

OPIS PROJEKTA

Količina ugljikovog dioksida koju stablo lovora može pohraniti

The amount of carbon dioxide that a laurel tree can store

Petra Brčić, Katarina Dragun, Deni Antolić

Mihajlo Lerinc, prof., Ivanka Stipoljev, prof.

Srednja škola Braća Radić, Kaštel Štafilić - Nehaj

Sažetak

U sklopu GLOBE programa obavljali smo biometrijska mjerenja u parku u Kaštel Lukšiću u kojem prevladava lovor *Laurus nobilis* L. iz skupine tvrdog drveća. Koristeći biometrijska mjerenja istražili smo u kojoj će mjeri abiotički čimbenici utjecati na količinu pohranjenog ugljika u stablu lovora. Korišteni su GLOBE protokoli za biometriju, MUC i atmosferu za razdoblje od 2017. do 2021. godine. Iz biometrijskih podataka za navedeno razdoblje pomoću alometrijske jednadžbe izračunata je nadzemna biomasa stabla, masa suhe tvari i masa ugljika u suhoj tvari. U istraživanom razdoblju, stablo lovora je imalo različit prirast a time i različitu masu pohranjenog ugljika u stablu što se povezuje s različitim intenzitetom fotosinteze kao posljedicom različitih količina oborine i temperatura zraka od 2017. do 2021. Dobivene podatke smo usporedili s prosječnom emisijom CO₂ iz automobila u jednoj godini. Stablo lovora staro oko 15 godina prosječno veže malu količinu CO₂, 7,5‰ od ukupne prosječne godišnje emisije CO₂ iz jednog automobila. Da bi se smanjila količina CO₂ u atmosferi, a time i posljedice globalnog zatopljanja, pri sadnji drveća pored raznolikosti vrsta poželjno je birati vrste iz skupine mekog drveća (golosjemanjače) jer imaju brži rast, apsorbiraju veću količinu CO₂ iz atmosfere i pohranjuju više ugljika u svojoj biomasi.

Summary

As part of the GLOBE program, we are conducting biometric measurements in park in Kaštel Lukšić dominated by *Laurus nobilis* L. from the hardwood group. Using biometric measurements, we investigated the extent to which abiotic factors influence the amount of carbon stored in the laurel tree. GLOBE Protocols for biometrics, MUC, and atmosphere for the period from 2017 to 2021 were used in the paper. Aboveground tree biomass, dry mass, and carbon mass in dry mass were calculated from the biometric data for the mentioned period using the allometric equation. During the study period, laurel tree varied in growth and the mass of carbon stored in the tree from 2017 to 2021 because of the different intensity of photosynthesis due to the different amounts and distributions of precipitation and air temperatures. We also compared the data to the average CO₂ emissions from cars in a year. On average, a laurel tree about 15 years old sequesters a small amount of CO₂, 7.5 ‰ of the total average annual CO₂ emissions from a car. In order to reduce the amount of CO₂ in the atmosphere and thus the consequences of global warming, when planting trees, in addition to species diversity, it is desirable to choose species from the softwood group (gymnosperms) because they grow faster, absorb more CO₂ from the atmosphere, and store more carbon in the biomass.

Uvod

Ugljik je element koji je prisutan u svim živim bićima te ga često popularno nazivamo građevnim elementom života. Prosječno oko 50% mase biljaka i životinja čini ugljik. Međutim, ugljika ima i u tlu, Zemljinoj kori, atmosferi, fosilnim gorivima i u oceanima. Područja, odnosno organizme u kojima je ugljik pohranjen nazivaju se spremnici ugljika, a razmjena između spremnika se odvija procesima kao što su fotosinteza, respiracija, izgaranje, truljenje, hranjenje, geološki procesi, taloženje, erozija i dr.

Ugljikov ciklus zadržao je udio ugljikova (IV) oksida, CO₂ (g) u atmosferi više ili manje stabilnim. Međutim, tu ravnotežu narušavaju ljudske aktivnosti poput spaljivanja fosilnih goriva (ugljena, nafte i plina) u prometu, industriji, poljoprivredi, sječe šuma i dr. Razine CO₂ u atmosferi danas su više nego u bilo kojem trenutku tijekom posljednjih 800.000 godina što je i jedan je od uzroka efekta staklenika i globalnoga zatopljenja (NOAA Climate.gov, 2021.)

Sektor prometa odgovoran je za 30% emisija CO₂ u Europskoj uniji. Osobni automobili glavni su onečišćivači i čine 60,7% ukupnih emisija CO₂ iz cestovnog prometa u Europi (Europski parlament, 2019.). Jedan je od ciljeva koje Europska unija poduzima, smanjenje emisija iz prometa za 60% do 2050. godine u usporedbi s emisijama iz 1990. godine.

