filmovi

Moguće je pronaći mnoge biografske i pseudobiografske filmove o matematičarima, no s njihovom primjenom u nastavi treba biti oprezan jer su biografske činjenice u takvim filmovima nerijetko iskrivljene¹². Iz toga razloga na radionici nisu spominjani

⁹ Screenshot iz 13. epizode 20. sezone *Gone Maggie Gone* iz 2009. godine koju je moguće pogledati na <http://watchcartoonsonline.eu/watch/the-simpsons-season-20-episode-13-gone-maggie-gone/> (isječak počinje biti matematički zanimljiv oko 4:00)

¹⁰ Više se može saznati na http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Alcuin_book.html.

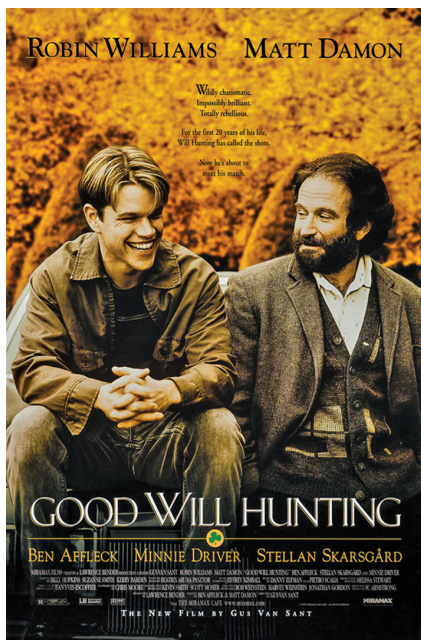
¹¹ *Treehouse of Horror VI: Homer*³ (6. epizoda 7. sezone) iz 1995. godine je moguće pogledati na <http://watchcartoonsonline.eu/watch/the-simpsons-season-7-episode-6-treehouse-of-horror-vi/> (isječak počinje biti matematički zanimljiv oko 14:30).

¹² Više o biografskim filmovima o matematičarima moguće je pronaći na <http://www.imdb.com/list/ls052512201/>.

biografski filmovi već samo filmovi koji u sebi sadrže neki matematički problem ili pojam.

Primjer 5.

U petome primjeru analiziran je jedan od filmova koji u sebi sadrže matematički problem – film *Dobri Will Hunting*¹³.

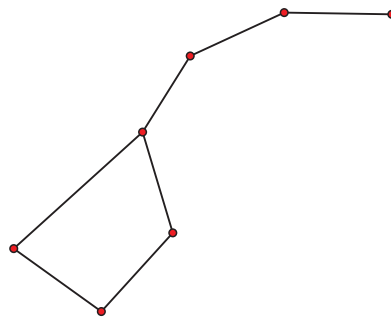


Slika 6. Plakat za film *Dobri Will Hunting* iz 1997. godine

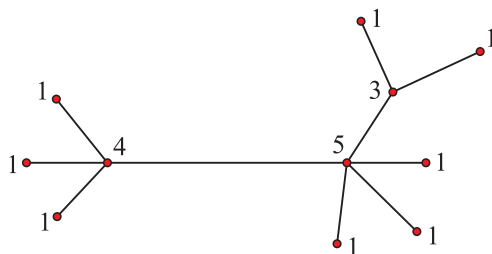
Film započinje isticanjem problema pronalaženja homeomorfno ireducibilnih stabala veličine 10.

Iako zvuči složeno, nije tako ako su poznati neki osnovni pojmovi povezani s grafovima (vrh, stupanj vrha, graf, povezan graf, ciklus, petlja, stablo, veličina stabla) koje je voditeljica učenicima pojasnila. Graf je skup bridova i čvorova – vrhova. Graf je povezan ako su svaka dva njegova vrha povezana stazom. Ciklus je staza koja započinje i završava u istom vrhu grafa. Petlja je brid koji započinje i završava u istom vrhu grafa. Stablo je povezan graf bez ciklusa i petlji. Veličina stabla jest broj njegovih vrhova. Stupanj vrha jest broj bridova koji izlaze iz vrha.

¹³Više o filmu *Dobri Will Hunting* moguće je saznati na <http://www.imdb.com/title/tt0119217/>.

