

# Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: učinak staklenika

---

**Lukežić, Mihaela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:137390>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-09**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
FIZIKA; SMJER: NASTAVNIČKI

**Mihaela Lukežić**

Diplomski rad

**Klimatske promjene kao tema u nastavi  
fizike: učinak staklenika**

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
FIZIKA; SMJER: NASTAVNIČKI

**Mihaela Lukežić**

Diplomski rad

**Klimatske promjene kao tema u nastavi  
fizike: učinak staklenika**

Voditelj diplomskog rada: izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar

Ocjena diplomskog rada: \_\_\_\_\_

Povjerenstvo: 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum polaganja: \_\_\_\_\_

Zagreb, 2024.

*Obitelji, za nesebičnu ljubav, podršku i pomoć tijekom svih godina moga obrazovanja. Hvala vam što ste uvijek vjerovali u mene, radovali se svakom mom uspjehu i pružali mi sve što mi je bilo potrebno!*

*Posebno zahvaljujem mentoru, izv. prof. dr. sc. Daliboru Paaru, na pomoći, vremenu i strpljenju uloženom u pisanje ovog diplomskog rada.*

*Također, hvala v. pred. dr. sc. Karolini Matejak Cveniće, na pomoći, savjetima i inspiraciji za metodološki dio ovog rada.*

*VELIKO hvala prijateljima koji su me bodrili i dijelili sa mnom sve uspone i padove, svim curama sa Šare koje su mi kroz četiri godine pravile društvo u učionici do kasno u noć, s kojima sam dijelila najjednostavnije, najmučnije, ali i najsretnije dane.*

*...i Luki, koji mi je apsolventsku godinu učinio najljepšom godinom u životu! <3*

## Sažetak

Nastava fizike treba povezivati temeljne principe s primjenama na aktualne teme današnjice. Klimatske promjene su jedan od glavnih problema suvremenog društva. Zbog toga je važno da se učenici što bolje upoznaju s ovom tematikom, a dio njih motivira u smjeru suvremenih zanimanja u STEM područjima koja su vezana uz rješavanje tih problema. Zbog sporih izmjena kurikuluma, školsko obrazovanje je nedovoljno usmjereno prema toj problematici. Učinak staklenika jedan je od ključnih koncepata za razumijevanje klimatskih promjena te je potrebno razvijati nastavne sadržaje kojima bi se približio učenicima, ali i nastavnicima. Pravilnom shvaćanju ovog fenomena treba doprinijeti nastava fizike, pri čemu se naglasak stavlja na interakciju elektromagnetskih valova sa Sunca i Zemlje uz utjecaj na globalne temperature. U ovom radu razrađujemo ideje kako kroz pokuse uvesti ovu temu u nastavu fizike.

Ključne riječi: učinak staklenika, nastava fizike, fizikalni pokus, micro:bit

# **Climate change in physics teaching: greenhouse effect**

## **Abstract**

The teaching of physics should connect basic principles with applications to current topics of today. Climate change is one of the main problems of modern society. That is why it is important that students get to know this topic as well as possible, and some of them are motivated in the direction of modern professions in STEM fields that are related to solving these problems. Due to slow curriculum changes, school education is insufficiently focused on this issue. The greenhouse effect is one of the key concepts for understanding climate change, and it is necessary to develop teaching content to bring it closer to students and teachers. The teaching of physics should contribute to the correct understanding of this phenomenon, where the emphasis is placed on the interaction of electromagnetic waves from the Sun and the Earth with the influence on global temperatures. In this thesis, we develop ideas on how to introduce this topic into physics classes through experiments.

Keywords: greenhouse effect, physics teaching, physics experiment, micro:bit

## Sadržaj

<i>Sažetak</i> .....	4
<i>Abstract</i> .....	5
1. <i>Uvod</i> .....	7
2. <i>Učinak staklenika</i> .....	8
2.1. <i>Povijesni pregled</i> .....	8
2.2. <i>Staklenički plinovi i njihov apsorpcijski spektar</i> .....	9
2.3. <i>Mehanizam učinka staklenika</i> .....	12
3. <i>Micro:bit</i> .....	16
3.1. <i>Dijelovi Micro:bita</i> .....	16
3.2. <i>Kodiranje u MakeCode uređivaču</i> .....	17
3.3. <i>Korištenje micro:bita kao mjernog instrumenta klimatskih parametara</i> .....	18
3.3.1. <i>Programiranje mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka</i> .....	19
3.3.2. <i>Sistematizirano spremanje podataka i obrada mjerenja</i> .....	21
3.3.3. <i>Uputa za izradu koda</i> .....	21
3.4. <i>Povezivanje micro:bita radio vezom</i> .....	23
3.4.1. <i>Kod za odašiljače</i> .....	24
3.4.2. <i>Kod za prijamnik</i> .....	25
3.5. <i>Prenošenje podataka na računalo</i> .....	28
4. <i>Pokusi</i> .....	31
4.1. <i>Utjecaj lokacije i vremenskih uvjeta na klimatske elemente</i> .....	31
4.2. <i>Mjerenje klimatskih elemenata unutar i izvan staklenika</i> .....	41
4.3. <i>Utjecaj koncentracije CO<sub>2</sub> na temperaturu unutar staklenika</i> .....	50
4.4. <i>Mjerenje temperature unutar staklenika i plastenika</i> .....	57
5. <i>Nastavna priprema iz fizike</i> .....	65
6. <i>Zaključak</i> .....	73
7. <i>Literatura</i> .....	74

## 1. Uvod

Planet Zemlja se u ovom stoljeću suočava s značajnim promjenama (intenzivne i dugotrajne vrućine, sve češći šumski požari, suše, obilne kiše, poplave i porast razine mora). Temperatura atmosfere u blizini površine Zemlje pokazuje kontinuirani rast, a analiza NASA-e ukazuje da je prosječna temperatura u 2023. bila najviša zabilježena od početka modernog praćenja, odnosno 1,4 °C viša od prosjeka s kraja 19. stoljeća [1]. Utjecaji na klimu su teme aktualnih istraživanja pri čemu se smatra da je ljudsko djelovanje u 20. i 21. stoljeću glavni uzrok zagrijavanja. Uz to postoji niz prirodnih procesa i događaja koji utječu na klimu na puno duljim vremenskim skalama kao što su Milankovićeve ciklusi, aktivnost Sunca, vulkanske erupcije, El Niño i dr.

Tematika klime i klimatskih promjena još uvijek je slabo zastupljena u školskim kurikulumima. Učenicima je potrebno kroz predmetne kurikulume i međupredmetne teme pružiti temeljna znanja o temama poput učinka staklenika kako bi razumjeli ključne procese vezane uz klimu i što treba poduzeti da se ublaže posljedice. Brojna nova zanimanja bit će usmjerena prema rješavanju ovih problema. Kroz nastavu fizike učenici se trebaju što bolje upoznati s temeljnim fizikalnim konceptima vezanim uz elektromagnetske valove i toplinu te ih praktično primijeniti na razumijevanje klimatskih procesa.

Uključivanjem teme učinka staklenika u nastavu fizike postiže se niz odgojno-obrazovnih ishoda kao što su razumijevanje fizikalnih koncepata elektromagnetskih valova, energije, termodinamičkih procesa, razvoj eksperimentalnih vještina uz interdisciplinarno povezivanje s informatikom, kemijom, biologijom i geografijom te razvoj kritičkog razmišljanja i komunikacijskih vještina kroz proučavanje utjecaja čovjeka na koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi. Također se potiče razmišljanje o održivosti i prirodnim izvorima energije, uz poticanje na razmišljanje o karijerama u STEM područjima usmjerenim prema tim problemima.



## 2. Učinak staklenika

Učinak staklenika (u literaturi se koriste i nazivi efekt staklenika, staklenički učinak) je pojam koji se često koristi u negativnom kontekstu, obično povezan s klimatskim promjenama i globalnim zagrijavanjem. Važno je razumjeti da učinak staklenika u osnovi nije štetan ili negativan fenomen. Površina Zemlje zagrijava se u najvećoj mjeri apsorpcijom elektromagnetskih valova koji dolaze sa Sunca. Površina Zemlje emitira toplinske valove koji nastoje otići u svemir. Učinak staklenika je proces koji dio te topline ipak zadržava u atmosferi i na taj način utječe na temperaturu uz površinu Zemlje. Bez učinka staklenika veći dio topline bi pobjegao u svemir te bi prosječna temperatura Zemljine površine iznosila  $-18^{\circ}\text{C}$ , što bi bilo nepodnošljivo za većinu oblika života kakve poznajemo. Međutim, problem se javlja se kada se staklenički proces pojača zbog povećane koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi. Tijekom proteklog stoljeća i u ovom, ljudi koriste fosilna goriva poput ugljena, plina i nafte kao izvore energije potrebne za različite svrhe, uključujući osvjetljavanje, vožnju vozila, rad tvornica i opskrbu gradova. Ove aktivnosti, zajedno s uništavanjem šuma i drugim promjenama u korištenju zemljišta, rezultirale su povećanjem koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi..

### 2.1. Povijesni pregled

Ideja učinka staklenika prvi puta se pojavila krajem 18. i početkom 19. stoljeća kada su znanstvenici poput Josepha Fouriera počeli razmatrati kako atmosfera utječe na zadržavanje topline u sustavu Zemlja-Sunce. 1824. godine, pomoću matematičkih proračuna, Fourier je pokazao da bi, s obzirom na veličinu Sunca i Zemlje te njihovu udaljenost, temperatura Zemlje trebala biti 33 stupnja niža nego što zapravo jest ako bi je grijalo isključivo Sunčevo zračenje. Kroz svoje istraživanje, proučavao je različite moguće izvore dodatne topline i zaključio da atmosfera Zemlje može djelovati kao izolator. Iako Fourier nije koristio izraz "učinak staklenika", ta njegova tvrdnja prepoznata je kao otkriće tog fenomena [2] i potaknula je daljnja istraživanja i razmatranja o tome kako atmosferski plinovi mogu utjecati na klimatske uvjete na Zemlji. Usporedba s poljoprivrednim staklenikom pomaže pri razumijevanju ovog fenomena. Kao što staklenik zadržava toplinu unutar strukture kako bi biljkama pružio optimalne uvjete za rast i razvoj, tako i učinak staklenika zadržava toplinu u Zemljinoj atmosferi, omogućujući život kakav poznajemo. Eunice Foote eksperimentima provedenim 1856. godine je pokazala da ugljikov dioksid ima značajnu sposobnost zadržavanja topline, što

je potvrdilo Fourierove teorije. Sven Arrhenius je 1896. godine predložio teoriju prema kojoj povećanje koncentracije  $CO_2$  u atmosferi može dovesti do globalnog zagrijavanja. Predvidio je da će doći do udvostručavanja količine  $CO_2$ , a time i povećanja globalne temperature. Jedina pogreška procijene bila je što je smatrao da će za udvostručavanje biti potrebno tri tisuće godina izgaranja fosilnih goriva. [3]

## 2.2. Staklenički plinovi i njihov apsorpcijski spektar

Sunčevo zračenje sastoji se od niza elektromagnetskih valova koji su u ovisnosti o valnim duljinama prikazani na spektru elektromagnetskog zračenja na slici 1. Vidimo da je najveći intenzitet u području vidljive svjetlosti, a spektar se proteže na UV i infracrvenu stranu. Kada Zemljina površina apsorbira to zračenje, emitira elektromagnetske valove u infracrvenom dijelu spektra (slika 1).

Atmosfera Zemlje sastoji se od različitih plinova. Najzastupljeniji su dušik, koji ima volumni udio u suhom zraku oko 78%, kisik 21% i argon 0,93%. Ovi plinovi su prozirni za dolazno Sunčevo zračenje i odlazno infracrveno zračenje koje emitira Zemljina površina, što znači da ne utječu (ne apsorbiraju niti emitiraju) na Sunčevo ili infracrveno zračenje.

U atmosferi su prisutni plinovi koji nisu prozirni za Zemljino zračenje, poznati kao staklenički plinovi. Neki od najvažnijih stakleničkih plinova su vodena para, ugljikov dioksid, metan, ozon, halougljikovodici, dušikov(I) oksid. Oni apsorbiraju infracrveno zračenje koje Zemlja emitira te dio reemitiraju natrag u svemir, a dio natrag prema Zemlji. [4] Staklenički plinovi djeluju kao izolacijski pokrivač koji zadržava toplinu u Zemljinoj atmosferi i sprječava prekomjerno hlađenje Zemljine površine.

Vodena para ( $H_2O$ ) najzastupljeniji je staklenički plin i jedini koji pri atmosferskim temperaturama može promijeniti svoje agregatno stanje. Njegova koncentracija ovisi o temperaturi atmosfere jer topliji zrak zadržava više vlage. To čini vodenu paru jedinim stakleničkim plinom čija se koncentracija povećava zbog zagrijavanja atmosfere i dodatno je zagrijava. Znanstvenici procjenjuju da ovaj učinak više nego udvostručuje zagrijavanje koje bi se dogodilo samo zbog povećanja ugljikovog dioksida. [5] Njene količine se ne akumuliraju, unatoč njenim mnogo većim relativnim količinama. Molekula vodene pare ostaje u atmosferi samo devet dana u prosjeku. Kada zrak postane zasićen (ili zadrži onoliko vlage koliko zrak može na toj temperaturi), višak vlage će se kondenzirati u kapljice oblaka, a ako su te kapljice dovoljno velike, kao oborina će prijeći na površinu Zemlje. [4] Što više vodene pare zrak sadrži, to više energije zadržava. Ta energija potiče intenzivne oluje što rezultira ekstremnim

vremenskim događajima.

Ugljikov dioksid ( $CO_2$ ) neprekidno ulazi i izlazi iz atmosfere kroz prirodne procese, kao što su fotosinteza, disanje, organske razgradnje (ili truljenja). Na koncentraciju  $CO_2$  bitno utječu ljudske aktivnosti, kao što su sagorijevanje fosilnih goriva i sječa šuma. Procjenjuje se da su ljudske aktivnosti povećale količinu ugljikovog dioksida u atmosferi za 50% od početka industrijske revolucije. Nagli porast koncentracije ugljikovog dioksida najvažniji je pokretač klimatskih promjena od prošlog stoljeća. Dio viška ugljikovog dioksida brzo se apsorbira (na primjer, u oceanima i nekim vrstama reljefa), ali dio ostaje u atmosferi tisućama godina. [6]

Metan ( $CH_4$ ) potječe iz prirodnih i ljudskih izvora. Dolazi od razgradnje biljnih tvari u močvarama, a također se oslobađa od odlagališta otpada i uzgoja riže. Stoka ispušta metan kao posljedicu svoje probave. Curenja iz proizvodnje i transporta fosilnih goriva još su jedan veliki izvor metana. Prirodni plin sadrži 70% do 90% metana. Kao molekula, metan je daleko učinkovitiji staklenički plin od ugljikovog dioksida, ali je puno rjeđi u atmosferi i u njoj se zadržava do 12 godina. Količina metana u atmosferi više se nego udvostručila od predindustrijskih vremena. [6]

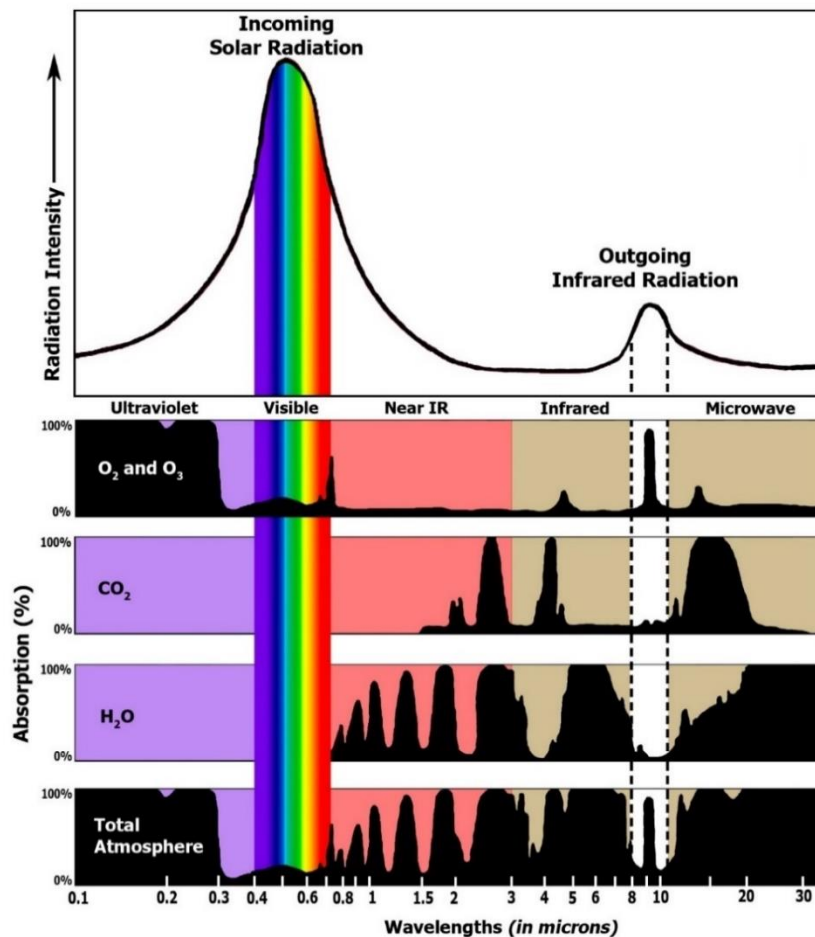
Halougljikovodici se sastoje od ugljika, klora, fluora i vodika. Oni uključuju klorofluorouglikove (CFC), kemijske spojeve koji ne postoje u prirodi, već su isključivo industrijskog podrijetla. Korišteni su kao rashladna sredstva i otapala. Koncentracije CFC plinova u atmosferi su najveće od svih halougljika. Oni mogu apsorbirati veću količinu infracrvenog zračenja u usporedbi s drugim stakleničkim plinovima. Utjecaj jedne molekule CFC plina je ekvivalentan 10 000 molekula ugljikovog dioksida. [4] Ovisno o vrsti plina, u atmosferi se mogu zadržati čak do 50 000 godina. [7] Utvrđeno je da su CFC primarni uzrok brzo rastućeg razaranja Zemljinog ozonskog omotača pa je 1987. godine sklopljen sporazum koji zabranjuje njihovo korištenje.

Dušikov (I) oksid ( $N_2O$ ) snažan je plin koji nastaje radom u poljoprivredi, oslobađa se tijekom komercijalne proizvodnje i upotrebe organskih gnojiva. Također dolazi od izgaranja fosilnih goriva i spaljivanja vegetacije i povećao se za 18% u posljednjih 100 godina. [6] U atmosferi se zadržava oko 100 godina. [7]

Ozon ( $O_3$ ) je relativno slab staklenički plin jer se nalazi u relativno niskim koncentracijama u troposferi u kojoj se proizvodi kombinacijom zagađivača, uglavnom ugljikovodika i spojeva dušikovog oksida. [4] Ipak, u stratosferi, ozonski omotač djeluje kao „štit“ koji blokira veći dio ultraljubičastog zračenja od Sunca, koje može biti štetno za sva bića na Zemlji.

Različiti staklenički plinovi imaju različite sposobnosti apsorpcije i emitiranja energije na određenim valnim duljinama zbog njihove molekularne strukture i svojstava koja određuju kako interagiraju s elektromagnetskim zračenjem. Relativna važnost stakleničkog plina ovisi o dva ključna faktora: njegovoj prisutnosti u Zemljinj atmosferi i sposobnosti da apsorbira specifične valne duljine elektromagnetskih valova. Efikasan apsorber infracrvenog zračenja ima širi profil apsorpcije, što znači da može apsorbirati širi spektar valnih duljina u infracrvenom području.

Slika 1 prikazuje apsorpcijski spektar stakleničkih plinova. Vodena para i ugljični dioksid mogu apsorbirati valne duljine zračenja u rasponu od 4  $\mu\text{m}$  do 80  $\mu\text{m}$ , osim onih između 8  $\mu\text{m}$  i 12  $\mu\text{m}$ . Ozon može apsorbirati valne duljine između 9  $\mu\text{m}$  i 10  $\mu\text{m}$ , ali se on nalazi se u niskim koncentracijama. Sunčeve ultraljubičaste valne duljine snažno se apsorbiraju od strane ozona u stratosferi. Ozon ga tada djelomično emitira natrag u Svemir, omogućujući većem dijelu vidljive svjetlosti da neometano prođe do Zemlje.



Slika 1 Intenzitet solarnog elektromagnetskog zračenja i Zemljinog infracrvenog zračenja te apsorpcijski spektri stakleničkih plinova, izvor: [4]

### 2.3. Mehanizam učinka staklenika

Učinak staklenika predstavlja kompleksan fenomen u kojem atmosferski plinovi djeluju kao ključni regulacijski mehanizam temperature na površini Zemlje. Sunčeva energija prolazi kroz atmosferu prema površini Zemlje, dok se istovremeno sprječava gubitak topline koja putuje s površine Zemlje prema svemiru. Zadržavanje topline u atmosferi reguliraju staklenički plinovi, koji apsorbiraju i emitiraju toplinsko zračenje u određenom opsegu elektromagnetskog spektra (slika 1).

Usporedba s poljoprivrednim staklenikom pomaže pri razumijevanju ovog fenomena, no treba naglasiti da se ne radi o istom mehanizmu zadržavanja topline. Osnovna karakteristika staklenika je njegova sposobnost propuštanja vidljive svjetlosti i infracrvenih valova sa Sunca, koji su apsorbirani od strane zemlje i biljaka unutar strukture. Kao posljedica apsorpcije, zemlja i biljke emitiraju infracrveno zračenje, no zbog svojih svojstava, emitirani valovi ne mogu proći kroz staklo, već se zadržavaju unutar staklenika. Nakon što staklo apsorbira infracrveno zračenje, dio zračenja emitira se natrag u staklenik, čime se zadržava toplina unutar strukture. Ovaj proces rezultira povišenom temperaturom unutar staklenika u odnosu na vanjsko okruženje.

