

Raziskovalna naloga
s področja ekologije z varstvom okolja

UPORABNOST
IN EKOLOŠKA SPREJEMLJIVOST
RAZLIČNIH NAGROBNIH SVEČ



Mentor:

mag. Stanko ČERPNIJAK

Avtor:

Jaka BENKO

Murska Sobota, junij 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se učitelju in mentorju Stanku Čerpnjaku, ki mi je pomagal doseči zastavljeni cilj, me ves čas usmerjal in spodbujal.

Najlepša hvala ravnateljici gospe Suzani Fartelj, ki mi je omogočila izdelavo raziskovalne naloge.

Velika zahvala gre tudi mojima staršema, ki sta mi nudila veliko pomoč in podporo pri izdelavi raziskovalne naloge.

Prav tako bi se zahvalil gospe Nataši Kuhar Čerpnjak za lektoriranje moje raziskovalne naloge in gospe Simoni Šooš za prevod povzetka v angleški jezik.

POVZETEK

Z raziskovalno nalogo sem želel opozoriti na uporabnost in okoljski problem sveč. Ogenj je človeku že v davnini pomenil preživetje. Do obdobja elektrifikacije pa so sveče pomenile za človeka dobesedno luč v temi. Dandanes imajo sveče bolj dekorativni in simbolični pomen. Z njimi v največji meri izražamo sočutje do naših bližnjih, ki so preminuli.

Dokazati sem hotel, da je svetilnost odvisna od spremembe povprečne mase, od višine sveče, od gorljive snovi, iz katerega je sveča in od dolžine stenja. Rezultati meritev so pokazali, da medsebojne odvisnosti niso takšne, pač pa je glavno merilo kvaliteta in lastnost materiala, iz katerega so sveče narejene. Prav tako sem hotel dokazati, da so organski naravni materiali okoljsko dosti sprejemljivejši, saj nam dajo manj ogljikovega dioksida, pa so meritve pokazale drugačne vrednosti. Tudi svetilnost ni odvisna samo od zmanjšanja povprečne mase gorljivega materiala. Sem pa prišel do spoznanja, da je svetilnost povezana s kvaliteto in lastnostmi gorljivega materiala. Če bi gledal cenovno, ni jasne razlike med dražjimi in cenejšimi svečami, razen v izgledu in oblikovni ustreznosti. S poskusi sem dobil dobra izhodišča za racionalno razmišljanje in morebitnim drugačnim pristopom pri raziskovanju njihovih lastnosti. Rezultati mi nudijo nov pogled v problem kvalitete in tržnih prijemov v sodobnem načinu življenja.

Ključne besede: parafin, stenj, vosek, svetilnost, ogljikov dioksid

ABSTRACT

With this research work, I wanted to point out the usability and the environmental problem of candles.

The fire has helped humans to survive from the ancient times. Until the era of electrification, creating fire allowed human activity to continue into the dark. Today, candles have more of a decorative and symbolic meaning. With them, we show compassion to our loved ones, who have passed away.

I wanted to prove that the luminosity depends on the change of average mass, the height of the candle, the material of which the candle is made of and the length of the wick. The measurement results have shown that mutually dependences are not such, but that the main scale is the quality and the characteristics of the material, from which the candles are made of. I also wanted to prove that organic materials are more environmentally acceptable because they produce less carbon dioxide, but the measurements have shown different results. The luminosity also does not depend just on the reduction of the average mass of the inflammable material. But I have come to the conclusion, that the luminosity depends on the quality and characteristics of the inflammable material. If I were looking from the price perspective, there are no distinct differences between expensive and cheap candles, despite the visual and design suitability. With the experiments I got many good basis for rational thinking and different approaches by researching of their characteristics. The results have shown me a new point of view on the problem of quality and marketing procedures of the modern lifestyle.