U urbanim područjima vegetacija je izuzetno bitna, jer osim što uljepšava sredinu u kojoj se živi, ona je stanište drugim vrstama pa time povećava bioraznolikost. Biljke smanjuju koncentraciju CO₂ u atmosferi fiksirajući ugljik tijekom fotosinteze i pohranjuju ga u biljnim tkivima, a istovremeno obogaćuju zrak kisikom.

Provodeći GLOBE program, obavljamo i biometrijska mjerenja u obližnjem parku u Kaštel Lukšiću u kojem je dominantna vrsta lovor *Laurus nobilis* L., biljka iz porodice lovorovki (Laureaceae), zimzeleno stablo s tamnozelenim, kožastim, kopljastim listovima. Cvjetovi su dvodomni, neugledni, žute boje, a plod je modrocрна bobica. Naraste do 18 metara visine tvoreći široku i gustu krošnju. Deblo je promjera do 60 cm, kora je tanka, u mladosti siva i glatka, kasnije postane tamna i hrapava. Korijenski sustav je dobro razvijen, a ova vrsta traži toplu i vlažnu klimu. Eterična ulja iz bobica i listova lovora imaju ljekovito djelovanje na zdravlje čovjeka. Lovor je od antike bio vrlo cijenjen kao sveto drvo čije su se grančice darivale pobjednicima i pjesnicima kao znak najveće počasti i slave. Bio je simbol trijumfa i besmrtnosti (Wikipedija, 2021.).

Ovim radom želimo saznati više o ugljikovom ciklusu primjenom biometrijskih podataka, razviti analitičke sposobnosti i povećati razinu svijesti naših vršnjaka o potrebi očuvanja okoliša.

Istraživačka pitanja

1. Hoće li stablo lovora pohranjivati jednaku količinu ugljika svake godine?
2. Utječu li količina oborina i temperatura zraka na količinu pohranjenog ugljika u stablu?
3. Koliko stablo lovora apsorbira CO₂ u odnosu na emisiju CO₂ iz prosječnog automobila u jednoj godini?

Hipoteze

1. Količina pohranjenog ugljika u ispitivanom razdoblju će biti različita zbog različitih klimatskih čimbenika.
2. Količina oborina i temperatura zraka utječu na intenzitet fotosinteze, a time i na pohranu ugljika u stablu.
3. Stablo lovora apsorbirat će tek mali postotak (< 10%) od ukupne prosječne količine CO₂ koju ispusti u zrak automobil tijekom jedne godine.

Metode istraživanja

U radu smo koristili GLOBE protokole za biometriju (prsni promjer), atmosferu (temperatura zraka i količina oborina – mjerena školskom meteorološkom stanicom) te MUC protokol (Modificirana UNESCO-ova klasifikacija pokrova) (GLOBE, 2014.). Iz GLOBE baze podataka za razdoblje od 2017. do 2021. godine, koristili smo vrijednosti prsnog promjera najrazvijenijeg stabla lovora starog oko 15 godina na istraživanoj postaji u parku Shoulavy u Kaštel Lukšiću, kod kojeg smo zatim izračunali količinu ugljika koju je vezao tijekom jedne godine za svoj rast i razvoj. Također iz iste baze podataka su korišteni podaci za količinu oborina i temperaturu zraka na istraživanom području (GLOBE, 2022.), kako bismo ispitali utjecaj ovih abiotičkih čimbenika na intezitet fotosinteze, a time i na količinu pohranjenog ugljika.

Da bismo procijenili masu ugljika koja je ugrađena u nadzemnu biomasu stabla, morali smo prvo odrediti masu stabla. Masa stabla se najčešće dovodi u vezu s prsnim promjerom, odnosno promjerom stabla na prsnoj visini (1,35 m od tla). Prsni promjer mjerili smo jednom godišnje tijekom razdoblja od pet godina i računali prema jednadžbi:

$$\text{prsni promjer} = \text{opseg stabla na prsnoj visini} / \pi$$

Opseg stabla mjerili smo tri puta, a zatim odredili srednju vrijednost za svaku godinu. Prema alometrijskoj jednadžbi za računanje mase stabla od Jenkins J.C. i sur. (2003.), osim prsnog promjera, potrebni su i koeficijenti za procjenu nadzemne biomase, a koji ovise o vrsti stabla i obično se daju za pojedine grupe stabala. Prema istim autorima, koeficijenti su dani za tri grupe stabala ovisno o njihovoj tvrdoći; tvrda (eng. *hardwood*), mješovito tvrda (eng. *mixed hardwood*) i meka stabla (eng. *softwood*). Kontaktiranjem Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, stablo lovora identificirano je kao stablo tvrdog drveta. Prilikom izračuna ukupne količine nadzemne biomase stabla izražene u kilogramima korištena je već spomenuta alometrijska jednadžba:

$$m = e^{(a + b \ln PP)}$$

pri čemu su:

m = ukupna nadzemna biomasa stabla u kg

e = baza prirodnog logaritma (2.718282)

a, b = izračunati koeficijenti za tvrdu grupu drveća (eng. *hardwood*); $a = -1,9123$, $b = 2,3651$

\ln = prirodni logaritam

PP = prsni promjer stabla u cm.