Prije nego što Sunčevo zračenje stigne do površine Zemlje, prolazi kroz atmosferu. Čestice i plinovi prisutni u atmosferi mogu utjecati na dolaznu svjetlost i zračenje, a promjene su rezultat procesa raspršenja i apsorpcije. [4] Raspršenje se odvija kada čestice ili velike molekule plinova u atmosferi međusobno reagiraju i uzrokuju promijene smjera elektromagnetskog zračenja.

Količina raspršenja ovisi o valnoj duljini zračenja, količini čestica ili plinova te duljini puta kroz atmosferu kojom zračenje prolazi. [8] Približno 51% vidljive svjetlosti koja dođe do Zemljine površine apsorbira se od strane tla, vode i vegetacije. Dio ove apsorbirane energije potom se emitira kao infracrveno zračenje. Staklenički plinovi prisutni u atmosferi apsorbiraju ovo zračenje, izazivajući vibracije molekula tih plinova. Oni zatim otpuštaju energiju emitirajući ju u svim smjerovima, omogućavajući zračenju napusti atmosferu, bude apsorbirano od strane drugih molekula ili se vrati natrag prema Zemlji. [4] U konačnici, 30% Sunčeve topline koja pogodi Zemlju reflektira se natrag u svemir, a 70% biva apsorbirano. [9]



Slika 2 Vizualni prikaz učinka staklenika: 1. Sunčevo zračenje prolazi kroz atmosferu i dolazi do Zemlje. 2. Dio apsorbirane energije emitira se u svemir u obliku infracrvenog zračenja. 3. Staklenički plinovi u atmosferi apsorbiraju dio tog infracrvenog zračenja i potom ga ponovno emitiraju prema Zemljinoj površini i atmosferi.

Sagledajmo to i sa fizikalne strane. Promatrat ćemo Zemlju i Sunce u svemiru, u praznom prostoru, bez molekula preko kojih bi se odvijala kondukcija ili konvekcija, što znači da se prijenos energije može odvijati isključivo zračenjem. Ovaj način prijenosa energije može se detaljnije objasniti kroz Wienov zakon, koji pruža uvid u spektralnu distribuciju energije emitirane od strane crnih tijela poput Sunca i Zemlje. Wienov zakon izražava vezu između temperature crnog tijela i valne duljine maksimalne emisije

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

gdje je  $b = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$  Wienova konstanta.

Primijenimo ovaj koncept na Sunce kako bismo odredili valnu duljinu maksimalnog intenziteta Sunčevog zračenja. Prosječna temperatura površine Sunca iznosi otprilike 5800 K. Uvrštavajući taj podatak u Wienov zakon, dobivamo valnu duljinu maksimalne emisije:

$$\lambda_{max} = \frac{2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{5800 \text{ K}} \approx 500 \text{ nm}$$

Ova valna duljina pada unutar područja spektra poznatog kao vidljiva svjetlost, što je ono što naše oči mogu detektirati. Ovisnost intenziteta zračenja Sunca o valnoj duljini možemo vidjeti na slici 3. Možemo primijetiti da je vrhunac intenziteta oko 500 nm, što potvrđuje da Sunce najveću količinu energije emitira upravo u vidljivom dijelu spektra.

Zakon očuvanja energije kaže da je ulazna energija jednaka izlaznoj energiji. Počnimo samo s dijelom jednadžbe, s ulaznom energijom: Energija koja od Sunca dopire do Zemlje naziva se solarnom konstantom  $S = 1373 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ . Samo strana Zemlje koja je okrenuta prema Suncu prima ovu energiju, druga strana je tamna. Stoga, da bismo izračunali ukupnu energiju koja dolazi na Zemlju u sekundi, možemo zamisliti disk polumjera jednakog polumjeru Zemlje koji će imati površinu  $A = \pi R^2$  i pomnožiti ju sa solarnom konstantom

$$E_{in} = S \cdot \pi R^2$$

Već je spomenuto da 30% Sunčevog zračenja biva reflektirano od Zemlje. Mjerenje te reflektivnosti Zemlje naziva se albedo, a označavamo ga slovom  $A$ . Solarnu energiju koju Zemlja apsorbira, tj. energiju koja dolazi do Zemljine površine, dobivamo tako da od ukupne energije oduzmemo reflektirani dio energije:

$$E_{apsorb} = S \cdot \pi R^2(1 - A)$$

Preostalih 70% dolaznog Sunčevog zračenja apsorbira se u atmosferi ili materijalima na površini Zemlje. Ova apsorbirana energija pretvara se u toplinsku energiju, koja se zatim emitira sa Zemlje u svemir. Brzina kojom bilo koji objekt zrači energiju ovisi o njegovoj temperaturi. Što je objekt topliji, to je zračenje veće. Objekti koji su savršeni emiteri (što također znači da su savršeni apsorberi) nazivaju se crno tijelo. [10]

Energija koju Zemlja emitira jednaka je

$$E_{emit} = 4\pi R^2 F$$

gdje je  $F$  jednak toku koji odlazi sa Zemlje, a  $4\pi R^2$  je površina cijele Zemlje.

Zemlja nije savršeno crno tijelo, ali za potrebe ovog modela napraviti ćemo aproksimaciju, nazvati ju crnim tijelom i primijeniti Stefan-Boltzmanov zakon:

$$F = \sigma T_Z^4$$

gdje je  $\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{sm}^2\text{K}^4}$ , a  $T_Z$  - efektivna temperatura Zemlje.

Izjednačavajući apsorbiranu i emitiranu energiju možemo doći do temperature Zemlje:

$$S \cdot \pi R^2(1 - A) = 4\pi R^2 \sigma T_Z^4$$

$$T_Z = \sqrt[4]{\frac{S(1-A)}{4\sigma}}$$

$$T_Z \approx 255 \text{ K} \approx -18^\circ\text{C}$$

Ovakav rezultat je još početkom 19. stoljeća dobio Fourier te zaključio da Zemljina atmosfera mora imati ulogu u zagrijavanju Zemlje. Ono što smo ovdje previdjeli je da smo u samoj upotrebi ove jednačbe zanemarili atmosferu, stakleničke plinove i njihov učinak na Zemlju. S obzirom na to da Zemlja nije savršeno crno tijelo, nego sivo tijelo izraz za F možemo korigirati kao:

$$F = \sigma \varepsilon T_Z^4$$

gdje je  $\varepsilon$ - stupanj emisije.

Za Zemlju efektivna emisivnost zbog atmosfere je  $\varepsilon = 0,6$ , a uvrštavanjem u formulu dobivamo:

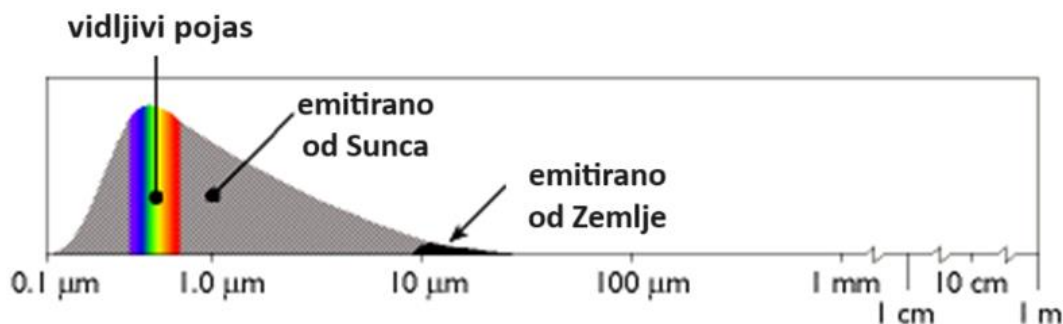
$$T_Z = \sqrt[4]{\frac{S(1-A)}{4\varepsilon\sigma}} \approx 289 \text{ K} = 16^\circ\text{C}$$

Dobivena temperatura od otprilike  $16^\circ\text{C}$  koja je blizu današnje prosječne globalne temperature Zemlje.

Sada možemo izračunati i valnu duljinu koju Zemlja zrači najjačim intenzitetom:

$$\lambda_{max} = \frac{2,89 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{289 \text{ K}} \approx 10 \mu\text{m}$$

Ovaj rezultat odgovara infracrvenom dijelu elektromagnetskog spektra. Slika 3 prikazuje relativne količine elektromagnetske energije koju emitiraju Sunce i Zemlja preko elektromagnetskog spektra.



Slika 3 Dio elektromagnetskog spektra, u rasponu od valnih duljina od  $0,1 \mu\text{m}$  do  $1 \text{ m}$ .



### 3. Micro:bit

Kako ćemo u eksperimentalnom dijelu rada koristiti mikroracunalo micro:bit, ovdje ćemo dati kratki prikaz i način korištenja. Micro:bit je nastao kao inicijativa BBC-ja 2015. godine s ciljem poticanja digitalne pismenosti i programiranja među mladima u Velikoj Britaniji, [11] a 2017. godine pokretanjem kampanje STEM revolucije krenulo je i uvođenje micro:bita u hrvatske škole. [12] [13]

#### 3.1. Dijelovi Micro:bita

Micro:bit sadrži procesor, ulazne i izlazne komponente te za napajanje koristi dvije AAA baterije. [14] Ulazne komponente omogućuju interakciju uređaja s okolinom i prikupljanje informacija. To uključuje različite senzore i tipke. Procesor koristi prikupljene informacije kao ulaz u program, koji zatim izvršava određene radnje te proizvodi rezultate na izlazu, poput prikaza na zaslonu, reprodukcije zvuka putem zvučnika, pohranjivanja podataka u memoriju ili upravljanja s vanjskim komponentama poput elektromotora. [13]

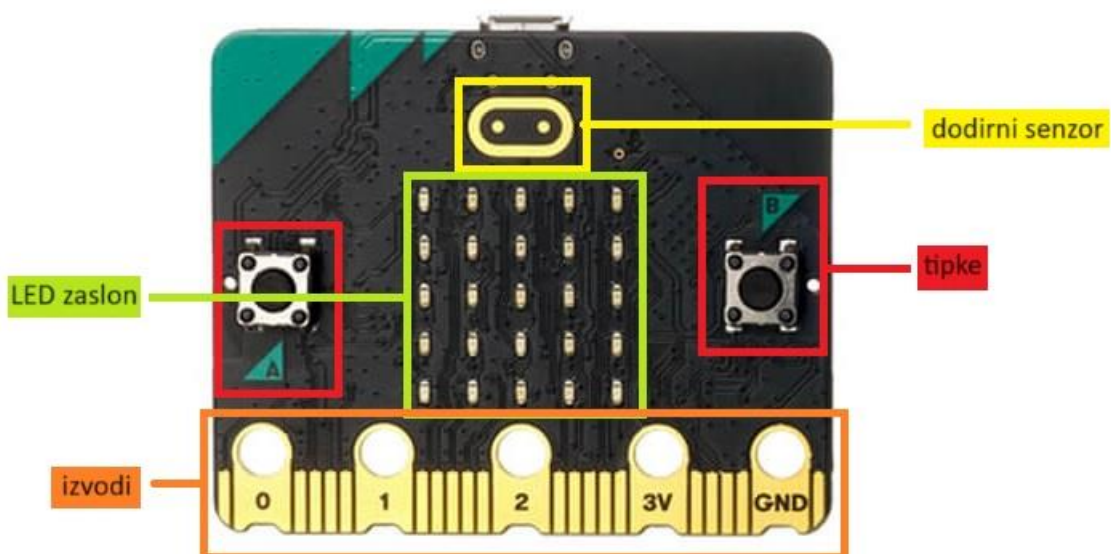
Na prednjoj strani (Slika 4) nalaze se dvije tipke za upravljanje te 25 GPIO (General Purpose Input/Output) priključaka (izvoda) koji omogućuju povezivanje s različitim sensorima i drugim vanjskim komponentama. Na izvodima 0, 1 i 2 jednostavno se mogu povezati vanjske komponente korištenjem krokodilskih stezaljki, koje mogu funkcionirati kao ulazni ili izlazni uređaji. Važno je napomenuti da je potrebno vanjsku komponentu spojiti s GND izvodom za uzemljenje kako bi se zatvorio strujni krug. Izvod 3V namijenjen je napajanju dodatnih uređaja koji su spojeni na sustav, zbog čega se ne smije izravno spajati s uzemljenjem. [15] Preostalih 20 izvoda koristi se s dodacima za micro:bit. Od ostalih ulaznih komponenti, na stražnjoj strani (Slika 5) nalaze se kompas, akcelerometar koji se može koristiti kao senzor pokreta i senzor za temperaturu.

Izlazne komponente uključuju 25 LED dioda smještenih u 5x5 matrični zaslon koje mogu prikazivati tekst, brojke i simbole i tako pružiti vizualnu povratnu informaciju o statusu programa. Iste diode mogu služiti i obavljati funkciju senzora za detekciju svjetlosti.

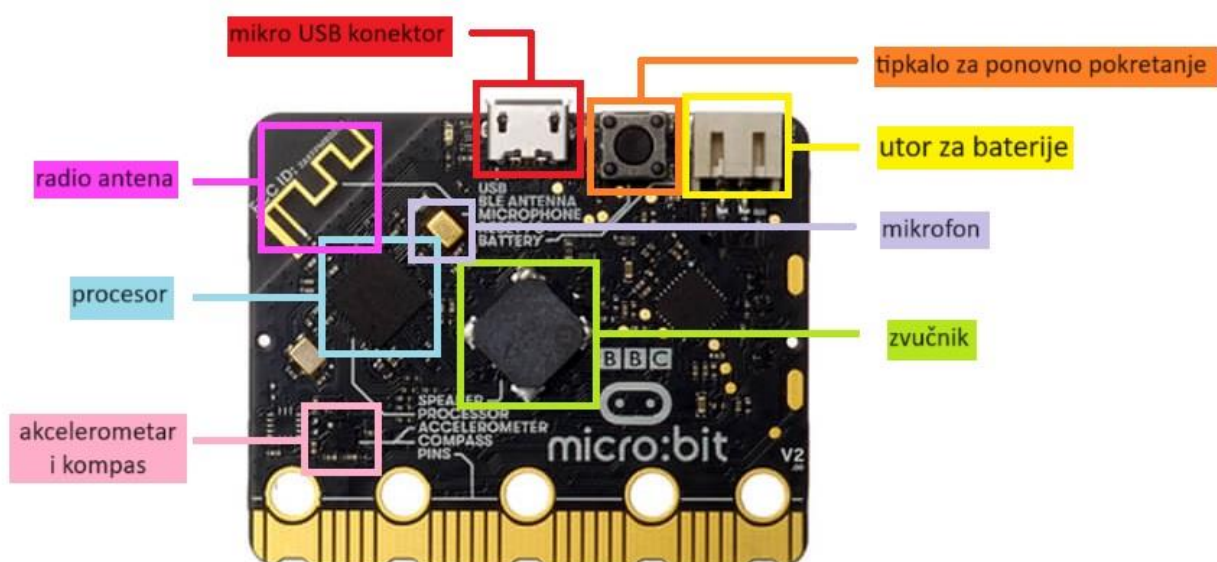
U verziji micro:bita predstavljenoj 2020. godine, uvedeni su novi senzori, uključujući micro:bit logo na prednjoj strani koji je postao senzor osjetljiv na dodir, ugrađeni mikrofon koji reagira na zvuk i mjeri razinu buke i zvučnik koji omogućuje korisnicima da reproduciraju zvuk direktno s uređaja. [16]

Micro:bit je opremljen ugrađenim Bluetooth modulom koji omogućuje bežičnu

komunikaciju s drugim uređajima poput pametnih telefona ili računala.



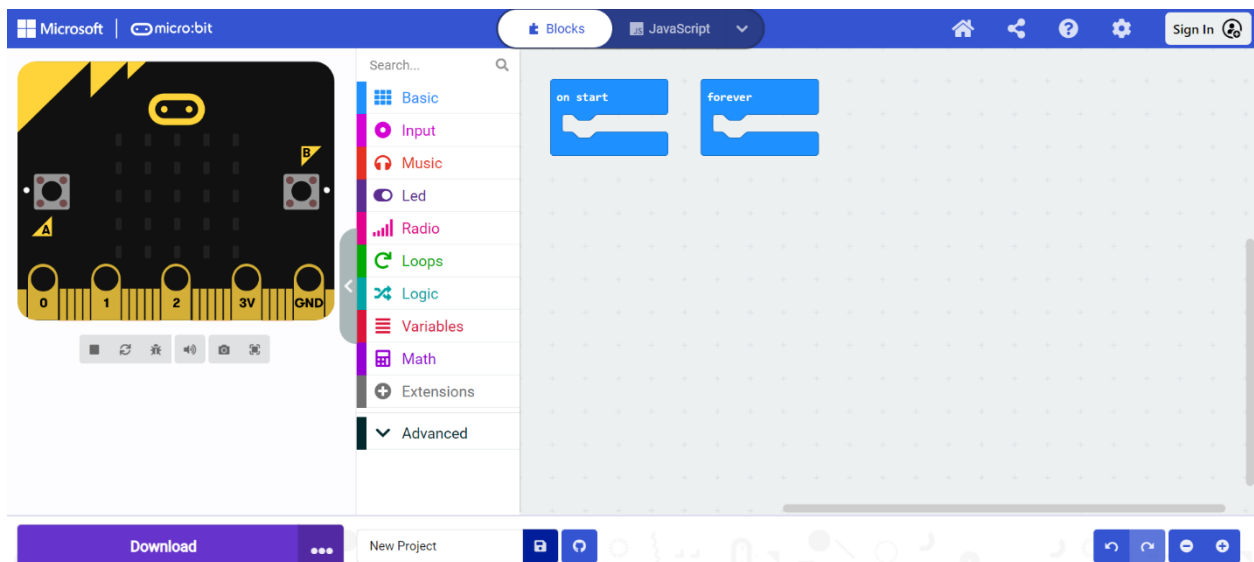
Slika 4 Prednja strana micro:bita



Slika 5 Stražnja strana micro:bita

### 3.2. Kodiranje u MakeCode uređivaču

MakeCode je online uređivač koda za micro:bit koji je razvio Microsoft. Pristupanje uređivaču je putem weba na <https://makecode.microbit.org/>, koji pruža sve potrebne alate i funkcionalnosti za izradu programa za micro:bit, bez potrebe za dodatnim softverom ili aplikacijama. Na navedenoj web stranici, klikom na na "New project", otvara se uređivač koji omogućuje korisnicima jednostavno programiranje micro:bita putem blokovskog programiranja.

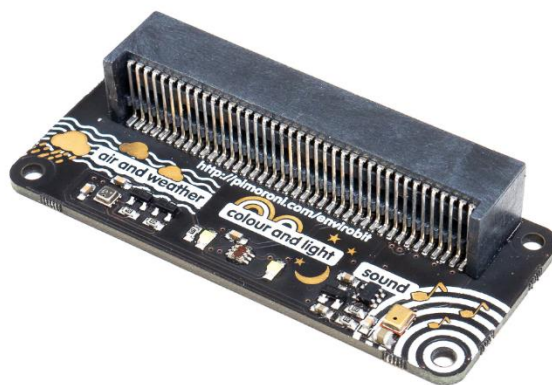


Slika 6 MakeCode uređivač

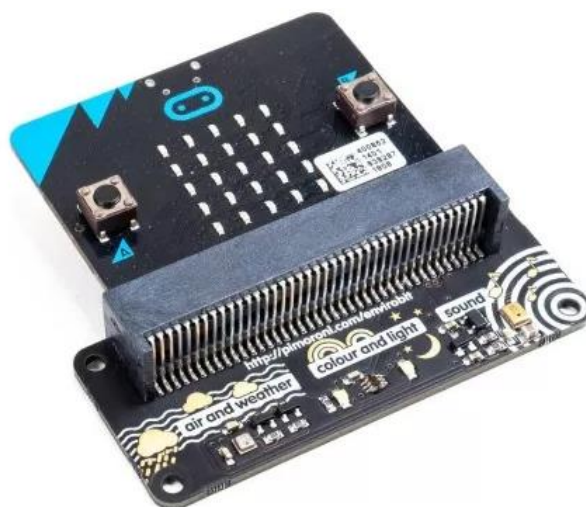
Blokovsko programiranje olakšava izradu programa povlačenjem i ispuštanjem blokova koda. "On start" blok izvršava se samo jednom, odmah nakon pokretanja uređaja, dok se "forever" blok izvršava neprekidno. Uređivač nudi širok izbor blokova koda koji pokrivaju različite funkcionalnosti micro:bita, uključujući kontrolu LED ekrana, rad s gumbima, sensorima i bežičnom komunikacijom. Također, MakeCode uređivač omogućuje simuliranje izvršavanja programa (lijevi dio uređivača) kako bi korisnici mogli vidjeti kako će njihov program raditi na micro:bitu prije nego što ga prenesu na uređaj. Isti uređivač omogućava programiranje u Pythonu i u JavaScriptu što je pogodno za složenije primjene i programiranje u srednjoj školi.

### 3.3. Korištenje micro:bita kao mjernog instrumenta klimatskih parametara

Da bismo pratili okolišne varijable, micro:bit trebamo nadograditi s više senzora. Za to nam može poslužiti senzorski modul Enviro:bit koji se jednostavno spaja s micro:bitom. Enviro:bit je opremljen nizom senzora koji omogućuju mjerenje različitih okolišnih varijabli: temperature, vlažnosti zraka, atmosferskog tlaka, osvjetljenja i razine zvuka u okolini. Ovi senzori omogućuju korisnicima da detaljno analiziraju okoliš oko sebe i prate promjene tijekom vremena. Uz to, enviro:bit se lako integrira s micro:bitom putem mehaničkih priključaka. (Slika 8)



Slika 7 Enviro:bit pločica



Slika 8 Enviro:bit pločica spojena s micro:bitom

S Enviro:bitom se upravlja na način da se u blok uređivaču odabere opcija „Extensions“, pretraživanjem pronade enviro:bit i učita kod u uređivač (pojavi se opcija Enviro:bit u izborniku sa svim komandama). Napomenimo da simulator micro:bita u uređivaču ne simulira vanjske uređaje poput Enviro:bita, pa program treba testirati na samom micro:bitu.