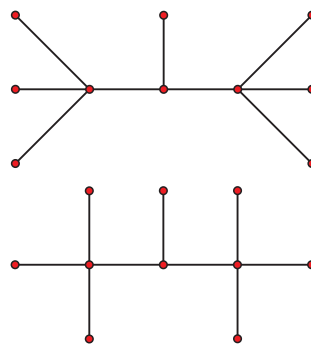


Slika 7. Graf koji nije stablo jer ima ciklus



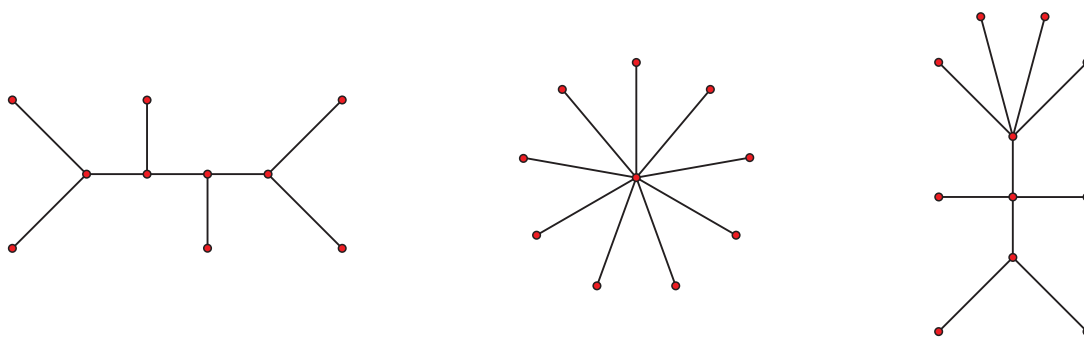
Slika 8. Graf koji jest stablo s naznačenim stupnjem svakog od vrhova

Homeomorfna ireducibilna stabla ona su stabla koja se ne mogu dobiti jedna iz drugih uklanjanjem vrhova stupnja dva ni bilo kakvim rotacijama grafa/vrhova.



Slika 9. Dva stabla koja jesu homeomorfna

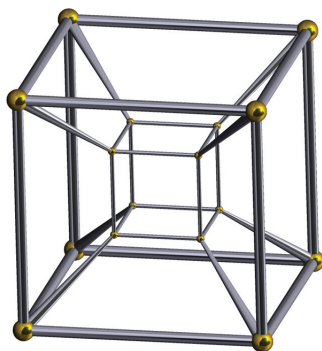
Voditeljica je učenicima na radionici pokazala grafove koji predstavljaju deset mogućih rješenja problema iskazanog u filmu *Dobri Will Hunting*.



Slika 10. Tri od deset mogućih rješenja problema iz filma

Primjer 6.

U šestome primjeru analizirana su dva filma koji u sebi sadrže jedan matematički pojam – filmovi *Kocka* (*Cube*, 1997.) i *Hiperkocka* (*Cube 2: Hypercube*, 2002.) Iako i publika i kritika¹⁴ filmove ocjenjuju nezanimljivima, s matematičkog gledišta filmovi su zanimljivi jer se u njima pojavljuju različiti matematički pojmovi od kojih je najzanimljiviji pojam četvrte dimenzije. Već su i sami naslovi filmova matematički pojmovi.

Slika 11. Dvodimenzionalni prikaz hiperkocke¹⁵

Pojam geometrijskog tijela koje se naziva kocka učenicima je otprije poznat. Učenici su se na radionici, zahvaljujući filmovima, susreli s pojmom hiperkocke.

Voditeljica je učenicima pokazala animaciju i pojasnila pojam hiperkocke; hiperkocka je četverodimenzionalno geometrijsko tijelo čije su strane trodimenzionalne kocke. U trodimenzionalnom prostoru postoje tijela koja imaju tri dimenzije, strane tijela koje imaju dvije dimenzije, bridovi tijela koji imaju jednu dimenziju te vrhovi tijela koji su točke i imaju dimenziju nula. U četverodimenzionalnom prostoru postoje tijela koja imaju četiri dimenzije, a strane su im trodimenzionalne. Hiperkocka tako ima osam strana, a svaka strana jest trodimenzionalna kocka.

