

## Učenički projekt uz monitoring Marmontove aleje

*Snježana Marković-Zoraja, Kristina Fratrović*

OŠ Dubovac, Primorska 9, Karlovac, Hrvatska

[snjezana.markovic-zoraja@skole.hr](mailto:snjezana.markovic-zoraja@skole.hr)

[kristina.fratrovic1@skole.hr](mailto:kristina.fratrovic1@skole.hr)

### SAŽETAK

S ciljem istraživanja uloge stabala u ciklusu ugljika i ukazivanja na važnost očuvanja aleje, osmišljen je učenički istraživački projekt u okviru kojeg je postavljen sustav praćenja (monitoringa) stanja u Marmontovoj aleji u Karlovcu. Učenici koji su sudjelovali u istraživačkom projektu uključeni su u program GLOBE i informatičku skupinu. Na početku je pomoću aplikacije GLOBE *Observer* izmjerena visina i određene su lokacije svih stabala te im je izmjeren opseg. Za svako je stablo: izračunata starost, prsni promjer, svježa i suha biomasa, masa pohranjenog ugljika te masa apsorbiranog CO<sub>2</sub>. Izračuni su napravljeni programiranjem u Pythonu. Potvrđeno je da količina apsorbiranog CO<sub>2</sub> eksponencijalno raste sa starošću drveta, zbog čega je važno čuvati stara stabla.. Dnevno su mjereni atmosferski čimbenici na školskoj meteorološkoj postaji (udaljenosti 100 m od aleje) te se uspoređuju s izmjerenim vrijednostima meteorostanice Arduino sustava sa senzorom za mjerenje kvalitete zraka određene ukupnom količinom plinova u atmosferi Marmontove aleje. Rezultati su pokazali da je veća količina plinova izmjerena u danima kad je vlažnost zraka bila veća i u danima s oborinama. Veća količina plinova izmjerena je i u vremenskom razdoblju kasne jeseni kad su stabla odbacila sve listove. Učenici su ovim projektom uspješno integrirala znanja biologije, kemije i informatike u tumačenju ekoloških parametara.

**Ključne riječi:** *interdisciplinarni učenički projekt; informatika; biologija; GLOBE; održivi razvoj*

### UVOD

Marmontova aleja u Karlovcu je zaštićeni drvored od 102 stabla platana, posađenih u Napoleonovo doba. Prilikom gradnje Lujzijanske ceste koja je izgrađena da bi povezala Karlovac i Rijeku, platane su sađene na tri lokacije: Karlovac - Dubovac, Grobničko Polje i Rijeka i to u razdoblju od 1809. do 1811. godine. Početak gradnje ceste bio je u Rijeci (slika 1A), a pri ulasku ceste u grad Karlovac posađeno je 112 stabala platane i taj se drvored danas naziva Marmontova aleja (slika 1B). Aleja platana na završetku Lujzijane nazvana je u čast maršala August Louis Viesse de Marmonta (1774 - 1852.) glavnog guvernera Ilirije, koji je u doba Napoleona vladao u navedenim prostorima Hrvatske (Ožura, 2013).



Slika 1 Lujzijanska cesta A: Rijeka, Početak Lujzijane; B; Karlovac, Marmontova aleja; C: Oznaka zaštite na stablu Platane

Ožura (2013) objašnjava da su sve platane (*Platanus acerifolia* (Ait.) Willd) obilježene oznakom zaštite jer pripadaju spomeniku parkovne arhitekture od 1968. godine (slika 1C), te da njime upravlja javna ustanova za zaštićene prirodne vrijednosti „Natura viva“ iz Karlovca.

Ukupan broj stabala platana u vrijeme istraživanja bio je 102 (slika 2), dok se prema elaboratu JU Natura Viva iz 2016. godine navodi ukupno 107 stabala, što znači da je u šest godina posječeno 5 stabala (Pernek 2020).



Slika 2 Geografski položaj Marmontove aleje i broj stabala platana u Marmontovoj aleji te položaj OŠ Dubovac

U lipnju 2019. godine počeli su građevinski radovi na uređenju državne ceste D6, koja u smjeru Rijeke započinje Marmontovom alejom u Karlovcu. Opsežni građevinski radovi ugrozili su opstanak i zdravlje stabala. Stanovništvo Marmontove aleje i MO Dubovac povijesno je vezano za ovu aleju te su stanovnici bili zabrinuti za moguća oštećenja stabala tijekom građevinskih radova. Budući da učenici sudjeluju u međunarodnoj GLOBE kampanji *Trees around the GLOBE*, poznata im je važnost čuvanja i sadnje drveća. Zbog toga su učenici samoinicijativno predložili učiteljima da bi željeli istražiti stanje i mogućnosti zaštite Marmontove aleje. Tako je nastala ideja o izradi projekta koji će pokazati važnost Marmontove aleje u ciklusu kruženja ugljika, te potrebu njezinog očuvanja.