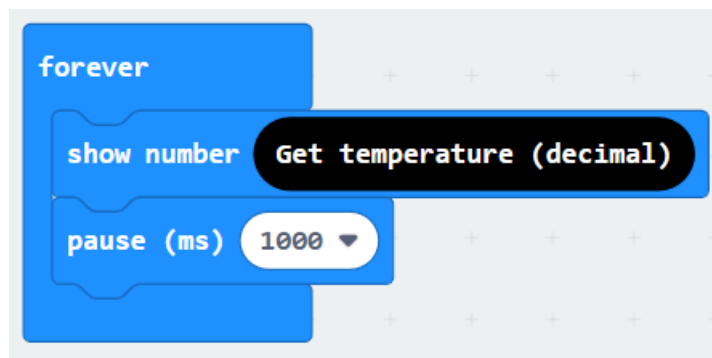
### 3.3.1. Programiranje mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka

Da bismo omogućili micro:bitu da očita temperaturu pomoću enviro:bita, možemo koristiti blokovsko programiranje. Slika 9 prikazuje blok kod s kojim će, kada se program pokrene, micro:bit neprestano očitavati temperaturu (°C) pomoću enviro:bit senzora i prikazivati na LED zaslonu uz pauzu 1 s do idućeg očitavanja.



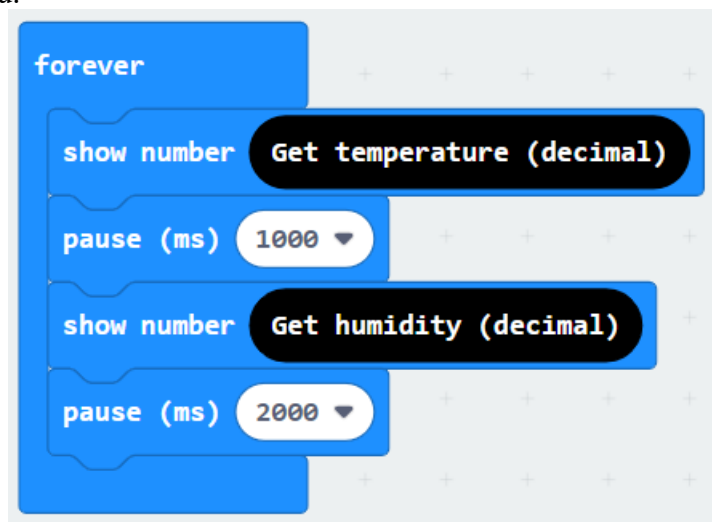
Slika 9 Kod za prikaz izmjerene temperature okoline pomoću enviro:bita

Ovaj kod prikazuje cjelobrojnu vrijednost temperature. Za preciznije očitavanje (decimalni broj) možemo koristiti "expert" opciju unutar Enviro:bit izbornika.



Slika 10 Kod za prikaz izmjerene temperature okoline pomoću enviro:bita u decimalnom zapisu

Na isti način moguće je očitati i relativnu vlažnost zraka (%) u cjelobrojnom ili decimalnom zapisu.



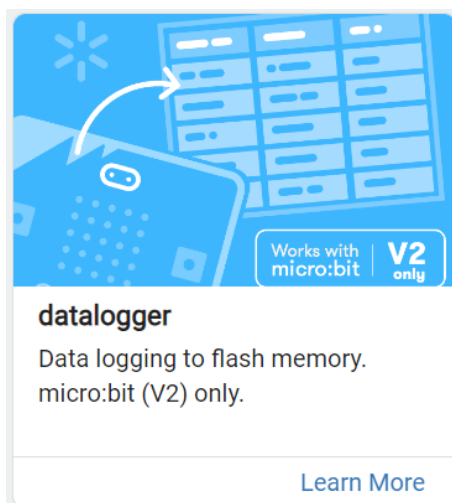
Slika 11 Kod za prikaz izmjerene temperature okoline i relativne vlažnosti zraka pomoću enviro:bita u decimalnom zapisu

Koristeći blokovski kod prikazan na slici 11, micro:bit prvo očitava i prikazuje temperaturu u decimalnom formatu na LED ekranu, a zatim čeka jednu sekundu prije nego što

nastavi s mjerenjem i prikazivanjem relativne vlažnosti zraka u decimalnom formatu. Nakon toga, čeka dodatne 2 sekunde prije nego što ponovno započne s mjerenjima.

### 3.3.2. Sistematizirano spremanje podataka i obrada mjerenja

Pokuse u nastavi možemo izvoditi pomoću prethodnog koda, bilježeći rezultate ručno i stvarajući tablice i grafove za analizu. Međutim, kako bismo proces učinili učinkovitijim i modernijim, možemo digitalizirati prikupljene podatke, pohranjujući ih na računalo u obliku tablica koristeći se paketom naredbi *Data logger*. Na taj način, olakšavamo analizu podataka i grafički prikaz. Za dodavanje ekstenzije *Data logger* u MakeCode editoru, potrebno je kliknuti na dio „Extensions“, upisati „datalogger“ u tražilicu i dodati taj paket naredbi.



Slika 12 Data logger ekstenzija

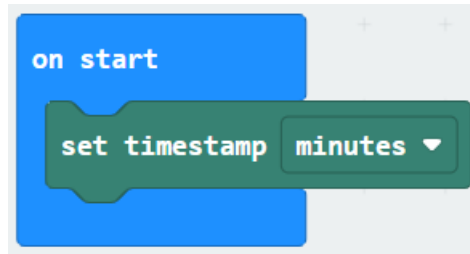
U ovom slučaju bitno je paziti na verziju micro:bita koja će biti korištena. Micro:bit v1 nema ugrađenu mogućnost pohrane podataka kao micro:bit v2. Micro:bit v2 je unaprijeđena verzija koja ima dodatne značajke, uključujući mogućnost pohrane podataka na internu memoriju te *Data logger* možemo koristiti samo kod novije verzije micro:bita.

### 3.3.3. Uputa za izradu koda

Kod koji će biti građen u nastavku bilježit će podatke iz okoline te ih kronološki spremati u tablicu koja će se sastojati od tri stupca: vrijeme proteklo od početka pokretanja programa, temperatura zraka i relativna vlažnost zraka.

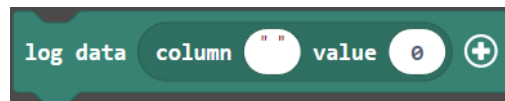
Ekstenzija *Data logger* omogućuje pohranjivanje podataka u micro:bit memoriju za kasniju analizu ili korištenje. Kada se podatci dodaju u *Data logger*, on ih bilježi i čuva ih u

tablici u memoriji micro:bita. To omogućuje da podaci budu dostupni i nakon što se program završi ili micro:bit isključi. Za početak je potrebno, iz *Data logger* paketa, postaviti prvi stupac tablice za bilježenje vremena proteklog od pokretanja programa, pomoću naredbe *set timestamp*.



Slika 13 Dodavanje vremenskog žiga u tablicu mjerenja

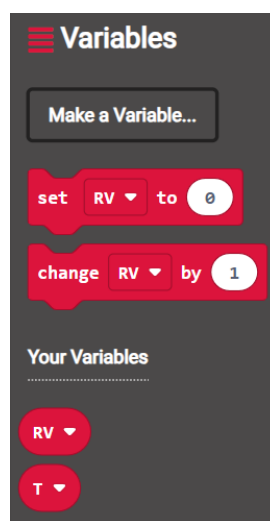
U *Data logger* paketu nalazi se i naredba koja stupcu (eng. column) u tablici za pohranu podataka dodjeljuje ime i vrijednosti (eng. value) koje se zapisuju u taj stupac.



Slika 14 Naredba kojom se imenuje stupac i pridodaje vrijednost varijable u tablici

Drugi i treći stupci tablice bit će temperatura i relativna vlažnost zraka pa je potrebno definirati te dvije varijable. U sekciji *Variables* potrebno je odabrati opciju *Make a Variable* i imenovati ih.

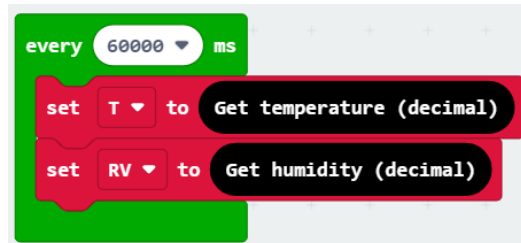
Slika 15 prikazuje postavljene varijable, „T“ i „RV“, i dvije naredbe koje se automatski generiraju.



Slika 15 Postavljanje varijabli T (temperatura zraka) i RV (relativna vlažnost zraka)

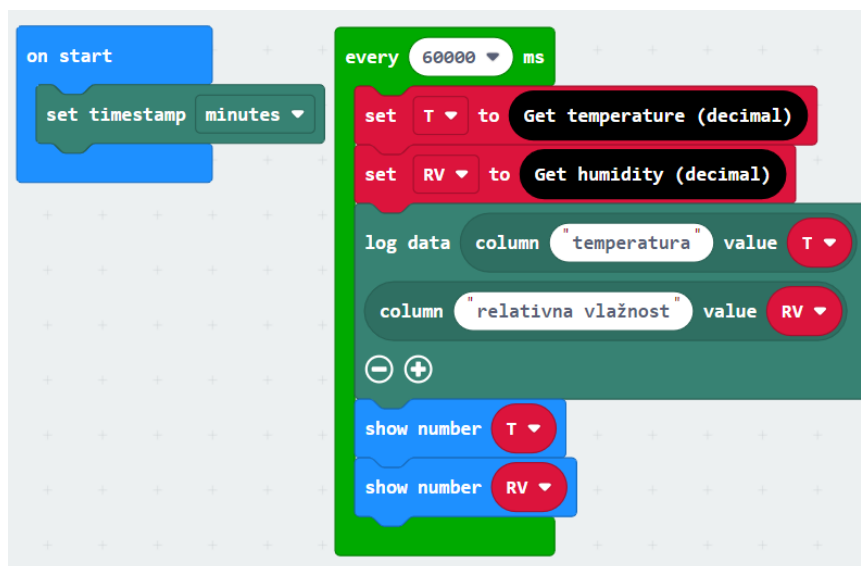
Varijable je moguće periodično bilježiti u tablicu. U sekciji *Loops* nalazi se naredba

*Every* pomoću koje se namješta vremenski interval. Za potrebe pokusa koji će biti kasnije izvedeni, optimalan interval je jedna minuta (60000 ms). Blok kod prikazan na slici 16 će neprekidno očitavati temperaturu i relativnu vlažnost zraka i pridruživati očitane vrijednosti odgovarajućim varijablama.



Slika 16 Definiranje vrijednosti varijabli T i RV.

Na kraju, da bi svi ovi podatci ostali spremljeni u tablici potrebno je nadodati naredbu *log data*. Novi stupci tablice nazvani su „temperatura“ i „relativna vlažnost“. Vrijednosti varijabli dodaju se povlačenjem varijabli „T“ i „RV“ iz sekcije *Variables*. Korisno je dodati ispisivanje očitanih vrijednosti na LED zaslonu micro:bita pomoću naredbe *show number*.



Slika 17 Blok kod programa koji mjeri temperaturu i relativnu vlažnost te pohranjuje izmjerene podatke u tablicu. Očitane vrijednosti ispisuje na LED zaslonu micro:bita

### 3.4. Povezivanje micro:bita radio vezom

Micro:bit uređaje koji će biti korišteni u pokusima moguće je povezati radio vezom tako da jedan micro:bit bude spojen na računalo i prikuplja podatke koje mu drugi micro:bit (koji prikuplja podatke iz okoline) šalje na daljinu. Za to je potrebno koristiti sekciju *Radio*. Prije svega potrebno je definirati grupu komunikacije za radio vezu. Ovo se postiže upotrebom



naredbe *radio set group* gdje se unosi odabrani broj koji predstavlja grupu. Taj isti broj se mora koristiti za sve micro:bit uređaje koji će međusobno komunicirati putem radio veze pa se dio koda sa slike 18 mora nalaziti na startu koda za svaki micro:bit.



Slika 18 Blok kod za postavljanje grupe za radio komunikaciju micro:bitova

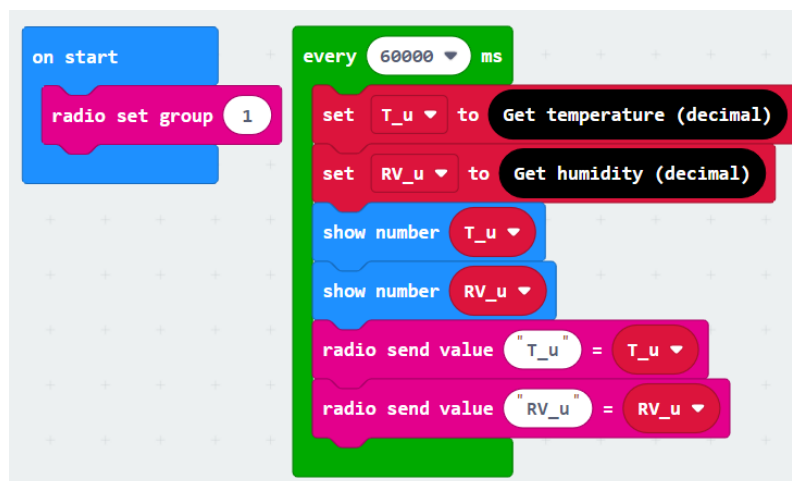
### 3.4.1. Kod za odašiljače

U ovom slučaju postojat će dva odašiljača. Jedan će biti micro:bit isprogramiran da prikuplja podatke iz okoline, a drugi micro:bit koji će prikupljati podatke iz unutrašnjosti staklenika. Podatke šaljemo komandom *radio send*.

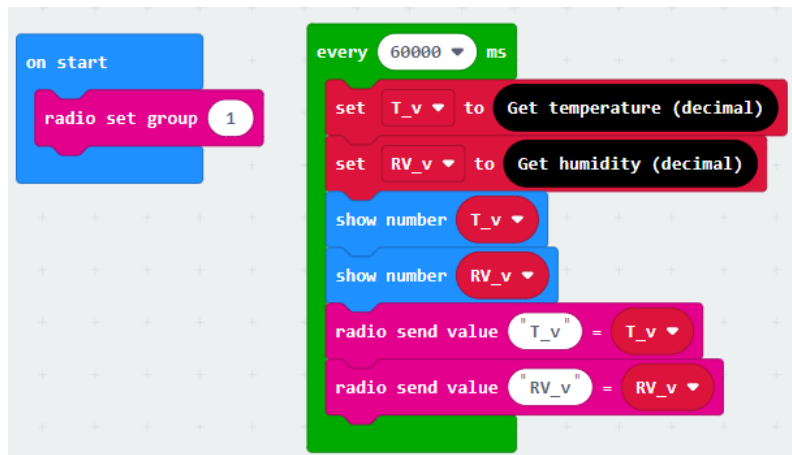


Slika 19 Naredba koja šalje specifične vrijednosti s jednog micro:bita na drugi putem radio veze

Gotovi blok kod za odašiljače, koji periodično prikupljaju podatke, ispisuju ih na LED zaslону i šalju na prijemnik, prikazani su na slikama 20 i 21.



Slika 20 Blok kod za odašiljač unutar staklenika

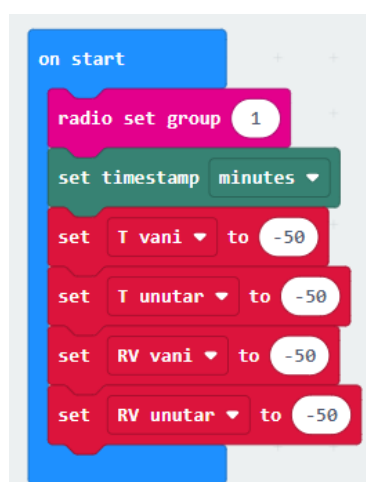


Slika 21 Blok kod za odašiljač izvan staklenika

### 3.4.2. Kod za prijammnik

Micro:bit koji ima ulogu prijammnika djelovat će kao most između odašiljača i računala. Kod za prijammnik radit će na prikupljanju podataka koje prima putem radio veze i pohranjivanju tih podataka u obliku tablice na računalu. Svaki put kad primi nove podatke, dodat će ih u tablicu, i osigurati da se svi podaci sigurno pohranjuju i mogu se kasnije analizirati putem Data loggera.

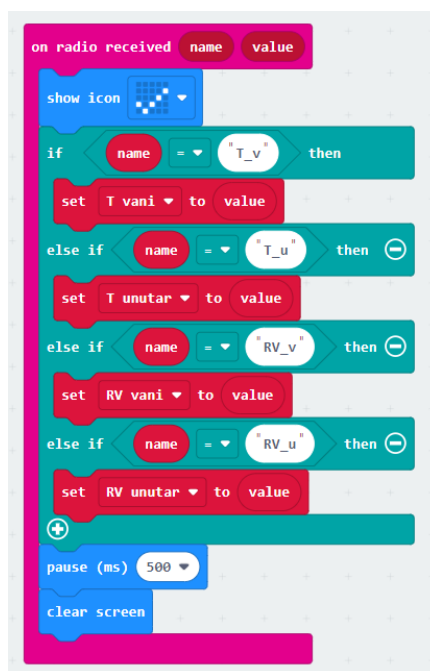
Kao što je već rečeno, na početku je potrebno postaviti grupu i, kao u poglavlju 3.3.3, prvi stupac tablice pomoću naredbe *set timestamp*. Nadalje, želimo da pristigli podaci budu spremljeni, stoga je potrebno pripremiti varijable za njihovo pohranjivanje. Neka se varijable zovu: "T vani", "T unutra", "RV vani" i "RV unutra". Poželjno je postaviti ih na početnu vrijednost koja je izvan opsega očekivanih stvarnih vrijednosti kako bi lakše prepoznali nevažne vrijednosti tijekom izvršavanja programa. Blok kod opisanoga se nalazi na slici 22.



Slika 22 Dio blok koda s kojim se namještaju početne varijable

Za prijem podataka na prijemniku bit će potrebno koristiti naredbu *on radio received*. Budući da će stizati velika količina podataka, bit će neophodno koristiti naredbu *if* u kodu. Pristigle podatke treba pridružiti odgovarajućim varijablama. Na primjer, ako sa odašiljača unutar staklenika stigne podatak s imenom „T\_u“, njegova vrijednost će biti upisana u varijablu „T unutra“, a isto će se primijeniti i za sve ostale podatke.

Bilo bi korisno programirati prijemnik tako da, kada primi podatke, na LED zaslonu prikaže vizualnu potvrdu o primitku pomoću naredbe *show icon*, na primjer, u obliku kvačice. Simbol kvačice može ostati na zaslonu onoliko dugo koliko je korisniku potrebno pomoću naredbe *pause (ms)*, nakon čega se briše pomoću naredbe *clear screen*. Kod koji izvršava upravo to prikazan je na slici 23.

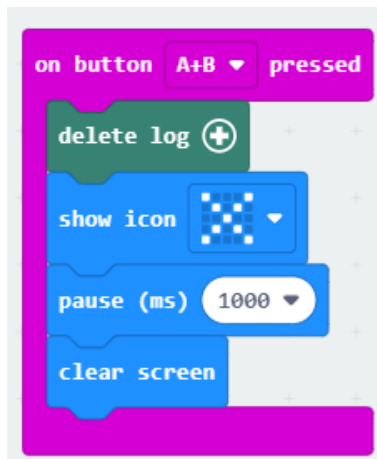


Slika 23 Dio blok koda odgovoran za sparivanje pristiglih podataka s pripadajućim varijablama

Kao i u poglavlju 3.3.3, za redovito bilježenje podataka u tablicu u određenim vremenskim intervalima koristit će se petlja *every* u koju se mogu upisati proizvoljni vremenski razmaci, a unutar nje naredba *log data* iz paketa Data logger. Ta naredba će dodavati odgovarajuće vrijednosti u stupce tablice. Potpuni kod za prijemnik vidljiv je na slici 25.

Tijekom provedbe pokusa, ponekad će biti korisno obrisati stare podatke i započeti novo mjerenje. Za to je potrebno dodati naredbu *delete log* iz Data Logger paketa u kod. Na primjer, micro:bit se može programirati tako da istovremenim pritiskom na gumb A i B briše stare podatke. Kao vizualni znak da su podaci u procesu brisanja, na zaslonu micro:bita se može

prikazati neka ikona koja ostaje na zaslonu određeno vrijeme, nakon čega se briše.



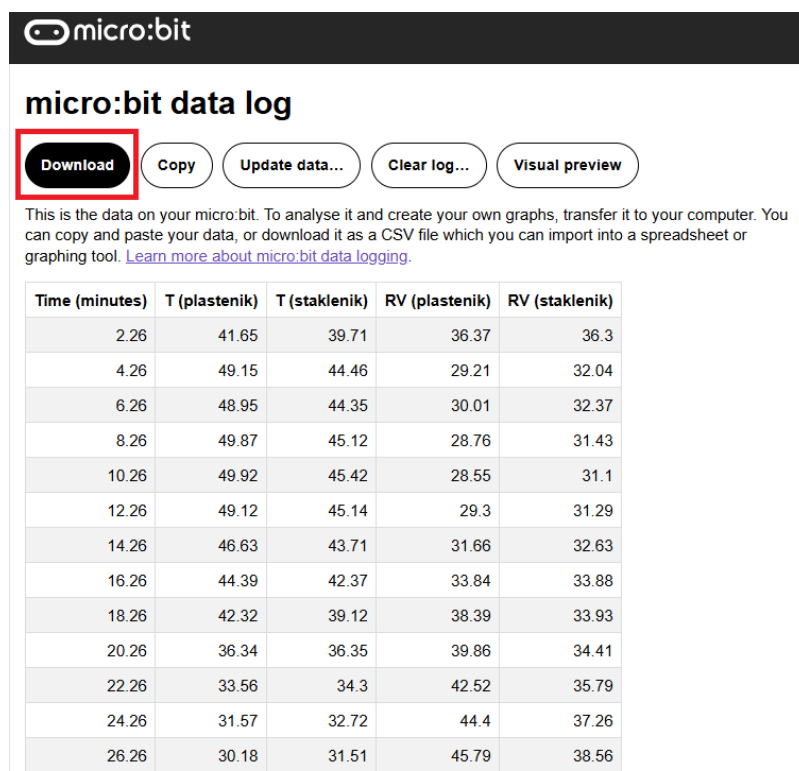
Slika 24 Dio blok koda za brisanje prethodnih podataka s micro:bita uz prikaz ikone



Slika 25 Blok kod za prijemnik

### 3.5. Prenosjenje podataka na računalo

Za prenošenje podataka na računalo potrebno je spojiti micro:bit na računalo pomoću USB kabela. Nakon što micro:bit završi s prikupljanjem podataka, potrebno je otvoriti uređaj "MICROBIT" koji će se pojaviti kao vanjski disk na računalu. Unutar ovog diska nalazi se datoteka nazvana „MY\_DATA“. Dvostruki klik na datoteku „MY\_DATA“ otvara web preglednik i odvodi korisnika na online alat za pregled podataka micro:bita. U online alatu mogu se pregledati prikupljeni podaci u grafičkom ili tabličnom formatu.