Key words: paraffin, wick, wax luminosity, carbon dioxide

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
1.1 Namen raziskovalne naloge	1
1.2 Hipoteze	1
2 TEORETSKE OSNOVE.....	2
2.1 Gorenje.....	2
2.2 Značilnosti ognja.....	2
2.2.1 Trikotnik gorenja.....	3
2.2.2 Samovžig.....	3
2.2.3 Zunanji vžig.....	3
2.3 Oblike ognja	4
2.3.1 Gorenje s plamenom.....	4
2.3.2 Gorenje z žarom	4
2.3.3 Gorenje s plamenom in z žarom.....	4
2.3.4 Eksplozija.....	5
2.4 Gašenje ognja.....	5
2.5 Sveča.....	5
2.6 Parafin.....	7
2.7 Vosek	7
2.8 Izdelava sveč.....	8
3 METODE DELA IN LABORATORIJSKO DELO.....	10
3.1 Metode dela.....	10
3.2 Laboratorijsko delo	10
3.2.1 Pripomočki	10
3.2.2 Vrste uporabljenih sveč.....	11
3.2.3 Merjenje teže, premera, višine gorljive snovi in višine stenja	13

3.2.4 Merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika med gorenjem	13
3.2.5 Merjenje temperature gorljive snovi med gorenjem posamezne sveče.....	14
3.2.6 Merjenje svetilnosti posamezne sveče	15
4 REZULTATI IN UGOTOVITVE	17
4.1 Osnovne meritve sveč	17
4.2 Meritve spremembe teže gorljive snovi in temperature gorljive snovi med gorenjem	19
4.3 Meritve spremembe višine gorljive snovi.....	21
4.4 Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem.....	23
4.5 Meritve svetilnosti sveč med gorenjem	25
4.6 Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s svetilnostjo sveče	26
4.7 Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s srednjo vrednostjo ogljikovega dioksida.....	27
5 POTRDITEV HIPOTEZ	28
6 ZAKLJUČEK	29
7 LITERATURA	30
8 PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Trikotnik gorenja (kisik, toplota, gorivo).....	3
Slika 2: Gorenje s plamenom	4
Slika 3: Osnovni procesi v vseh delih plamena sveče	7
Slika 4: Merilni instrument Vernier LabQuest in tipali za merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika	11
Slika 5: Merilnik svetilnosti VOLTCRAFT MS-1500.....	11
Slika 6: Izvajanje meritev	13
Slika 7: Merjenje količine ogljikovega dioksida med gorenjem	14
Slika 8: Merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika med gorenjem	14
Slika 9: Merjenje temperature gorljive snovi med gorenjem posamezne sveče.....	15
Slika 10: Odprta škatla za merjenje svetilnosti	15
Slika 11: Zaprta škatla za merjenje svetilnosti sveč	16

KAZALO TABEL

Tabela 1: Sestava čebeljega voska.....	8
Tabela 2: Vrste sveč	12
Tabela 3: Osnovne meritve sveč in nabavna cena sveč z DDV	17
Tabela 4: Meritve spremembe teže gorljive snovi in temperature gorljive snovi med gorenjem	19
Tabela 5: Meritve spremembe višine gorljive snovi	21
Tabela 6: Meritve količine ogljikovega dioksida in vsebnosti kisika med gorenjem	23
Tabela 7: Meritve količine oddane svetlobe.....	25
Tabela 8: Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s svetilnostjo sveče	26
Tabela 9: Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s srednjo vrednostjo ogljikovega dioksida.....	27

1 UVOD

1.1 Namen raziskovalne naloge

Človek že dolga stoletja uporablja ogenj. Včasih mu je pomenil preživetje, potem mu je njegova uporaba lajšala življenje, ko je bila tema. Od trenutka naprej, ko smo postali odvisni od električne energije, pa nam sveče predstavljajo element dekoracije, element boljšega počutja in element spomina na naše najdražje, ki jih več ni med nami. Po drugi strani pa predstavljajo sveče velik okoljski problem, če gledamo skozi oči skrbi za naš edini planet. Če gledamo skozi oči trgovcev, pa so sveče priljubljen element, ki prinaša dober zaslužek. Namen izdelave raziskovalne naloge je bil, da ugotovim, katera sveča dlje časa gori; zanimalo me je, če na dolžino gorenja vpliva vrsta gorljive snovi ali masa oziroma prostornina gorljive snovi, poleg tega pa še, v kolikšni meri posamezna sveča ogroža Zemljo skozi izpust ppm delcev v zrak. Ugotoviti sem še želel, kakšna je svetilnost sveč.

1.2 Hipoteze

Postavil sem naslednje raziskovalne hipoteze:

- H1) Sveče z enako prostornino in obliko gorljive snovi (parafin, vosek,...) gorijo enako dolgo.
- H2) Oblika sveče vpliva na čas gorenja; pri enaki prostornini gorljive snovi višje sveče gorijo dlje.
- H3) Svetilnost sveče je povezana z zmanjšanjem njene povprečne mase pri gorenju.
- H4) Sveče iz naravnih organskih materialov oddajajo manj ppm delcev v ozračje kot sveče iz neorganskih materialov.