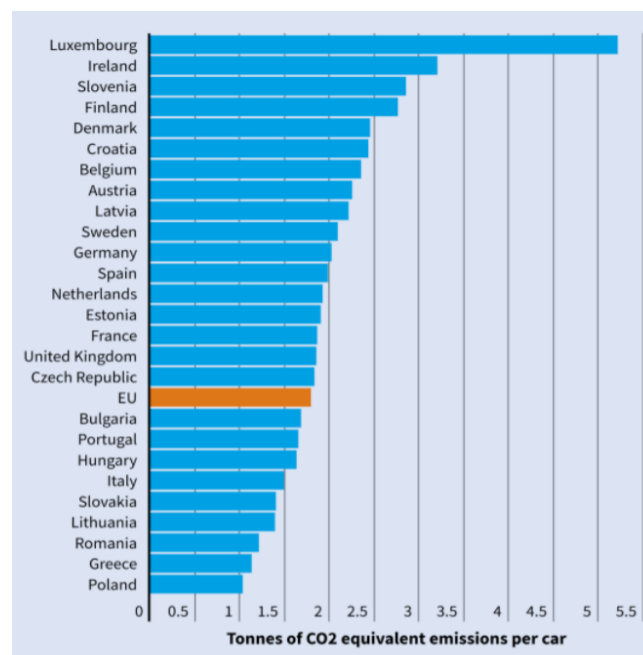
Ovisno o udjelu vode u stablu, biomasa stabla može biti više nego dvostruko veća od njegove suhe mase. Prosječna masa suhe tvari iznosi 50-65% mase stabla (EcoTree, 2021.; Forest Learning, 2015.), a postotak je veći kod tvrdih stabala u odnosu na meka (Alabama Forestry Commission, 2009.). Potpuno suho drvo ima vrlo sličan elementarni sastav za sve vrste te sadrži oko 45-50% ugljika (GLOBE Carbon Cycle, 2009.; Wenzl, 1970.). Stoga iz dobivene mase stabla i pretpostavke da je 60% mase stabla njegova suha tvar, te da 45% suhe tvari čini masa ugljika apsorbiranog tijekom jedne godine, izračunata je količina ugljika koju je stablo sadržavalo u tom trenutku prema jednadžbi:

$$\text{masa ugljika u stablu} = \text{masa stabla} \times 0,60 \times 0,45$$

Da bi odredili prosječnu masu ugljika kojeg stablo lovora veže tijekom jedne godine poslužili smo se određivanjem aritmetičke sredine prirasta mase ugljika u istom stablu lovora za svaku iduću godinu mjerenja.

Pohranjenu količinu CO₂ u biomasi stabla želimo usporediti s emisijom količine CO₂ iz prometa. Prema podacima organizacije Transport and Environment (European Federation for Transport and Environment) za 2015. godinu, prosječni automobil u Europskoj uniji godišnje ispusti 1,8 tona CO₂ (Slika 1) (Transport & Environment, 2018.).

Prikazane su države s njihovim prosječnim godišnjim emisijama CO₂ po vozilu. Luksemburg ima emisije CO₂ pet puta veće od onih u državama s najnižom emisijom CO₂ po vozilu (Poljska, Grčka). Luksemburg ima niske poreze na gorivo, a Luksemburžani kupuju vozila veće mase od prosjeka EU. Emisije iz automobila proporcionalne su bogatstvu zemlje i u korelaciji su s BDP-om po stanovniku zemlje, ali i sa starošću voznog parka. Hrvatska je po emisijama CO₂ iznad prosjeka EU, čemu je razlog prosječna starost voznog parka od oko 13 godina.



Slika 1. Prosječna godišnja emisija CO₂ u tonama po automobilu u 2015. godini za Europsku uniju i za svaku članicu Europske unije, osim za Maltu i Cipar za koje podaci nisu dostupni. (Preuzeto i prilagođeno od Transport & Environment, 2018.).

Figure 1. Average annual emissions of CO₂ expressed in tonnes per vehicle in 2015 for European Union and for each European Union country, without Malta and Cyprus, as data not available. (Taken and modified from Transport & Environment, 2018).

