

»Mladi za napredek Maribora 2013«

30. srečanje

DIJAKI, CO₂ IN RASTLINE.

Biologija

Raziskovalna naloga

06.02.2013

06.02.2013

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

»Mladi za napredek Maribora 2013«

30. srečanje

DIJAKI, CO₂ IN RASTLINE.

Biologija

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

06.02.2013

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE.....	3
KAZALO SLIK.....	4
KAZALO GRAFIKONOV.....	4
KAZALO PREGLEDNIC.....	5
KAZALO PRILOG.....	5
POVZETEK.....	6
1. UVOD.....	7
1.1. Namen in cilj naloge.....	7
1.2. Hipoteze.....	8
2. TEORETIČNE OSNOVE.....	9
2.1. Ozračje.....	9
2.1.1. Onesnaževanje zraka.....	10
2.1.2. Vpliv onesnaženosti zraka na zdravje.....	13
2.2. Rastline in njihov vpliv na kvaliteto zraka.....	14
2.2.1. Fotosinteza.....	14
2.2.2. Vpliv rastlin na kvaliteto zraka.....	17
2.2.3. Rastline ponoči.....	18
2.3. Vpliv rastlin na polutante in vlago.....	18
2.4. Vpliv rastlin na temperaturo.....	19
2.5. Celično dihanje.....	19
3. METODOLOGIJE DELA.....	22
4. REZULTATI.....	29
5. RAZPRAVA.....	34
6. ZAKLJUČEK.....	37
7. PRILOGE.....	39
8. VIRI IN LITERATURA.....	42

KAZALO SLIK

Slika 1: Temperatura in gostota zraka glede na nadmorsko višino.	10
Slika 2: Fotosinteza.	14
Slika 3: C3 rastline.	16
Slika 4: C4 rastline.	16
Slika 5: Sukulente rastline.	17
Slika 6: Zmajevka.....	24
Slika 7: Pisana mavrina (<i>Epipremnum pinnatum</i>).	24
Slika 8: Šeflera.	24
Slika 9: Navadna monstera (<i>Monstera deliciosa</i>).	24
Slika 10: Pelargonija (<i>Pelargonium sp</i>).	24
Slika 11: Učilnica.	25
Slika 12: Grmasta tolstica (<i>Crassula sp.</i>).	26
Slika 13: Afriški jasmin (<i>Stephanostis floribunda</i>).	26
Slika 14: Bambus sreče (<i>Dracaena sanderiana</i>).....	26
Slika 15: Postavitev opreme za merjenje.	27
Slika 16: Vernier CO ₂ plinski senzor.	27
Slika 17: Vernier senzor za relativno zračno vlažnost.	27
Slika 18: Vernier senzor za temperaturo.	27
Slika 19: Vernier LabQuest Mini.	27

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Sprememba koncentracije CO ₂ v učilnici.	29
Grafikon 2: Povprečna sprememba koncentracije CO ₂ v prostoru.	29
Grafikon 3: Potek spremembe koncentracije CO ₂ v učilnici v času treh šolskih ur.	30
Grafikon 4: Sprememba koncentracije CO ₂ v prostoru.	30
Grafikon 5: Povprečna sprememba koncentracije CO ₂ v prostoru.	31
Grafikon 6: Sprememba koncentracije CO ₂ z in brez rastlin [%].	31
Grafikon 7: spremembe koncentracije CO ₂ v prostoru v treh urah.	32
Grafikon 8: Povprečna sprememba vlažnosti v učilnici.	32
Grafikon 9: Povprečna sprememba vlažnosti v 1 h v prostoru.	33
Grafikon 10: Povprečna sprememba temperature v 1 h v učilnici.	33

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

Grafikon 11: Povprečna sprememba temperature v 1 h v prostoru.33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Plini, ki pretežno sestavljajo zrak.9

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Popisni list.39

Priloga 2: Tabela rastlin in njihova uporaba.41

POVZETEK

Odkar preživimo precej več časa v zaprtih prostorih je tam kvaliteta zraka za nas zelo pomembna.

V nalogi sem raziskovala vpliv rastlin na koncentracijo CO₂ v učilnici med poukom in predvidevala, da bodo rastline s procesom fotosinteze zmanjšale koncentracijo nastalega CO₂. Zanimal me je tudi vpliv rastlin doma, ponoči, v prostoru, kjer spimo, saj literatura navaja, da tam rastlin ni primerno imeti, ker poteka ponoči le celično dihanje in se znižuje koncentracija O₂.

Z senzorjem za CO₂ sem spremljala spreminjanje koncentracije CO₂ v prisotnosti in odsotnosti rastlin in sicer v učilnici med poukom ter ponoči doma v prostoru med spanjem osebe.

Rezultati kažejo, da rastline znižujejo koncentracijo CO₂ v učilnici med poukom v primerjavi, če te niso prisotne. Enako se je izkazalo doma, ponoči, kar sem pripisala temu, da sem izbrala predvsem CAM rastline, ki vežejo CO₂ ponoči.

Rastline s tem, ko znižujejo CO₂ v zaprtih prostorih blagodejno vplivajo na naše zdravje. Njihov učinek na zdravje je še bolj širok, zato vnesimo rastline v naše prostore.

1. UVOD

Kvaliteta zraka v zaprtih prostorih je v zadnjih letih močno vzbudila zanimanje znanstvenikov. Mnoge študije so pokazale, da so koncentracije polutantov v prostorih precej večje, kot zunaj in odkar preživimo precej več časa noter kot zunaj je za nas kvaliteta zraka v prostorih zelo pomembna. Dobra kvaliteta zraka v učilnicah vpliva na produktivnost otrok in učiteljev in je močno odvisna od zraka zunaj (promet, industrija,...), pa tudi od dejavnikov v učilnici (število otrok, dolžina učne ure, dolžina odmorov,..). Prevelika koncentracija CO₂ v prostoru v večini primerov nakazuje tudi prisotnost ostalih, za zdravje škodljivih plinov. Prav zaradi tega bi morali vsak dan redno skrbeti za zrak, ki ga vdihavamo. Morda nam rastline lahko pomagajo, saj vplivajo tudi na vlažnost, koncentracijo polutantov ter posledično tudi na kvaliteto zraka in počutje oseb v prostoru.

1.1. Namen in cilj naloge

V nalogi sem želela raziskati vpliv rastlin na koncentracijo CO₂ v učilnici med poukom. Zanimalo me je ali prisotnost rastlin vpliva na zmanjšanje koncentracije CO₂ med potekom učne ure, saj rastline fotosintetizirajo in CO₂ porabljajo. Zanimalo me je tudi kakšen je vpliv na zračno vlažnost, še posebej za to, ker je čas zime in vlažnost nizka zaradi ogrevanja učilnic.

Po nekaterih navedbah v literaturi sem zasledila, da rastlin ni primerno imeti v bivalnih prostorih, kjer spimo, saj fotosintezo opravljajo čez dan, ponoči pa poteka samo celično dihanje in rastline s tem znižujejo koncentracijo O₂ v prostoru. Zanimalo me je ali to drži, zato sem preverila kako vplivajo moje sobne rastline na koncentracijo CO₂ ter relativno zračno vlažnost ponoči v bivalnem prostoru, ki se uporablja za spanje (v nadaljevanju uporabljen izraz prostor).

Iz literature sem želela raziskati tudi druge pozitivne vplive rastlin in argumente, zakaj jih je dobro imeti v bivalnih ali poslovnih prostorih.

1.2. Hipoteze

Pred začetkom izvedbe praktičnega dela raziskovalne naloge sem si postavila naslednje hipoteze:

1. Pričakujem, da bo koncentracija CO₂ med potekom učne ure občutno narasla.
2. Pričakujem, da bo prisotnost rastlin v učilnici zmanjšala koncentracijo CO₂, saj rastlina za opravljanje fotosinteze potrebuje CO₂.
3. Pričakujem, da rastline vplivajo na relativno zračno vlažnost v učilnici, saj s procesom transpiracije skozi listne reže na površini listov izhaja tudi voda.
4. Pričakujem, da rastline ne vplivajo na temperaturo v učilnici in bivalnem prostoru ponoči.
5. Rastline ponoči v bivalnem prostoru, kjer bo spala ena oseba ne bodo zmanjšale koncentracije CO₂, ampak se bo raven CO₂ celo povečala v primerjavi z merjenjem, ko rastlin v prostoru ni, saj rastline dihajo.

2. TEORETIČNE OSNOVE

2.1. Ozračje

Zemljino ozračje ali atmosfera je plinska plast, ki obkroža Zemljo in jo ohranja Zemljina gravitacija. Atmosfera ščiti življenje na Zemlji z absorpcijo ultravijoličnega sevanja Sonca, ogrevanje površja z ohranjanjem toplote (učinek tople grede) in zmanjšuje razlike med temperaturo čez dan in ponoči. Zrak je ime, pod katerim razumemo atmosfero in se uporablja pri dihanju ter fotosintezi.

Preglednica 1: Plini, ki pretežno sestavljajo zrak.

<i>Plin</i>	<i>Delež plina v zraku</i>
dušik (N ₂)	78.084%
kisik (O ₂)	20.946%
argon (Ar)	0.9340%
ogljikov dioksid (CO ₂)	0.039445%
neon (Ne)	0.001818%
helij (He)	0.000524%
metan (CH ₄)	0.000179%

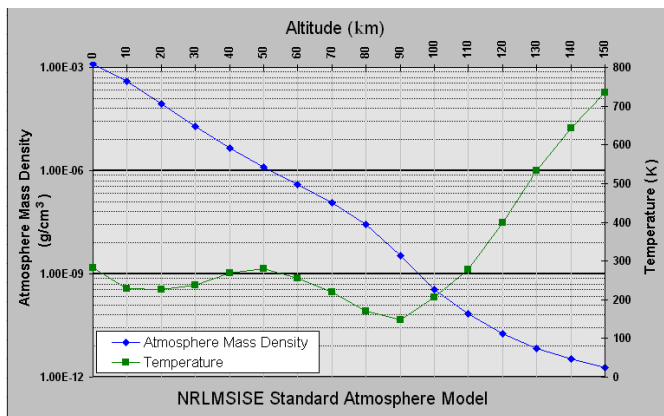
Ni vključeno v suho ozračje:

vodna para (H ₂ O)	~0.40% v celotni atmosferi, običajno 1%–4% na površju
-------------------------------	---

Tlak in gostota zraka se znižujeta z višino.

Povprečen tlak na morski gladini je 1 atm (atmosphere) oziroma 101,3 kPa. Le-ta se spreminja v odvisnosti od prostora in vremena.