2 TEORETSKE OSNOVE

2.1 Gorenje

Ogenj je omogočal človeku preživeti, uporabnost ognja poznamo že iz prazgodovine. Poznamo popolno in nepopolno gorenje ogljikovodikov. Popolno gorenje ogljikovodikov je, ko med izgorevanjem nastaneta voda in ogljikov dioksid, nepopolno gorenje pa, ko poleg vode in ogljikovega dioksida nastane še ogljikov oksid. [1]

2.2 Značilnosti ognja

Gorenje je eksotermna kemijska reakcija. Za gorenje so potrebni kisik iz zraka, gorljiva snov in dovolj visoka temperatura, ki zaneti plamen. Ob odsotnosti katerega od teh treh pogojev gorenja ogenj ugasne ali pa sploh ne pride do gorenja. Gorljive snovi so lahko trdne (les, premog, papir, parafin, tekstil, šota, trava, slama), kapljevine (nafta, kurilno olje, alkohol, petrolej), tekočine ali plini (zemeljski plin). Ob gorenju se sproščata toplota in svetloba, zato je ob ognju toplo in svetlo. Pri gorenju sveče se poleg toplote in svetlobe sproščajo še vodna para, plini, kot so ogljikov dioksid, ogljikov oksid, saje (lažji trdi delci pepela) ter hlapi parafina. Dim, ki nastane pri gorenju parafina, je zmes zgoraj naštetih produktov gorenja, ki ga z očesom zaradi delcev pepela lahko zaznamo. Dviguje se navzgor, ker ima manjšo gostoto od zraka v okolici (vzgon). Pepel nastane, kadar so v gorljivi snovi še snovi, ki ne zgorijo. [2]

Od tega, kako hitro gorenje poteka, je odvisna hitrost spajanja določene snovi s kisikom. Kako bo snov reagirala s kisikom, je odvisno od vrste snovi, od temperature snovi, tlaka, v katerem poteka sam proces oksidacije in od prisotnosti snovi, ki zavirajo ali pospešujejo gorenje. [3]

Gorenje se začne:

- a) pri plinih zaradi reakcije med gorljivim plinom in kisikom,
- b) pri vnetljivih tekočinah in trdnih snoveh, ki gorijo s plamenom, zaradi reakcije med gorljivimi hlapi snovi in kisikom. Tako moramo tekočine in trdne snovi najprej segreti, da hitro izhlapijo. [4]

2.2.1 Trikotnik gorenja



Slika 1: Trikotnik gorenja (kisik, toplota, gorivo)

(Vir: [2])

2.2.2 Samovžig

Pogoj za vžig snovi je njeno segrevanje na temperaturo vnetišča, ki se razlikuje od snovi do snovi. Do pričetka gorenja lahko pride zaradi samodejnega vžiga, vir vžiga je lahko tudi zunanji. Kadar pri normalni temperaturi skladiščimo nekatere tekočine in trdne snovi, lahko pride do spontanega segrevanja. To lahko povzroči samovžig, ki nastane kot posledica segrevanja snovi do dovolj visoke temperature. Razlogi za samovžig so lahko različni, npr. oksidacija, trenje, razpad snovi, polimerizacija, delovanje mikroorganizmov. Tipični primer samovžiga je recimo samovžig premoga, masti in različnih rastlinskih olj. [2]

2.2.3 Zunanji vžig

Primer zunanjega vžiga je vžig z vžigalnikom, vžigalicami, kresilnimi kamni in drugim. Ko ogenj približamo gorljivi snovi, se delci na površini te snovi, ki so zelo blizu drug drugemu, zaradi povišane temperature hitreje gibljejo. Postopoma se odmikajo stran drug od drugega, dokler ne preidejo v plinasto stanje. Molekule plina reagirajo z molekulami kisika iz zraka. To na makroskopski ravni opazimo kot začetek gorenja snovi. [5]