The screenshot shows the 'micro:bit data log' interface. At the top, there is a 'micro:bit' logo. Below it, the title 'micro:bit data log' is displayed. A row of buttons includes 'Download' (highlighted with a red box), 'Copy', 'Update data...', 'Clear log...', and 'Visual preview'. Below the buttons, a short paragraph explains that the data can be copied or downloaded as a CSV file. A table follows, containing five columns: 'Time (minutes)', 'T (plastenik)', 'T (staklenik)', 'RV (plastenik)', and 'RV (staklenik)'. The table lists 13 rows of data points.

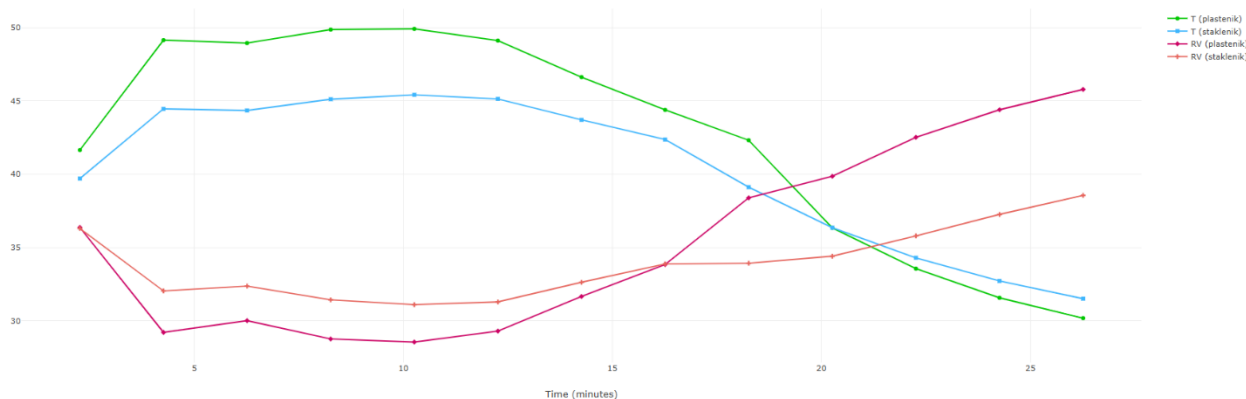
Time (minutes)	T (plastenik)	T (staklenik)	RV (plastenik)	RV (staklenik)
2.26	41.65	39.71	36.37	36.3
4.26	49.15	44.46	29.21	32.04
6.26	48.95	44.35	30.01	32.37
8.26	49.87	45.12	28.76	31.43
10.26	49.92	45.42	28.55	31.1
12.26	49.12	45.14	29.3	31.29
14.26	46.63	43.71	31.66	32.63
16.26	44.39	42.37	33.84	33.88
18.26	42.32	39.12	38.39	33.93
20.26	36.34	36.35	39.86	34.41
22.26	33.56	34.3	42.52	35.79
24.26	31.57	32.72	44.4	37.26
26.26	30.18	31.51	45.79	38.56

Slika 26 Tablični pregled podataka online na micro:bitovom data loggeru

## micro:bit data log

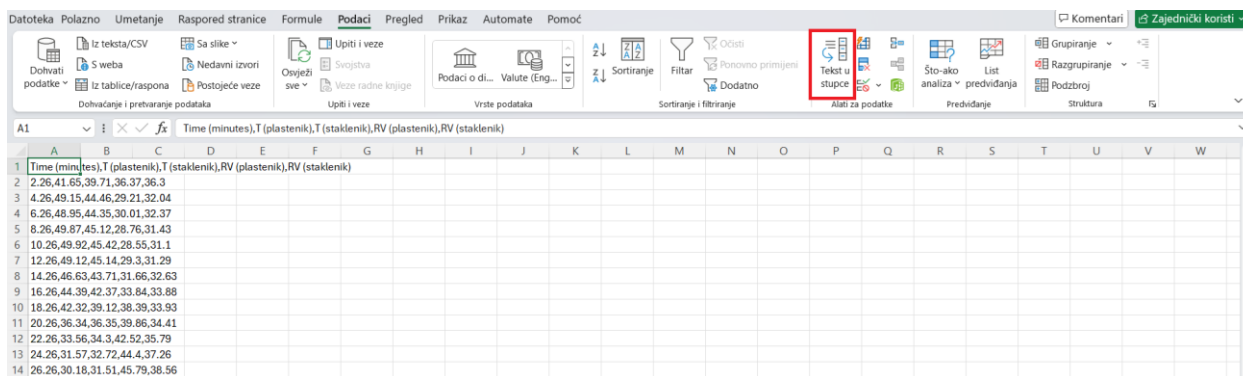
Download Copy Update data... Clear log... Close visual preview

This is a visual preview of the data on your micro:bit. To analyse it in more detail or create your own graphs, transfer it to your computer. You can copy and paste your data, or download it as a CSV file which you can import into a spreadsheet or graphing tool. [Learn more about micro:bit data logging.](#)



Slika 27 Grafički pregled podataka online na micro:bitovom data loggeru

U slučaju da se dobiveni podaci žele detaljnije analizirati, potrebno ih je preuzeti na računalo u CSV formatu klikom na opciju *download*. Nakon preuzimanja CSV datoteke, moguće ju je otvoriti pomoću Microsoft Excela, Google Sheetsa ili drugog softvera za proračunske tablice. Podaci će biti prikazani u obliku teksta. Za daljnju obradu podataka potrebno ih je prebaciti u tablični format. Potrebno je označiti prvi stupac i u kategoriji *Podaci* odabrati opciju *Tekst u stupce* kao što je vidljivo na slici



Slika 28 Unos podataka u Excel

Otvorit će se „Čarobnjak za pretvaranje teksta u stupce“. U prvom koraku potrebno je odabrati vrstu datoteke *Razgraničeni* i zatim kliknuti *Naprijed* >. U sljedećem koraku graničnike koraku treba postaviti graničnik na *Zarez* i ponovno kliknuti *Naprijed* >. U završnom koraku odabire se oblik podataka u stupcu koji treba biti *Općenito*. Klikom na opciju *Napredno...*, moguće je spriječiti zapis brojki u obliku datuma postavljanjem razdjelnika

decimala na točku. Novi tablični podaci prikazani su dolje i spremni za daljnju analizu.

	A	B	C	D	E	F
1	Time (minutes)	T (plastenik)	T (staklenik)	RV (plastenik)	RV (staklenik)	
2	2,26	41,65	39,71	36,37	36,3	
3	4,26	49,15	44,46	29,21	32,04	
4	6,26	48,95	44,35	30,01	32,37	
5	8,26	49,87	45,12	28,76	31,43	
6	10,26	49,92	45,42	28,55	31,1	
7	12,26	49,12	45,14	29,3	31,29	
8	14,26	46,63	43,71	31,66	32,63	
9	16,26	44,39	42,37	33,84	33,88	
10	18,26	42,32	39,12	38,39	33,93	
11	20,26	36,34	36,35	39,86	34,41	
12	22,26	33,56	34,3	42,52	35,79	
13	24,26	31,57	32,72	44,4	37,26	
14	26,26	30,18	31,51	45,79	38,56	
15						

Slika 29 Ispravno formatirani podaci

## 4. Pokusi

### 4.1. Utjecaj lokacije i vremenskih uvjeta na klimatske elemente

**RAZRED:** 7. i 8. razred, srednja škola

Ovaj pokus omogućuje učenicima razumijevanje kako se i najmanje promjene u okolišu mogu odraziti na klimatske uvjete. Dobro ga je izvesti kao uvod u temu o učinku staklenika. Ovisno o dostupnom priboru, mjeri se temperatura i relativna vlažnost zraka ili samo temperatura ako nema dovoljno enviro:bit pločica. Mjerenja se mogu obavljati u školi ili kod kuće. Bitno je da učenici prije nego što počnu sa samim mjerenjem budu upućeni u princip rada micro:bita i koda koji će biti korišten. Zbog vremenske ograničenosti, najbolje je da nastavnik prethodno kodira sve micro:bit uređaje koji će se koristiti ili još bolje - da kodiranje uređaja učenici odrade na satu informatike.

**OBLIK RADA:** grupni rad/rad u paru ili individualan rad

**PRIBOR:** micro:bit, enviro:bit pločica, micro USB kabel, računalo

#### **OPIS:**

Prije početka pokusa, micro:bitove je potrebno kodirati kao u poglavlju 3.3.3. Radi jednostavnosti, svako mjerenje može se bilježiti na jednom micro:bitu, a podaci tog mjerenja mogu se obrađivati nakon mjerenja tako da se pojedinačno spajaju na računalo.<sup>1</sup>

Učenici istovremeno izvršavaju mjerenja, ali na različitim lokacijama (u šumi, u blizini rijeke/jezera/mora, u gradu,...). Uređaje treba zaštititi od direktnog izlaganja Sunčevoj svjetlosti, na primjer stavljanjem u zaklon napravljen od kartonske ili plastične kutije. Preporuča se da se mjerenja prikupljaju u istim vremenskim intervalima radi lakše obrade prikupljenih podataka. Nakon obavljenog mjerenja slijedi obrada podataka, usporedba i rasprava o rezultatima.

---

<sup>1</sup> U ovom slučaju svakom učeniku bit će potreban samo jedan micro:bit (i enviro:bit). Pokus je moguće i izvoditi kodom opisanim u poglavlju 3.4 u kojem se koristi radio komunikacija, ali se tada broj potrebnih micro:bitova po osobi se udvostručuje.



## EKSPERIMENTALNI POSTAV I REZULTATI MJERENJA:

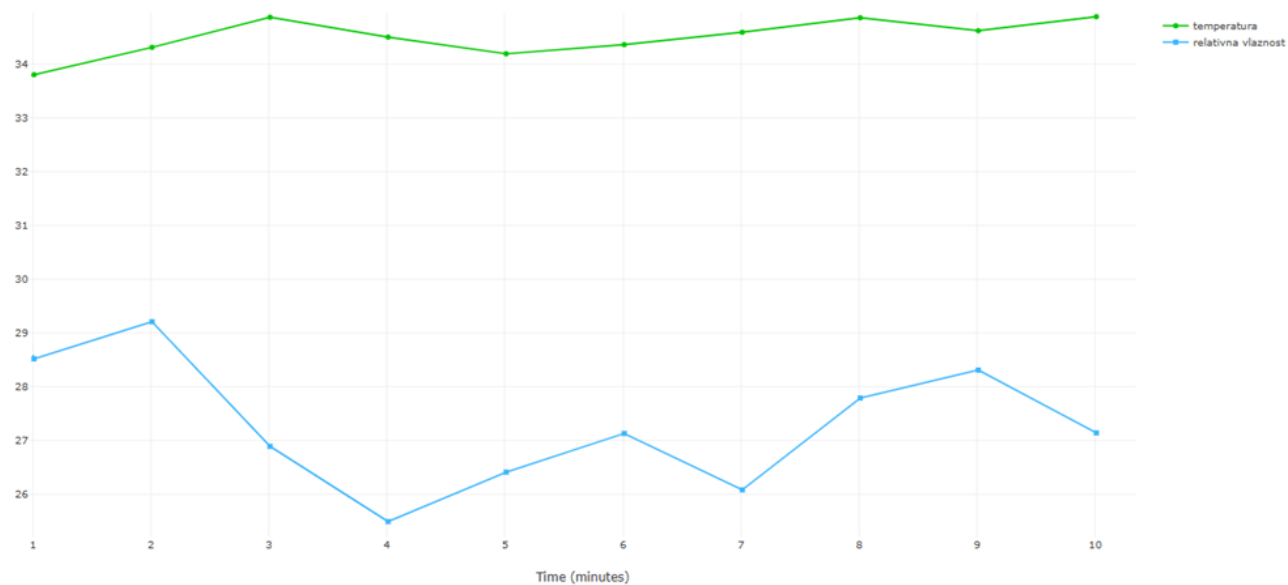
Osunčani dio plaže: Mjerenje je obavljano za vrijeme sunčanog dana u lipnju oko 11 h.



Slika 30 Micro:bit sa priključenim enviro:bitom na osunčanom dijelu plaže

Time (minutes)	temperatura	relativna vlažnost
1.01	33.81	28.52
2.01	34.32	29.21
3.01	34.88	26.89
4.01	34.51	25.49
5.01	34.2	26.41
6.01	34.37	27.13
7.01	34.6	26.08
8.01	34.87	27.79
9.01	34.63	28.31
10.01	34.89	27.14

Slika 31 Tablični prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka na osunčanom dijelu plaže



Slika 32 Grafički prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka na osunčanom dijelu plaže

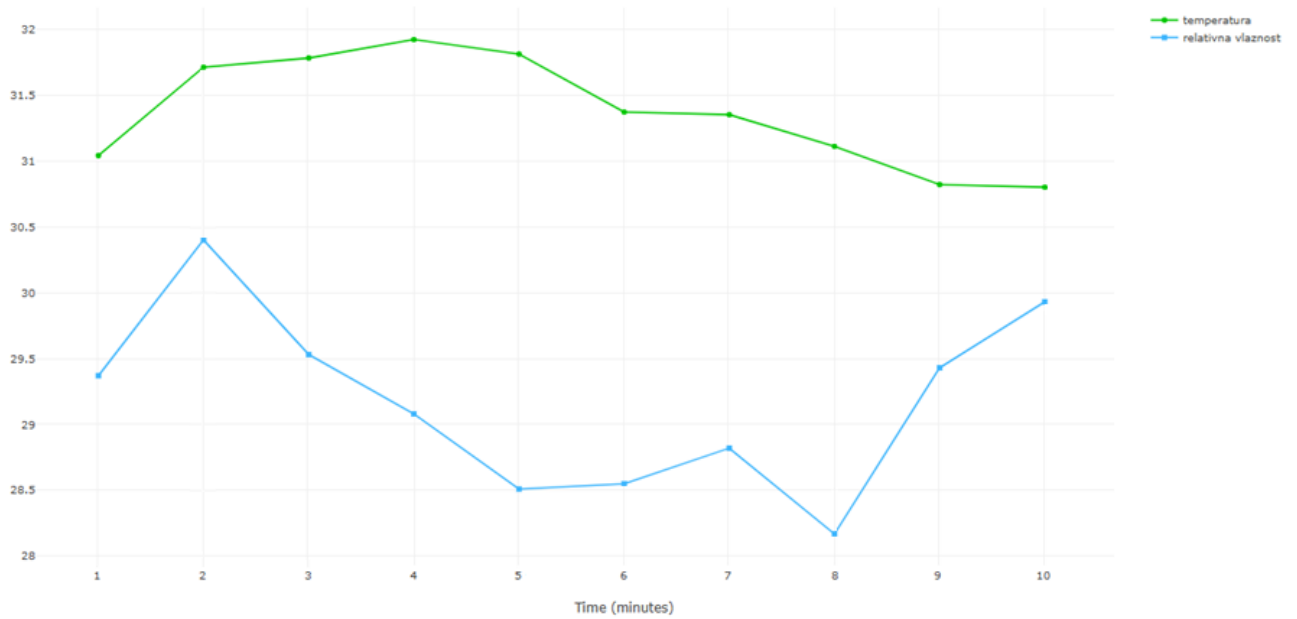
Hlad u blizini prometnice: Mjerenje je obavljano za vrijeme sunčanog dana u lipnju oko 11 h.



Slika 33 Micro:bit sa priključenim enviro:bitom u hladu uz prometnicu

Time (minutes)	temperatura	relativna vlažnost
1.01	31.04	29.37
2.01	31.71	30.4
3.01	31.78	29.53
4.01	31.92	29.08
5.01	31.81	28.51
6.01	31.37	28.55
7.01	31.35	28.82
8.01	31.11	28.17
9.01	30.82	29.43
10.01	30.8	29.93

Slika 34 Tablični prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka u hladu uz prometnicu



Slika 35 Grafički prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka u hladu uz prometnicu

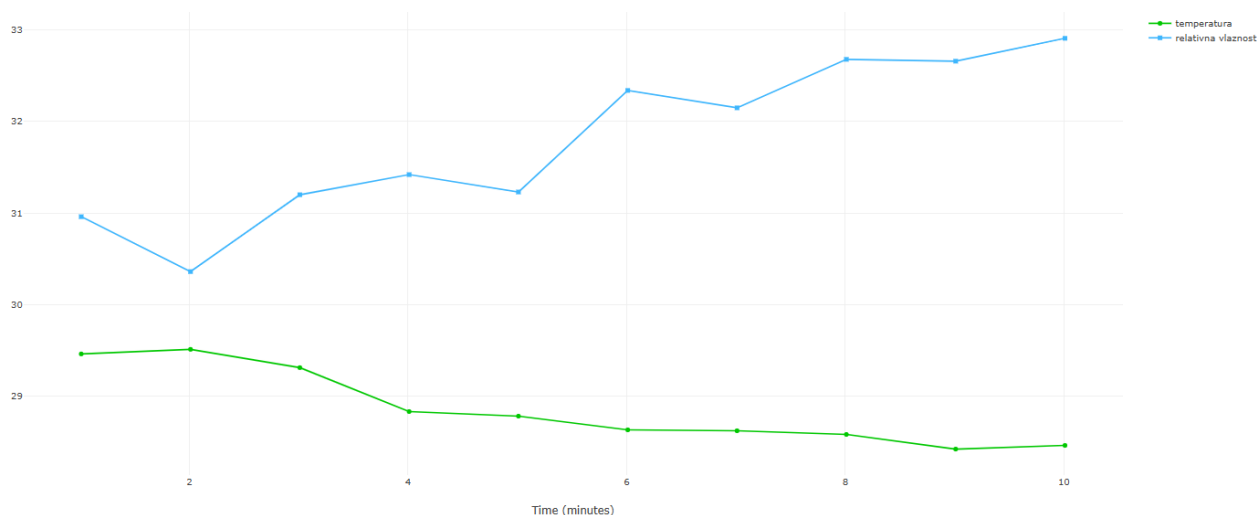
U hladu gradske šetnice: Mjerenje je obavljano za vrijeme sunčanog dana u lipnju oko 11 h.



Slika 36 Micro:bit sa priključenim enviro:bitom u hladu gradske šetnice

<b>Time (minutes)</b>	<b>temperatura</b>	<b>relativna vlažnost</b>
1.01	29.46	30.96
2.01	29.51	30.36
3.01	29.31	31.2
4.01	28.83	31.42
5.01	28.78	31.23
6.01	28.63	32.34
7.01	28.62	32.15
8.01	28.58	32.68
9.01	28.42	32.66
10.01	28.46	32.91

Slika 37 Tablični prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka u hladu gradske šetnice



Slika 38 Grafički prikaz rezultata mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka u hladu gradske šetnice

### OPAŽANJA:

Najveća prosječna temperatura uočena je na plaži, na mjestu izloženom suncu, a najmanja u hladu gradske šetnice. S druge strane, najveća vlažnost zraka zabilježena je u hladu gradske šetnice, a najmanja na plaži.

### OBJAŠNJENJA:

**Temperatura:** Na sunčanom području blizu mora, temperatura je bila najviša zbog izravne izloženosti plaže Sunčevom zračenju i apsorpcije energije tog zračenja i emitiranja u obliku infracrvenih valova. Slijedila je temperatura u hladu uz prometnicu, gdje su unatoč hladu zagrijana prometnica i vozila zagrijavali zrak u hladu. Najniža temperatura zabilježena je u hladu gradske šetnice, gdje smo imali najmanju apsorpciju Sunčevog zračenja, a time i zagrijavanje zraka.

**Relativna vlažnost:** Najveća relativna vlažnost zraka zabilježena je u hladu šetnice zbog prisutnosti tla i vegetacije kao izvora vlage i sporijeg isušivanja tla. Najmanja vlažnost je uz more, što u danom trenutku je rezultat više utjecaja kao što su isparavanje s površine mora, vjetar, isušivanje tla uslijed direktne izloženosti Sunčevom zračenju.

U nastavku se nalazi prijedlog pitanja za vrijeme nastavnog sata ukoliko se pokus odrađuje u školi.

## TIJEK NASTAVNOG SATA

### UVODNI DIO SATA

„Kada je jako vruće vani i igrate se na suncu, gdje se volite skloniti da se rashladite? Zašto mislite da je tamo hladnije?“ *(Pomaže da povežu osobno iskustvo s promjenama u temperaturi. Potiče ih da razmisle o različitim mikroklimama i uvjetima na različitim lokacijama. Učenici će moći raspravljati o osjećaju topline i hladnoće, što ih vodi do razmišljanja o utjecaju Sunčeve svjetlosti)*

„Kako mislite da se temperatura mijenja kad se preselimo iz sunčanog dijela u hlad? Zašto?“ *(U hladu nema izravnog Sunčevog svjetla koje zagrijava zrak i površine, pa zrak i površine zadržavaju (apsorbiraju i emitiraju) manje topline. Sunčeve zrake izravno zagrijavaju sve na što padnu, pa su sunčana mjesta toplija.)*

„Mislite li da različite lokacije u istom gradu mogu utjecati na temperaturu i vlažnost zraka?“

„Koje varijable utječu na klimatske uvjete na različitim mjestima u istome gradu?“ *(Blizina prometnica ili vode, okruženje zelenilom ili zgradama, visina, ...)*

„Što mislite da ćemo otkriti kada usporedimo te lokacije?“ *(Da su centar grada i područja s puno asfalta i prometa toplija od zelenih površina. Da su mjesta blizu vode hladnija ili vlažnija. Da su viša područja hladnija od nižih područja., ...)*

### SREDIŠNJI DIO SATA

Nastavnik zapisuje na ploču istraživačko pitanje:

**IP: Kako različite lokacije utječu na klimatske elemente (temperatura, relativna vlažnost)?**

„Kako bismo mogli istražiti razlike u okolini između različitih lokacija unutar istog grada?“  
Podjela učenika u manje grupe/parove i određivanje lokacija gdje će izvršiti mjerenja. Nakon izvršenih mjerenja podaci se učitavaju na računalo i slijedi rješavanje listića „Utjecaj različitih lokacija na klimatske elemente“.