Temperatura z nadmorsko višino pada, do višine 11 km. Od tam naprej ima temperatura določeno vrednost, ki se stabilizira skozi celotno troposfero. V stratosferi, na višini 20 km, začne temperatura ponovno naraščati zaradi toplote ozonske plasti, ki je posledica ultravijoličnega sevanja Sonca. Temperatura narašča tudi na višini 90 km v termosferi.



Slika 1: Temperatura in gostota zraka glede na nadmorsko višino. (vir: Gostota zraka)

Povprečna gostota zraka na nadmorski višini je $1,2 \text{ kg/m}^3$. Gostoto lahko izračunamo z merjenjem temperature, tlaka in vlažnosti s pomočjo splošne plinske enačbe. Gostota se z višino veča.

Deleže plinov podajamo v prostorninskih odstotkih, kadar pa gre za zelo majhne deleže, uporabimo prostorninske milijoninke ppm ($1 \% = 10000 \text{ ppm}$). Delež ogljikovega dioksida (CO₂) v zraku je približno 350 ppm, lahko pa naraste tudi do 500 ppm. Zaradi sežiganja ogromnih količin goriv, delež CO₂ v ozračju v zadnjih dvesto letih narašča za okoli 1 ppm letno. Zaskrbljujoče posledice tega to segrevanje Zemlje in posledično podnebne spremembe.

CO₂ je brezbarven plin brez vonja. Nastaja v naravi in pri človeškem delu, kot na primer pri kurjenju bencina, premoga, olja in lesa. Povprečna vrednost CO₂ v zraku je 350-400 ppm, vendar je vrednost odvisna od številnih dejavnikov, predvsem pa industrije. Ta številka se tudi vsako leto veča.

2.1.1. Onesnaževanje zraka

a) Zunanje onesnaževanje

Smog je eden izmed največjih onesnaževalcev okolja. Nastane pri kemični reakciji med polutanti pridobljenimi iz različnih virov, primarno pa največ iz avtomobilskih in industrijskih izpuhov ter emisij. Smog predstavlja največjo težavo v toplih mesecih leta.

Onesnaženost je odvisna tudi od geografske lege, vetra, temperature in vremenskih faktorjev. Lahko pa pride tudi do temperaturne inverzije, kjer je zrak, ki je bližje Zemlji, hladnejši, nad njim pa je zrak toplejši. Prav zaradi tega se polutanti ne morejo dvigniti ter razporediti po zunanjem prostoru.

Še en produkt onesnaževanja je kisli dež. V tem primeru se žveplena kislina pomeša s padavinami, na novo pridobljena snov pa razjeda liste in zastrupi sol. Tako se spremeni kemična sestava jezer in potokov. Posledice so tudi globalno segrevanje in izčrpavanje kisika. Vzrok za vse to je sproščanje klorofluorokarbonatov (CFC) pri uporabi aerosoli, pločevink, klimatskih naprav in hladilnikov.

Globalno segrevanje postaja vedno večji problem, saj se ozonska luknja tanjša, ljudje pa uporabljamo vse več in več avtomobilov in industrije, CO₂ v ozračju je vedno več in rastline ga niso zmožne porabiti vedno več.

V Mariboru imamo za merjenje onesnaženosti zraka dve merilni mreži, v zadnjih letih pa se je slika onesnaženosti zraka v Mariboru močno spremenila. Klasično zimsko onesnaženost zraka, ki je predstavljala predvsem povišane koncentracije žveplovega dioksida in lebdječih delcev v 80-tih letih, smo v 90-tih letih uspešno sanirali. Vedno večjo težavo pa še vedno ostaja poletno onesnaževanje zraka, predvsem zaradi visoke koncentracije ozona in dušikovih oksidov.

b) Notranje onesnaževanje

Dandanes ljudje preživljamo vse več časa v zaprtih stanovanjskih prostorih, še posebej med hladnejšim delom leta. Prav zato je kvaliteta zraka, ki ga vdihavamo tako pomembna za naše zdravje.

V notranje prostore vstopa zrak iz okolice, v notranjosti se mu primešajo še drugi plini. Izmenjava zraka v notranjih in zunanjih prostorih poteka z difuzijo, sodobna okna pa že skoraj povsem tesnijo. Izmenjava zraka se preneha le v primeru, da sta tlak in temperatura tako zunaj, kot znotraj, enaka ter imamo stanje brezvetrja. V notranjih prostorih moramo tako prostor namensko prezračevati. Dopustna vsebnost CO₂ v bivalnih prostorih ni podana, vendar naj bi bila maksimalna dopustna vrednost (MDP) približno 5000 ppm. Visoka

vsebnost CO₂ človeku dolgoročno ne bo pustila zaznavne zdravstvene škode, praviloma pa pomeni tudi, da je v zraku prav tako prisotna še vsebnost drugih škodljivih snovi ter motečih vonjav.

CO₂ pogosto izhaja iz najrazličnejših virov: hlapi čistil, topil in mehčal, ki izhajajo iz elektronskih naprav, pohištva, gradbenega materiala, ... Takšne snovi zrak še bolj onesnažujejo in posledično škodujejo tudi nam. Najškodljivejši polutanti za naše zdravje so benzen, but-1,3-in, CO, NO₂, O₃, emisije (PM10) in SO₂.

Zrak v notranjosti prostorov je lahko do 5-krat bolj onesnažen od zraka zunaj (v ekstremnih primerih tudi do 100-krat), saj vse kar je naredil človek vsebuje sintetične in kemične snovi. Pohištvo, preproga, barva, parfumi, čistila in ostale snovi ne vsebujejo škodljive snovi, vendar delci le-teh hitro začnejo krožiti po zraku in se nalagajo skozi daljša časovna obdobja ter posledično postanejo škodljivi za nas. Najhuje je prav v nekaterih pisarnah, kjer ni prezračevanja z okni, temveč le z ventilatorji, polutanti pa tako le krožijo v istem prostoru. Med polutante prištevamo tudi cigaretni dim.

Nivo onesnaženosti v notranjosti prostorov je odvisen od:

- števila prisotnih ljudi,
- časa zasedenosti prostora,
- količine svežega zraka, ki prihaja v prostor,
- velikosti prostora,
- vstopanja delcev, ki nastajajo pri sežigu (vozila, tobačni dim, peč ...),
- zunanje koncentracije.

Človek nenehno oddaja CO₂ z dihanjem. V vsakem izdihu je vsebnost le-tega približno 4 %. Seveda je to pogojeno tudi s telesno aktivnostjo. V sedeč položaju povprečen človek odda 18 - 20 litrov CO₂ na uro, količina pa je odvisna predvsem od telesne aktivnosti.

Pretekle izkušnje iz pisarniških poslovnih stavb po svetu so pokazale, da skrajno varčevanje pri prezračevanju dokazano povzroča obolenja. Pri izmenjavi zraka samo 8 kub. m/uro osebo in posledični vsebnosti CO₂ okrog 2800 ppm, so se pri znatnem deležu ljudi pojavljale

najrazličnejše bolj ali manj resne zdravstvene motnje, ki so jih poimenovali, kot sindrom bolnih stavb. Ker se kvaliteta zraka vzdržuje z prezračevanjem, predpisi podajajo potrebno izmenjavo zraka v kubičnih metrih na uro, ali pa z mnogokratnikom prostornine prostora.

Bivalne prostore je treba prezračevati z najmanj 20 kub m/h osebo. Ker prostor z opremo tudi sam po sebi onesnažuje zrak, je prezračevanje z zmanjšano intenzivnostjo, potrebno tudi v času, ko v prostoru ni nikogar. Koncentracijo lahko dandanes merimo že z relativno poceni digitalnimi napravami. Pogosto se raven CO₂ meri tudi zato, ker je lahko pokazatelj splošne kvalitete zraka. Na podlagi tega lahko izvemo tudi, koliko zračnikov bi naj vgradili v prostor.

Koncentracije, ki so dovoljene v delovnih razmerah naj ne bi presegale 5.000 ppm za 8-urno delovno dobo in 30.000 ppm za 15-minutno izpostavljenost prostoru. Ti pogoji so bili postavljeni za odrasle ljudi in ne veljajo za občutljive osebe in otroke.

2.1.2. Vpliv onesnaženosti zraka na zdravje

Zdravstvene težave v večini primerov nastanejo zaradi vsebnosti drugih škodljivih snovi, vendar lahko visoka koncentracija CO₂ povzroča glavobol, slabost, vrtoglavico in druge simptome. Zdravje je ogroženo, kadar so ljudje več ur izpostavljeni koncentraciji višji od 5.000 ppm ter v okolju, kjer je 40.000 ppm. Zastrupitve s CO₂ so izjemno redke.

Visok nivo onesnaženosti zraka v mestih lahko postara možgane pri starejših od 50 let. Prav tako po 50. letu starosti onesnažen zrak zmanjšuje zmogljivost možganov, povečuje možnost srčnega napada in težav z dihanjem. Ob dihanju takšnega zraka so delci v njem dovolj majhni, da se začnejo nalagati v pljučih in možganih. Onesnaževanje zraka naj bi povprečnemu človeku zmanjšalo življenjsko dobo za 7-8 mesecev, najbolj pa vpliva predvsem na starejše osebe in otroke. Povečajo se kardiovaskularne in respiratorne težave. Za vsakih 10 mikrogramov onesnaževalcev na kubični meter zraka se en delec polutanta naloži v možgane, kar ima enak učinek kot 3 leta staranja. V velikih mestih je količina polutantov 13-15 mcg na kubični meter zraka, medtem ko na podeželju najdemo samo 3-4 mcg le-teh.

Poznamo tudi izraz mesta z rjavim zrakom, ki velja za mesta z razvito industrijo, ki v zrak spuščajo sulfatne okside, na primer Boston, New York, Philadelphia ...

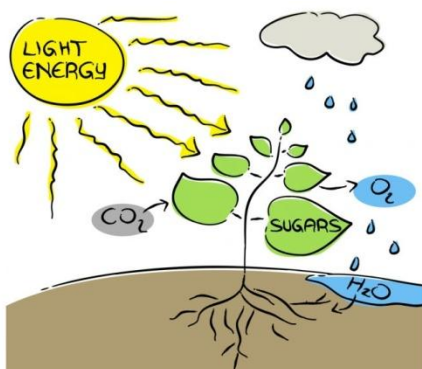
2.2. Rastline in njihov vpliv na kvaliteto zraka

2.2.1. Fotosinteza

Fotosinteza je proces, pri katerem rastline in ostali organizmi pretvarjajo svetlobno energijo v kemično energijo, ki služi kot gorivo za aktivnost organizmov. Fotosinteza poteka v rastlinah, algah, številnih vrstah bakterij, vendar ne v arhejah. Organizme s fotosintezo imenujemo fotoavtotrofni organizmi, saj si lahko proizvajajo svojo hrano. V rastlinah, algah in cianobakterijah se pri fotosintezi porablja CO₂ in voda, kot stranski produkt pa se sprošča kisik.