2.3 Oblike ognja

2.3.1 Gorenje s plamenom

Gorenje s plamenom je gorenje gorljivih tekočin, plinov in pa nekaterih trdnih snovi, kot so vosek, parafin in žveplo. Gorenje s plamenom poteka v plinasti fazi. Pri gorenju nekaterih trdnih snovi gorijo s plamenom gorljivi hlapi in plinski produkti, ki nastajajo pri termičnem razpadu trdnih snovi. Pri tem je smiselno omeniti pomembno lastnost vnetljivih tekočin, ki se imenuje plamenišče. Primera vnetljivih tekočin sta parafin in vosek. Plamenišče je najnižja temperatura, pri kateri se iz tekočine uplinjajo hlapi v taki količini, da se pomešani zrakom, kadar jih prižgemo z zunanjim izvorom vžiga, nad gladino tekočine eksplozivno vžgejo. [6]



Slika 2: Gorenje s plamenom

(Vir: lasten)

2.3.2 Gorenje z žarom

Gorenje z žarom, ki je gorenje trdnih gorljivih snovi, kot so ogljik, kovine, fosfor, poteka na površini gorljivih snovi. Na tak način gorijo kovine in nekovine, gorenje poteka brez plamenov. [6]

2.3.3 Gorenje s plamenom in z žarom

Gorenje tako s plamenom kot z žarom je način gorenja, s katerim gorijo predvsem trdne snovi, kot so papir, les, slama in podobne snovi. Značilnost le-teh je, da so sestavljene pretežno iz ogljika in vodika ter pri termičnem razpadanju poleg tekočih in plinskih produktov tvorijo tudi trdni produkt, imenovan oglje. [6]

2.3.4 Eksplozija

Kadar se proces gorenja odvija z zelo veliko hitrostjo, govorimo o eksplozijah. Eksplozija nastane zaradi nastanka nadtlaka v zaprtem ali deloma odprtem prostoru. Eksplozija je hitro sproščanje produktov v plinski obliki. [6]

2.4 Gašenje ognja

Ogenj lahko gasimo na več načinov. Prvi je z odvzemanjem toplote, oz. tako imenovano hlajenje. S hlajenjem gorljivi snovi znižamo temperaturo na nižjo od temperature vžiga. Za to največkrat uporabimo mrzlo vodo. Gorljiva snov odda vodi toploto, poleg tega se pri procesu gašenja z vodo ustvarja para, ki preprečuje kisiku dostop do goriva. Voda je snov, ki hladi najboljše, zato se jo za gašenje požarov največkrat uporablja. Drugi način gašenja je dušenje. Pri dušenju ognju odvezamo kisik. To lahko naredimo tako, da gorljivo snov prekrijemo s snovjo, ki preprečuje dostop zraka, npr. pokrovka, negorljiva tkanina, vlažna krpa, ogljikov dioksid, gasilna pena, para. Tretji način gašenja je gašenje z odvzemanjem gorljive snovi, kjer gorljivo snov odstranimo in ogenj se ne more širiti. [2]

2.5 Sveča

Sveča je svetilo, ki je običajno sestavljeno iz notranjega stenja, ki se nahaja v sredini telesa iz goriva. Običajno je gorivo vrsta voska. Največkrat uporabljamo sveče iz parafina. Preden se sveča prižge, je stenj nameščen v gorivu, ki je v trdi obliki. Toplota vžigalice oz. plamena, s katerim prižigamo svečo, povzroči, da se sveča sprva stali, nakar izpari manjša količina goriva. Po izparevanju se gorivo veže s kisikom v zraku, kar povzroči nastanek samostojnega plamena. Ta plamen nato poskrbi za samostojno toploto, ki omogoča samostojno gorenje sveče glede na samovzdrževalno verigo dogodkov: toplota sveče stali vrh telesa trdega goriva, utekočinjeno gorivo se nato premakne navzgor po stenju zaradi kapilarnosti, nato pa tekočinsko gorivo izpari pri gorenju znotraj plamena sveče. [7]

Poznamo več vrst voska:

- mikrokristalni vosek,
- čebelji vosek,

- gel,
- palmov vosek,
- carnauba,
- borovničev vosek,
- sojin vosek in
- parafinski vosek. [8]