Da bismo usporedili količinu CO₂ koju je stablo lovora apsorbiralo u jednoj godini s godišnjom količinom CO₂ koju je emitirao prosječni automobil, trebali smo iz mase pohranjenog ugljika odrediti ekvivalentnu količinu CO₂. U masi molekule CO₂ ugljik predstavlja 27,3% mase CO₂ te ćemo masu CO₂ izračunati prema jednadžbi:

$$m(\text{CO}_2, \text{kg}) = M_r(\text{CO}_2) \times m(\text{C}, \text{kg}) / A_r(\text{C})$$

Prikaz i analiza podataka

Na našoj postaji, u parku Shoulavy, prema MUC protokolu prevladava vazdazelena širokolisna šuma. Biometrijska mjerenja (opseg staba i prsni promjer) koja smo provodili svake godine tijekom razdoblja od 2017. do 2021., na najrazvijenijem stablu lovora u parku, prikazana su u Tablici 1. Podatak prsnog promjera (PP), određen za pojedinu godinu mjerenja, uvrstili smo u alometrijsku formulu i izračunali masu stabla, na primjer za PP od 28,7 cm masa stabla je iznosila:

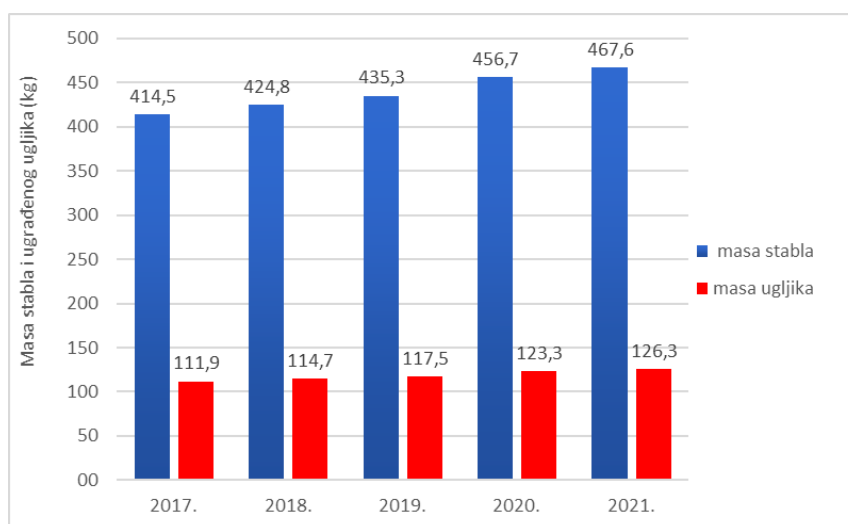
$$m = e^{(-1,9123 + 2,3651 \times \ln 28,7)} = 414,5 \text{ kg}$$

Od toga 60% čini masu suhe tvari, odnosno 248,7 kg, dok 45% suhe tvari ili 111,9 kg predstavlja ugljik ugrađen u stablo tijekom rasta stabla (Tablica 1).

Tablica 1. Podaci o promatranom stablu lovora u razdoblju 2017. - 2021. i pripadna izračunata masa ugljika ugrađena u stablo izražena u kilogramima.

Table 1. Laurel tree (on which the study was conducted) data collected from 2017 to 2021 and the mass of carbon sequestered in the tree expressed in kilos.

Datum mjerenja	12.10. 2017.	23.10. 2018.	23.10. 2019.	17.10. 2020.	21.10. 2021.
Opseg stabla (cm)	90,0	91,0	92,0	94,0	95,0
Prsni promjer (cm)	28,7	29,0	29,3	29,9	30,2
Masa stabla, m (kg)	414,5	424,8	435,3	456,7	467,6
Suha tvar (kg): m x 0,60	248,7	254,9	261,2	274,0	280,6
Masa ugljika (kg): suha tvar x 0,45	111,9	114,7	117,5	123,3	126,3

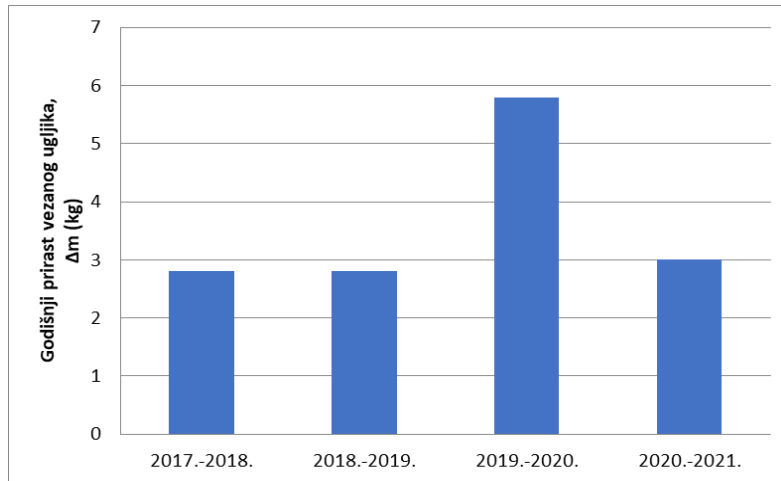


Slika 2. Masa stabla i masa ugrađenog ugljika u razdoblju od 2017. do 2021. godine.