Radovi su se oduljili, a učenici su započeli s GLOBE mjerenjima i opažanjima u travnju 2021. Tijekom mjerenja učenici su sretali građevinske radnike, mještane i prolaznike koji su se zanimali što se mjeri i zašto. Mještani su počeli više promišljati o važnosti drveća i potrebi njihova očuvanja tijekom građevinskih radova.

## RAZRADA

Budući da u školskim predmetima Priroda i Biologija uče o fotosintezi i u sklopu razvoja prirodoslovne pismenosti uz nastavu pripremaju istraživanja koja će im poslužiti kao osnova učenja, učenici su bili potaknuti istražiti koliko je apsorbirano ugljikovog dioksida tijekom života stabala, odnosno kolika je količina pohranjenog ugljika u stablima. Budući da je početak ceste D6, koja započinje ovom alejom vrlo prometan, postavilo se pitanje o postojanju značajnijeg onečišćenje zraka u ovom dijelu grada, tj. u gradskoj četvrti Dubovac. Već od ranije u sklopu rada GLOBE grupe u OŠ Dubovac redovito se i kontinuirano mjere atmosferski čimbenici na školskoj atmosferskoj postaji pa je bilo moguće ispitati mijenja li se količina štetnih plinova ovisno o atmosferskim čimbenicima. S obzirom da učenici GLOBE skupine redovito bilježe fenološke promjene na stablima platane, učenike je zanimalo hoće li količina štetnih plinova u aleji biti veća nakon što otpadne lišće.

U rujnu 2022. GLOBE skupina započela je sa skupinom učenika informatičke skupine rad na postavljanju i izradi uređaja kojim bi mogli mjeriti štetne plinove u Marmontovoj aleji. Za svoje su istraživanje nakon usklađivanja i pomoći učitelja postavili su sljedeće hipoteze:

- ☛ Marmontova aleja ima važnu ulogu u vezanju atmosferskog ugljika, što je posebno važno zbog intenzivnog prometa i izgaranja fosilnih goriva u kućanstvima.
- ☛ Ukupna dnevna količina štetnih plinova veća je u hladnijem razdoblju godine bez vegetacije.

Tijekom školske godine 2021./2022. učenici su radili biometrijska mjerenja i fenološka opažanja u Marmontovoj aleji. Za mjerenje visine drveća i određivanje lokacije svakog drveća platane (*Platanus acerifolia* (Ait.) Willd.) korištena je mobilna aplikacija GLOBE Observer. Opseg drveća izmjereno je mjernom trakom (slika 6) prema GLOBE protokolima (The GLOBE program). Podatci o visini i opsegu stabala uneseni su u GLOBE bazu podataka, a zatim je izračunata starost svakog drveća, svježa masa (green weight - GW), suha masa (dry weight - DW), prsni promjer, pohranjeni ugljik (carbon storage - C) (Natural Museum Wales, Natural resources Wales) i apsorbirani CO<sub>2</sub> u cjelokupnom životu biljke (Fransen Bas 2019).



Slika 3 A: Školska atmosferska postaja; B: GLOBE mjerenja u Marmontovoj aleji

Starost svakog drveća za vrstu *Platanus acerifolia* (Ait.) Willd. izračunata je da bi se usporedila starost drveća i količina pohranjenog ugljika. Za platanu je uzeta prosječna vrijednost godišnjeg prirasta: 2,75 cm po godini (Natural resources Wales). Izračun je napravljen prema matematičkoj formuli:

$$\text{starost drveća} = \text{opseg drveća} / \text{godišnji prirast}$$

Ukupna masa živog i suhog drveća te pohranjeni ugljik računati su prema matematičkim formulama (Natural Museum Wales):

GW (green weight) ili ukupna masa živog drveća izračunata je na sljedeći način:

$$GW = 0,0346 \times d^2 \times h \text{ (ako je } d > 28 \text{ cm)}$$

$$\text{ili } GW = 0,0577 \times d^2 \times h \text{ (ako je } d < 28 \text{ cm)}$$

(d = promjer drveća u cm, h = visina drveća u m, vrijednost GW se izražava u kg)