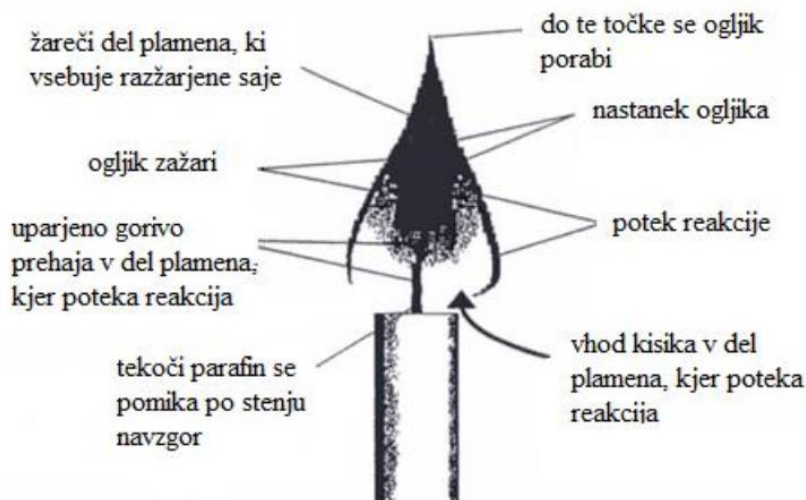
Pred uporabo elektrike v gospodinjstvu so bile sveče poleg oljenk eno najpogostejših sredstev za razsvetljavo. Uporaba sveč je bila razširjena predvsem tam, kjer je bilo razširjeno čebelarstvo, saj je bil čebelji vosek zelo primerno sredstvo za izdelavo sveč. V severni Evropi in severni Ameriki so za razsvetljavo bolj kot sveče uporabljali oljenke na živalsko maščobo (olja raznih vrst rib ter maščobo večjih morskih sesalcev), v Sredozemlju pa olivno olje. Ponekod so za razsvetljavo uporabljali tudi trske posebnih vrst lesa, v Sloveniji je bil največkrat to les smreke. [7]

Sveče so sestavljene iz voska ali parafina (v nadaljevanju parafin, saj so parafinske sveče bolj pogoste) in stenja. [2]

Gorenje sveče na videz zglada kot preprost pojav, vendar se v ozadju odvijajo precej zapleteni kemijski in fizikalni procesi. Ker se poviša temperatura, se na vrhu sveče stali parafin. Po stenju zaradi kapilarnega vleka potuje parafin v tekočem stanju navzgor. Na stenju opazimo plamen, ki je sestavljen iz gorečih plinastih ogljikovodikov, nastalih iz tekočine in pomešanih z zrakom. Del toplote se prenese na vrh stenja. Zaradi tega se parafin tali in izhlapeva. [9]

Parafin začne goreti med 600 in 800 °C. [5]

Plinasti produkti, ki so posledica pirolize (razgradnja organskih snovi na visoki temperaturi brez prisotnosti kisika in vode, pri čemer nastajajo čisti elementi), nato ali ostanejo v plamenu, kjer je zmanjšana količina kisika, ali pa se premaknejo izven plamena. Ogljikov dioksid, tudi produkt pirolize, se premakne v območje plamena, kjer so temperature višje od 1000 °C. Zaradi visoke temperature nastanejo saje (ogljik). Ogljik potuje dalje in žari. Plini potujejo zunaj plamena, kjer naletijo na kisik, ki vstopa v plamen sveče. V tej točki s temperaturo okoli 1400 °C se tvorijo prosti radikali z veliko energijo. Ti vzdržujejo gorenje. V primeru, da je na voljo dovolj kisika, pri gorenju parafina nastaneta ogljikov dioksid in voda. [5]



Slika 3: Osnovni procesi v vseh delih plamena sveče

(Vir: [5])

Med dejavniki gorenja sveče je nujno omeniti tudi vzgon. Arhimedov zakon o vzgonu pravi, da na potopljeno telo deluje vzgon, ki je enak teži izpodrinjene tekočine. V našem primeru predstavljajo potopljeno telo zgoreli plini, saj imajo zaradi višje temperature posledično manjšo gostoto od zraka okrog sebe. V zraku nanje deluje vzgon. Prisotna je tlačna razlika, ki poganja zgorele pline navzgor. Njihovo mesto nato nadomesti hladen zrak, ki vsebuje kisik, potreben za gorenje. Tok v samem plamenu, ki ga štejemo h konvekciji, nastane zaradi razlike gostot, ki je posledica razlike temperatur. [5]

2.6 Parafin

Parafin, v kapljevinski obliki tudi parafinsko olje, je zmes nasičenih ogljikovodikov z več kot 18 ogljikovimi atomi. Pri sobni temperaturi je to trdna voskasta snov, ki se prične taliti pri temperaturi nad 37 °C. Parafinsko olje je mineralna tolšča – viskozna oljnata zmes rumenkasto bele barve brez vonja in okusa. Pridobiva se iz nafte. Ima neomejen rok trajanja, razen v zdravstvu, kjer se uporablja kot zdravilo. [10]

2.7 Vosek

Čebelji vosek je živalski vosek, ki ga izdelujejo medonosne čebele vrste *Apis mellifera* v voskovnih žlezah.