Kemijska reakcija pri fotosintezi: $6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O} + \text{svetloba} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

ogljikov dioksid + voda + svetloba → glukoza + kisik + voda



Slika 2: Fotosinteza. (vir: Fotosinteza v naravi)

Fotosinteza je ključnega pomena za vso aerobno življenje na Zemlji. Za ohranjanje normalne ravni kisika v atmosferi je fotosinteza vir energije za življenje na Zemlji, direktno, s primarno produkcijo, ali indirektno, kot končni vir energije v hrani. Kljub temu, da se fotosinteza pojavlja v različnih stanjih in vrstah, so nekateri procesi venomer enaki. Na primer: proces se vedno začne, ko proteini absorbirajo sončno energijo in vsebujejo klorofil. V rastlinah so ti proteini uskladiščeni v organelih, ki jih imenujemo kloroplasti. Pri bakterijah so vstavljeni v celično membrano. Nekaj sončne energije je uskladiščeno v obliki adenozin-3-fosfata (ATP). Preostala energija se uporablja za odstranjevanje elektronov iz snovi kot je voda. Ti elektroni

se kasneje uporabljajo v reakcijah, ki pretvorijo CO₂ v organske komponente. V rastlinah, algah in cianobakterijah vse to poteka v procesu, ki mu pravimo Kalvinov cikel, ampak različne vrste reakcij so bile najdene v nekaterih bakterijah. Številni fotosintetski organizmi imajo prilagoditve, ki koncentrirajo ali skladiščijo CO₂. To pomaga pri redukciji fotorespiracije, kjer se porabljajo nekateri deli sladkorjev, proizvedeni med fotosintezo.

Transpiracija je proces, pri katerem voda izhlapeva iz listnih rež na površini rastline ter tako omogoča izmenjavo plinov. Za rastline je transpiracija način hlajenja ter za pretok hranil iz korenin proti višjim delom rastline. Količina vode, ki jo rastlina v tem procesu izgubi je odvisna od jakosti vetra, vlažnosti, svetlobe, temperature in velikosti same rastline.

Fotosinteza poteka v celici v dveh fazah. V prvi fazi, od svetlobe odvisne reakcije ujamejo svetlobno energijo in jo uporabijo za proizvodnjo molekul, ki shranijo energijo molekul ATP in NADPH. V od svetlobe neodvisnem ciklu se porablja energija iz elektronsko vzbujenih prenašalcev za pretvorbo CO₂ in vode v organske spojine, to pa porabijo organizmi. Ključni encim v teh reakcijah je RuBisCO. Encimi v Kalvinovem ciklu so funkcionalno ekvivalentni encimom, ki se porabljajo v drugih metaboličnih reakcijah, vendar encime v Kalvinovem ciklu najdemo v stromi kloroplasta in ne v citoplazmi.

Poznamo tri glavne skupine rastlin, glede na potek fotosinteze:

1. C3 rastline

C3 rastline so ime dobile po svojem prvem vmesnem produktu (3-glicerat), ki ima 3 ogljikove atome. Med to skupino rastlin spadajo pšenica, riž, soja, ... Tukaj poteka fotorespiracija, kjer se porablja kisik. Ob suši se listne reže delno zaprejo in vežejo manj CO₂, kot posledica pa nastane manjša količina sladkorja. Ob pomanjkanju CO₂ v okolju RuBisCO namesto le-tega veže tudi kisik, listne reže se zaprejo in zaradi pomanjkanja CO₂ nastane snov z dvema ogljikovima atomoma. Ta snov potuje v mitohondrije, kjer se pretvori v dve aminokislini., ti pa razpadeta na dve molekuli CO₂, ki se porabi pri fotosintezi.



Slika 3: C3 rastline. (vir: C3 rastline)

2. C4 rastline

Prvi vmesni produkt pri teh rastlinah je snov s štirimi ogljikovimi atomi. Primeri takšnih rastlin so trave, koruza, sladkorni trs, ... V zgradbi listov lahko tukaj opazimo dva različna tipa fotosintetskih celic (C4 anatomija ali venčasta (Kranz) anatomija), fotosintetske celice in celice žilne ovojnice, kjer se tudi odvija Kalvinov cikel:

→ PEP karboksilaza veže CO₂ in nastane produkt s štirimi ogljikovimi atomi.

→ Potem, ko C4 rastlina veže ogljik iz CO₂, mezofilne celice izločijo svoje C4 produkte v celice žilne ovojnice.

→ V celicah žilne ovojnice se iz snovi s štirimi ogljikovimi atomi sprosti CO₂, ki se z RuBisCOM in Kalvinovim ciklom pretvori v organske snovi.



Slika 4: C4 rastline. (vir: C4 rastline)

3. CAM rastline

Te rastline najdemo predvsem na suhih območjih in med nje prištevamo sukulente rastline, kot so kaktusi, ananasi, ... Listne reže na teh rastlinah se odprejo ponoči in zaprejo čez dan.

→ CO₂ ponoči vstopa v liste in se vgrajuje v različne organske kisline.

→ Mezofilne celice CAM rastlin v vakuolah shranjujejo organske kisline do jutra, ko se reže zaprejo.

→ CO₂ se podnevi sprosti iz organskih kislin, vstopi v Kalvinov cikel in se vgrajuje v sladkorje.



Slika 5: Sukulente rastline. (vir: Sukulente rastline)

2.2.2. Vpliv rastlin na kvaliteto zraka

Ena izmed najcenejših prilagoditev, ki jih lahko naredimo v javnih ustanovah je, da v prostor postavimo rastline. Zrak je tako čistejši, v glasbenih prostorih pa je boljša akustika.

Značilnost zraka v prostoru se lahko spreminja s prisotnostjo notranjih rastlin. Rastline učinkovito zmanjšujejo nivo CO₂, nekatere vrste to opravljajo intenzivno čez dan in druge čez noč. Rastline povečujejo relativno vlažnost znotraj zaprtega prostora s sproščanjem vlage v zrak, ki poveča lagodnost za ljudi, še posebej v ogrevanih prostorih. Kot dodatek, nekatere notranje rastline skupaj z njihovo mikrofloro kažejo znižanje nivoja številnih toksičnih plinov, vključno z formaldehidi in CO₂ iz onesnaženega zraka.

Ti vplivi rastlin pretežno služijo za izboljševanje kvalitete zraka v zaprtih prostorih. Rastline pa lahko tudi znižajo kvaliteto zraka, predvsem pri proizvodnji cvetnega prahu in trosov, ki se nahajajo v zraku.

Zrak v zaprtih prostorih lahko vsebuje mikrobe, alergene in številne druge snovi, ki lahko povzročijo poslabšanje zdravja in udobnosti za ljudi. Virginia I. Lohr ter Caroline H. Pearson-Mims (1995) navajata, da je možno, da bodo rastline funkcionirale z mehanizmom, ki je podoben mehanizmu zunanjih rastlin in tako prispevale k zmanjšanju delcev v zraku znotraj prostorov. Rastline ne vplivajo na temperaturo, njihov vpliv pa se kaže pri opazovanju nivoja relativne vlažnosti, kljub temu, da je sprememba le-te relativno majhna.

Rastline s hrapavo površino listov učinkoviteje prestrežejo delce v zraku in tako še bolj pripomorejo k izboljšanju kvalitete zraka.

Raziskave v podjetju NASA so pokazale, da lahko z obilico rastlin izboljšamo kvaliteto zraka do 85%, saj nekatere rastline zmanjšujejo koncentracijo formaldehidov v zraku. Druge rastline lahko odstranijo tudi benzene, ogljikov monoksid in trikloroetilen.

Najbolj učinkovite rastline za zmanjševanje CO₂ so: palme (palma Areca, bambus, pritlikave dateljnovne palme), praproti (predvsem Bostonski praprot), angleški bršljan, lilija miru, krizantema, marjetice (gerbere), živkasta kosmulja (*Chlorophytum comosum*) in dracena.

2.2.3. Rastline ponoči

Večina rastlin, prav tako kot ljudje, dihajo tudi ponoči. To je tudi čas, ko ne opravljajo fotosinteze in tako poteka samo celično dihanje in torej še dodatna poraba kisika. Kljub temu pa lahko najdemo rastline, ki ponoči porabljajo CO₂ in sproščajo O₂.

2.3. Vpliv rastlin na polutante in vlago

Številne študije so odkrile sposobnost zunanjih rastlin, predvsem dreves, da lahko ujamejo številne aerobne delce, vključno z radioaktivnimi sledmi elementov, cvetni prah, trose, sol in padavine. Raziskave so pokazale, da je prahu v atmosferi nad gozdovi in drugimi zelenimi površinami celo do 75% manj. Vegetacija se obnaša kot naraven filter, saj povzroča, da se

delci nalagajo na površini le-te v obliki sedimentacije in drugih oblik. Drevesa v urbanem okolju zbirajo prah na površini njihovih listov in celo na glivičnem podgobju, ki se zarašča na njih. Zrak v zaprtih prostorih lahko vsebuje tudi mikrobe, alergene ter številne druge snovi, ki lahko škodijo zdravju in udobju človeka.

V določenih pogojih se rastline, ki so prvotno bile namenjene za notranje okolje, obnašajo kot zunanje rastline in tako začnejo zbirati aerobne snovi iz zraka. V drugih primerih pa lahko rastline zaradi svoje rasti same oddajajo aerobne delce v zrak. Pomembna je tudi postavitev rastline v prostoru, saj rastline v kotu prostora reducirajo najmanjšo količino delcev kot vse ostale. Aktivnost rastline je odvisna od človeškega delovanja v sobi, saj ob večji intenziteti delovanja rastlina akumulira več delcev. Nekateri bi pomislili, da je polutantov bilo manj preprosto zaradi sile gravitacije, saj so padli na dele rastlin, vendar to ovrže dokaz, da so rastline v kotih sobe zbrale manj polutantov, kot tiste v sredini. V nasprotnem primeru bi bila količina enaka.