DW (dry weight) ili ukupna masa suhog drveća iznosi pola svježe mase, i izražava se u kg:

$$DW = GW/2$$

C (Carbon storage) ili količina pohranjenog ugljika izražava se u kg, a iznosi pola vrijednosti suhe mase:

$$C = DW/2.$$

Apsorbirani ugljikov dioksid u cjelokupnom životu biljke izračunat je prema formuli (Fransen Bas 2019):

$$\text{Ukupni CO}_2 = \text{Carbon storage (C)} \times 3,67$$

Prsni promjer svih stabala izražava se u cm, a izračunat je iz opsega stabla izmjenjenog na visini od 1,35 m od tla prema matematičkoj formuli:

$$\text{prsni promjer} = \text{opseg} / \pi.$$

Svi izračuni napravljeni su u računalnom programu Pithonu (Hercigonja 2018), a primjer izračuna je prikazan na slici 4A.



Slika 4 Doprinosi učenja učenika informatike A: Primjer računanja u Pithonu; B: Meteostanica - Arduino sa senzorom

Dobivene vrijednosti: starost drveta, svježa masa (green weight - GW), suha masa (dry weight - DW), prsni promjer, pohranjeni ugljik (carbon storage - C), i apsorbirani CO<sub>2</sub> prikazane su u tablici za svako stablo (ukupno 102 stabla, koja su označena markicama od S1 do S102). Za mladice drveća u Marmontovoj aleji nisu upisani podatci jer su manje visine od 5 metara. Navedene metode računanja pohranjenog ugljika odnose se na stabla, a ona se prema GLOBE protokolima, definiraju za visinu iznad 5 m (program GLOBE).

Učenici su izračunali prema uputama za određivanje starosti stabla uz mjerenja opsega i visine stabla (Prilog 1) da je prosječna starost stabala 67,23 godina sa stanjem do 1.12.2021. U prosincu 2021., dio starih i oštećenih stabala je uklonjen i posađene su nove mladice. Prosječan opseg stabala u drvoredu je 185 cm, a dobiven je kao srednja vrijednost opsega svih stabala. Ukupna zelena masa (GW) je 333132 kg, a dobivena je kao zbroj svih GW vrijednosti svakog drveta. Suha masa (DW) iznosi 256565 kg, a dobivena je kao zbroj svih DW vrijednosti svakog drveta. Ukupna količina pohranjenog ugljika u drvoredu je 85097 kg, a dobivena je kao zbroj svih vrijednosti količine pohranjenog ugljika za svako drvo. Ukupna količina apsorbiranog CO<sub>2</sub> tijekom života svih stabala je 297589 kg, a dobivena je kao zbroj vrijednosti apsorbiranog CO<sub>2</sub> za svako drvo.

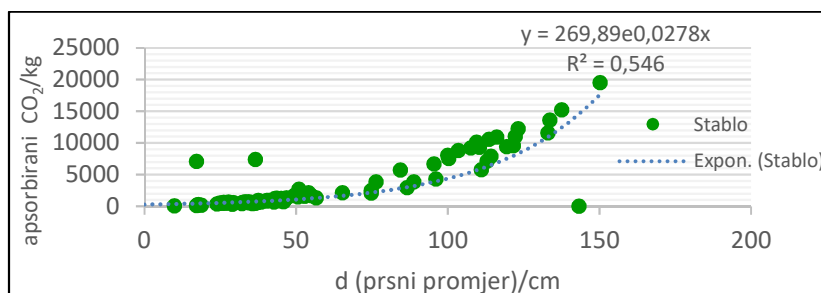
U rujnu 2023. učenici koji pohađaju dodatnu nastavu informatike i učenici uključeni u GLOBE program, započeli su s izradom meteostanice - Arduino sustav sa senzorom za mjerenje kvalitete zraka MQ135 (slika 4B), prema uputama (Institut za razvoj i inovativnost mladih - IRIM). Odabrani senzor bilježi dnevno ukupnu količinu CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, dima i štetnih plinova u atmosferi u ppm, a izmjereni podatci se putem Wi-Fi-a šalju na server. Mjerenja sa meteostanice spremaju se u bazu podataka. Dnevno su mjereni atmosferski čimbenici i na školskoj meteorološkoj postaji (udaljenosti 100 m od aleje) prema GLOBE protokolima te su uspoređivani s izmjerenim vrijednostima ukupne količine plinova koje mjeri senzor MQ135 na meteo stanici - Arduino sustav. Vrijednost za plinove na meteostanici očitavana je u 13 sati kad je mjerena vlažnost zraka i količina oborine na školskoj atmosferskoj postaji.