Je belo-rumene do rumeno-rjave barve, kar je deloma odvisno od količine barvil, ki vanj pridejo iz cvetnega prahu, propolisa. Pri 32-35 °C je plastičen in upogljiv ter se z lahkoto gnete, pri malo nižji temperaturi (25-30 °C) pa je zelo močan; poln sat lahko drži več kilogramov medu.

Poznamo več vrst voskov:

- živalski vosek,
- mineralni vosek in
- rastlinski vosek. [10]

Čebelji vosek je sestavljen iz različnih vrst snovi:

SNOV	KOLIČINA V %
ogljikovodiki	14%
monoestri	35%
diestri	14%
triestri	3%
hidroksi monoestri	4%
hidroksi poliestri	8%
kisli estri	1%
kisli poliestri	2%
proste kisline	12%
prosti alkoholi	1%
nedefinirano	6%

Tabela 1: Sestava čebeljega voska

(Vir: [11])

2.8 Izdelava sveč

Izdelava sveč se skozi stoletja ni spremenila. Bombažne stenje ali stenje iz prediva navpično obesijo v kalup. Potem kalup napolnijo s stopljenim voskom. Ko se vosek shladi in strdi, je

treba sveče le še vzeti iz kalupa. Enako so izdelovali tudi lojenke. Razsvetljava s svečami ali lojenkami je bila mnogo dražja od sodobne električne razsvetljave. [12]

3 METODE DELA IN LABORATORIJSKO DELO

3.1 Metode dela

Pri raziskovalnem delu sem si pomagal z naslednjimi metodami:

a) delo z literaturo

Študij strokovne literature. Iz različnih virov sem poiskal podatke, ki so mi koristili pri nadaljnjem praktičnem delu.

b) laboratorijsko delo

V šolski kemijski učilnici sem opravil poskuse, ki so mi pomagali potrditi ali ovreči že vnaprej zastavljene hipoteze. Vse meritve sem izvajal pri sobni temperaturi.

c) analiza rezultatov

Analiziral in preučil sem rezultate, pridobljene z laboratorijskim delom. Rezultate sem tudi analitično obdelal s programskim orodjem Excel.

3.2 Laboratorijsko delo

3.2.1 Pripomočki

Za izvedbo laboratorijskega dela sem potreboval naslednje pripomočke:

- ravnilo,
- merilni trak,
- kljunasto merilo,
- tehtnico,
- vžigalnik,
- različne vrste sveč,
- kalkulator,
- štoparico,
- napravo za merjenje temperature HANNA Checktemp 1,
- merilni instrument Vernier LabQuest,

- tipalo za merjenje količine ogljikovega dioksida,
- tipalo za merjenje količine kisika,
- merilnik svetilnosti VOLT CRAFT MS-1500 in
- prenosni računalnik.



Slika 4: Merilni instrument Vernier LabQuest in tipali za merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika
(Vir: lasten)



Slika 5: Merilnik svetilnosti VOLT CRAFT MS-1500
(Vir: lasten)

3.2.2 Vrste uporabljenih sveč

Za izdelavo raziskovalne naloge sem kot opazovalne elemente izbral 11 različnih sveč: 1 iz voska (biorazgradljiv vosek), 2 oljni ter 8 parafinskih sveč (2 z ekološko pridelanega parafina). Zaradi natančnejših rezultatov sem ponovil poskuse s po dvema primeroma iste vrste sveče, zato sem opravil 22 različnih poskusov. Pred izvedbo meritev sem svečam, ki so imele pokrove, le-te odstranil, nekaterim pa sem odrezal zgornje dele embalaže, saj so bile polnjene le do polovice. V tabeli 2 so zbrane vrste sveč in razporejene po številki sveče od 1 do 22, enake vrste sveč pa so zaradi nazornosti v tabeli obarvane z enako barvo ozadja.