Rastline so v raziskavah pokazale, da njihova prisotnost spreminja nivo vlage. Te spremembe so skoraj neznatne, vendar je bila razlika opazna. Zanimivo je tudi to, da so rastline, ki so imele večji vpliv na vlažnost, zbrale tudi več delcev. Lahko bi sklepali, da so ob večji vlažnosti delci tudi težji in na njih deluje močnejša sila gravitacije, torej je količina zbranih delcev večja. Kljub temu ta trditev še ni bila potrjena.

2.4. Vpliv rastlin na temperaturo

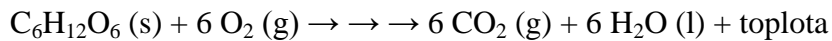
Ob prisotnosti rastlin je kvaliteta zraka za ljudi boljša in prav tako čistoča, zato je potrebno manj prezračevanja. Posledično to v zimskem času pomeni tudi manj toplotnih izgub in v poletnem času hladnejšo notranjost. Tako lahko z rastlinami ponovno privarčujemo.

2.5. Celično dihanje

Celična respiracija oziroma celično dihanje imenujemo metabolne reakcije v celici, ta pa pridobiva biokemijsko energijo iz organskih molekul. Reakcije pri celičnem dihanju so katabolne. Energija se v procesu oksidacije organskih molekul sprošča ter se porablja za sintezo energetsko bogatih prenašalcev. Najobičajnejši oksidant pri teh reakcijah je molekularni kisik (O₂). Takšni respiraciji rečemo aerobna. Organske molekule, ki jih celice

porabljajo pri celičnem dihanju so glukoza, aminokisliline in maščobne kisline. Nekateri organizmi namesto kisika uporabljajo druge organske molekule, kot na primer molekularni dušik (N₂) in imajo anaerobno respiracijo. Energija se porablja za sintezo molekul, ki imajo nekakšno vlogo kemične shrambe, na primer ATP.

Kemijska formula celičnega dihanja:



Primarni vir energije za človeka so ogljikovi hidrati, sekundarni vir so maščobe, terciarni pa beljakovine.

Poenostavljeno lahko rečemo, da človek, dokler da so uporablja večinoma ogljikove hidrate, ko porabi te maščobe, če pa porabi še te (oziroma jih ne more porabljati zaradi bolezni) pa začne porabljati beljakovine. Seveda je dejanska slika precej drugačna. Ljudje dejansko večino časa porabljamo mešanico vsega trojega, pri čemer beljakovine praviloma igrajo manj pomembno vlogo kot ogljikovi hidrati in maščobe.

Ljudje smo zmožni prebaviti in posledično pridobiti energijo iz mnogih sladkorjev, vendar je pogoj za začetek glikolize ali podobnega procesa razgradnje potrebo imeti zgolj monosaharide. Med najbolj značilne disaharide sodijo saharoza, maltoza in laktoza, med polisaharide pa štejemo še škrob in glikogen. Glikoliza je kemični proces razgradnje sladkorjev v enostavnejše spojine ob sproščanju energije. Poznamo dve vrsti le-te in sicer aerobno glikolizo (glikoliza s kisikom) ter anaerobno glikolizo (brez kisika). Tukaj gre za hitro pretvorbo, ki pridobiva energijo zbrano iz ogljikovih hidratov. Pri aerobnih organizmih se glukoza pripravi za nadaljnjo razgradnjo, medtem ko je pri anaerobnih organizmih ATP, spročen pri glikolizi, edini dostopni vir energije iz ogljikovih hidratov. Zraven glukoze pa se do piruvata razgradita še fruktoza in galaktoza.

V aerobnih pogojih pa poteče proces dekarboksilacije pri katerem pod vplivom encima piruvat dehidrogenaza kompleks piruvat veže koencim A (CoA), NAD⁺ se pretvori v NADH, odcepita se proton in ogljikov dioksid, nastane pa posebna molekula acetil-CoA (etil koencim A), ki kasneje vstopi v tako imenovan Krebsov cikel.

Glavna funkcija acetil-CoA je pretvorba ogljikovih atomov iz acetilne skupine v Krebsov cikel, za oksidacijo in proizvodnjo energije. Proizvaja se v drugi fazi aerobnega celičnega dihanja, dekarboksilaciji piruvatov, ki poteka v matriksu mitohondrija. Acetil-CoA nato vstopi v Krebsov cikel.

Krebsov cikel je serija kemijskih reakcij, ki poteka v vseh aerobnih organizmih, za proizvodnjo energije pri oksidaciji derivatov acetata iz karbohidratov, maščob in proteinov v ogljikov dioksid. Cikel porablja acetate (v obliki acetil-CoA) in vodo, za redukcijo NAD⁺ v NADH in proizvodnjo CO₂. NADH, ki se proizvaja v TCA ciklu, se dovaja v proces oksidativne fosforilacije. Naslednji produkt tega je oksidacija proteinov za proizvodnjo uporabne energije v obliki ATP.

V evkariontskih celicah poteka Krebsov cikel v matriksu mitohondrija. Bakterije prav tako porabljajo TCA cikel za proizvodnjo energije, vendar zaradi pomanjkanja mitohondrijev, reakcija poteka v citosolu z gradientom protona za produkcijo ATP, le-ta pa poteka na celični membrani. Končni oksidant pri teh reakcijah je kisik.

Posredniki pri ATP so serije proteinov prenašalcev elektronov, ki jih imenujemo dihalna veriga. Glavni namen dihalne verige je proizvodnja ATP iz energijsko bogatih snovi. Reakcije pri dihalni verigi potekajo na notranji mitohondrijski membrani. Začetni vir je torej energija, produkti pa se prenesejo naprej v mitohondrij, kjer se nadaljuje metabolizem s pomočjo metabolnih poti Krebsovega cikla.

Glavna razlika, pri dihanju živali in rastlin je ta, da živali in rastline dihajo neprestano, vendar večina rastlin ponoči ne opravlja fotosinteze.

3. METODOLOGIJE DELA

Meritve so potekale med novembrom in januarjem v šolskem letu 2012/13 v šolski učilnici in doma, v bivalnem prostoru, kjer je ena oseba spala.

1. Merjenje

Kot prvi meritveni prostor sem vzela učilnico v šoli. Učilnico sem izmerila in izračunala volumen (250 m³). Za vzorec sem vzele razred dijakov s profesorjem. Za čim bolj poenotene razmere pri pouku sem merila pod naslednjimi pogoji:

→ Šlo je za navaden pouk; frontalna oblika dela (brez individualnega ali skupinskega dela, laboratorijskih vaj ...) in ni potekalo nikakršno ocenjevanja znanja (ustno pisno preverjanje znanja ali vračanje pisnega preverjanja, spraševanje za kreditne točke ...).

→ Dijaki med poukom niso zapuščali učilnice. V primeru, da je kakšen dijak moral nujno zapustiti ali vstopiti v učilnico, meritve nisem upoštevala.

→ Vse pogoje sem preverila s popisnim listom, ki ga je izpolnil profesor pred začetkom ali med uro (v primeru odhoda ali prihoda dijaka). Vedno sem na popisni list zabeležila število oseb v učilnici.

→ Vse meritve so bile opravljene v isti učilnici, z istim razredom tretjega letnika in v enakem delu dneva, torej zjutraj ob 7.50, vsak teden zapovrstjo. Merila sem tri šolske ure zaporedoma, vendar sem zaradi uhajanja CO₂ iz učilnice uporabila sam meritve prve šolske ure.

→ Opravila sem 3 meritve brez prisotnosti rastlin in 3 z rastlinami.

→ Merjenje z rastlinami sem izvedla 14 dni po tem, ko sem vnesla rastline, da so se te prilagodile na okolje.

→ Za merjenje z rastlinami sem uporabila rastline, ki so bile last šole in sem jih torej le prinesla iz drugih prostorov v učilnico.

→ V meritvah so bile uporabljene naslednje sobne rastline:

~ Navadna monstera (*Monstera deliciosa*).

Izvira iz Mehike in ima lepo narezane liste. Za svojo rast zahteva svetla, a ne sončno rastišče in konstantno temperaturo med 18°C in 22°C. Rada ima visoko zračno vlago.

~ Pisana mavrina (*Epipremnum pinnatum*).

Izvira iz Salomonovih otokov v Pacifiku. Uspeva v pogojih, ki nudijo svetlo, polsenčno do senčno okolje ter sobno temperaturo skozi vse leto (ne pod 16°C).

~ Šeflera (*Schefflera* sp).

Njena domovina je v Avstraliji in Novi Zelandiji. Najboljše uspeva v zračnem in sončnem prostoru, ter pri temperaturah od 13-18°C.

~ Pelargonija (*Pelargonium* sp).

Je zelo priljubljena sobna rastlina, ki izvira iz Južne Afrike. Ima velike samočistilne cvetove, je trdoživa in odporna na vročino, bolezni in škodljivce.

~ Zmajevec (*Dracaena*).

Ne ustreza ji suh sobni zrak in močna svetloba. Temperature nižje od 16°C. Izvira iz Madagaskarja in ji ne ugaja močna svetloba.



Slika 6: Zmajevka (*Dracaena* sp.).
(vir: lastna avtorica slika).



Slika 7: Pisana mavrina
(*Epipremnum pinnatum*).
(vir: lastna avtorica slika)



Slika 8: Šeflera (*Schefflera* sp.).
(vir: lastna avtorica slika)



Slika 9: Navadna monstera (*Monstera deliciosa*).
(vir: lastna avtorica slika)



Slika 10: Pelargonija (*Pelargonium*).
(vir: lastna avtorica slika)

→ Na podlagi podatkov iz literature sem v razred namestila 19 rastlin (4 pelargonije, 3 navadne monstere, 5 šefler, 4 zmajevke, 3 pisane mavrine).

→ Za namestitev dovolj velike količine rastlin sem izmerila tudi premere lončkov ter izračunala povprečni premer.



Slika 11: Učilnica. (vir: lastna avtorska slika)

2. Merjenje.

Drugi meritveni prostor je predstavljal določen prostor, ki je služil kot bivalni prostor, v katerem je spala oseba.

→ Predhodno sem ga izmerila in izračunala volumen.

→ V njem je spala ista oseba, stara 16 let, ob istem delu dnevu, zvečer ob 22.00.

→ Rastline, uporabljene v prostoru so bile:

~ Afriški jasmin; nevestica, stefanotis, venčevka (*Stephanotis floribunda*).

Prihaja iz Madagaskarja in ima obliko vedno zelenega grma z dolgimi viticami. Listi so temno zeleni in svetleče usnjati.

~ Grmasta tolstica (*Crassula arborescens*).

Njena domovina je Južna Afrika. Raste na povsem sončnem območju. Poleti potrebuje tople temperature, pozimi pa temperature okoli 10°C.