## ZAVRŠNI DIO SATA

„Jesu li rezultati našeg pokusa potvrdili naša očekivanja o klimatskim uvjetima na različitim lokacijama?“

„Kako bi raznolikost klimatskih elemenata unutar istog grada mogla utjecati na svakodnevni život ljudi?“

*(Energetski troškovi: Ljudi u toplijim dijelovima troše više na klima-uređaje, dok oni u hladnijim dijelovima troše više na grijanje., Aktivnosti na otvorenom: U parkovima i zelenim površinama ljudi se češće bave sportom i rekreacijom. Poljoprivreda: Toplija ili vlažnija područja mogu biti pogodnija za određene vrste biljaka, dok hladnija ili suša područja možda nisu tako pogodna.)*

„Koji su daljnji koraci koje bismo mogli poduzeti kako bismo proširili ili produbili našu analizu klimatskih uvjeta na različitim lokacijama?“

*(Postaviti više senzora za različite varijable, mjeriti na više lokacija, duže mjeriti, ...)*

## POKUS: Utjecaj različitih lokacija na klimatske elemente

U ovom pokusu mjerit će se temperatura i relativna vlažnost zraka na različitim lokacijama (npr. park, šuma, grad, blizu jezera...) pomoću micro:bita s enviro:bit pločicom.

Mjerenja se odvijaju ISTOVREMENO kako bi rezultati se rezultati mogli uspoređivati i analizirati pomoću tablica i grafova na računalu. Svaki učenik dobit će svoju lokaciju na kojoj će provoditi mjerenje u unaprijed dogovoreno vrijeme. Mjerenje kreće kada se micro:bit spoji na baterije.

\*Prije početka pokusa, micro:bitove je potrebno isprogramirati!

Na drugoj stranici nalazi se tablica u kojoj možete zabilježiti neka mjerenja.

1. Opišite lokacije na kojima su obavljena mjerenja.
2. Odredite srednju vrijednost temperature i relativne vlažnosti zraka za različite lokacije. (Uključite i interval pouzdanosti koji odražava varijaciju u temperaturi tijekom tog vremenskog perioda.)

3. Koje su moguće varijable koje su mogle utjecati na mjerenja temperature i relativne vlažnosti zraka?

*Izloženost suncu, sjena, blizina vode, urbanizacija/urbana područja, vjetar, nadmorska visina*

4. Kako Sunčeva svjetlost utječe na temperaturu i relativnu vlažnost zraka na različitim mjestima, poput sunčanog područja, sjene i blizu vode?

5. Kako bi rezultati pokusa mogli biti korisni za lokalnu zajednicu?

*Možemo pomoći gradskim planerima da bolje planiraju gradnju, da sade više drveća ili stvaraju zelene površine kako bi smanjili toplinske otoke. Ljudima u našoj zajednici možemo pomoći tako što ćemo im reći koje su lokacije bolje za uzgoj biljaka: npr. područja koja imaju više Sunčeve svjetlosti i manje vlage idealna su za uzgoj rajčica ili grožđa. Područja s visokom vlažnost zraka mogu povećati rizik od plijesni i alergija. Možemo preporučiti kako optimizirati korištenje grijanja i hlađenja u domovima kako bi se smanjili troškovi energije.*



Lokacija						
Vrijeme	T	RV	T	RV	T	RV

## 4.2. Mjerenje klimatskih elemenata unutar i izvan staklenika.

**RAZRED:** 7. i 8. razred, srednja škola

Mjere se temperatura i relativna vlažnost zraka ili samo temperatura ako nema dovoljno enviro:bit pločica. Bitno je da učenici prije nego što počnu sa samim mjerenjem budu upućeni u princip rada micro:bita i koda koji će biti korišten. Zbog vremenske ograničenosti, najbolje je da nastavnik prethodno kodira sve micro:bit uređaje koji će se koristiti ili još bolje - da kodiranje uređaja učenici odrade na satu informatike.

Cilj ovog pokusa je omogućiti učenicima razumijevanje stakleničkog učinka i njegovog utjecaja na okolinu. Želimo potaknuti učenike da razmatraju korelaciju između temperature i relativne vlažnosti zraka te da shvate kako povećana koncentracija stakleničkih plinova može utjecati na klimatske promjene. Kroz usporedbu temperature i relativne vlažnosti zraka unutar i izvan staklenika, učenici će promatrati razlike i analizirati kako staklenik stvara specifične uvjete unutar sebe. Želimo ih navesti da o mjerenjima izvan staklenika razmišljaju kao o onima u Zemljinoj atmosferi, a o mjerenjima unutar staklenika kao o onima u atmosferi s povećanom koncentracijom stakleničkih plinova.

Za potpunu provedbu ovog pokusa možda će biti potrebno više vremena nego što je dostupno u jednom školskom satu pa je dobro imati već obavljena mjerenja, ukoliko se pokus ne stigne obraditi, kako bi se učenicima pokazalo kako se temperatura ponaša u dužem vremenskom intervalu. Učenicima se mogu prikazati prethodno obavljena mjerenja za vrijeme sunčanog i oblačnog ili kišnog dana te diskutirati i o ovisnosti vremenskih uvjeta. Bez obzira na to, potrebno je demonstrirati pokus na satu tako da učenici sami vide što se događa sa mjerenim varijablama, a tek nakon toga prijeći na obradu podataka.

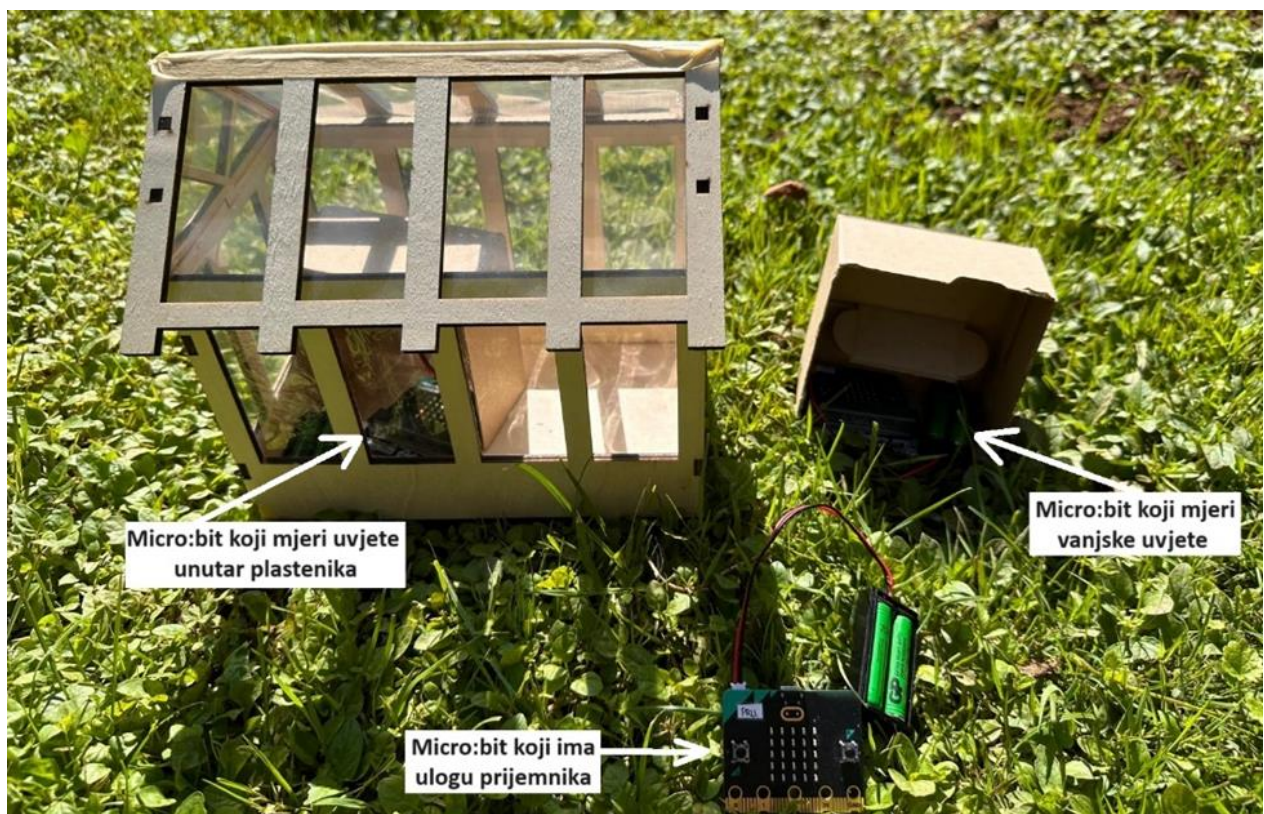
**OBLIK RADA:** rad u grupi

**PRIBOR:** 3 micro:bita, 3 priključka s baterijama, 2 enviro:bit pločice, 1 micro USB kabel, staklenik (plastenik), 2 male kutijice, računalo

**OPIS:** Prije početka pokusa, na micro:bitove je potrebno preuzeti kodove napisane u poglavlju 3.4. Dva micro:bita sa priključenim enviro:bit pločicama (i baterijama) imat će ulogu odašiljača koji mjere varijable unutar i izvan staklenika, dok će treći micro:bit služiti kao prijemnik, biti uključen u računalo te primati podatke koje mu šalju prva dva.

Pokus se prvo provodi na osunčanom mjestu. Za ispravnu izvedbu mjerenja micro:bitu treba napraviti zaklon od direktnog Sunčevog zračenja (npr. malu kutijicu prerežite na pola kao što je pokazano na slici 39). Nakon mjerenja na osunčanom mjestu, mjerni postav se prebacuje u hlad i nastavlja s prikupljanjem podataka. Prije početka mjerenja potrebno je ostvariti iste uvjete unutar i izvan staklenika, što napravimo tako da staklenik otvorimo i provjetrimo. Mjerenje počinje kada se odašiljači postave na svoja mjesta (unutar staklenika i pored njega) i svi micro:bitovi istovremeno pokrenu. Preporučljivo je da se mjerenja prikupljaju u istim vremenskim intervalima radi lakše obrade prikupljenih podataka. Izmjerene podatke moguće je pratiti na LED zaslonima odašiljača, ali i na računalu u koje je uključen prijemnik. Nakon obavljenog mjerenja slijedi obrada podataka, usporedba i rasprava o rezultatima.

### EKSPERIMENTALNI POSTAV:



Slika 39 Eksperimentalni postav u kojemu se pomoću micro:bita smještenih unutar i izvan staklenika prikupljaju podaci o temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka i šalju na micro:bit koji ima ulogu prijemnika

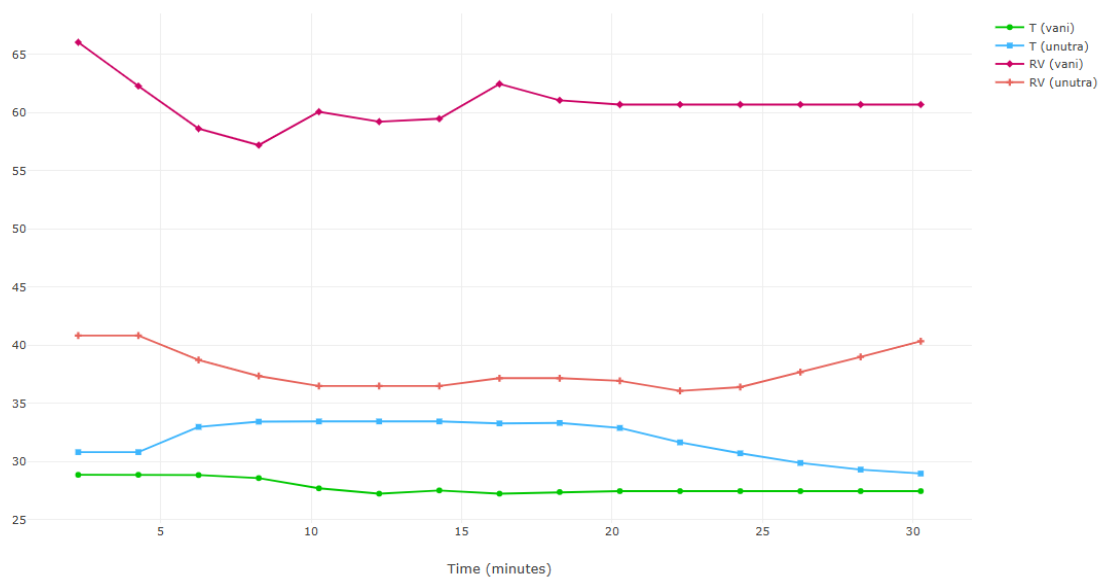
### REZULTATI MJERENJA:

Mjerenje obavljeno za vrijeme sunčanog dana u lipnju u vremenu od 16:00 do 16:30 h.

Početna temperatura iznosila je 29°C u oba slučaja. Nakon 20 minuta od početka mjerenja, postav je premješten u hlad.

Time (minutes)	T (vani)	T (unutra)	RV (vani)	RV (unutra)
2.26	28.85	30.8	66.03	40.82
4.26	28.85	30.8	62.27	40.82
6.26	28.83	32.97	58.61	38.73
8.26	28.57	33.42	57.19	37.34
10.26	27.69	33.44	60.06	36.49
12.26	27.23	33.44	59.21	36.49
14.26	27.51	33.44	59.46	36.49
16.26	27.23	33.27	62.45	37.16
18.26	27.37	33.31	61.05	37.16
20.26	27.45	32.88	60.68	36.93
22.26	27.45	31.64	60.68	36.07
24.26	27.45	30.7	60.68	36.39
26.26	27.45	29.87	60.68	37.68
28.26	27.45	29.3	60.68	38.98
30.26	27.45	28.96	60.68	40.34

Slika 40 Tablični prikaz podataka prikupljenih za vrijeme sunčanoga dana



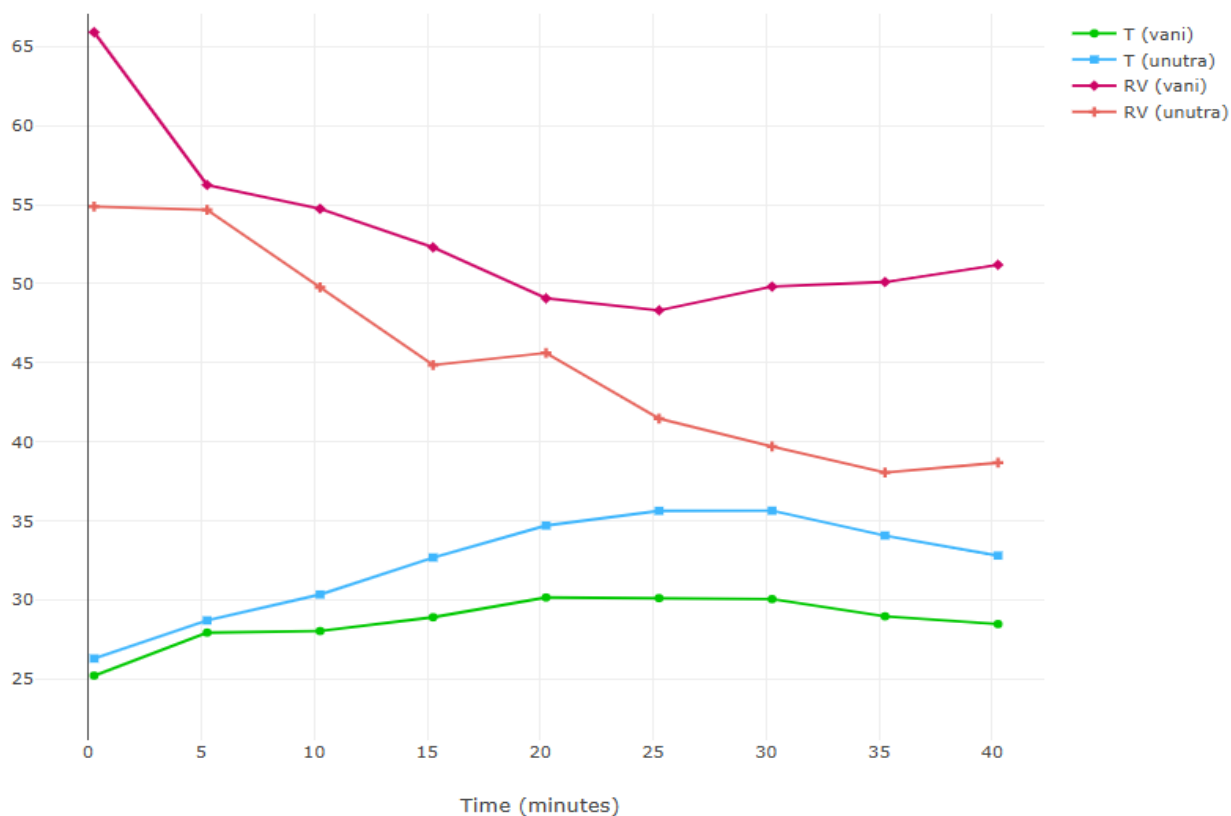
Slika 41 Grafički prikaz podataka prikupljenih za vrijeme sunčanoga dana

Mjerenje obavljeno za vrijeme oblačnog dana u lipnju u vremenu od 10:00 do 10:40 h.

U ovom slučaju postav nije bio stavljan u hlad.

Time (minutes)	T (vani)	T (unutra)	RV (vani)	RV (unutra)
0.26	25.22	26.3	65.91	54.88
5.26	27.94	28.71	56.25	54.68
10.26	28.04	30.35	54.74	49.77
15.26	28.91	32.69	52.3	44.86
20.26	30.16	34.71	49.08	45.62
25.26	30.12	35.64	48.32	41.48
30.26	30.06	35.65	49.82	39.71
35.26	28.97	34.08	50.11	38.06
40.26	28.48	32.81	51.2	38.68

Slika 42 Tablični prikaz podataka prikupljenih za vrijeme oblačnog dana



Slika 43 Grafički prikaz podataka prikupljenih za vrijeme oblačnog dana

## **OPAŽANJA:**

Uočavamo da je temperatura unutar staklenika cijelo vrijeme bila veća od vanjske. Čak i uoči oblačnog dana uočavamo značajan učinak staklenika gdje je temperatura unutar staklenika u jednom trenutku bila za više od 5 stupnjeva veća od vanjske. Relativna vlažnost zraka unutar staklenika cijelo vrijeme je manja od vanjske i u oba slučaja se smanjivala s povećanjem temperature. To je očekivano budući da topliji zrak ima veći kapacitet za zadržavanje vodene pare.

## **OBJAŠNJENJA:**

Sunčeva svjetlost ulazi kroz staklo (ili plastiku) u staklenik. Unutrašnjost staklenika (tlo, biljke) upijaju svjetlost (energiju) i pretvaraju ju u toplinu. Toplina odlazi s tla i biljaka, no u većoj mjeri zadržavaju ju staklene stijenke. To značajno podiže temperaturu zraka u stakleniku u odnosu na okolinu, čak i zimi kada je vani vrlo hladno.

Učinak staklenika na Zemlji funkcionira na sličnom principu, premda je fizika Zemljinog „stakla“ drugačija. Umjesto stakla, Zemlju okružuje atmosfera. Neki plinovi u atmosferi poput vodene pare i ugljikovog dioksida imaju ulogu Zemljinog stakla (staklenički plinovi), zadržavajući dio topline koji infracrvenim valovima nastoji otići sa površine Zemlje u svemir. Kod staklenika njegova sposobnost zadržavanja topline ovisi o izboru stakla ili plastike i samoj konstrukciji. Kod Zemlje staklenički učinak ovisi o koncentraciji stakleničkih plinova. Kako koncentracija stakleničkih plinova poput ugljikovog dioksida raste, staklenički učinak je jači i temperatura na Zemlji više raste.

### Porast temperature unutar i izvan staklenika pri direktnom izlaganju svjetlosti:

Kada Sunčeva svjetlost obasjava staklenik, dolazi do zagrijavanja tla, biljaka i zraka unutar njega. Staklo propušta Sunčeve zrake koje zagrijavaju unutarnji prostor, ali istovremeno sprječava brzo hlađenje tog prostora jer toplina ostaje zarobljena, što rezultira bržim i većim porastom temperature unutar staklenika.

### Nagli pad temperature u hladu

Kada izvodimo mjerenje u hladu, oba prostora gube toplinu. Unutar staklenika, gubitak topline je sporiji zbog zadržavanja topline, dok je izvan staklenika gubitak topline brži zbog slobodnog protoka zraka i infracrvenih valova.

### Stabilizacija temperature

Nakon inicijalnog pada temperature, oba prostora dostižu stabilnu temperaturu. No, temperatura unutar staklenika ostaje viša jer staklenik zadržava toplinu.

### Relativna vlažnost zraka

Topliji zrak može zadržati više vodene pare. Sve dok količina vodene pare u prostoru ostaje ista, povišenjem temperature relativna vlažnost zraka će se smanjivati zato što topliji zrak može zadržati više vodene pare prije nego što kondenzira. Ovo smanjuje relativnu vlažnost jer se povećava kapacitet zraka za zadržavanje vlage, a omjer trenutne količine vlage prema maksimalnoj mogućoj količini postaje manji.

NASTAVNI LISTIĆ koji prati pokus nalazi se u nastavku.

NASTAVNA PRIPREMA u kojoj se izvodi ovaj pokus se nalazi na kraju rada.

## POKUS: Mjerenje klimatskih elemenata unutar i izvan staklenika

U ovom pokusu mjerit ćete temperaturu i relativnu vlažnost zraka unutar i izvan staklenika.