Št. sveče	Vrsta sveče	Država porekla
1	parafin	Slovenija
2	parafin	Slovenija
3	parafin	Slovenija
4	parafin	Slovenija
5	parafin	Slovenija
6	parafin	Slovenija
7	parafin	Slovenija
8	parafin	Slovenija
9	parafin	Poljska
10	parafin	Poljska
11	parafin	Slovenija
12	parafin	Slovenija
13	eko parafin	Slovenija
14	eko parafin	Slovenija
15	100 % bio rastlinski parafin	Slovenija
16	100 % bio rastlinski parafin	Slovenija
17	biorazgradljiv vosek	Slovenija
18	biorazgradljiv vosek	Slovenija
19	oljna sveča	Slovenija
20	oljna sveča	Slovenija
21	oljna sveča	Slovenija
22	oljna sveča	Slovenija

Tabela 2: Vrste sveč

3.2.3 Merjenje teže, premera, višine gorljive snovi in višine stenja

Na začetku sem vseh 22 sveč zložil na laboratorijski pult glede na vrsto gorljive snovi ter jih označil s številkami od 1 do 22. Vsaki sem izmeril težo z digitalno tehtnico, premer s kljunastim merilom, višino gorljive snovi in stenja pa z merilnim trakom.

Po 3 urah gorenja sem sveče naenkrat ugasnil, počakal, da so se ohladile ter jih ponovno stehal. S tem sem ugotovil razliko teže pred in po gorenju.



Slika 6: Izvajanje meritev

(Vir: lasten)

3.2.4 Merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika med gorenjem

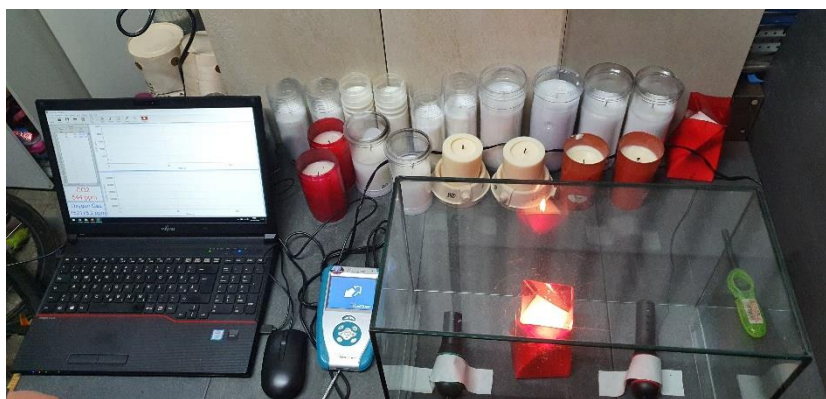
Količino in spremembo ogljikovega dioksida ter količino in spremembo kisika sem izmeril s pomočjo merilnega pripomočka Vernier LabQuest, tipalom za merjenje količine ogljikovega dioksida in tipalom za merjenje količine kisika. Kot zaprt prostor, v katerem je gorela sveča in sta bili prisotni tipali, sem uporabil prozorno stekleno posodo za lažje spremljanje izvedbe poskusa. Steklena posoda mer 44,9 cm x 22,9 cm x 27,9 cm je imela prostornino 28,7 litra, iz česar sem sklepal, da bo količina zraka (in kisika v zraku) zadostovala za verodostojne meritve pri gorenju sveč v časovnem obdobju 150 sekund (2 minuti in pol). Rezultati za meritve količine ogljikovega dioksida so bili podani v ppm-parts per million oziroma delcev na milijon, količina kisika pa je podana v odstotkih glede na ostale pline v prisotni zmesi zraka.

V prilogi raziskovalne naloge so zbrane meritve vseh sveč; v tabelah so podane vrednosti, grafi pa nazorno prikazujejo naraščanje števila delcev ogljikovega dioksida in manjšanje vsebnosti kisika v prisotni zmesi plinov. Rezultati so se beležili vsakih 10 sekund, kar pomeni 15 meritev za vsako svečo.