~ Bambus sreče (*Dracaena sanderiana*).

Doma je v tropskem delu zahodne Afrike. Je nezahtevna sobna rastlina, saj jo lahko postavimo kar v vodo.



*Slika 12: Grmasta tolstica
(vir: lastna avtorka slika)*



*Slika 13: Afriški jasmin (Stephanostis
floribunda). (vir: lastna avtorka slika)*



Slika 14: Bambus sreče (Dracaena sanderiana). (vir: lastna avtorka slika)

→ Izvedli sem 3 meritve z in 3 meritve brez prisotnosti rastlin.

→ Izmerila sem premere lončkov rastlin in določila število rastlin.

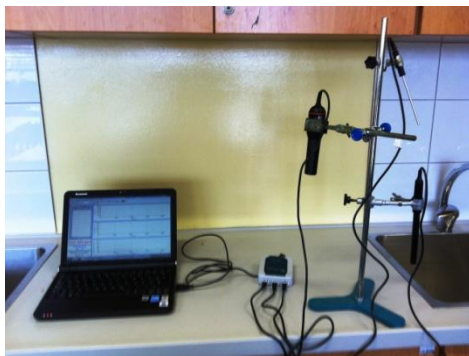
Uporabila sem 8 rastlin: 4 x *grmasta tolstica*, 3 x *afriški jasmin (Stephanostis floribunda)*, in 1 x *bambus sreče (Dracaena sanderiana)*.

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

3. Pri meritvah smo uporabili naslednjo opremo:

- ~ prenosni računalnik
- ~ stojalo s prižemami
- ~ Vernier CO₂ plinski senzor
- ~ Vernier senzor za relativno vlažnost
- ~ Vernier senzor za temperaturo
- ~ Vernier LabQuest Mini



Slika 15: Postavitev opreme za merjenje.
(vir: lastna avtorka slika)



Slika 16: Vernier CO₂ plinski senzor
(vir: CO₂ senzor)



Slika 17: Vernier senzor za relativno zračno vlažnost.

(vir: Senzor za relativno vlažnost)



Slika 18: Vernier senzor za temperaturo.

(vir: Senzor za temperaturo)



Slika 19: Vernier LabQuest Mini.

(vir: LabQuest Mini)

4. Obdelava rezultatov

Vse rezultate sem na koncu preračunala po formuli in dobila podatek, koliko ppm CO₂ je ena oseba izdihnila v eni uri glede na določen volumen prostora (v učilnici na 100 m³, v drugem prostoru na 1 m³).

Za spremembo koncentracije CO₂ sem vzela polurni interval, saj se pouk ni vedno začel in končal ob enakem času, je pa vsaka šolska ura trajala vsaj pol ure.

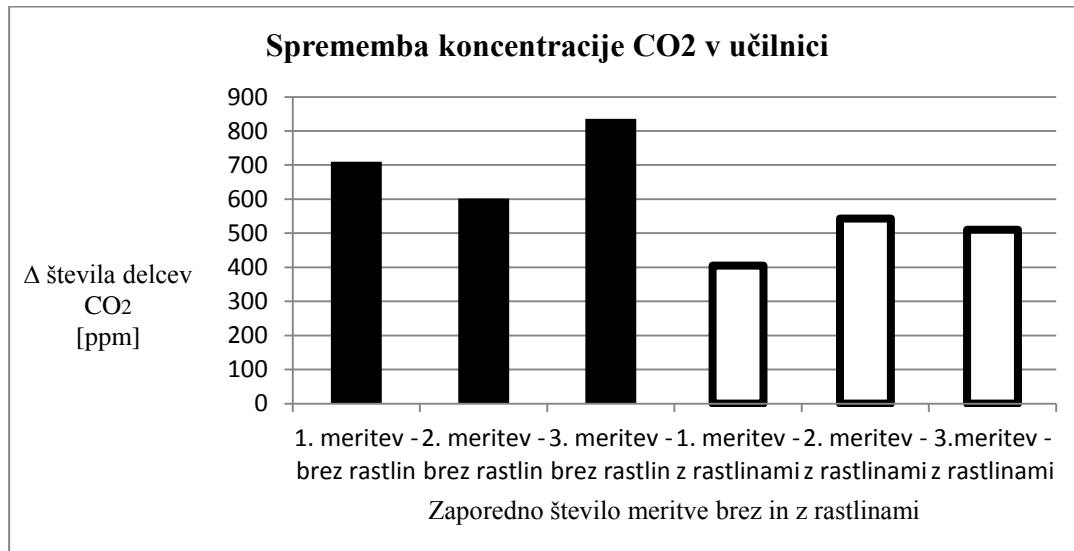
Formula za izračun je bila: $(2 * (\Delta \text{ ppm CO}_2 / \text{ št. oseb})) / V \text{ učilnice [100 m}^3\text{]}$.

Glede na vse izračunane koncentracije sem izračune ločila po prostorih in prisotnosti oziroma odsotnosti rastlin. Tako ločene podatke sem uporabila za risanje grafov, ki so slikovno prikazali dobljene rezultate.

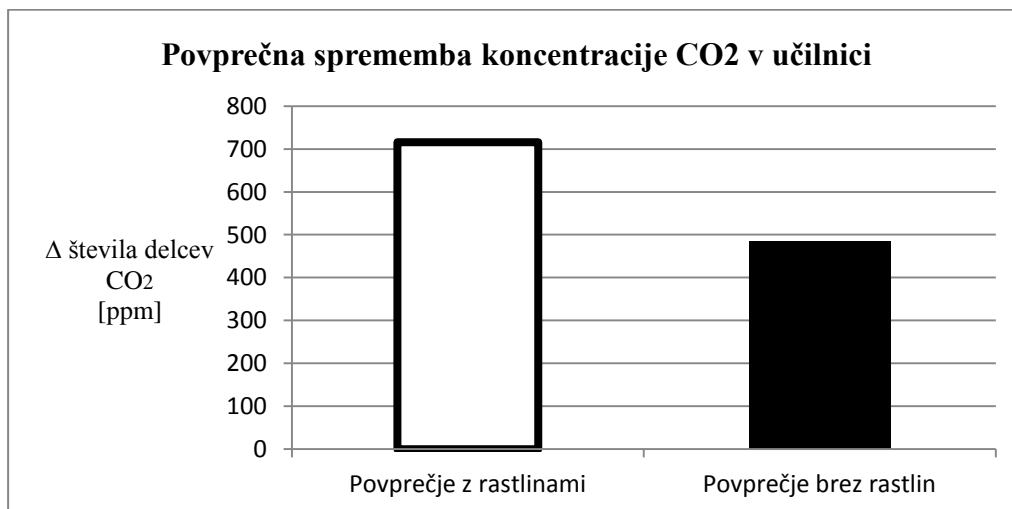
Rastlino je najbolje postaviti tako, da jo ima oseba v vidnem polju, vendar je ne ovira. Torej v našem primeru ne sme ovirati pouka in učitelja. Rastline so zelo uspešne tudi pri dvigovanju razpoloženja. Paziti pa moramo predvsem na pogoje, ki jih vsaka rastlina potrebuje za uspešno rast. Po izračunih naj bi prostor z površino 93 m³ zadostoval za 35 oseb za 1 minuto, po pravilih ameriške zveze zrak pa naj bi 0,42 m³ svežega zraka zadostovalo za 1 osebo na minuto.

4. REZULTATI

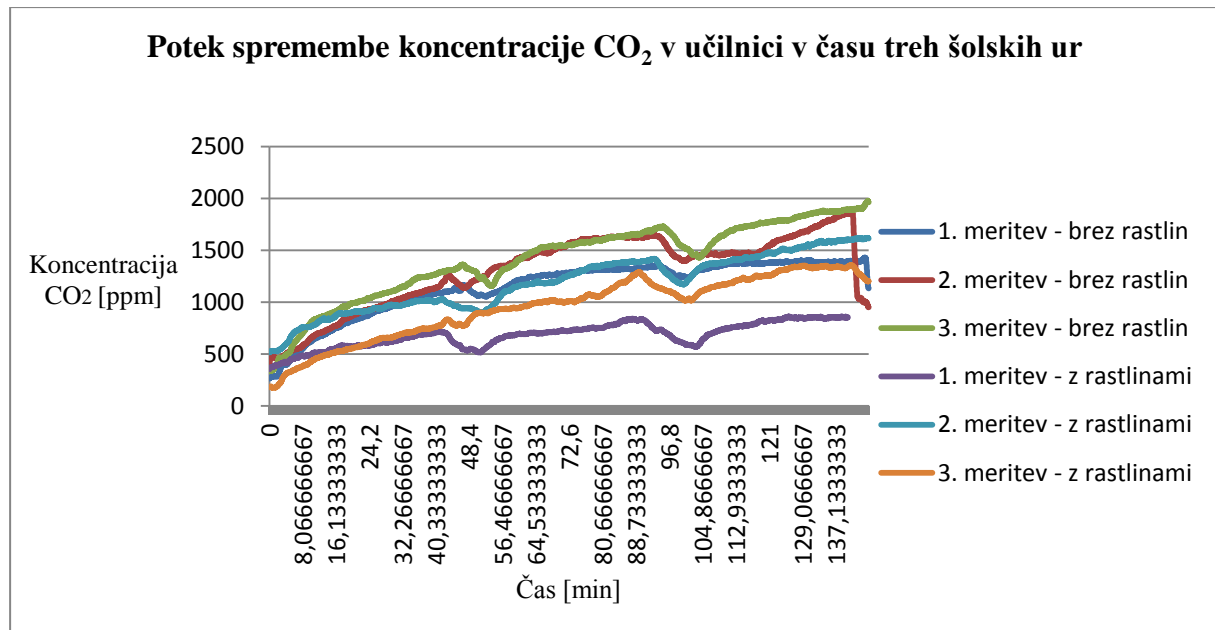
Grafikon 1: Sprememba koncentracije CO₂ v učilnici.