Figure 2. The mass of the tree and the mass of the sequestered carbon in the period between 2017 and 2021.

U razdoblju od 2017. do 2021. godine s prirastom biomase stabla povećavala se masa ugrađenog ugljika (Tablica 1, Slika 2).

Prirast mase ugljika je bio od 2,8 kg za 2018., do 5,8 kg za 2020. godinu, dok je prosječna godišnja masa pohranjenog ugljika iznosila 3,6 kg (Slika 3).

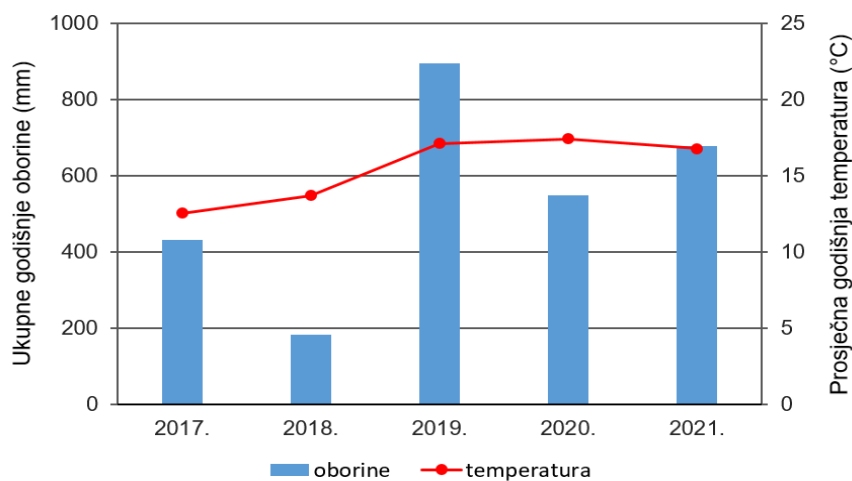


Slika 3. Prirast mase ugljika pohranjenog tijekom jedne godine.
Figure 3. Growth of the carbon mass sequestered in one year.

Ukupne godišnje količine oborina u razdoblju od 2017. do 2021. godine na području Kaštela su bile različite. Najmanje količine oborina su izmjerene u 2017. i 2018. godini što je prema DHMZ-u ispod višegodišnjeg prosjeka (ekstremno sušno). U 2019. godini količine oborina su bile iznad višegodišnjeg prosjeka (kišna godina), dok je 2021. godina po količini oborine oko višegodišnjeg prosjeka.

Srednje godišnje temperature zraka za razdoblje od 2017. do 2021. godine dobili smo tako što smo prvo izračunali srednju dnevnu temperaturu zraka, zatim srednju mjesečnu temperaturu za svaki mjesec i na kraju srednju godišnju temperaturu zraka (Slika 4).

Srednja godišnja temperatura zraka u tom razdoblju je bila od 13 °C do 17 °C (Slika 4) što je prema podacima DHMZ iznad višegodišnjeg prosjeka.



Slika 4. Ukupne godišnje oborine (mm) i prosječne godišnje temperature za razdoblje 2017. - 2021. na području Kaštela. **Figure 4.** Total annual precipitation (mm) and average annual temperatures for the period 2017 - 2021 in Kaštela.