Učenici su na radionici pokušali odrediti broj vrhova, bridova i strana kocaka u različitim dimenzijama. Zaključili su sljedeće: točka je nuldimenzionalna *kocka* (ima jedan vrh), dužina je jednodimenzionalna *kocka* (ima dva vrha i jedan brid), kvadrat je dvodimenzionalna *kocka* (ima četiri vrha, četiri brida i jednu stranu), kocka (heksedar) je trodimenzionalna *kocka* (ima osam vrhova, dvanaest bridova, šest strana i jedno tijelo), dok je hiperkocka četverodimenzionalna *kocka* (ima šesnaest vrhova, trideset i dva brida, dvadeset i četiri strane, osam trodimenzionalnih strana te jedno četverodimenzionalno tijelo).

Primjer 7.

U sedmome primjeru analiziran je španjolski film *Fermatova soba*¹⁶ koji je bogat matematičkim za-

¹⁴<https://www.rottentomatoes.com/m/cube/> (Pristupljeno 17. 6. 2016.)

¹⁵Prikaz preuzet sa stranice https://en.wikipedia.org/wiki/Four-dimensional_space (Pristupljeno 17.6.2016.)

¹⁶Više o filmu *Fermatova soba* (*La habitación de Fermat*), iz 2007. godine moguće je pročitati na: http://www.imdb.com/title/tt1016301/?ref_=nv_sr_1.

Slika 12. Plakat za film *Fermatova soba*

datcima, pojmovima i nazivima. Naime, u filmu su brojni likovi i predmeti nazvani po nekom poznatom matematičaru. Tako likovi imaju nadimke Fermat, Pascal, Hilbert i Galois, čamac u filmu nazvan je Pitagora, a temelj za zaplet filma jest dokaz Goldbachove slutnje. Osim što su nazvani po matematičarima, likovi u filmu rješavaju konkretne matematičke probleme.

Učenici su na radionici riješili jedan od tih problema koji glasi: *Kojim su redom dani brojevi 4, 9, 2, 1, 8, 5, 7, 6, 3?* Rješenje zadatka jest abecedni poredak brojeva. Učenici su do rješenja došli tako što su problem čuli na španjolskom jeziku (jer je riječ o španjolskom filmu) – *¿En que orden estan los siguientes numeros 5, 4, 2, 9, 8, 6, 7, 3, 1?* i na engleskom jeziku (jer većina učenika njime dobro vlada) – *What's the order of the following numbers: 8, 5, 4, 9, 1, 7, 6, 3, 2?* pa su mogli primijetiti da se promjenom jezika mijenja redoslijed brojeva. Nije dakle bitna brojčana vrijednost, nego naziv broja u pojedinom jeziku.

Primjer 8.

U osmom je primjeru trebalo riješiti problem iz filma *Umri muški 3*¹⁷. Problem glasi: treba deaktivirati eksplozivnu napravu tako da se u posudu povezanu s njom uliju točno četiri litre tekućine. Iako je junacima filma na raspolaganju neograničena količina tekućine, oni uza se imaju dvije prazne boce od tri litre i jednu od pet litara s pomoću kojih moraju odmjeriti točnu količinu od četiri litre da bi uspješno deaktivirali eksplozivnu napravu. Rješenje problema je sljedeće: iz jedne od dviju boca od tri litre tekućinu treba preliti u bocu od pet litara, u kojoj onda ostaje mjesta za još dvije litre tekućine. Tada iz druge boce od tri litre tekućinu treba uliti do vrha boce od pet litara. U toj drugoj boci ostat će točno jedna litra tekućine. Bocu od pet litara treba isprazniti i u nju uliti tu jednu litru tekućine te još tri litre iz jedne od manjih boca. Tada se u boci od pet litara nalaze točno četiri litre tekućine potrebne za deaktivaciju eksplozivne naprave. Rješenje problema učenici su vrlo brzo dokučili sami.

Nakon primjera vezanih uz igrane filmove uslijedili su zadatci koje su učenici rješavali u skupinama.