Na osnovu izdvojenog primjera rezultata (tablica 1) učenici su zaključili da kako raste opseg i starost stabala, raste količina pohranjenog ugljika i ukupna količina apsorbiranog ugljikovog dioksida u životu stabla. Prema literaturnim izvorima, količina apsorbiranog ugljikovog dioksida u stablu raste eksponencijalno s njegovim promjerom (Queensland Government, 2020).

Tablica 1 Usporedba na primjeru tri stabla različite starosti s njihovim opsegom, visinom, masom svježeg i suhog drva, količinom pohranjenog ugljika, količinom apsorbiranog CO<sub>2</sub> i prsnim promjerom

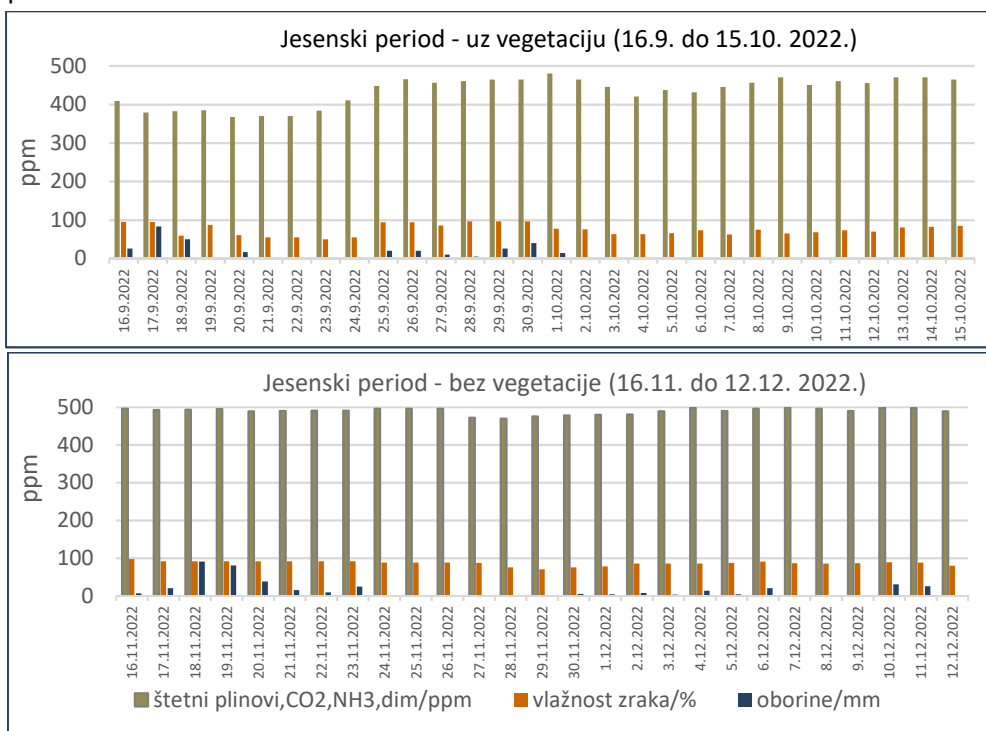
Oznaka drveta	Starost drveta/godine	Opseg drveta /cm	Prsni promjer/cm	Visina drveta/m	GW(živo drvo)/kg	DW (suhu drvo) /kg	Pohranjeni ugljik/kg	Apsorbirani CO <sub>2</sub> /kg
S11	37,8	104	33,1	18,67	708,64	354,32	177,16	650,18
S17	61,8	170	54,11	22,91	2323,48	1161,74	580,87	2131,8
S57	152,7	420	133,7	23,92	14807,32	7403,66	3701,83	13.585,0

Rezultatima dobivenim izračunavanjem prsnog promjera i apsorbiranog CO<sub>2</sub> (slika 5), učenici su potvrdili da količina apsorbiranog CO<sub>2</sub> u životu jednog stabla raste eksponencijalno s njegovim prsnim promjerom.



Slika 5 Ovisnosti apsorbiranog CO<sub>2</sub> o prsnom promjeru stabla

U rujnu 2022. postavljena je meteo stanica – Arduino sustav sa senzorom MQ135, a u prosincu 2022. učenici su analizirali rezultate mjerenja plinova u Marmontovoj aleji, koje su usporedili s izmjerenim vrijednostima vlažnosti zraka, dnevna količina oborina na atmosferskoj postaji škole te ih prikazali dijagramima u dva razdoblja (slika 6). Učenici su uočili da je važno analizirati razdoblje rane jeseni u kojem još nije bilo opadanja listova sa stabala i razdoblje kasne jeseni kad više nije bilo listova na stablima platana.