Rasprava i zaključci

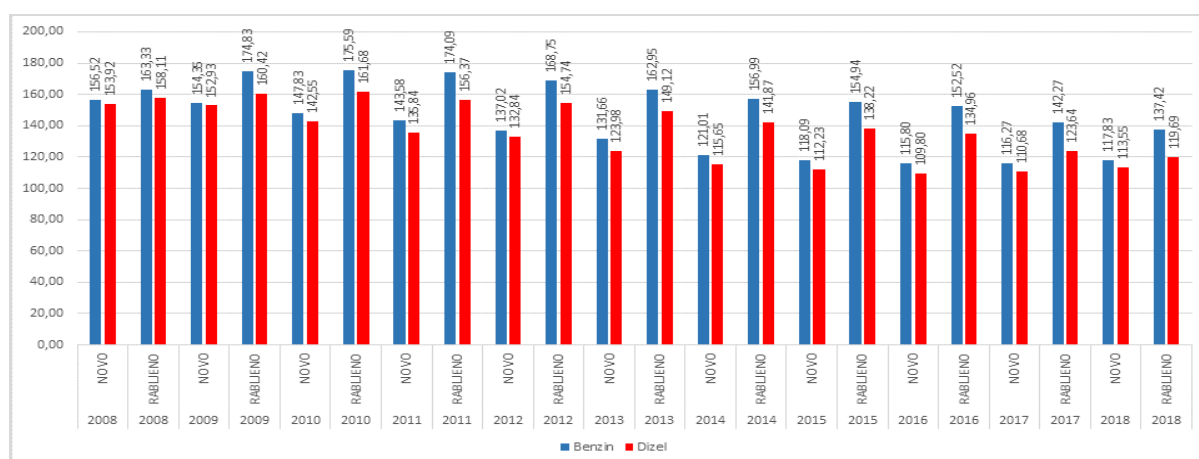
Na intenzitet fotosinteze utječu svjetlost, koncentracija CO₂ u zraku, opskrbljenost biljke vodom i temperatura zraka. Svjetlost određenih valnih duljina i odgovarajuće energije nužna je za pokretanje i tijek fotosinteze. O koncentraciji CO₂ u zraku ovisi brzina fotosinteze. Voda je važan čimbenik u fotosintezi u reakcijama fotolize. Nedostatak vode dovodi do zgušnjavanja citoplazme, promjene strukture organela i enzima. Zatvaraju se puči i priječe dovod CO₂ pa se procesi usporavaju i prekida se fotosinteza. Na višim temperaturama veća je kinetička energija čestica pa se reakcije odvijaju brže (Lukša Ž. i sur., 2020.). Biljke mogu fotosintetizirati od 0 do 50 °C. Za većinu biljnih vrsta optimalna je temperatura između 20 i 30 °C (Pevalek-Kozlina, 2003.).

Vezanje CO₂ u procesu fotosinteze i pohranjivanje ugljika u biomasi stabla, povezali smo s količinom oborine i srednjom godišnjom temperaturom zraka u istraživanom razdoblju.

Pretpostavljamo da su manje godišnje količine oborina (431,1 mm, 183,1 mm) i niže godišnje srednje temperature zraka (13 °C, 14 °C) između 2017. i 2018. godine umanjile intenzitet fotosinteze, a time i vezanje CO₂ iz zraka zbog čega je količina uskladištenog ugljika u biomasi stabla u 2018. godini manja (114,7 kg) u odnosu na razdoblje od 2019. do 2021. godine.

U razdoblju od 2019. do 2021. godine količine oborine su bile veće (894,5 mm, 548,0 mm, 677,8 mm) i prisutne tijekom svih godišnjih doba u odnosu na količine oborina u 2017., a naročito u 2018. godini (183 mm, sušno razdoblje), a srednje godišnje temperature više (16 °C, 17 °C) što je očito doprinijelo većoj stopi fotosinteze te rezultiralo rastom i razvojem stabla, a time i većoj masi uskladištenog ugljika (117,5 kg, 123,3 kg, 126,3 kg) u stablu. Prirast mase ugljika je bio od 2,8 kg za 2018. do 5,8 kg za 2020. godinu, dok je prosječna godišnja masa pohranjenog ugljika iznosila 3,6 kg.

Prema podacima Centra za vozila Hrvatske, u Hrvatskoj je registrirano nešto više od 1,5 milijuna automobila prosječne starosti voznog parka oko 13 godina. Stoga bi kao relevantan podatak prosječne emisije CO₂ u 2015. godini bio 146,58 g/km po automobilu (rabljeni automobil, prosječna vrijednost benzin-dizel) (Slika 5) (Sočković K., 2019.). Kako automobili godišnje u prosjeku prijeđu 12 000 km, prosječni automobil u Hrvatskoj ispustio bi 1760 kg CO₂.



Slika 5. Prosječna emisija CO₂ M1 vozila – prva registracija novi/rabljeni. (Izvor: Centar za vozila Hrvatske, obrada Hrvatska gospodarska komora.)

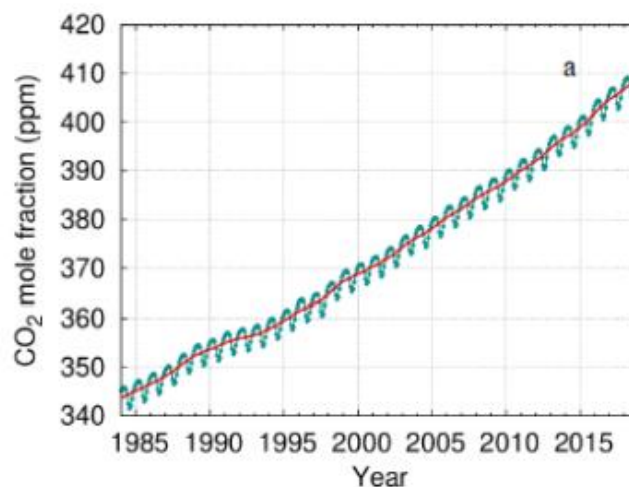
Figure 5. Average CO₂ emissions of M1 vehicles - first registration new/used. (Source: Croatian Vehicle Center, processed by the Croatian Chamber of Commerce.)