Zadatci vezani uz igrane filmove:

- 1) Nacrtajte svih deset homeomorfnihi ireducibilnih stabala veličine 10!
- 2) Odredite broj vrhova, bridova, dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih strana hiperkocke! (Ako se u trodimenzionalnom prostoru moguće orijentirati s pomoću kategorija lijevo-desno, ispred-iza i iznad-ispod, s pomoću kojih se kategorija moguće orijentirati u četverodimenzionalnom prostoru?)
- 3) U trima kutijama nalaze se tri vrste bombona. Svaka kutija ima natpis o vrsti bombona, ali bomboni u kutije nisu raspoređeni prema natpisima. U jednoj su kutiji samo bomboni od mentola, u drugoj samo od čokolade, a u trećoj su pomiješane obje vrste bombona. Koliko najmanje bombona treba izvaditi iz kutija da se sa sigurnošću utvrdi u kojoj je kutiji koja vrsta bombona?

¹⁷Originalni problem iz filma izražen je u galonima. Više o filmu *Umri muški 3* (*Die Hard: With a Vengeance*), iz 1995. godine moguće je pročitati na: http://www.imdb.com/title/tt0112864/?ref_=nv_sr_4.

- 4) Učenik pita nastavnicu: *Koliko su vam stare kćeri?* Ona odgovara: *Ako pomnožiš njihove godine dobit ćeš 36; ako ih zbrojiš, dobit ćeš svoj kućni broj!* Na to će učenik da nema dovoljno informacija, a nastavnica odgovara da joj najstarija kći svira klavir! Koliko su stare kćeri?

Završni dio radionice

U svakodnevnom životu mnogo je pojmova iz područja matematike pa ih se može pronaći u gotovo svakom filmu. Brojni su filmovi u kojima se pojavljuju brojevi u nekom dubljem značenju¹⁸, no na radionici nije bio cilj izdvojiti svaki broj ili matematički pojam koji se pojavi već je cilj bila analiza odabranih matematičkih problema. Jedan od zanimljivih matematičkih problema prikazan je u filmu $1 + 2 + 3 + 4 + \dots = -\frac{1}{12}$ koji su učenici pogledali u završnom dijelu radionice¹⁹. Film navodi na to da neke tvrdnje mogu biti zbunjujuće ako se "uzimaju zdravo za gotovo". U filmu se pokazuje da je uz određene uvjete zbroj svih prirodnih brojeva jednak $-\frac{1}{12}$ iako matematičko iskustvo govori drukčije. Uvjeti pod kojima je to ipak istinito nadilaze matematička znanja srednjoškolaca. Voditeljica radionice stoga im je pomogla da dođu do zaključka.



Zaključak

Večer matematike 2015. godine u Gimnaziji Karlovac bila je idealna prilika za iskušati kako s pomoću filmova motivirati učenike za učenje različitih područja matematike. Na radionici koja je tada održana učenicima se nastojalo osvijestiti koliko je matematika zapravo prisutna i u filmu i u svakodnevnom životu. Svaki pojedini primjer matematičkog zadatka ili problema iz odabranih filmova koji je analiziran na radionici može se iskoristiti u sklopu nastave matematike ovisno o području koje se obrađuje.

Animirani filmovi bliži su uzrastu osnovnoškolaca i srednjoškolaca. Prenošenje matematičkih ideja u njima ovisi samo o matematičkom umijeću autora animiranog filma. Igrani filmovi primjereniji su završnim razredima srednje škole i mogu biti korišteni kao poticaj za otkrivanje novih područja matematike te za proširivanje znanja o povijesti matematike ili pojedinim matematičkim pojmovima.

Voditeljica je na radionici nastojala koristiti se zadatacima iz poznatijih filmova kako bi matematiku prikazala zanimljivom, aktualnom i popularnom. I filmovi su uostalom takvi. Filmska ostvarenja često su glamurozna, osobito ona poznatija. Ni matematičari ne treba uskratiti taj epitet.

¹⁸ Npr. *Sedam samuraja* (1954.), *Fahrenheit 451* (1966.), 2001.: *Odiseja u svemiru* (1968.), *Peti element* (1997.).

¹⁹ Film se može pogledati na internetskoj stranici Numberphile: <http://www.numberphile.com/videos/analytical-continuation1.html>.