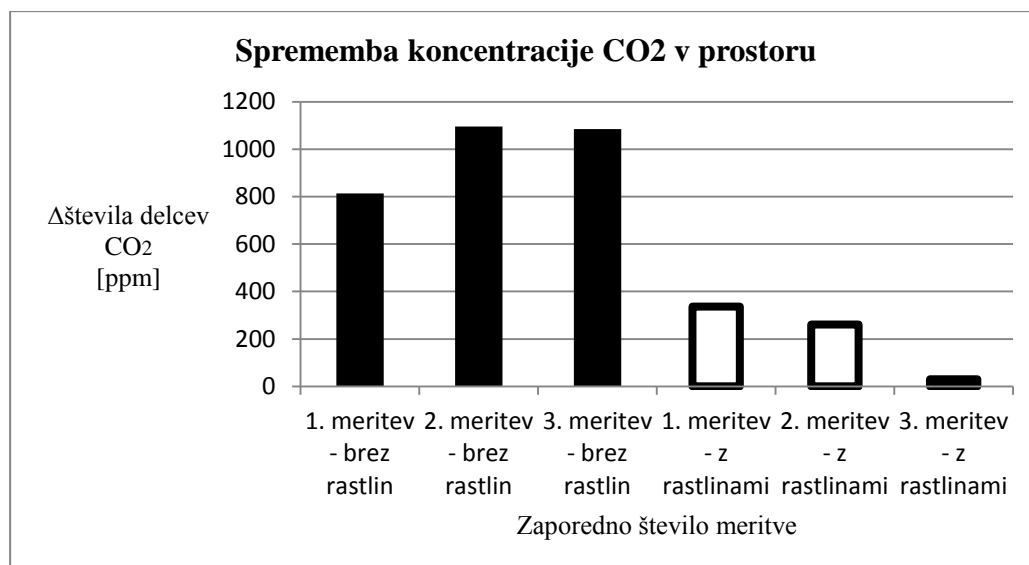
Grafikon 2: Povprečna sprememba koncentracije CO₂ v prostoru.



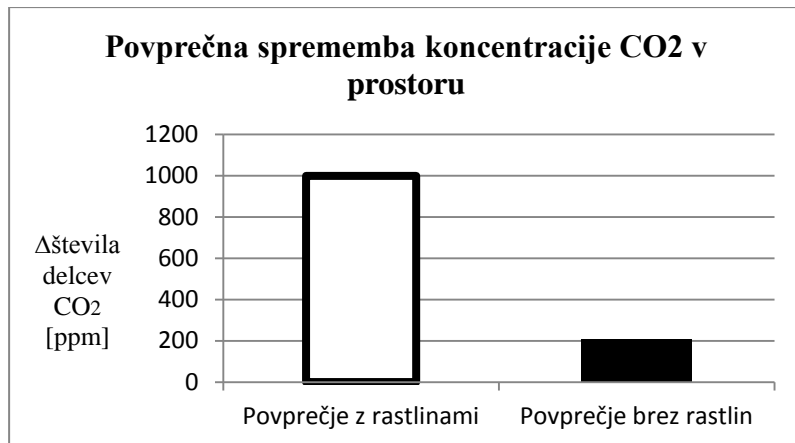
Grafikon 3: Potek spremembe koncentracije CO₂ v učilnici v času treh šolskih ur.



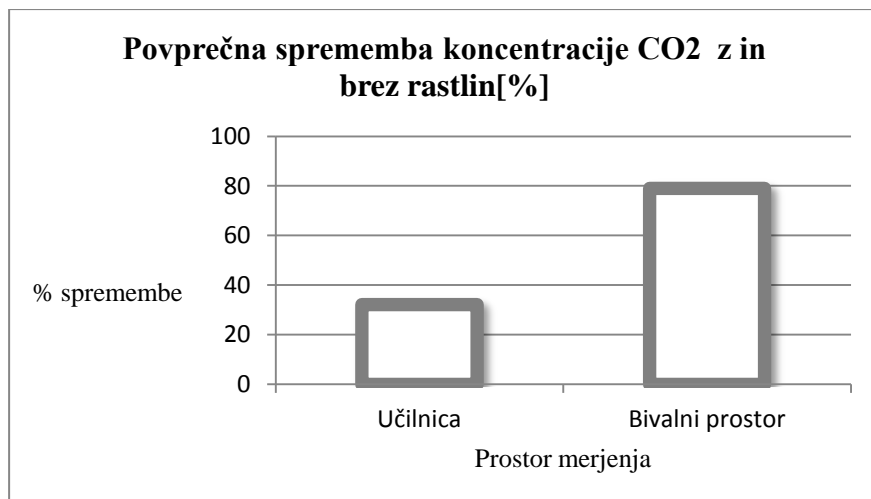
Grafikon 4: Sprememba koncentracije CO₂ v prostoru.



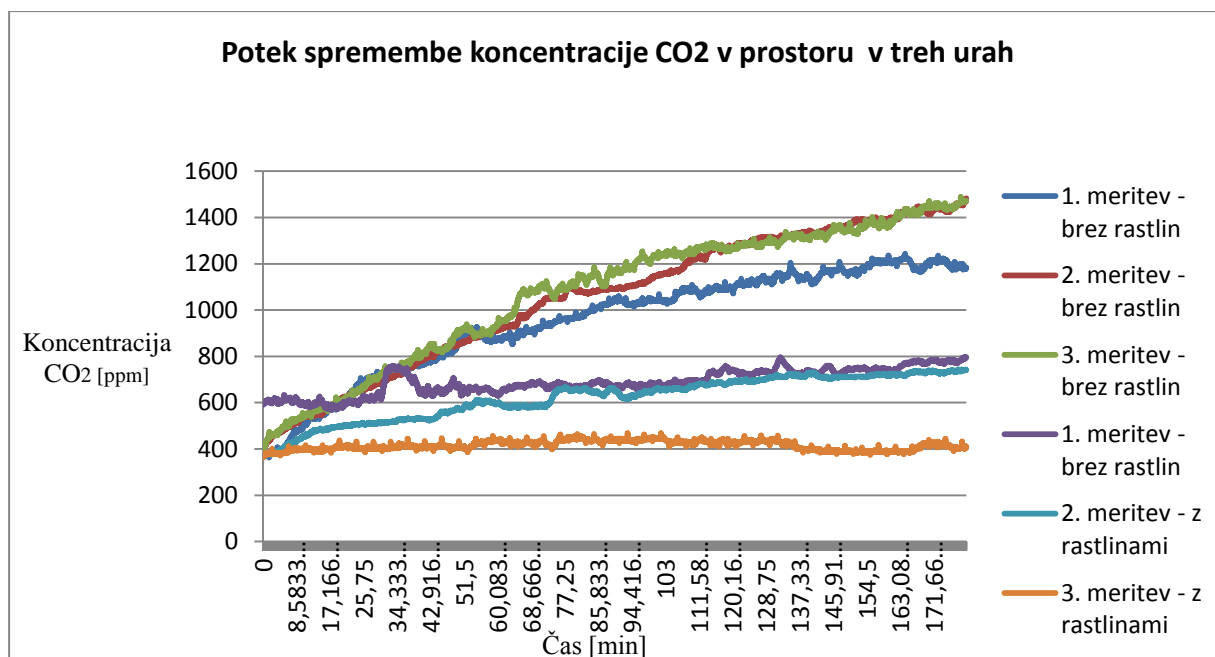
Grafikon 5: Povprečna sprememba koncentracije CO₂ v prostoru.



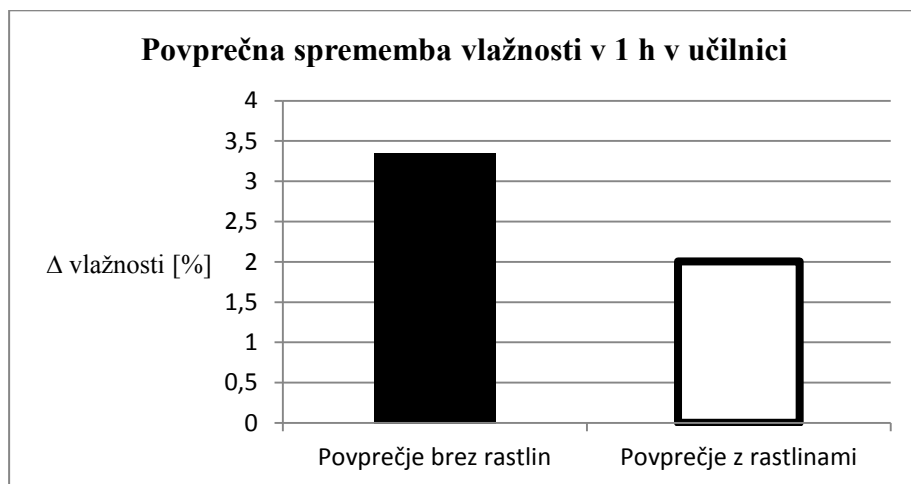
Grafikon 6: Povprečna sprememba koncentracije CO₂ z in brez rastlin [%]



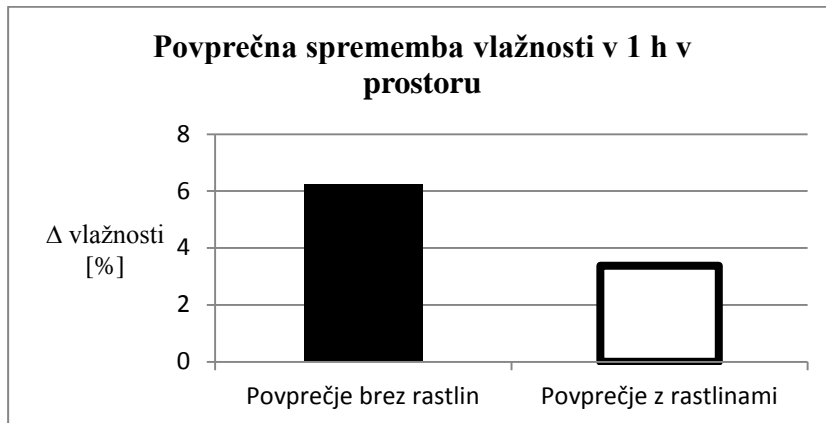
Grafikon 7: sprememba koncentracije CO₂ v prostoru v treh urah.



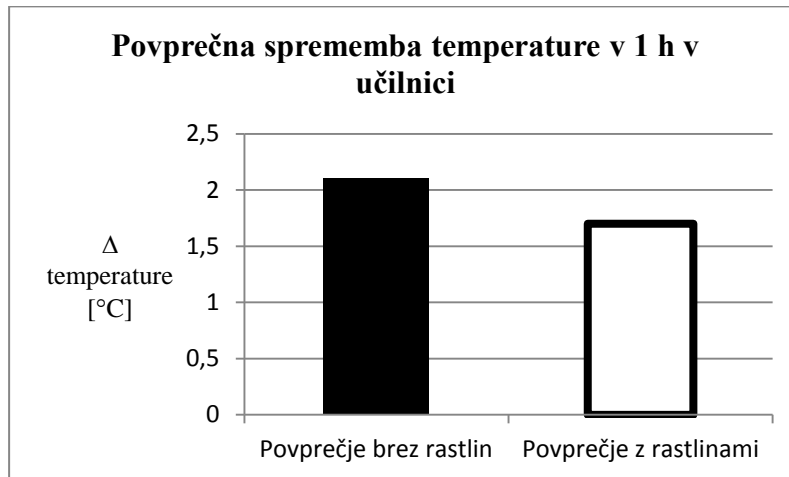
Grafikon 8: Povprečna sprememba vlažnosti v učilnici.