Za izvedbu pokusa koristit ćete staklenik (plastenik), 3 micro:bit uređaja s priključenim baterijama, 2 enviro:bita, micro USB kabel i računalo. Osmislite kako iskoristiti dostupan pribor za izvedbu pokusa, a nakon toga na micro:bitove preuzmite potrebne kodove.

Pokus provodite na osunčanom mjestu. Postavite micro:bitove unutar i izvan staklenika. Osigurajte da su uvjeti unutar i izvan staklenika isti prije početka pokusa te prilikom uključivanja micro:bitova zabilježite prve izmjerene podatke.

Pokrenite sve micro:bitove istovremeno kako biste započeli s prikupljanjem podataka. Ukoliko želite izbrisati prethodna mjerenja na micro:bitu koji prikuplja podatke istovremeno stisnite tipke A i B. Pratite temperature unutar i izvan plastenika te bilježite rezultate. Nakon dugog izlaganja plastenika svjetlu, prenesite ga u hlad i promatrajte što se događa.

1. Objasnite ulogu svakog micro:bita koji koristite u pokusu. Što predstavlja plastenik u ovom pokusu?

*Dva micro:bita sa priključenim enviro:bit pločicama (i baterijama) – uloga odašiljača koji mjeri varijable unutar i izvan staklenika. Treći micro:bit služi kao prijemnik – uključen je u računalo i prima podatke koje mu šalju prva dva.*

Nadolazeće zadatke riješite pomoću tabličnih i grafičkih podataka prikupljenih iz provedenih mjerenja.

2. Komentirajte temperaturu tijekom vremena izloženom izvoru svjetlosti unutar staklenika u usporedbi s vanjskim prostorom.

*Temperatura unutar staklenika cijelo vrijeme je bila veća od vanjske temperature, a kako je vrijeme prolazilo ta razlika je postajala sve veća.*

3. Komentirajte relativnu vlažnost zraka tijekom vremena izloženom svjetlosti unutar staklenika u usporedbi s vanjskim prostorom.

*Relativna vlažnost zraka unutar staklenika manja je od one izvan staklenika, a kako je vrijeme prolazilo postajala je sve manja.*

4. Što se događa sa temperaturom unutar i izvan staklenika kada se nakon izlaganja svjetlosti pokus stavi u hlad?

*Nakon prebacivanja pokusa u hlad dolazi do naglog pada temperature, a nakon toga se temperatura polako smanjuje dok ne dođe do stabilne temperature. Temperatura unutar staklenika ostaje veća od one izvan staklenika.*

5. Zašto dolazi do takve promjene temperature nakon što uklonimo izvor svjetlosti?

*Kada se svjetlost smanji ili nestane, temperatura se postupno smanjuje, ali učinak staklenika i dalje djelomično zadržava toplinu, čineći temperaturne promjene manje dramatičnima.*



6. Postoji li povezanost između temperature i relativne vlažnosti zraka. (U srednjoj školi tražiti objašnjenje uz pomoć grafa)

*Relativna vlažnost zraka unutar zatvorenog staklenika pada s povećanjem temperature. Iako stvarna količina vodene pare ostaje ista, topliji zrak može zadržati više vodene pare. Ovo smanjuje relativnu vlažnost jer se povećava kapacitet zraka za zadržavanje vlage, a omjer trenutne količine vlage prema maksimalnoj mogućoj količini postaje manji.*

7. Kako mislite da bi se temperatura i relativna vlažnost zraka unutar staklenika promijenile ako bi staklenik bio izložen suncu dulje vrijeme?

*Temperatura bi postajala sve veća, a relativna vlažnost zraka sve manja.*

8. Kako mislite da bi promjena vremenskih uvjeta, poput oblačnog ili kišovitog dana, mogla utjecati na temperaturu unutar i izvan staklenika?

*Manje Sunčeve svjetlosti dolazi do staklenika, što može rezultirati nižom temperaturom unutar staklenika, dok se razlika u temperaturi između unutarnjeg i vanjskog prostora može smanjiti.*

9. Koje vremenske nepogode može uzrokovati pojačani učinak staklenika na Zemlji?

*Pojačani učinak staklenika može uzrokovati ekstremne temperature, intenzivne oluje, suše, poplave, podizanje razine mora, topljenje permafrosta, promjene u obrascima oborina (kiše, snijega, tuče) i dr., ...*

	UNUTAR STAKLENIKA		IZVAN STAKLENIKA	
vrijeme	T	RV	T	RV

### 4.3. Utjecaj koncentracije $CO_2$ na temperaturu unutar staklenika

**RAZRED:** 7. i 8. razred, srednja škola

Ovaj pokus može se provoditi u školi ili kod kuće. Bitno je da učenici prije nego što počnu sa samim mjerenjem budu upućeni u princip rada micro:bita i koda koji će biti korišten. Zbog vremenske ograničenosti, najbolje je da nastavnik prethodno kodira sve micro:bit uređaje koji će se koristiti ili još bolje - da kodiranje uređaja učenici odrade na satu informatike.

Po završetku pokusa želimo da učenici razumiju kako promjene koncentracije ugljikovog dioksida u mogu utjecati na temperaturu unutar staklenika te da razviju svijest o važnosti očuvanja ravnoteže u atmosferskim plinovima radi očuvanja klimatske stabilnosti.

Pokus je primjeren za osnovnu i srednju školu. U 8. razredu i srednjoj školi se može povezati sa kemijom, tj. mogu se razmatrati i kemijske reakcije koje se odvijaju.

**OBLIK RADA:** rad u grupi

**PRIBOR:** 3 micro:bita, 3 priključka s baterijama, 2 enviro:bit pločica, 1 micro USB kabel, dvije staklenke, voda, šumeće tablete, sterilna gaza, 2 gumice za kosu, računalo

**OPIS:**

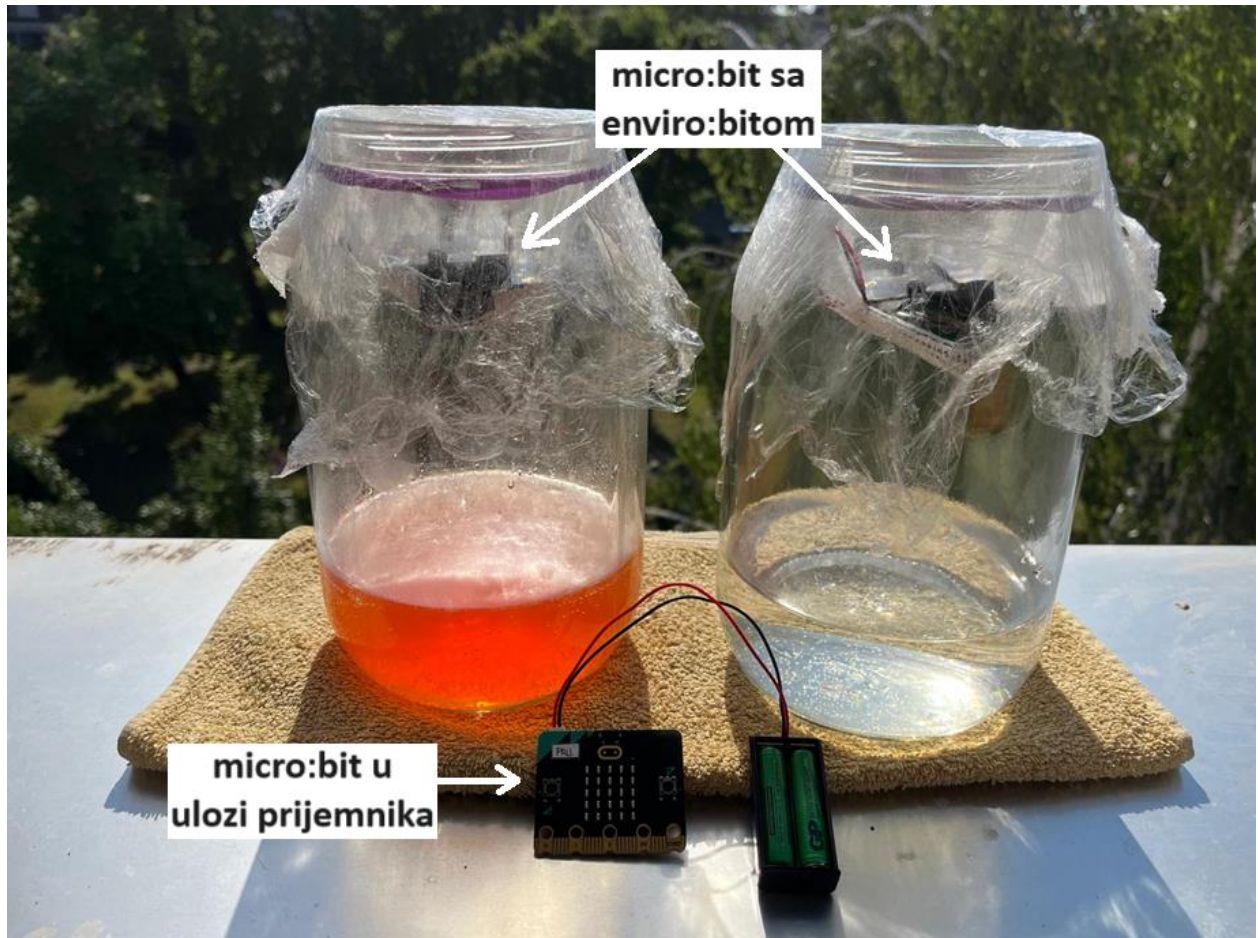
Prije početka pokusa, micro:bitove je potrebno kodirati. Nastavnik može odabrati želi li koristiti tri micro:bita povezana radio vezom (kod iz poglavlja 3.4) ili dva, pomoću kojih će se prikupljati podaci i kasnije prebaciti na računalo radi obrade (kod iz poglavlja 3.3.3). Pokus se izvodi uz prisutnost izvora svjetlosti. Potrebno je pripremiti dvije staklenke s jednakom količinom vode. Na vrh staklenki učvrstite sterilne gaze (ili plastične vrećice na kojima ste izbušili rupice) na koje ćete postaviti micro:bitove. U jednu od staklenki se dodaju se šumeće tablete. Nastaje reakcija koja stvara mjehuriće! Zatvorite staklenke sa poklopcima ili plastičnim folijama.

Učenici istovremeno izvode mjerenja. Bitno je da se mjerenja izvode u istim vremenskim intervalima radi lakše obrade prikupljenih podataka. Nakon obavljenog mjerenja slijedi obrada podataka, usporedba i rasprava o rezultatima.

### **EKSPERIMENTALNI POSTAV:**

U ovom slučaju korištene su staklenke volumena 2.5 l, 0.5 l vode i 8 šumećih tableta. Ovisno o volumenu staklenki, sugeriram nastavniku da sam procijeni koji omjer vode i šumećih tableta će koristiti.

Ukoliko staklenke pokrivete sa plastičnom folijom, zaštitite micro:bitove od direktne Sunčeve svjetlosti.

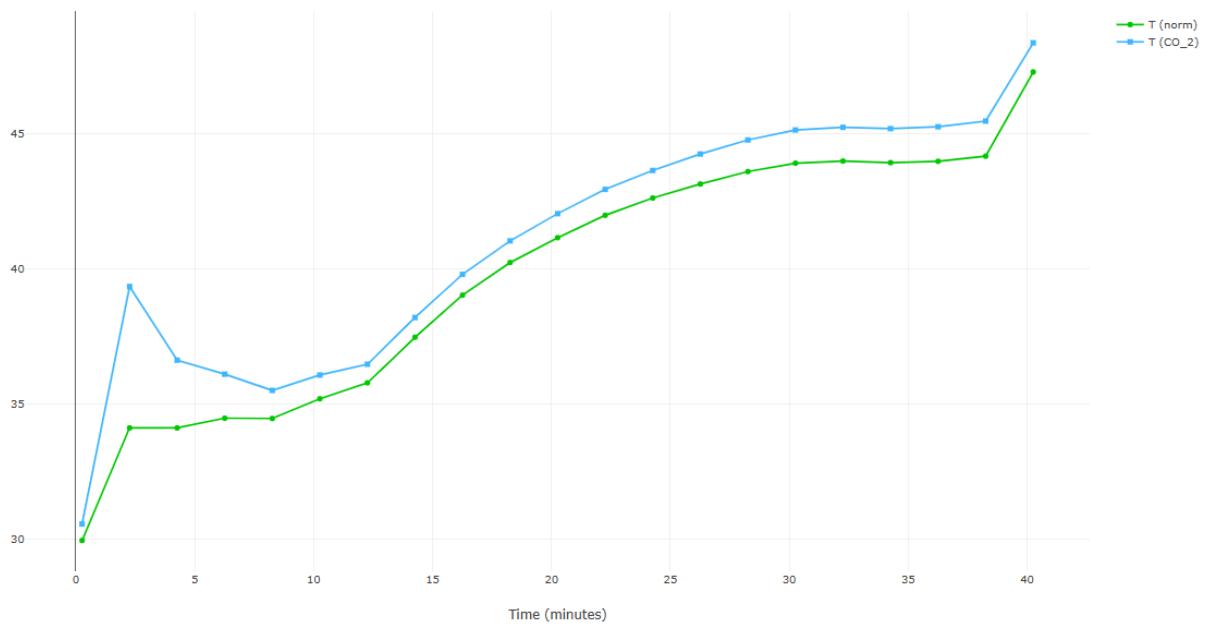


Slika 44 Eksperimentalni postav za istraživanje utjecaja ugljikovog dioksida na temperaturu. U lijevoj staklenki rastopljene su šumeće tablete u pola litre vode, a u desnoj se nalazi samo pola litre vode.

## REZULTATI MJERENJA:

Time (minutes)	T (norm)	T (CO <sub>2</sub> )
0.26	29.94	30.55
2.26	34.11	39.35
4.26	34.11	36.62
6.26	34.47	36.1
8.26	34.46	35.5
10.26	35.19	36.07
12.26	35.78	36.47
14.26	37.47	38.2
16.26	39.03	39.8
18.26	40.24	41.04
20.26	41.16	42.05
22.26	41.99	42.95
24.26	42.63	43.65
26.26	43.15	44.26
28.26	43.61	44.78
30.26	43.92	45.15
32.26	44	45.25
34.26	43.94	45.2
36.26	43.99	45.27
38.26	44.18	45.48
40.26	47.3	48.38

Slika 45 Tablični prikaz rezultata mjerenja utjecaja koncentracije CO<sub>2</sub> na klimatske elemente



Slika 46 Grafički prikaz rezultata mjerenja utjecaja koncentracije  $CO_2$  na klimatske elemente

### OPAŽANJA:

Temperature u oba staklenika su se nakon zatvaranja naglo se povisile zbog stakleničkog učinka. Nakon toga obje temperature podjednako rastu, ali je temperatura u staklenki u kojoj su rastopljene šumeće tablete uvijek veća.

### OBJAŠNENJA:

Kada se šumeće tablete otope u vodi, dolazi do kemijske reakcije u kojoj se oslobađa ugljični dioksid. Ovaj  $CO_2$  ostaje u staklenki i može se nakupiti iznad površine vode.

Kada je staklenka izložena Suncu, svjetlost se apsorbira u staklenki, a voda i površine unutar staklenke se zagrijavaju. Ova toplina se potom emitira u obliku infracrvenog zračenja.

Povećana koncentracija  $CO_2$  u staklenki pojačava učinak staklenika, odnosno zadržavanje topline zbog čega temperatura raste.

U nastavku slijede listići za učenike koji prate pokus.

Nastavna priprema u kojoj se izvodi ovaj pokus se nalazi na kraju rada.

## **POKUS: Utjecaj koncentracije CO<sub>2</sub> na temperaturu zraka unutar staklenika**

U ovom pokusu mjerit ćete temperaturu i relativnu vlažnost zraka u prisustvu povećane koncentracije ugljikovog dioksida u dogovorenom vremenskom periodu.

Za provedbu ovog pokusa trebat će vam: voda, šumeće tablete, 3 micro:bit uređaja s priključenim baterijama, 2 enviro:bit pločice, 1 micro USB kabel, dvije staklenke i računalo. Osmislite kako iskoristiti dostupan pribor za izvedbu pokusa, a nakon toga na micro:bitove preuzmite potrebne kodove.

Pokus se izvodi uz prisutnost Sunčeve svjetlosti. Pripremite dvije staklenke i osigurajte da temperature u njima budu podjednake prije početka pokusa te ih zapišite. U obje staklenke dodajte jednaku količinu vode i potom ubacite u jednu nekoliko šumećih tableta.

Pokrenite sve Micro:bitove istovremeno kako biste započeli s prikupljanjem podataka. Ukoliko želite izbrisati prethodna mjerenja na micro:bitu koji prikuplja podatke istovremeno stisnite tipke A i B.

1. Objasnite ulogu svakog micro:bita koji koristite u pokusu

*Dva micro:bita sa priključenim enviro:bit pločicama (i baterijama) – uloga odašiljača koji mjeri varijable unutar i izvan staklenika. Treći micro:bit služi kao prijemnik – uključen je u računalo i prima podatke koje mu šalju prva dva.*

2. Što se događa kada šumeća tableta dođe u dodir s vodom? Kako možete znati da se događa kemijska reakcija?

*Prilikom otapanja šumećih tableta u vodi dolazi do kemijske reakcije koja proizvodi mjehuriće plina (ugljkovog dioksida)*

3. Da biste mogli zaključiti o utjecaju CO<sub>2</sub> na temperaturu zraka što vam treba za usporedbu?

*Potrebna je referentna kontrolna točka/referentno mjerenje.*

4. Zašto je važno raditi eksperimente u zatvorenim sustavima?

*Da bismo mogli kontrolirati vanjske utjecaje i precizno mjeriti promjene.*

5. Kako osigurati valjane uvjete za provedbu ovog pokusa? Koji uvjeti moraju biti jednaki, a koji različiti?

*Obje staklenke trebaju biti napravljene od jednakog materijala, biti jednakih volumena i iste boje (prozirne). Moraju biti izložene istom izvoru svjetlosti. Mjerni uređaj (micro:bit) mora biti postavljen na otprilike jednakoj visini. Podaci se moraju početi prikupljati istovremeno i u jednakim vremenskim intervalima.*

6. Što u ovom pokusu predstavlja staklenka u kojoj se nalazi samo voda, a što ona u kojoj se nalazi voda s otopljenim šumećim tabletama?

*Staklenka u kojoj se nalazi voda predstavlja uvjete koji su slični onima u Zemljinoj atmosferi, a staklenka u kojoj su dodatno rastopljene šumeće tablete predstavlja Zemlju atmosferu s povećanom koncentracijom ugljikovog dioksida.*

Nadolazeće zadatke riješite pomoću tabličnih i grafičkih podataka prikupljenih iz provedenih mjerenja.

7. Kako Sunčeva svjetlost utječe na temperaturu zraka u staklenkama?

*Tako da dolazi do povećanja temperatura zraka unutar obje staklenke.*

8. Usporedite temperature tijekom vremena u oba staklenika za različite koncentracije  $CO_2$ .

*Temperature unutar oba staklenika su se nakon zatvaranja naglo povisile. Temperature podjednako rastu, ali je temperatura u staklenki u kojoj su rastopljene šumeće tablete uvijek veća.*

9. Zašto se temperatura u obje staklenke povećava kada ih izložite suncu? Povežite to sa učinkom staklenika na Zemlji.

*Temperatura u obje staklenke se povećava zbog apsorpcije Sunčeve svjetlosti (Sunčeve energije koja se pretvara u toplinu).*

*Kada su staklenke osunčane, Sunčeva svjetlost prolazi kroz njih na isti način kao i kroz atmosferu. Sunčeva svjetlost se apsorbira u staklenki - voda i površine unutar staklenke energiju svjetlosti pretvaraju u toplinu i zagrijavaju se. Ova toplina se potom emitira u obliku infracrvenog zračenja (kao što to radi Zemljina površina). Uslijed stakleničkog učinka dio te topline se zadržava u staklenki. Prisutnost  $CO_2$  u staklenki s tabletama pojačava učinak staklenika jer dodatno zadržava toplinu (isto se dešava u atmosferi).*

10. Na temelju svojih rezultata objasni zašto povećanje koncentracije  $CO_2$  negativno utječe na klimu?

*Povećana koncentracija  $CO_2$  uzrokuje povećanje temperature zraka. Povećanje temperature zraka mijenja relativnu vlažnost zraka. Porast temperatura uzrokuje promjene u klimatskim obrascima, uključujući toplinske valove, uragane, oluje, suše, poplave i promjene u sezonskim oborinama (kiša, snijeg, tuča). Dolazi do otapanja ledenjaka i podizanja razine mora. Višak  $CO_2$  se apsorbira u morima i štetno utječe na morske ekosustave.*

11. Na koji način je moguće smanjiti koncentracije  $CO_2$ ?

*Zamjenom fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije, povećanje energetske učinkovitosti u transportu, industriji, kućanstvima, sadnja drveća i pošumljavanje, primjena održivih poljoprivrednih metoda (npr. agrošumarstvo), promjena životnih stilova i potrošačkih navika i dr.*



12. **ZA SŠ:** Pomoću simulacije sa QR koda objasni kako staklenički plinovi reagiraju na određene valne duljine.



*Staklenički plinovi, poput ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ) i vodene pare ( $\text{H}_2\text{O}$ ) reagiraju samo na infracrveno zračenje koje dolazi sa Zemlje na način da ga apsorbiraju i reemitiraju u svim smjerovima i time dio topline zadržavaju u atmosferi.*

Vrijeme	T_norm	T_CO2

#### 4.4. Mjerenje temperature unutar staklenika i plastenika

**RAZRED:** 2. razred srednje škole

Ovaj pokus može se izvoditi u školi ili kod kuće. Bitno je da učenici prije nego što počnu sa samim mjerenjem budu upućeni u princip rada micro:bita i koda koji će biti korišten. Zbog vremenske ograničenosti, najbolje je da nastavnik prethodno kodira sve micro:bit uređaje koji će se koristiti ili još bolje - da kodiranje uređaja učenici odrade na satu informatike.