Slika 6 Usporedba rezultata rane i kasne jeseni A: usporedba dnevnih količina plinova, vlažnosti zraka i oborina u 13.00 sati od 16.9.do 15.10.2022.; B: usporedba dnevnih količina plinova, vlažnosti zraka i oborina u 13.00 sati od 16.11.do 12.12.2022.

Na osnovu izmjerenih podataka učenici su mogli zaključiti da u razdoblju rane jeseni, od 16.9. do 15.10.2022. ukupne izmjerene vrijednosti štetnih plinova, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> i dima, imaju niže vrijednosti nego u razdoblju kasne jeseni od 16.11. do 12.12.2022. Od 16.9. do 24.9.2022. navedene vrijednosti su najniže. Od 25.9. do 1.10.2022. zabilježene su dnevne oborine, a time i veća vlažnost zraka i u tom razdoblju vrijednosti štetnih plinova, dima CO<sub>2</sub> i NH<sub>3</sub> su više. Više vrijednosti izmjerene na senzoru MQ135 bilježimo i u prvoj polovici listopada kad se vlažnost zraka uvijek kretala od 63 % do 85 %. U razdoblju kasne jeseni od 16.11. do 12.12.2022. vlažnost zraka kretala se od 70 % do 97 % i u navedenom periodu dnevna vrijednost plinova izmjerenih na meteostanici bila je visoka, od 470 ppm do 496 ppm. Najviše dnevne vrijednosti plinova izmjerenih na meteostanici bile su u danima s oborinama. Prema zadnjem elaboratu Arborističke procjene stabala u Marmontovoj aleji iz 2020., općenito je stanje platana u Marmontovoj aleji dosta dobro sa pozicije zdravstvenog stanja, ali i stabilnosti (Pernek, 2020). U odnosu na zadnji pregled nije došlo do značajnije promijene vitaliteta, iako je mali pomak prema lošijem stanju vidljiv, ali i očekivan (građevinski radovi, blizina kuća i zgrada). Treba i dalje provoditi mjere njege po potrebi, a naročito voditi računa da se stabla pregledavaju redovito, idealno jednom godišnje (Pernek, 2020). O potrebi uklanjanja određenih stabala odlučuje JU Natura Viva koja vodi brigu o zaštićenom drvoredu.

Učenici rezultatima potvrđuju važnost Marmontove aleje u apsorpiranju ugljikovog dioksida iz prometa te kao velikog spremišta ugljika koji su stabla pohranila tijekom svojeg života. Tijekom svog postojanja stabla platana apsorpirala su više od 200 tona CO<sub>2</sub> i sadrže više od 80 t pohranjenog ugljika. Drvoredi poput Marmontove aleje doprinose smanjenju stakleničkog efekta, posebno kad se apsorpcija CO<sub>2</sub> događa na mjestu njegovog intenzivnog nastajanja (prometnica – početak D6). Zbog toga je neophodno je voditi brigu o drvoredu, osobito o stablima koja su dosegla punu veličinu. Velika stabla dnevno apsorpiraju veće količine CO<sub>2</sub> od mladih stabala, ali ako dođe do njihovog truljenja ili gorenja CO<sub>2</sub> se vraća u atmosferu. Učenici su naučili kako usporedbom podataka mjerenja mogu provjeriti hipotezu da je ukupna dnevna količina štetnih plinova izmjerena u Marmontovoj aleji u 13.00 sati veća u razdoblju bez vegetacije, tj. u vrijeme kasne jeseni kad su svi listovi sa stabala platana otpali i kad je visoka vlažnost zraka. Pri tome su im izmjereno podaci omogućili argumentaciju obrazloženja zaključaka da vlažan zrak zadržava štetne plinove blizu tla, sprečavajući da se rasprše u atmosferi, što utječe na kvalitetu zraka (Airly, 2023). Time se povećavaju koncentracije onečišćujućih tvari u zraku, posebice u urbanim sredinama. Budući da su u kasnoj jeseni učestalije oborine i viša vlažnost zraka, dnevna izmjerena količina štetnih plinova, CO<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub> i dima u 13.00 sati je viša nego u razdoblju rane jeseni. Istovremeno, zbog nižih temperatura, stanovnici GČ Dubovac počeli su zagrijavati domaćinstva, a dio domaćinstva se još uvijek grije na kruta goriva (drvo).