U masi molekule CO₂ ugljik predstavlja 27,3% mase CO₂. Prosječna godišnja masa pohranjenog ugljika je iznosila 3,6 kg. Izračunom dolazimo do zaključka da je u jednoj godini stablo lovora prosječno vezalo 13,2 kg CO₂.

Uspoređujući prosječnu emisiju CO₂ iz automobila na godišnjoj razini (1760 kg), te količinu CO₂ koju apsorbira stablo lovora u jednoj godini (13,2 kg), dolazimo do poražavajućeg podatka. Jedno stablo lovora staro oko 15 godina prosječno veže 7,5‰ od ukupne prosječne godišnje emisije CO₂ iz jednog automobila. Za poništavanje emisije CO₂ iz jednog automobila u jednoj godini, potrebno je otprilike 133 stabla lovora starosti oko 15 godina.

Ovim radom su potvrđene naše hipoteze. Količina pohranjenog ugljika u ispitivanom razdoblju je bila različita zbog različitih abiotičkih čimbenika (količine oborine i temperature zraka) koji su utjecali na intenzitet fotosinteze, a time i na pohranu ugljika. Naša pretpostavka je bila da će stablo lovora pohraniti manje od 10% od ukupne prosječne količine CO₂ koju ispusti u zrak automobil tijekom jedne godine što je i potvrđeno. Ipak, zatečeni smo spoznajom da lovor veže samo 7,5‰ ukupne prosječne godišnje emisije CO₂ iz jednog automobila.

Količina CO₂ u atmosferi je stalno u porastu uglavnom zbog prekomjernog izgaranja fosilnih goriva (Slika 6). CO₂ je jedan od glavnih stakleničkih plinova koji se dugo zadržava u atmosferi. Koncentracija CO₂ u atmosferi u 2018. godini je dosegla novu rekordno visoku razinu od 407,8 dijelova na milijun (ppm - parts per million), što iznosi 147% predindustrijske razine iz 1750. godine (DHMZ, 2019.)



Slika 6. Globalni prosjek molarnog udjela CO₂ od 1984. do 2018. godine. Crvena crta na grafu predstavlja mjesečnu srednju vrijednost iz koje su uklonjena sezonska odstupanja, a plave točke i crta predstavljaju mjesečne prosjeke. Za ovu analizu iskorištena su opažanja sa 129 postaja. (Izvor: World Meteorological Organization Bilten.)

Figure 6. Globally averaged CO₂ mole fraction from 1984 to 2018. The red line is the monthly mean with the seasonal variation removed; the blue dots and line depict the monthly averages. Observations from 129 stations have been used for this analysis. (Source: World Meteorological Organization Bilten.)

U svibnju 2021. atmosferska razina CO₂ koju je izmjerio opservatorij američke Nacionalne uprave za oceane i atmosferu (NOAA – The National Oceanic and Atmospheric Administration) iznosila je u prosjeku 419 ppm, što je najviša razina otkako su počela točna mjerenja prije 63 godine (NOAA, 2021.).

Pitamo se, koje vrste drveća vežu veću količinu CO₂ iz atmosfere i time umanjuju posljedice globalnog zatopljanja kao što su otapanje ledenjaka, povećanje razine mora, poplave, vrućine, oluje i dr.

U znanstvenom časopisu Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, objavljen je rad koji nam daje odgovor na postavljeno pitanje (Liu X. i sur., 2018.). S povećanim bogatstvom vrsta, više se ugljika pohranjuje iznad i ispod zemlje – u deblima, korijenju, mrtvom drvetu i tlu. Može se reći da raznolika šuma pohranjuje dvostruko više ugljika od prosječne monokulture. Različite vrste drveća zauzimaju različite visine i prostore u krošnji, što znači da je raznolika krošnja sposobnija hvatati dolaznu sunčevu svjetlost. Osim toga, raznolike šume privlače veći broj životinja od kojih su mnoge oprašivači. Veća stopa oprašivanja omogućuje šumi da brže raste, a time i brže apsorbira CO₂ (Liu X. i sur., 2018.).

Lovor sporije raste, po svojoj gustoći (0,85 g/cm³) pripada skupini tvrdog drveća i veže malu količinu CO₂ iz zraka. Pretpostavljamo da pri sadnji drveća prilikom odabira različitih vrsta, vodeći računa o podneblju, treba dati prednost biljnim vrstama iz skupine mekog drveća (na primjer golosjemenjačama) jer imaju manju gustoću (< 0,55 g/cm³), brži rast zbog čega vežu veću količinu CO₂ iz zraka a time pohranjuju veću količinu ugljika u svojoj biomasi (Diffen, 2011.).