Ovim pokusom je u srednjoj školi moguće odjednom ispitati skoro sve što i u prethodna tri pokusa. Primarni cilj ovog pokusa je istražiti razlike u temperaturi unutar staklenika i plastenika te potaknuti učenike na razmišljanje o mogućim faktorima koji su mogli utjecati na rezultate. Kroz mjerenje temperature i usporedbu dobivenih rezultata, učenici će razumjeti kako različiti materijali apsorbiraju i zrače toplinu te kako to utječe na temperaturne uvjete unutar staklenika i plastenika. Na kraju, želimo da učenici sami zaključe kako se slični procesi odvijaju u Zemljinj atmosferi te na taj način shvate kako funkcionira učinak staklenika.

**OBLIK RADA:** grupni rad (po potrebi frontalni rad)

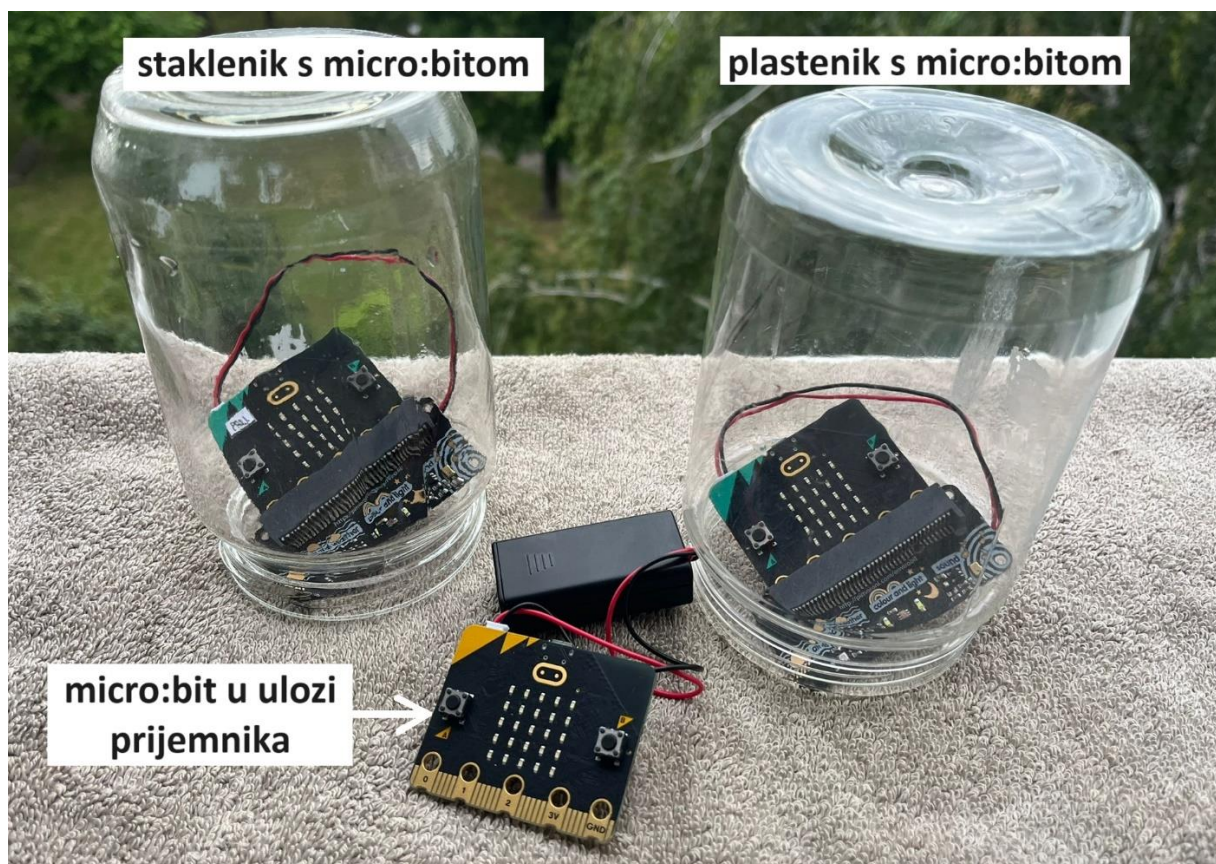
**PRIBOR:** staklenik i plastenik jednakih volumena, vaga, 3 micro:bita, 2 enviro:bit pločice, micro USB kabel, računalo

**OPIS:** Prije početka pokusa, micro:bitove je potrebno kodirati. Nastavnik može odabrati želi li koristiti tri micro:bita povezana radio vezom (kod iz poglavlja 3.4) ili samo dva, pomoću kojih će se prikupljati podaci i kasnije uključiti u računalo radi obrade (kod iz poglavlja 3.3.3). Potrebno je pripremiti plastenik i staklenik jednakih volumena te u njih postaviti micro:bitove. Promjene u temperaturi se uočavaju vrlo brzo ako su staklenik i plastenik manjih volumena pa se preporuča da interval prikupljanja podataka bude kraći (do dvije minute).

Pokus se izvodi uz prisutnost prirodnog izvora svjetlosti. Nakon dovoljno dugog izlaganja svjetlosti, postav se stavlja u hlad i nastavlja mjerenje. (Zabilježite nakon koliko vremena od početka pokusa!)

Bitno je da učenici istovremeno izvršavaju mjerenja unutar staklenika i plastenika te da se mjerenja prikupljaju u istim vremenskim intervalima radi lakše obrade prikupljenih podataka. Nakon obavljenog mjerenja slijedi obrada podataka, usporedba i rasprava o rezultatima.

## EKSPERIMENTALNI POSTAV:



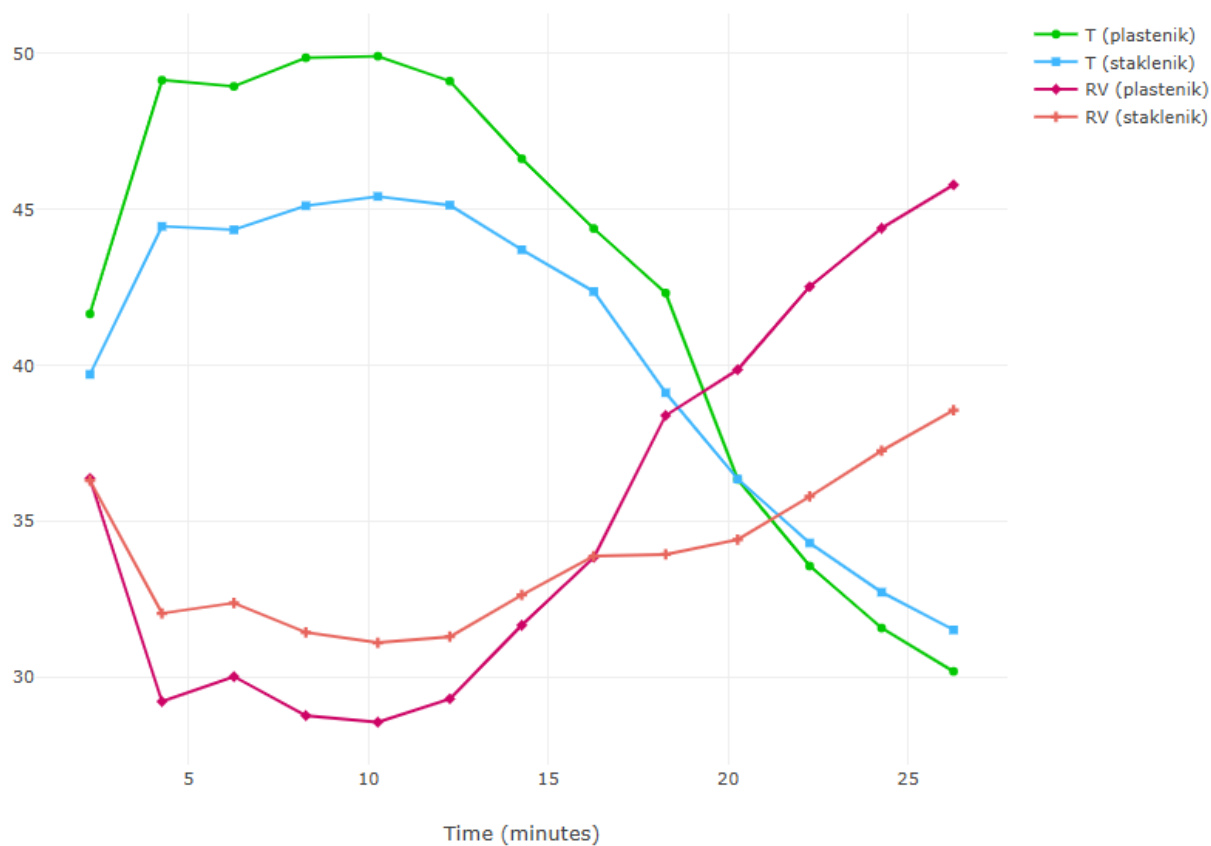
Slika 47 Eksperimentalni postav za istraživanje temperatura pomoću micro:bita unutar staklenika (lijevo) i plastenika (desno).

## REZULTATI MJERENJA:

Mjerenja su provedena u lipnju, za vrijeme sunčanoga dana, između 13:00 i 13:30 h. Početna temperatura iznosila je 37°C.

Time (minutes)	T (plastenik)	T (staklenik)	RV (plastenik)	RV (staklenik)
2.26	41.65	39.71	36.37	36.3
4.26	49.15	44.46	29.21	32.04
6.26	48.95	44.35	30.01	32.37
8.26	49.87	45.12	28.76	31.43
10.26	49.92	45.42	28.55	31.1
12.26	49.12	45.14	29.3	31.29
14.26	46.63	43.71	31.66	32.63
16.26	44.39	42.37	33.84	33.88
18.26	42.32	39.12	38.39	33.93
20.26	36.34	36.35	39.86	34.41
22.26	33.56	34.3	42.52	35.79
24.26	31.57	32.72	44.4	37.26
26.26	30.18	31.51	45.79	38.56

Slika 48 Tablični prikaz mjerenja unutar staklenika i plastenika



Slika 49 Grafički prikaz mjerenja unutar staklenika i plastenika

### **OPAŽANJA:**

Unutar samo pola sata uočavaju se značajne promjene u temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka.

Temperatura prije zatvaranja staklenika i plastenika iznosila je 37°C. U oba slučaja uočavamo nagle poraste temperature unutar prvih nekoliko minuta nakon zatvaranja staklenika. Nakon toga temperatura i dalje raste, ali sporije. Temperatura unutar plastenika cijelo vrijeme je veća od one unutar staklenika.

Nakon 12 minuta je postav premješten u hlad te je vidljivo da se temperatura vrlo brzo počinje smanjivati. U 20. minuti od početka mjerenja se temperature izjednačavaju, a nakon toga temperatura unutar plastenika postaje manja od one u stakleniku. Relativna vlažnost zraka ovisna je o temperaturi na način da povećanjem temperature dolazi do smanjenja relativne vlažnosti zraka.

### **OBJAŠNJENJA:**

U ovom slučaju korištene su dvije posude jednakih volumena od različitih materijala, staklena mase 324 g i plastična 50 g. Obje posude su prozirne i zatvorene, što je preduvjet za pojavu stakleničkog učinka. U pokusima, oba postava su izloženi istoj svjetlosti.

Jedan od faktora koji utječe na funkcioniranje stakleničkom učinka u ovim pokusima je materijal od kojeg je napravljen staklenik, odnosno plastenik. Pri tome možemo razlikovati specifični toplinski kapacitet materijala koji definira sposobnost primanja i otpuštanja topline. Količina topline koju neko tijelo primi je  $Q = mc\Delta T$ , gdje je  $m$  masa tijela,  $c$  specifični toplinski kapacitet, a  $\Delta T$  promjena temperature. Plastenik ima manju masu i nešto veći toplinski kapacitet.

U nastavku se nalazi prijedlog pitanja koje je moguće postavljati tijekom nastavnog sata:

## TIJEK NASTAVNOG SATA

### UVODNI DIO

„Kako materijal od kojeg je izrađen vaš prozor kod kuće može utjecati na unutarnju temperaturu prostorije tijekom ljeta i zime?“

*(Drveni i PVC okviri imaju bolju toplinsku izolaciju prostora u kući u odnosu na vanjski. Dodatno, obično staklo bolje vodi toplinu od dvostrukog ili trostrukog stakla.)*

„O čemu ovisi koliko će Sunčeve svjetlosti proći kroz neki materijal?“

*(Propusnost svjetlosti ovisi o debljini, boji i vrsti materijala, nekim premazima, ...)*

„Kako različiti materijali akumuliraju i zadržavaju toplinu?“

*(To ovisi o toplinskom kapacitetu i termičkoj vodljivosti materijala. Tako beton ima veći toplinski kapacitet od drva, ali i veću termičku vodljivost.) Građevinski materijali poput betona i cigle više akumuliraju i dugo zadržavaju toplinu, dok drvo brže ispušta toplinu.*

### SREDIŠNJI DIO

„Možete li smisliti neki pokus kojim bi mogli ispitati kako različiti materijali zadržavaju toplinu?“ *(Učenici iznose svoje ideje.)*

Na ploču zapisujemo istraživačko pitanje

**IP: Kako različiti materijali akumuliraju i zadržavaju toplinu?**

„Kako osigurati konzistentnost pokusa?“

„Koje su vaše hipoteze u vezi s razlikama u temperaturi između staklenika i plastenika?“

Učenicima se podijele listići „*Mjerenje temperature unutar staklenika i plastenika*“. Slijedi izvođenje pokusa i rješavanje listića. Pokus se može pripremiti kao frontalni pokus koji će izvršavati prozvani učenici ili kao rad u grupi. Nakon što riješe listić, učenici sa nastavnikom prolaze kroz listić i rješavaju nedoumice.

### ZAVRŠNI DIO

U završnom dijelu učenici rješavaju listić „*učinak staklenika*“.

## **POKUS: Mjerenje temperature unutar staklenika i plastenika**

U ovom pokusu mjerit ćete temperaturu i relativnu vlažnost zraka unutar plastenika i staklenika.

Za provedbu ovog pokusa trebat će vam: staklenik i plastenik jednakih dimenzija, 3 micro:bit uređaja s priključenim baterijama, 2 enviro:bit pločice, 1 micro USB kabel i računalo. Osmislite kako iskoristiti dostupan pribor za izvedbu pokusa, a nakon toga na micro:bitove preuzmite potrebne kodove.

Pokus se izvodi uz prisutnost prirodnog izvora svjetlosti. Pripremite staklenik i plastenik i osigurajte da temperature unutar njih budu jednake vanjskoj temperaturi prije nego što započnete mjerenja te ih zabilježite.

Pokrenite micro:bitove istovremeno i potom zatvorite staklenik i plastenik kako biste započeli s prikupljanjem podataka. Ukoliko želite resetirati sve prikupljene podatke, na micro:bitu koji prikuplja podatke istovremeno pritisnite tipke A i B. Nakon što su plastenik i staklenik dovoljno dugo stajali na svjetlosti (ako koristite staklenik i plastenik manjih volumena promjene će biti vidljive već u 15ak minuta) stavite ih u hlad i nastavite s mjerenjem.

1. Objasnite ulogu svakog micro:bita koji koristite u pokusu.

*Dva micro:bita sa priključenim enviro:bit pločicama (i baterijama) – uloga odašiljača koji mjeri varijable unutar i izvan staklenika. Treći micro:bit služi kao prijemnik – uključen je u računalo i prima podatke koje mu šalju prva dva.*

2. Kako osigurati valjane uvjete za provedbu ovog pokusa? Koji uvjeti moraju biti jednaki, a koji različiti?

*Trebaju nam staklena i plastična posuda jednakih volumena i iste boje (prozirne). Moraju biti izložene istom izvoru svjetlosti. Mjerni uređaj (micro:bit) mora biti postavljen na otprilike jednakoj visini. Podaci se moraju početi prikupljati istovremeno i u jednakim vremenskim intervalima.*

3. Na koje sve načine se toplina prenosi unutar staklenika?  
Možete li objasniti kako svaki od tih načina doprinosi održavanju temperature u stakleniku? – **za SŠ**

*Zračenje, kondukcija i konvekcija.*

*Zračenje: Glavni izvor topline dolazi od Sunčevog zračenja koje prolazi kroz stijenke staklenika i zagrijava unutrašnjost staklenika. Zagrijana unutrašnja površina emitira infracrveno zračenje (toplinsko zračenje) koje ne prolazi lako kroz stijenke staklenika pa zbog toga pomažu u održavanju topline unutar staklenika.*

*Konvekcija: Kruženje toplog zraka pomaže u ravnomjernoj distribuciji topline unutar staklenika, čime se sprječavaju hladne točke i osigurava stabilna temperatura.*

*Kondukcija: Omogućuje prijenos topline kroz stijenke staklenika i između površina unutar staklenika, doprinoseći dodatnoj stabilnosti temperature.*

4. Usporedi temperature unutar staklenika i plastenika tijekom vremena dok su izloženi svjetlosti.

*Temperatura unutar staklenika je cijelo vrijeme manja od one unutar plastenika, ali obje temperature s vremenom rastu.*

5. Što se događa s temperaturama unutar staklenika i plastenika nakon što ih stavite u hlad? Gdje se toplina duže zadržala?

*Temperature se počinju smanjivati, ali temperatura u plasteniku smanjuje se brže od one u stakleniku. Toplina se duže zadržava u stakleniku.*

6. Objasni povezanosti između temperature i relativne vlažnosti zraka. Što misliš koji je mogući razlog tome?

*Relativna vlažnost zraka pada s povećanjem temperature. (Iako stvarna količina vodene pare ostaje ista, topliji zrak može zadržati više vodene pare. Ovo smanjuje relativnu vlažnost jer se povećava kapacitet zraka za zadržavanje vlage, a omjer trenutne količine vlage prema maksimalnoj mogućoj količini postaje manji.)*

7. Kako karakteristike staklenika i plastenika utječu na unutarnju temperaturu?

$$m_{\text{staklenik}} = 324 \text{ g}, m_{\text{plastenik}} = 50 \text{ g}, c_{\text{staklo}} = 0,84 \text{ J/g}^\circ\text{C}, c_{\text{plastika}} = 1,0 - 2,5 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

*Obje posude su prozirne i zatvorene, pa oba materijala propuštaju Sunčevu svjetlost i zadržavaju toplinu unutra. Količina topline koju neko tijelo primi ili otpusti opisana je formulom  $Q = mc\Delta T$ . Masa i materijal od kojeg su staklenik/plastenik napravljeni imaju ključnu ulogu u tome koliko će se temperatura povisiti.*

8. Što mislite, kako procese unutar staklenika možemo usporediti s načinom na koji Zemljina atmosfera zadržava toplinu? Kako nazivamo taj fenomen?

*Procesi unutar staklenika mogu se usporediti s načinom na koji Zemljina atmosfera zadržava toplinu kroz fenomen poznat kao učinka staklenika.*

9. Kako bi se vaša opažanja o staklenicima/plastenicima mogla povezati s načinom na koji se Zemljina atmosfera ponaša? Što mogu predstavljati staklenik i plastenik? Koji su to elementi koji pridonose zadržavanju topline?

*Staklenici/plastenici zadržavaju toplinu jer prozirne stijenke propuštaju Sunčevu svjetlost i sprečavaju izlazak dijela topline. Zemljina atmosfera radi slično: staklenički plinovi ( $\text{CO}_2$ , metan, vodena para) zadržavaju dio topline koja odlazi prema svemiru (šaljući ga nazad na Zemlju). Staklenik i plastenik predstavljaju model Zemljine atmosfere, gdje prozirne stijenke imaju ulogu stakleničkih plinova. Način na koji se zagrijava staklenik sličan povišenom udjelu stakleničkih plinova u atmosferi, a način na koji se zagrijava plastenik kao da je još veći udio stakleničkih plinova prisutan.*

10. Na temelju pokusa, što mislite kako povećanje koncentracije određene tvari u atmosferi može utjecati na globalne temperature? Koje tvari su vam poznate da imaju sličan učinak kao materijali u stakleniku?

*Povećanje koncentracija stakleničkih plinova ( $\text{CO}_2$ , metan, vodena para) u atmosferi uzrokuje porast globalnih temperatura jer zadržavaju više topline.*



Vrijeme	UNUTAR PLASTENIKA	UNUTAR STAKLENIKA

## 5. Nastavna priprema iz fizike

<b>ŠKOLA</b>		<b>BR. NASTAVNIH SATI</b>	2
<b>PREDMET</b>		<b>ŠK. GODINA</b>	
<b>NASTAVNIK</b>		<b>DOMENA</b>	D - energija
<b>RAZRED</b>	7	<b>NASTAVNA JEDINICA</b>	Učinak staklenika

<b>ODGOJNO – OBRAZOVNI ISHOD</b>	<b>RAZRADA ODGOJNO – OBRAZOVNOG ISHODA</b>
<b>FIZ OŠ A.7.7.</b> Objašnjava agregacijska stanja i svojstva tvari na temelju njihove čestične građe.	Objašnjava različite načine širenja topline unutar staklenika.
<b>FIZ OŠ D.7.9.</b> Povezuje promjenu unutarnje energije i toplinu.	Prepoznaje i definira učinak staklenika. Skicom objašnjava osnovni princip zadržavanja topline u staklenicima. Imenuje stakleničke plinove. Objašnjava fenomen učinka staklenika i zakone fizike koji stoje iza njega. Analizira utjecaj staklenika na Zemljinu atmosferu i klimu, naglašavajući njegovu važnost za život na Zemlji. Analizira kako različite lokacije i vremenski uvjeti utječu na temperaturu i vlažnost zraka. Uspoređuje klimatske elemente unutar i izvan staklenika. Objašnjava kako ljudske aktivnosti utječu na klimatske promjene.
<b>FIZ OŠ D.7.10.</b> Istražuje fizičke pojave.	Istražuje kako različite lokacije i vremenski uvjetu utječu na klimatske elemente. Istražuje razlike u klimatskim elementima unutar i izvan staklenika. Istražuje kako različite koncentracije stakleničkih plinova utječu na klimatske elemente kao što su temperatura i vlažnost zraka Istražuje pojavu pomoću računalne simulacije. Istražuje pojavu izvodeći učenički pokus. Istražuje pojavu s pomoću demonstracijskog pokusa.
<b>FIZ OŠ D.7.11.</b> Rješava fizičke probleme.	Procjenjuje utjecaj različitih uvjeta na klimatske elemente.