Ideja o izradi istraživačkog projekta nastala je kad su učenici GLOBE skupine tijekom svakodnevnih atmosferskih mjerenja i fenoloških opažanja zapazili promjene na stablima u Marmontovoj aleji tijekom građevinskih radova. Na sastancima GLOBE grupe iznijeli su zabrinutost hoće li građevinski radovi štetiti stablima te razgovarali o načinima kako upoznati građane o važnosti čuvanja drvoreda. Učenici su htjeli dokazati važnost stabala u procesu smanjenja ugljikovog dioksida u ulici Marmontova aleja u Karlovcu te su pretraživali izvore na mrežnim stranicama čija je tematika apsorpcija ugljikovog dioksida i ciklus ugljika. Međutim, sami nisu uspjeli pronaći opis metoda izračunavanja količine pohranjenog ugljika i ugljikovog dioksida. Kako GLOBE program omogućuje i suradnju i sa znanstvenicima iz NASA-e, u korespondenciji sa znanstvenikom Brianom Campbellom, uspješno su pronađeni odgovarajući izvori. Proučavajući metode kojima će provesti istraživanje, učenici su naučili da je najprije potrebno provesti terensko istraživanje, tj. prikupljanje podataka o svakom stablu. Radeći

na terenu, učili su o važnosti točnog mjerenja. Obim izmjerenih i prikupljenih podataka za 102 stabla u aleji bio je velik pa su GLOBE učenici koji pohađaju dodatnu nastavu informatike predložili suradnju informatičkom skupinom. GLOBE učenička skupina dnevno provodi mjerenja atmosferskih čimbenika od 2005. godine, a rezultate unosi u GLOBE bazu podataka. Na školskoj atmosferskoj postaji su analogni uređaji za mjerenje tlaka zraka, vlage, trenutne, maksimalne i minimalne temperature zraka. Svakodnevnim mjerenjem i bilježenjem podataka, učenici opažaju promjene u atmosferi te zaključuju o važnosti prikupljanja podataka radi donošenja ispravnih zaključaka. Učenici GLOBE skupine naučili su važnost primjene računalne tehnologije u biološkim istraživanjima i zaštiti prirode, a učenici informatičke skupine zainteresirali su se za prirodoslovna istraživanja te predložili izradu naprednijeg Arduino sustava s više senzora kako bi mogli prikupiti više podataka o stanju atmosfere u Marmontovoj aleji. Nadasve, učenici su uočili važnost rada u timu i suradnje različitih područja ( prirodoslovni predmeti i IKT) u provedbi istraživanja. U ovom istraživačkom projektu prikazano je razdoblje mjerenja štetnih plinova u zraku rujna do prosinca 2022. jer je rad prijavljen u siječnju na Konferenciju CUC 2023. gdje je i prezentiran 27.4.2023. u Rovinju. Rezultati mjerenja štetnih plinova na meteostanici nisu prikazani kontinuirano od početka mjerenja jer su se na meteostanici događali kvarovi koje su učenici uz pomoć mentora morali otkloniti. I na ovaj način, učenici su učili kako napravljene sustave za praćenje treba kontrolirati te po potrebi popraviti. Rad na istraživačkom projektu se nastavlja s naprednijim sustavom praćenja. Tijekom rada, učenici su upoznali UN-ov cilj održivog razvoja br. 11 koji govori o tome kako gradove i naselja učiniti uključivim, sigurnim, prilagodljivim i održivim te cilj br. 15 koji govori o zaštiti ekosustava.