Živimo u razdoblju intenzivnoga porasta ljudske populacije, a u skladu s time jačaju potrebe za proizvodnjom i potrošnjom, odnosno za iskorištavanjem dobara koje crpimo iz prirode koja nas okružuje. Klimatske promjene su globalni problem koji utječe na sve nas. Moglo bi se reći da naše ponašanje ostavlja trajan trag, poput otiska. Zato svojim djelovanjem i izborima svatko od nas može poduzeti korake kako bi ostavljao manje otiske i pomogao u borbi protiv klimatskih promjena.

Literaturni izvori

1. Alabama Forestry Commission 2009. Guidelines to measure carbon sequestration in Alabama forests. https://forestry.alabama.gov/Pages/Management/Forms/Carbon_Baseline_Inventory_Procedures.pdf, (pristupljeno 09.04.2022.)
2. DHMZ 2019. Koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi dosegnule novu rekordno visoku razinu. Državni hidrometeorološki zavod. https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr25112019, (pristupljeno 22.02.2022.)
3. Diffen 2011. Hardwood vs. Softwood. Diffen.com. Diffen LLC, n.d. Web. https://www.diffen.com/difference/Hardwood_vs_Softwood, (pristupljeno 28.02.2022.)
4. EcoTree 2021. How much CO₂ does a tree absorb? Ecotree.green. <https://ecotree.green/en/how-much-co2-does-a-tree-absorb>, (pristupljeno 09.04.2022.)
5. Europski parlament 2019. Emisije CO₂ u prometu EU-a: Činjenice i brojke. <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20190313STO31218/emisije-co2-u-prometu-eu-a-cinjenice-i-brojke>, (pristupljeno 15.01.2022.)
6. Forest Learning 2015. How is carbon stored in trees and wood products? <https://forestlearning.edu.au/images/resources/How%20carbon%20is%20stored%20in%20trees%20and%20wood%20products.pdf>, (pristupljeno 09.04.2022.)
7. GLOBE 2009. GLOBE Carbon Cycle. The GLOBE Program. https://www.tsd.hr/site/wp-content/uploads/2012/05/CarbonCycle_FieldActivities-07_201012.pdf, (pristupljeno 07.04.2022.)

8. GLOBE 2014. GLOBE Teacher's Guide (Protocols). The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide>, (pristupljeno 16.10.2021.)
9. GLOBE 2022. Srednja škola Braća Radić. The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/web/srednja-skola-braca-radic>, (pristupljeno 12.01.2022.)
10. Jenkins J.C., Chojnacky D.C., Heath L.S., Birdsey R.A. 2003. National-scale biomass estimators for United States tree species. *Forest Science* 49: 12–35.
11. Liu X., Trogisch S., He J.S., Niklaus P.A., Bruelheide H., Tang Z., Erfmeier A., Scherer-Lorenzen M., Pietsch K.A., Yang B., Kühn P., Scholten T., Huang Y., Wang C., Staab M., Leppert K.N., Wirth C., Schmid B., Ma K. 2018. Tree species richness increases ecosystem carbon storage in subtropical forests. *Proc. R. Soc. B* 285: 20181240. <https://doi.org/10.1098/RSPB.2018.1240>
12. Lukša Ž., Mikulić S., Bendelja D., M. Krajačić M. 2020. Kako organizmi dolaze do energije za život. Lončarić J. (ur.), *Biologija 3 - udžbenik biologije u trećem razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, str. 59-64.
13. NOAA 2021. Carbon dioxide peaks near 420 parts per million at Mauna Loa observatory. NOAA research. <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2764/Coronavirus-response-barely-slows-rising-carbon-dioxide>, (pristupljeno 25.11.2021.)
14. NOAA Climate.gov 2021. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>, (pristupljeno 10.01.2022.)
15. Pevalek-Kozlina B. 2003. *Fiziologija bilja*, PROFIL, Zagreb
16. Sočković K. 2019. Nov način izračuna emisije CO2 nije povećao cijene novih automobila. *Privredni.hr*. <https://privredni.hr/nov-nacin-izracuna-emisije-co-2-nije-povecao-cijene-novih-automobila>, (pristupljeno 02.03.2022.)
17. Transport & Environment 2018. CO₂ emissions from cars: the facts. www.transportenvironment.org/publications/co2-emissions-cars-facts, (pristupljeno 16.02.2022.)
18. Wenzl H.F. 1970. *The chemical technology of wood*, Academic Press, New York
19. Wikipedija 2021. Lovor (biljna vrsta). [https://hr.wikipedia.org/wiki/Lovor_\(biljna_vrsta\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Lovor_(biljna_vrsta)), (pristupljeno 10.12.2021.)