	<p>Interpretira podatke o klimatskim elementima dobivenim tijekom pokusa.          Raspravlja o važnosti razumijevanja učinaka staklenika za Zemlju i okoliš.</p>
<b>MEĐUPREDMETNI ISHODI:</b>	
<b>Osobni i socijalni razvoj</b>	<p>A.3.3. Učenik razvija osobne potencijale.          A.3.4 Upravlja svojim obrazovnim i profesionalnim putem.          B.3.2. Razvija komunikacijske kompetencije i uvažavajuće odnose s drugima.          B.3.4. Suradnički uči i radi u timu.</p>
<b>Učiti kako učiti</b>	<p>A.3.1. Učenik samostalno traži nove informacije iz različitih izvora, transformira ih u novo znanje i uspješno primjenjuje pri rješavanju problema.          A.3.2. Učenik se koristi različitim strategijama učenja i primjenjuje ih u ostvarivanju ciljeva učenja i u rješavanju problema u svim područjima učenja uz učiteljevo povremeno praćenje.          A.3.3. Učenik samostalno oblikuje svoje ideje i kreativno pristupa rješavanju problema.          B.3.4. Učenik samovrednuje proces učenja i svoje rezultate, procjenjuje ostvareni napredak te na temelju toga planira buduće učenje.</p>
<b>Uporaba IKT-a</b>	<p>A.3.2. Učenik se samostalno koristi raznim uređajima i programima.          C.3.2. Učenik samostalno i djelotvorno provodi jednostavno pretraživanje, a uz učiteljevu pomoć složeno pretraživanje informacija u digitalnome okružju.          C.3.3. Učenik samostalno ili uz manju pomoć učitelja procjenjuje i odabire potrebne među pronađenim informacijama.          C.3.4. Učenik uz učiteljevu pomoć ili samostalno odgovorno upravlja prikupljenim informacijama.          D.3.3. Učenik stvara nove uratke i ideje složenije strukture.</p>
<b>Održivi razvoj</b>	<p>A.3.3. Razmatra uzroke ugroženosti prirode.          B.3.1. Prosuđuje kako različiti oblici djelovanja utječu na održivi razvoj.          B.3.2. Sudjeluje u aktivnostima koje promiču održivi razvoj u školi, lokalnoj zajednici i šire.          C.3.1. Može objasniti kako stanje u okolišu utječe na dobrobit.</p>
<b>Poduzetništvo</b>	<p>A.3.1. Učenik primjenjuje inovativna i kreativna rješenja.</p>

<b>VRSTA NASTAVE</b>	Istraživački usmjerena nastava
<b>NASTAVNE METODE</b>	Metoda razgovora Učeničko izvođenje pokusa Metoda pisanja/crtanja
<b>OBLICI RADA</b>	Frontalni Rad u grupi

<b>KORELACIJA S DRUGIM PREDMETIMA</b>	
<b>INFORMATIKA</b>	A.7.3 prikuplja i unosi podatke kojima se analizira neki problem s pomoću odgovarajućega programa, otkriva odnos među podacima koristeći se različitim alatima programa te mogućnostima prikazivanja podataka B.7.4 koristi se simulacijom pri rješavanju nekoga, ne nužno računalnoga, problema. C.7.1 koristi i upoznaje se s različitim platformama i programima, koje prema potrebi pronalazi i instalira
<b>KEMIJA</b>	OŠ A.7.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš. OŠ B.7.1. Analizira fizikalne i kemijske promjene OŠ C.7.3. Procjenjuje učinkovitost i utjecaj različitih izvora energije na okoliš.

### **NASTAVNA POMAGALA I SREDSTVA**

Potreban pribor naveden je u poglavljima o pojedinim pokusima.

### **TIJEK NASTAVNOG SATA**

UVODNI DIO: (20 minuta)

„Jeste li ikada razmišljali o tome od kuda dolaze voće i povrće koje jedete po zimi kada je vani prehladno za njihov uzgoj?“

*(Voće i povrće po zimi dolazi iz toplijih krajeva ili je uzgojeno u staklenicima.)*

„Jesi li ikad imao/la priliku ući u staklenik? Kakva je temperatura unutar staklenika u odnosu na vanjsku temperaturu zraka? Zašto je to tako?“

*(Da, temperatura unutar staklenika je obično viša od vanjske temperature jer staklo propušta Sunčevu svjetlost koja grije zrak unutar staklenika.)*

„Možemo li uvjete u stakleniku usporediti s nekim prirodnim fenomenom ili okolnostima koje ste primijetili na Zemlji?“  
*(Uvjete u stakleniku možemo usporediti sa učinkom staklenika. Slično kao što staklenik zadržava toplinu unutar sebe kako bi biljke rasle optimalno, tako i fenomen učinak staklenika zadržava toplinu oko Zemlje.)*

Nastavnik prolazi sa učenicima kroz ključne elemente s listića „STAKLENIK“ i „UČINAK STAKLENIKA“ koji su se učenicima dao na prethodnom satu za zadaću kao priprema i uvod u ovaj sat. (Nalaze se u nastavku dodataka)

„Kakav bi mi pokus mogli napraviti pomoću micro:bita da bi mogli promatrati učinak staklenika unutar staklenika?“ *(Učenici iznose svoje ideje.)*

„Jeste li čuli za staklenički učinak u kontekstu klimatskih promjena? Kako znamo da se klima mijenja? Objasnite.“  
*(Znamo da se klima mijenja jer imamo više ekstremnih vremenskih uvjeta, poput suša, poplava, jakih oluja...)*

„Postoje li neke aktivnosti koje su odgovorne za povećanje koncentracije pojedinih plinova u atmosferi?“  
*(Da, vožnja automobila, tvornice i elektrane ispuštaju štetne plinove, sječa drveća smanjuje broj biljaka koje mogu apsorbirati CO<sub>2</sub>, poljoprivreda, ...)*

„Možete li smisliti neki pokus kojim bi pomoću micro:bita mogli ispitati kako povećana koncentracija nekog stakleničkog plina utječe na klimu?“ *(Učenici iznose svoje ideje.)*

**SREDIŠNJI DIO:** (60 minuta)

Na ploču zapisujemo istraživačka pitanja:

**IP: Kako se klimatski uvjeti unutar staklenika razlikuju od onih izvan njega?**

**IP: Kako povećana koncentracija ugljikovog dioksida utječe na temperaturu i vlažnost zraka?**

Učenike podijelimo u grupe tako da polovica razreda provodi pokus „Mjerenje klimatskih elemenata unutar i izvan staklenika“, a druga polovica pokus „Utjecaj koncentracije CO<sub>2</sub> na klimatske elemente unutar staklenika“.

Učenicima se podijele listići koji prate njihove pokuse (nalaze se među dodacima nakon nastavne pripreme). Slijedi istraživanje i rješavanje listića.

Prozvani učenici predstavljaju razredu pokus koji su obrađivali.

**ZAVRŠNI DIO:** (10 minuta)

„Objasnite kako učinak staklenika pomaže pri održavanju života na Zemlji?“  
*(Učinak staklenika zadržava toplinu u atmosferi, održavajući Zemlju dovoljno toplom za život biljaka, životinja i ljudi.)*

„Kako bi Zemljina temperatura bila drugačija bez učinka staklenika?“  
*(Bez učinka staklenika, Zemlja bi bila prehladna za život.) Nastavnik može spomenuti kako se računski može izračunati da bi temperatura bez učinka staklenika bila -*

18°C.

„Da se ljudska civilizacija nikada nije razvila na Zemlji, bi li postojao učinak staklenika? Objasnite.“

*(Da, učinak staklenika bi postojao jer staklenički plinovi prirodno postoje u atmosferi iz izvora poput vulkana i oceana. Ljudske aktivnosti samo pojačavaju ovaj učinak.)*

Ovdje se može spomenuti i Venera kao planet sa jednim od najekstremnijim primjerima učinka staklenika u Sunčevom sustavu. Njezina atmosfera jako je gusta, čini ju više od 96% ugljikovog dioksida te je zbog toga prosjek temperature oko 460°C (više nego na Merkur koji je najbliži Suncu). Proučavanje Venere pomaže razumjeti potencijalne posljedice klimatskih promjena na Zemlji.

# STAKLENIK

1. Što je staklenik? (Kratko opišite.)

*Staklenik je struktura napravljena od stakla ili drugih prozirnih materijala koja se koristi za uzgoj biljaka u kontroliranim uvjetima.*

2. Kako staklenik pomaže biljkama da rastu tijekom cijele godine?

*Staklenik pruža stabilne temperature i štiti biljke od hladnoće, vjetra i kiše, omogućujući im rast i u nepovoljnim vremenskim uvjetima.*

3. Kako staklenik koristi Sunčevu svjetlost da bi zagrijao unutrašnjost?

*Sunčeva svjetlost prolazi kroz staklo i zagrijava tlo i zrak unutar staklenika. Staklo zadržava tu toplinu unutar strukture.*

4. Zašto se toplina unutar staklenika ne može lako osloboditi?

*Toplina se zadržava unutar staklenika jer staklo sprječava njezino lako ispuštanje. Staklo djeluje kao barijera koja zadržava toplinu unutar strukture.*

5. Što se događa sa uvjetima u stakleniku nakon što padne mrak?

*Nakon zalaska sunca, temperatura unutar staklenika počinje padati jer gubi toplinu Sunca, ali ostaje toplija od vanjske okoline. Staklenik i dalje pruža zaštitu biljkama od hladnoće.*

6. Na koje sve načine se toplina prenosi unutar staklenika? Možete li objasniti kako svaki od tih načina doprinosi održavanju temperature u stakleniku?

*Zračenje, kondukcija i konvekcija.*

*Zračenje: Glavni izvor topline dolazi od Sunčevog zračenja koje prolazi kroz stijenke staklenika i zagrijava unutrašnjost staklenika. Zagrijana unutrašnja površina emitira toplinsko zračenje koje ne prolazi lako kroz stijenke staklenika.*

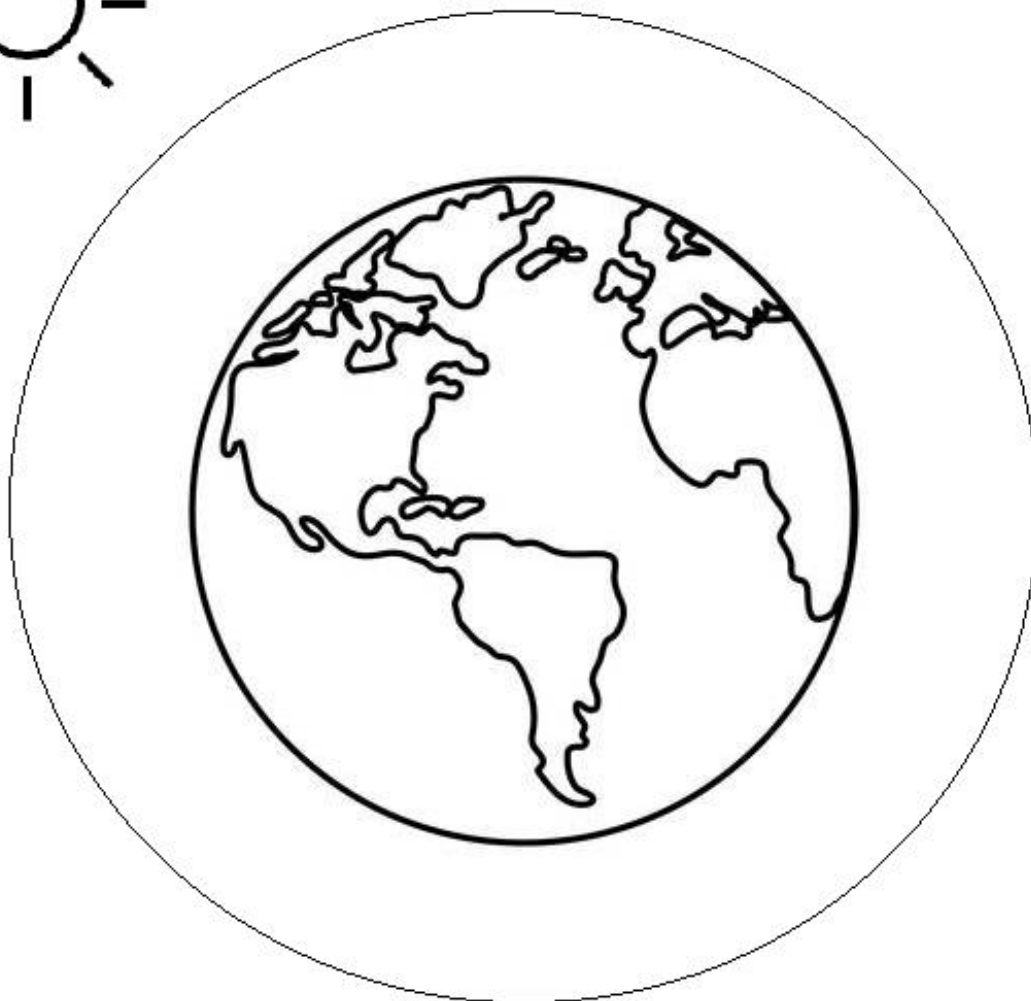
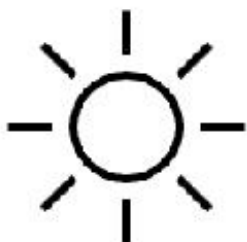
*Konvekcija: Kruženje toplog zraka pomaže u ravnomjernoj distribuciji topline unutar staklenika, čime se sprječavaju hladne točke i osigurava stabilna temperatura.*

*Kondukcija: Omogućuje prijenos topline kroz stijenke staklenika i između površina unutar staklenika, doprinoseći dodatnoj stabilnosti temperature.*

## UČINAK STAKLENIKA

Slično kao što staklenik zadržava toplinu unutar sebe kako bi biljke rasle optimalno, tako i prirodni fenomen „**učinak staklenika**“ zadržava toplinu na Zemlji kako bi održao povoljne uvjete za život na planetu.

Na slici se nalaze Sunce i Zemlja sa pripadnom atmosferom. Pomoću pitanja i simulacije sa QR koda objasni ključne dijelove koji pomažu u zadržavanju topline.



1. Kako Sunčeva svjetlost dolazi do Zemlje. Nacrtajte žute svjetlosne zrake koje putuju prema Zemlji.

*Sunčeva svjetlost je val (elektromagnetski val) koji putuje kroz svemir i prenosi energiju.*

2. Što se događa kada Sunčeva svjetlost dođe do Zemlje? Skicirajte to pomoću debelih kosih crtica.

*Zemljina površina apsorbira energiju Sunčeve svjetlosti, i pretvara ju u toplinu.*



3. Što se događa s toplinom koju Zemlja isijava? Nacrtajte narančaste strelice koje prikazuju što se događa s toplinom.

*Toplina koju Zemlja isijava dijelom odlazi u svemir, ali dio te topline zadržavaju staklenički plinovi u atmosferi. (8. razred: Zemlja emitira dugovalno, infracrveno zračenje)*

4. Zašto se dugovalno infracrveno zračenje ne može lako probiti kroz atmosferu kao što može Sunčeva svjetlost? - **PITANJE ZA SŠ**

*Dugovalno infracrveno zračenje ne može lako proći kroz atmosferu jer ga staklenički plinovi apsorbiraju i ponovno emitiraju. Sunčeva svjetlost (kratkovalno zračenje) prolazi kroz atmosferu jer se ti plinovi ne apsorbiraju značajno na tim valnim duljinama.*

5. Kako atmosfera djeluje poput staklenika? (Razmisli o tome kako zadržava toplinu.)

*Atmosfera djeluje poput staklenika jer staklenički plinovi zadržavaju toplinu koja dolazi sa Zemljine površine, sprječavajući da sva ode natrag u svemir. Staklenički plinovi na Zemlji imaju ulogu kao staklo kod staklenika.*

6. Nabroji stakleničke plinove.

*Glavni staklenički plinovi su ugljični dioksid ( $CO_2$ ), metan ( $CH_4$ ), vodena para ( $H_2O$ ) i dušikov oksid ( $N_2O$ ).*

7. Zašto su staklenički plinovi važni za održavanje života na Zemlji?

*Staklenički plinovi zadržavaju toplinu u atmosferi, održavajući Zemlju toplijom nego što bi bila bez njih, što omogućava postojanje tekuće vode i životnih uvjeta.*

8. Koju ulogu u učinku staklenika imaju oblaci?

*Oblaci reflektiraju dio Sunčevog zračenja natrag u svemir, što smanjuje količinu energije koja dolazi do Zemljine površine. Istovremeno, oblaci apsorbiraju i ponovno emitiraju infracrveno zračenje, zadržavajući toplinu u atmosferi.*

## 6. Zaključak

Učinak staklenika se kao aktualna i relevantna problematika može uspješno integrirati u obrazovni kurikulum. Kroz izvođenje različitih pokusa uz upotrebu mikroračunala, učenici mogu na praktičan način istraživati i razumjeti osnove složenih pojava povezanih s učinkom staklenika i klimatskim promjenama.

Mjerenja klimatskih elemenata unutar i izvan staklenika omogućavaju učenicima da vide stvarne učinke povećanja koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi. Mjerenjima se može pokazati da temperatura unutar staklenika s povećanom koncentracijom  $CO_2$  viša.

Uključivanje učinka staklenika u nastavu fizike donosi višestruke prednosti. Prvo, omogućava učenicima da na konkretan i praktičan način razumiju klimatske promjene, što može povećati njihovu zainteresiranost za prirodne znanosti. Drugo, ovakvi pokusi razvijaju kritičko razmišljanje i istraživačke vještine, potičući učenike na postavljanje pitanja i traženje odgovora kroz eksperimentiranje. Treće, integracija ovih tema pomaže u osvještavanju učenika o važnosti održivog razvoja i njihove uloge u očuvanju okoliša.

Obrada učinka staklenika kroz nastavu fizike ne samo da obogaćuje obrazovni proces, već i priprema učenike za suočavanje s globalnim izazovima budućnosti. Ovaj pristup potiče interdisciplinarno učenje, povezujući fiziku s ekologijom, tehnologijom i društvenim odgovornostima, čineći obrazovanje relevantnijim i primjenjivijim u stvarnom svijetu.

Nadamo se da će nastavnici u budućnosti prepoznati vrijednost ove teme i pružiti joj priliku u svojim učionicama. Uvođenjem učinka staklenika u školske kurikulume, ne samo da ćemo educirati mlade o ključnim ekološkim pitanjima, već ćemo ih i osnažiti da postanu odgovorni i osviješteni građani koji aktivno doprinose održivom razvoju našeg planeta.

## 7. Literatura

- [1] »NASA Analysis Confirms 2023 as Warmest Year on Record,« NASA , [Mrežno]. Available: [https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record/?utm\\_source=TWITTER&utm\\_medium=NASAClimate&utm\\_campaign=NASASocial&linkId=262645329](https://www.nasa.gov/news-release/nasa-analysis-confirms-2023-as-warmest-year-on-record/?utm_source=TWITTER&utm_medium=NASAClimate&utm_campaign=NASASocial&linkId=262645329). [Pokušaj pristupa 5. 2. 2024.].
- [2] »Wikipedia - Joseph Fourier,« [Mrežno]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Fourier](https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Fourier). [Pokušaj pristupa 4. 2. 2024.].
- [3] A. Leiserowitz, »core.ac.uk,« 2007. [Mrežno]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/6248846.pdf>. [Pokušaj pristupa 6. 2. 2024.].
- [4] »Climate Science Investigations (CSI) - NASA,« CES/FAU, 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php>. [Pokušaj pristupa 7. 2. 2024.].
- [5] »Steamy Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth's Greenhouse Effect,« 8 Veljača 2022.. [Mrežno]. Available: <https://climate.nasa.gov/explore/ask-nasa-climate/3143/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/>. [Pokušaj pristupa 6. 2. 2024.].
- [6] »The Causes of Climate Change,« NASA, [Mrežno]. Available: <https://climate.nasa.gov/causes/> . [Pokušaj pristupa 7. 2. 2024.].
- [7] »Overview of Greenhouse Gases,« [Mrežno]. Available: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#CO2-references>. [Pokušaj pristupa 6. 2. 2024.].
- [8] »Interactions with the Atmosphere,« 2 3. 2016. [Mrežno]. Available: <https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/introduction/interactions-atmosphere/14635>. [Pokušaj pristupa 10. 2. 2024.].
- [9] »The Greenhouse Effect,« [Mrežno]. Available: <https://usa.oceana.org/our-work-climate-energy-climate-change-learn-act-the-greenhouse-effect/>. [Pokušaj pristupa 11. 2. 2024.].
- [10] R. Menetlioglu, »Climate Science — Energy Balance Model and the Greenhouse Effect,« 7 Listopad 2023.. [Mrežno]. Available: <https://medium.com/@reyhanmenetlioglu/climate-science-energy-balance-model-and-the-greenhouse-effect-59d213f62d35>. [Pokušaj pristupa 9. 2. 2024.].
- [11] »Micro Bit,« [Mrežno]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Micro\\_Bit](https://en.wikipedia.org/wiki/Micro_Bit). [Pokušaj pristupa 28. 3. 2024.].
- [12] »BBC micro:bit: STEM revolucija,« [Mrežno]. Available: <https://croatianmakers.hr/hr/stem-revolucija/>. [Pokušaj pristupa 28. 3. 2024.].
- [13] »Getting started,« [Mrežno]. Available: <https://microbit.org/get-started/getting-started/introduction/>. [Pokušaj pristupa 29. 3. 2024.].
- [14] »UPOZNAJTE MICRO:BIT,« [Mrežno]. Available: <https://izradi.croatianmakers.hr/lessons/upoznajte-microbit/>. [Pokušaj pristupa 28. 3. 2024.].
- [15] »Radio i pinovi,« [Mrežno]. Available: <https://microbit.org/hr/get-started/features/radio-and-pins/>. [Pokušaj pristupa 29. 3. 2024.].
- [16] »The new BBC micro:bit,« [Mrežno]. Available: <https://microbit.org/new-microbit/>. [Pokušaj pristupa 29. 3. 2024.].