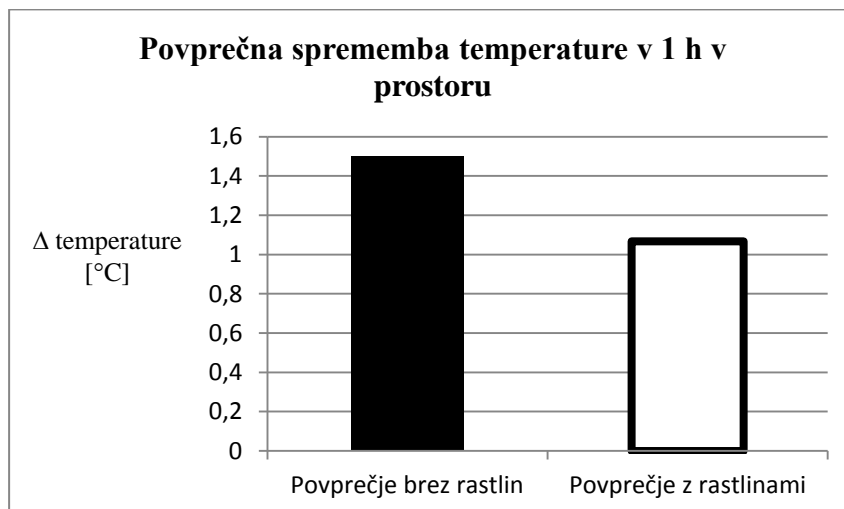
Grafikon 9: Povprečna sprememba vlažnosti v 1 h v prostoru.



Grafikon 10: Povprečna sprememba temperature v 1 h v učilnici.



Grafikon 11: Povprečna sprememba temperature v 1 h v prostoru.



5. RAZPRAVA

Za izboljšanje zdravja, izčrpanosti in stresa moramo postaviti 1 veliko rastlino (premer lončka mora biti vsaj 20 cm) za vsakih 12 m³, oziroma na vsakih 167 m³ postavimo 15-20 rastlin. (vir: 5 Benefits of Houseplants)

V učilnici je bilo 19 rastlin s povprečnim premerom lončka približno 28 cm. Učilnica je imela volumen $\cong 250 \text{ m}^3$, kar pomeni, da je vsaka rastlina bila postavljena na povprečno 12 m³ prostora. Tako je delovanje posamezne rastline bila kar najbolj optimalno. Med odmori smo na vsakih 45 minut prezračevali približno 5 minut, tako da je v prostoru bil nenehno prisoten svež zrak z majhno koncentracijo polutantov.

Iz Grafikonov 1 in 2 je razvidno, da je koncentracija CO₂ veliko nižja ob prisotnosti rastlin, kar potrjuje dejstvo, da rastline med svojim delovanjem res porabljajo CO₂. Pri treh urah merjenja smo ugotovili, da je koncentracija CO₂ že tako narasla, da je plin močno uhajal pod vrati, saj je CO₂ težji od zraka. Sprememba koncentracije CO₂ je kot posledica tega bila drugo in tretjo uro veliko nižja (Grafikon 3). Iz tega razloga smo se kasneje tudi odločili samo za upoštevanje rezultatov prve ure, ki kažejo najbolj optimalne rezultate.

Iz Grafikona 3 opazimo tudi, da se je nivo CO₂ pri meritvah brez rastlin, dvignil tudi do 2000 ppm., kljub odmorom in zračnikom v učilnici. Vsakodnevna večurna izpostavljenost takšni koncentraciji ima lahko veliko negativnih učinkov in lahko škodi zdravju. Prav iz tega razloga je prezračevanje po vsaki uri nujno potrebno za zdravje dijakov.

V bivalnem prostoru smo torej uporabili povečini samo CAM rastline (4 x *grmasta tolstica*, 3 x *afriški jasmín*), ki vežejo CO₂ ponoči.

Povprečen premer lončka v prostoru je bil 18,5 cm. V merjenem prostoru je bilo 8 rastlin (7 sukulentic), torej je v povprečju ena rastlina zajemala 3,8 m³. V tem primeru je bil prostor prenasičen z rastlinami, saj bi za optimalno delovanje vsaka rastlina potrebovala 11,1 m³. Iz Grafikonov 4 in 5 lahko vidimo, da je koncentracija CO₂ bila veliko manjša v prisotnosti rastlin. Grafikon 7 nam prav tako lepo pokaže, da je koncentracija naraščala veliko hitreje, kadar v prostoru ni bilo prisotnih rastlin. Iz teh podatkov lahko sklepamo, da so rastline porabljale CO₂ tudi v nočnem času.

V Grafikonu 6 smo izračunali povprečno spremembo koncentracije CO₂ z in brez rastlin. Vidimo lahko, da je v prisotnosti rastlin v učilnici koncentracija CO₂ bila za 32 % nižja. V prostoru je bila ta razlika še večja, saj sta se povprečni koncentraciji z in brez rastlin razlikovali za 79 %.

Pri spremembi vlage in temperature (Grafikoni 8, 9, 10, 11) lahko opazimo, da je bila vrednost obeh nižja v prisotnosti rastlin. Glede na ostale znanstvene raziskave ta podatek ne ustreza ostalim raziskavam, kjer naj ne bi bilo spremembe temperature, vlažnost pa naj bi bila za malenkost višja. Pri naših merjenjih smo pred samimi merjenji izmerili tudi posamezne zunanje temperature. Te temperature so bile nižje v času, ko smo merili podatke z rastlinami. To lahko pojasni tudi manjšo spremembo relativne vlažnosti, saj je bilo vreme pri vsaki meritvi drugačno in posledično je bilo drugačno tudi ogrevanje sobe z radiatorji. Zaradi le-teh je bila ob hladnejših dnevih tudi relativna vlažnost manjša. Relativna vlažnost bi se morala povečati predvsem zaradi transpiracije in uhajanja vode skozi listne reže.

Kljub tem podatkom, kolikšen naj bi bil premer lončka za optimalno delovanje rastlin, pa to ni najbolj zanesljiv podatek za optimalno število rastlin. Rastline v lončkih z enakim premerom so bile različnih vrst, lončki pa so bili velikokrat premajhni za rastlino.

Vse meritve so potekale v času od novembra do januarja, torej v času zime. V tem letnem času pogoji niso primerni za najboljše delovanje rastlin. V primeru da bi meritve opravljali v spomladanskem času, ko so rastline v rasti sezoni, bi bile tudi razlike v spremembi koncentraciji CO₂ občutno večje. V pomladanskem letnem času so tudi temperature bolj konstantne, tako da ne bi bilo še temperaturnih dejavnikov iz zunanjega okolja, kar bi omogočalo bolj optimalne rezultate. Takrat bi lahko opazovali tudi vpliv na temperaturo in vlažnost, saj bi imeli manj nenadzorovanih spremenljivk.

V obeh merjenih prostorih so bile opravljene samo tri meritve z rastlinami in tri meritve brez rastlin. Meritve so bile precej zahtevne, saj smo morali zagotoviti točen začetek in konec šolske ure, prositi učitelja, da ne izvaja preverjanja znanja, da ni nihče med uro odpiral vrat,.. Za bolj zanesljive rezultate bi morali tako opraviti večjo število meritev.

V prostoru je zrak uhajal predvsem pod vrati in okoli oken, kar bi lahko odpravili s boljšim tesnjenjem. Ker je v prostoru spala vedno enaka oseba, smo torej dobili podatek le za to osebo, vendar ne vrednosti za povprečno populacijo ljudi.

Za izboljšanje rezultatov meritev v učilnici bi lahko namestili tesnila tudi pod vrati in še dodatno ob oknih. Prav tako bi morali zapreti zračnik, vendar bi to povzročilo tudi nelagodje pri dijakih, saj bi slabo vplivali na njihovo počutje, če bi bil prostor 1 šolsko uro popolnoma zaprt.

Že iz literature je razvidno, da rastline ne vplivajo na T, vendar je bila kontrola T dobrodošla, saj je potrebno zagotoviti konstantne razmere med merjenjem. Vpliv na T je tudi zelo težko raziskovati, saj se prostori ne ogrevajo enakomerno ves čas.

Raziskava, opravljena na The Royal College of Agriculture in Cirencester v Angliji, je pokazala, da so njihovi učenci pri delu bili kar 70 % uspešnejši, če so v sobi bile prisotne tudi rastline. (vir: Improving Student Achievement and School Facilities in a Time of Limited Funding). Dodatna zanimiva raziskava bi bila merjenje ob preverjanju znanja. Tako bi lahko ugotavljali razliko, če rastline vplivajo na uspešnost učencev.

Zanimivo bi bilo narediti tudi poskus s samo določenimi vrstami rastlin, še posebej v drugem prostoru, kjer so meritve potekale v večernem času (glej prilogo 2). Nekatere vrste rastlin naj bi porabljale CO₂ tudi v nočnem času, saj smo v prostoru v večini uporabili ravno te. Med te rastline sodijo predvsem orhideje in sukulente rastline. Tako bi lahko meritev ponoči opravljali samo z temi rastlinami in spremembe koncentracij med seboj primerjali.

Smiselno bi meriti hkrati tudi koncentracijo kisika bi lahko tudi koncentracijo kisika in ugotavljati porast zaradi fotosinteze rastlin. Seveda bi pri tem pričakovali razlike pri sukulenti rastlinah v prostoru ponoči, kjer pa se CO₂ sicer veže, vendar pa kisik ne nastaja.

NASA je opravila meritev, kjer je izvedela, da rastline v 24 urah odstranijo do 87 % toksinov in prašnih delcev. (vir: 5 Benefits of Houseplants)

Opravili bi lahko tudi meritev o vplivu rastlin na polutante, kjer bi rastline tehtali v prostoru z različnimi koncentracijami CO₂. Rastline bi stehali pred in po meritvi, ter izmerili razliko v masi, vendar bi za to potrebovali zelo natančne tehtnice.