U informatičkoj učionici, učenici informatičke skupine koristili su programe za unos, obradu, analizu i prikazivanje podataka tablično i grafički koristeći odgovarajuće programske jezike. Dobivene rezultate, zajednički su analizirali i napravili prezentaciju istraživačkog projekta. Rezultate i zaključak istraživanja prezentirali su u razrednim odjelima sedmog i osmog razreda te objašnjavali drugim učenicima način rada u istraživačkom projektu te važnost bioloških istraživanja u lokalnoj zajednici. Radeći na istraživačkom projektu, uočili su važnost primjene IKT u biološkim istraživanjima koja omogućuje točnu i preglednu analizu rezultata mjerenja. Učenici informatičke skupine odlučili su izraditi Arduino sa senzorom koji će mjeriti štetne plinove u Marmontovoj aleji da bi istražili postoji li povezanost stabala s količinom štetnih plinova. Na dodatnoj nastavi informatike učenici su uz mentoricu naučili izraditi Arduino sa senzorom te povezati na wi-fi tj. izraditi i primijeniti *pametni sustav monitoringa stanja u ekosustavu*. Na zajedničkom sastanku pokazali su svim učenicima način izrade Arduino uređaja. Podatke koji su dnevno mjereni na Arduino učenici su uspoređivali s vlagom u zraku u jesenskom razdoblju 2023. godine. U informatičkoj učionici, svi učenici radili su zajednički na upisu rezultata mjerenja vlage u zraku i količine štetnih plinova u program za unos podataka. U međuvremenu, skupini su se pridružili i novi članovi, mlađi učenici koji su naučili koristiti programe za obradu podataka. Nakon analize i obrade podataka, učenici su izradili prezentaciju u kojoj su prikazali višegodišnje istraživanje u Marmontovoj aleji. Učenici 8. razreda prezentirali su svoje istraživanje u razrednim odjelima osmih razreda na nastavnim satovima kemije u temi Kruženje ugljika u prirodi. U rezultatima ovog projekta prikazani su podatci dnevnih ukupnih količina štetnih plinova, dima, NH<sub>3</sub> i CO<sub>2</sub> dobiveni mjerenjem na meteostanici – Arduino sustav sa senzorom MQ135. Iz tog razloga nije se moglo definirati i očitati koncentracija svakog plina pojedinačno.

Istraživački projekt učenici su prezentirali i u lokalnoj zajednici. U školi je u međuvremenu porastao interes učenika za rad u GLOBE skupini i za uključivanje u dodatnu nastavu informatike. Rezultati

istraživanja i stalan monitoring okoliša važni su za lokalnu zajednicu jer je Marmontova aleja zaštićeni spomenik prirode te ujedno i važan čimbenik u smanjenju CO<sub>2</sub> direktno na mjestu njegovog nastajanja.

## ZAKLJUČAK

U višegodišnjem istraživačkom projektu sudjelovali su učenici uključeni u GLOBE program i informatičku skupinu, odnosno učenici s kojima se dodatno radi na STEM projektima. Tijekom rada na istraživačkom projektu, učenici su naučili raditi prema načelima znanstvene metodologije. Projekt se bavi ciklusom ugljika u ekosustavu koji se u urbanoj sredini može poremetiti djelovanjem čovjeka te je važno pratiti stanje u mikrolokacijama grada. Kontinuiranim praćenjem stanja u okolišu uz korištenje računalne tehnologije moguće je ukazati lokalnoj zajednici na probleme onečišćenja okoliša. Stabla ne reaguju trenutno na onečišćenja, već nakon određenog perioda. Stoga je započeta nova projektna aktivnost usmjerena na načine izrade i primjene pametnog sustava koji će na vrijeme ukazati na promjene stanja u urbanom ekosustavu. Ovaj istraživački projekt razvija digitalne i prirodoslovne kompetencija učenika, razvija interes za STEM područje te odgaja učenike u duhu održivog razvoja. Osim toga, rezultati mjerenja omogućuju učenicima kvalitetnu osnovu za prošireno učenje fotosinteze kojim će se osigurati razumijevanje ovog vrlo važnog biološkog koncepta.

## METODIČKI ZNAČAJ

Istraživačkim projektom objedinjuje se prirodoslovni i inženjerski pristup u radu s nadarenim učenicima. Rad s učenicima obuhvaća PBL (project – based learning) način učenja, razvija STEM područje učenja, razvija način učenja 4C (critical thinking, collaboration, communication, creativity). Primjenom i odabirom tehnologije za izradu projekta, učenici razvijaju IKT vještine. Rezultati istraživanja omogućavaju učenicima razvoj biološkog proceduralnog znanja tijekom mjerenja i primjene formula za potrebne izračune, kao i informatičke primjene znanja vezano uz pripremu alata za prikupljanje analize podataka. Također potican je razvoj epistemičkog znanja uz zaključivanje kojim će probuditi i argumentirati sadržajno znanje u okviru nastave biologije u području fiziologije biljaka i ekologije.

## ZAHVALA

Brianu Campbellu (NASA Senior Earth Science Education and Communication Lead) na uputi za korištenje primjerenih i dostupnih literaturnih izvora. Zahvaljujemo JU Natura viva iz Karlovca koja vodi brigu o zaštićenom drvoredu na ustupljenim izvorima kao i na pozivu na javno predstavljanje ovog istraživačkog projekta lokalnoj zajednici grada Karlovca.