Proračun šole je vedno nižji in vedno manj sredstev je na voljo za udobje dijakov. Šole si nenehno prizadevajo za boljše pogoje, vendar se pogoji s starostjo šole in nerednim obnavljanjem vsako leto poslabšujejo. Tako bi lahko v razrede dodali manjše število rastlin, saj je tudi uspeh učencev odvisen od prostora, v katerem vsakodnevno pridobivajo znanje.

6. ZAKLJUČEK

Dobrodošlo bi bilo, da bi v vsaki učilnici na šoli imeli vsaj nekaj rastlin. Že iz estetskega vidika se mi je zdela učilnica, ko smo vanjo prinesli rastline bolj prijazna. Ponavadi se vse zaplete pri denarju. Rastline in samo vzdrževanje le-teh ni poceni in tudi časa ponavadi ni. Kljub temu, je stroškov veliko manj, kot bi jih bilo v nasprotnem primeru.

Z raziskavo lahko potrdim hipotezo 1 in hipotezo 2, saj je bila sprememba koncentracije CO₂ v učilnici očitno opazna, kadar so bile v prostoru prisotne rastline in kadar je bila meritev izvajana brez rastlin.

Hipotezi 3 in 4 ne morem na podlagi meritev ne potrdit ne ovreč, saj je bilo pri meritvah prisotnih preveč nenadzorovanih spremenljivk. Rezultati so se zaradi tega precej razlikovali od rezultatov, ki so jih dobili v ostalih znanstvenih raziskavah.

Hipotezo 5 lahko ovržem, saj je bila sprememba koncentracije CO₂ v prostoru očitna, v primeru da so v njem bile rastline ali pa le-teh ni bilo. Razlog za to je lahko tudi dejstvo, da sem uporabila samo sukulente CAM rastline, ki torej porabljajo CO₂ ponoči.

ZAHVALA

Rada bi se zahvalila moji mentorici, ki me je vodila skozi vso raziskovalno nalogo. Pri vsaki težavi mi je pomagala ter nenehno iskala gradivo, s katerim bi si lahko pomagala in bi mi olajšalo delo. Zahvalila bi se ji tudi za nenehno nadzorovanje in spremljanje meritev ter vse nasvete, ki mi jih je podala. Zahvalo prejmejo tudi vse ostale profesorice biologije, ki so mi omogočale opravljanje mojih meritev, kljub temu, da so včasih ovirale njihove priprave na pouk.

7. PRILOGE

Priloga 1: Popisni list

Zunanji pogoji:

temperatura	vreme	druge posebnosti

datum	razred	št. dijakov pri uri (v začetku)

začetek ure	trajanje ure	konec ure	trajanje odmora

čas na programu, ko se je začel odmor po 1. uri	čas na programu, ko se je končal odmor (pred 2. uro)	čas, ki je pretekel v času, ko so bila vrata odprta

	dijaki ki so zamudili pouk
1. čas prihoda	
2. čas prihoda	
3. čas prihoda	
4. čas prihoda	

	dijaki ki so zapustili razred med uro
1. čas odhoda	
2. čas odhoda	
3. čas odhoda	
4. čas odhoda	

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

Aktivnosti pri pouku (obkroži):

- frontalni pouk
- individualno delo
- laboratorijska vaja
- delo v skupinah ali parih

Kratek

opis

aktivnosti:

Preizkus znanja: DA NE

Če da, navedi vrsto preizkusa in trajanje: _____

Priloga 2: Tabela rastlin in njihova uporaba.

Splošno ime:	Latinsko ime:	Prednosti:	Najboljša uporaba:
Živikasta kosmuljka, travasta lilja.	<i>Chlorophytum comosum</i>	Hitro očisti zrak; odstrani formaldehide.	Bivalni prostori.
Zmajevka.	<i>Dracaena marginata</i>	Čiščenje zraka; odstrani formaldehide, benzene, toluene in ksilene.	Bivalni prostori.
Gerbera.	<i>Gerbera jamesonii</i>	Sprošča kisik v zrak; čisti zrak z odstranjevanjem benzena in trikloroetilena.	Spalnica.
Okrasni ali sobni bršljan.	<i>Hedera helix</i>	Odstranjuje benzen iz zraka.	Domače pisarne.
Navadni nefrolepsis.	<i>Nephrolepis exaltata</i> 'Bostoniensis'	Vlaženje zraka.	Bivalni prostori.
Drevoljub, filodendron.	<i>Philodendron</i>	Čiščenje zraka; odstranjevanje formaldehidov.	Sveže prenovljeni bivalni prostori.
Bajonetka, taščin jezik, pisana sansevierija.	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Čisti zrak; odstranjuje formaldehide in dušikove okside.	Bivalni prostori, kuhinje, prostori z odprtim kaminom.
Spatifil, samolist.	<i>Spathiphyllum</i>	Odstranjuje plesen iz zraka.	Kopalnica in vlažni prostori.

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

8. VIRI IN LITERATURA

Gostota zraka [spletni vir]. Dostopno na URL:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Atmospher> (2.2.2013).

CO₂ senzor [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://www.vernier.com/images/cache/product.co2-bta._physiology._hero.590.332.jpg

(2.2.2013).

Senzor za relativno lažnost [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://www.vernier.com/images/cache/product.rh-bta._hero.001.590.332.jpg (2.2.2013).

Senzor za temperaturo [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://www.vernier.com/images/cache/product.tmp-bta._hero.001.439.247.jpg (2.2.2013).

LabQuest Mini [spletni vir]. Dostopno na URL: http://www.vernier.com/images/cache/lq-mini_home.896.279.png (2.2.2013).

Globalno segrevanje [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming (3.2.2013).

Toplogredni plini [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas (3.2.2013).

Učinek tople grede [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect (3.2.2013).

MCDERMOTT, N. (2012). Onesnaževanje zraka v mestih postara možgane [spletni vir].

Dostopno na URL: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-2234239/Air-pollution-towns-cities-ages-brains-50s-years.html> (3.2.2013).

JONES, N. (2010). Kako je zrak v prostoru slabši kot zunaj [spletni vir]. Dostopno na URL:

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

<http://www.greenme.ie/greenblog/2010/01/air-pollution-%E2%80%93-how-inside-is-worse-than-outside/> (3.2.2013).

EVANS, K. (2010). Onesnaževanje zraka v prostoru [spletni vir]. Dostopna na URL: http://www.naturalnews.com/028018_indoor_air_pollution.html (3.2.2013).

Zmanjšanje onesnaženosti v prostoru in zunaj [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://static.cnhi.zope.net/birmingham/metro/enidnews/think-green/article0015.html> (3.2.2013).

Onesnaženost zraka [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://www.lbl.gov/Education/ELSI/Frames/pollution-main-f.html> (3.2.2013).

Beta oksidacija [spletni vir]. Dostopno na URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Beta_oxidation (3.2.2013).

Acetil-CoA [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Acetyl-CoA> (3.2.2013).

Dekarboksilacija piruvatov [spletni vir]. Dostopno na URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Pyruvate_decarboxylation (3.2.2013)

Krebsov cikel [spletni vir]. Dostopno na URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Citric_acid_cycle (3.2.2013).

Celično dihanje [spletni vir]. Dostopno na URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_respiration (3.2.2013).

Fotosinteza [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis> (3.2.2013).

Dijaki, CO₂ in rastline.

Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

Kalvinov cikel [spletni vir]. Dostopno na URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Calvin_cycle (3.2.2013).

Dihanje rastlin in živali [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://www.ehow.com/about_6075950_respiration-plants-animals.html (3.2.2013).

Dihalna veriga [spletni vir]. Dostopno na URL: http://sl.wikipedia.org/wiki/Dihalna_veriga (3.2.2013).

Transpiracija [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Transpiracija> (3.2.2013).

Carbon Dioxide (CO₂) in the Indoor Environment [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/co2/carbondioxide.pdf> (3.2.2013).

Ventilation Rates in Schools and Learning Performance [spletni vir]. Dostopno na URL: https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/1/?ui=2&ik=d559529973&view=att&th=13c90f3dc8186d80&attid=0.1&disp=inline&realattid=f_hclun6ho0&safe=1&zw&saduie=AG9B_P8s966YMwF6A5LvdeleYtq1&sadet=1359854206004&sads=_xzVsf2D8UBfVkuIOaR5g9Egc4k&sadssc=1 (3.2.2013).

Ventilation rates in schools [spletni vir]. Dostopno na URL: https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/1/?ui=2&ik=d559529973&view=att&th=13c90f3dc8186d80&attid=0.2&disp=inline&realattid=f_hclun6hv1&safe=1&zw&saduie=AG9B_P8s966YMwF6A5LvdeleYtq1&sadet=1359854206913&sads=9mV6O-rhWXnIJQqQmAvKl9NkMu0 (2.3.2013).

LOHR, I. V., PEARSON-MIMS, C. H., 1995, Particulate matter accumulation on horizontal surfaces in interiors: influence of foliage plants.

HEITZ, H., 2007, Sobne rastline, Ptujška Gora, IN OBS MEDICUS.

Dijaki, CO₂ in rastline.
Raziskovalna naloga v projektu »Mladi za napredek Maribora«. Maribor, 2013.

Fotosinteza v naravi [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://www.earthtimes.org/newsimage/photosynthesis-dream-renewable-energy_1_02842012.jpg (3.2.2013).

C3 rastline [spletni vir]. Dostopno na URL:

http://bio1151.nicerweb.com/Locked/media/ch10/10_C3-plants.jpg (3.2.2013).

C4 rastline [spletni vir]. Dostopno na URL: <https://news.uns.purdue.edu/images/+2008/grass-corn.jpg> (3.2.2013).

Sukulente rastline [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://www.jardimflordoleste.com.br/wp-content/uploads/2012/06/suculentas-e-cactos.jpg> (3.2.2013).

5 Benefits of Houseplants [spletni vir]. Dostopno na URL:

<http://www.bayeradvanced.com/articles/5-benefits-of-houseplants> (4.2.2013).

The Case for Class Plants [spletni vir]. Dostopno na URL:

<http://applesofyoureye.blogspot.com/2012/09/the-case-for-class-plants.html> (4.2.2013).

Improving Student Achievement and School Facilities in a Time of Limited Funding [spletni vir]. Dostopno na URL: <http://cnx.org/content/m23100/latest/> (4.2.2013).

Prezračevanje stanovanjskih prostorov v zimskem času [spletni vir]. Dostopno na URL:

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/ostaliavtorji/PT347.htm> (4.2.2013).

BROOKES, J., Sobne rastline, 1996, Murska Sobota, Pomurska založba.

HESSAYON, D.G., Sobne rastline, 1997, Ljubljana, Mladinska knjiga.