## LITERATURA

- Airly: <https://airly.org/en/how-does-humidity-affect-air-quality-all-you-need-to-know/> Preuzeto 10.1.2023.
- Carbon storage calculator: worksheet. Natural resources Wales. <https://cdn.naturalresources.wales/media/687190/eng-worksheet-carbon-storage-calculator.pdf> Preuzeto 8.12. 2021.
- Fransen, Bas. 2019. How to calculate the CO<sub>2</sub> sequestration. EcoMatcher. <https://www.ecomatcher.com/how-to-calculate-co2-sequestration> Preuzeto 8.12. 2021.
- Institut za razvoj i inovativnost mladih (IRIM). <https://izradi.croatianmakers.hr/courses/upoznajite-arduino/> Preuzeto 15.5.2022.
- Measuring Carbon In Trees: The Urban Nature Project. National Museum Wales. <https://museum.wales/media/52595/measuring-carbon-in-trees.pdf> Preuzeto 8.11. 2021.
- Ožura, M. 2013. Spomenik parkovne arhitekture Marmontova aleja zaštićeno područje prirode. Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Karlovačke županije. Karlovac [http://www.naturaviva.hr/Karlovac\\_media/Marmontova\\_aleja\\_brosura.pdf](http://www.naturaviva.hr/Karlovac_media/Marmontova_aleja_brosura.pdf) Preuzeto 6.1. 2022.
- Pernek, M. 2020. Arboristička procjena stabala u Marmontovoj aleji u Karlovcu, JU Natura Viva, Karlovac The GLOBE teachers guide. The GLOBE program. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide> Preuzeto 10.3 2021.
- Queensland Government. Farming carbon 2020. <https://www.qld.gov.au/environment/plants-animals/habitats/regrowth/regrowth-guides/euc-open/euc-open-carbon> Preuzeto 13.1 2022.

**PRILOG**

## Prilog 1 Određivanje starosti stabla uz mjerenja opsega i visine stabla

## UPUTE ZA RAD

Uvod: podijeljeni ste u skupine te svaka skupina mjeri opseg i visinu stabala koja je zadana na radnom listiću. Rezultate mjerenja za zadano stablo upisivati u tablicu 1.

Godišnji prirast stabla platane je 2,75 cm pa se starost drveta računa tako da opseg drveta podijelio s 2,75

Pribor: aplikacija GLOBE Observer, mjerna traka, kalkulator

## Zadatak:

- Izmjeriti opseg drveta na visini 135cm mjernom trakom i upisati u tablicu 1.
- Odrediti aplikacijom Observer visinu drveta i upisati u tablicu 1.
- Izračunati starost drveta prema zadanoj matematičkoj formuli

Tablica 1.

Broj stabla	opseg (o) u cm	visina (pomoću aplikacije)	starost ( $O : 2.75$ )
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

## Monitoring of Marmont Alley - student project

*Snježana Marković-Zoraja, Kristina Fratrović*  
Elementary School Dubovac, Primorska 9, Karlovac, Croatia  
[snjezana.markovic-zoraja@skole.hr](mailto:snjezana.markovic-zoraja@skole.hr)  
[kristina.fratrovic1@skole.hr](mailto:kristina.fratrovic1@skole.hr)

### ABSTRACT

To investigate the role of trees in the carbon cycle and point out the importance of preserving the alley, a student research project was designed, and a monitoring system was set up for Marmont Alley in Karlovac. The GLOBE program and the IT group included students who participated in the research project. In the beginning, the height and locations of all trees were measured using the GLOBE Observer application, and their circumference was measured. For each tree, the following were calculated: age, breast diameter, fresh and dry biomass, mass of stored carbon, and mass of absorbed CO<sub>2</sub>. The calculations were made using Python programming. It was confirmed that the amount of absorbed CO<sub>2</sub> increases exponentially with the tree's age, which is why it is important to preserve old trees. Atmospheric factors were measured daily at the school meteorological station (100 m from the alley) and compared with the measured values of the Arduino system weather station with a sensor for measuring air quality determined by the total amount of gases in the atmosphere of Marmont Alley. The results indicated higher gas concentrations were recorded on days with increased air humidity and precipitation. A greater amount of gases was also measured in the late autumn when the trees had shed all their leaves. With this project, the students successfully integrated their biology, chemistry and computer science knowledge in interpreting ecological parameters.

**Keywords:** *student interdisciplinary project; informatics; biology; GLOBE; sustainable development*