Slika 7: Merjenje količine ogljikovega dioksida med gorenjem

(Vir: lasten)

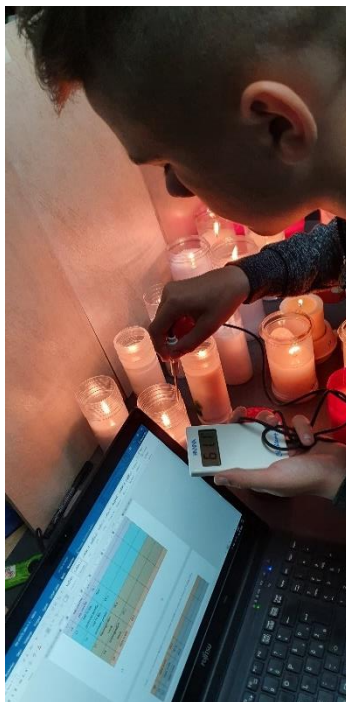


Slika 8: Merjenje količine ogljikovega dioksida in kisika med gorenjem

(Vir: lasten)

3.2.5 Merjenje temperature gorljive snovi med gorenjem posamezne sveče

Po 2 urah gorenja sveč sem med gorenjem s pomočjo merilne naprave za merjenje temperature HANNA Checktemp 1 izmeril temperaturo utekočinjene gorljive snovi v svečah. S tipalom sem meril ob robu sveče, oddaljeno od ognja, meritve pa sem opravljal približno 20 sekund oziroma dokler se naprava ni umirila.



Slika 9: Merjenje temperature gorljive snovi med gorenjem posamezne sveče
(Vir: lasten)

3.2.6 Merjenje svetilnosti posamezne sveče

Svetilnost posamezne sveče sem izmeril s pomočjo merilnega pripomočka VOLTcraft MS-1500. Kot zatemnjen prostor, v katerem je gorela sveča, sem uporabil debelo kartonsko škatlo, v kateri sem izrezal luknjo, ki je služila opazovanju in odčitavanju merilnega instrumenta. Rezultati so bili podani v luxih (lx), vsako meritev pa sem opravljal 60 sekund (1 minuta). Po meritvi sem škatlo dobro prezračil.



Slika 10: Odprta škatla za merjenje svetilnosti
(Vir: lasten)



Slika 11: Zaprta škatla za merjenje svetilnosti sveč

(Vir: lasten)

4 REZULTATI IN UGOTOVITVE

4.1 Osnovne meritve sveč

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Teža sveče [g]	Premer sveče [cm]	Višina gorljive snovi [cm]	Višina stenja [cm]	Nabavna cena sveče z DDV [€]
1	parafin	332	7,8	10,6	14,1	1,99
2	parafin	323	7,8	10,6	13,9	
3	parafin	426	7,6	13,7	16,3	2,99
4	parafin	417	7,6	14,0	16,4	
5	parafin	619	7,9	15,5	17,0	1,69
6	parafin	472	7,4	15,5	18,7	
7	parafin	269	5,6	14,2	16,8	1,29
8	parafin	278	5,6	14,3	17,0	
9	parafin	273	5,8	14,9	18,2	2,29
10	parafin	275	5,8	15,2	18,3	
11	parafin	246	5,5	12,5	15,8	1,69
12	parafin	257	5,5	12,4	15,7	
13	eko parafin	199	5,7	9,7	12,4	1,19
14	eko parafin	191	5,7	9,5	12,0	
15	100 % bio rastlinski parafin	300	6,6	9,7	11,8	4,99
16	100 % bio rastlinski parafin	297	7,0	9,6	11,7	
17	biorazgradljiv vosek	347	6,9	9,8	10,8	4,99
18	biorazgradljiv vosek	342	7,0	9,9	10,7	
19	oljna sveča	297	7,1	8,7	12,4	2,69
20	oljna sveča	297	7,1	8,8	12,9	
21	oljna sveča	330	7,1	9,5	11,6	2,29
22	oljna sveča	327	7,1	9,4	11,6	

Tabela 3: Osnovne meritve sveč in nabavna cena sveč z DDV

V tabeli 3 so predstavljene osnovne meritve sveč: številka sveče, vrsta sveče oz. gorljive snovi, teža sveče, premer sveče, višina gorljive snovi in višina stenja, kot dopolnitev pa so pripisane še nabavne cene sveč z DDV-jem.

Ugotovil sem, da se sveče, ki so med seboj podobne, bistveno ne razlikujejo v teži, premeru, višini gorljive snovi in višini stenja. Razlika se je pojavila edino v primeru parafinske sveče številka 5 in 6, kjer je prišlo do razlike v teži sveče za skoraj četrtno, saj je bila sveča istega proizvajalca in enake gorljive snovi v različnem kalupu (obliki) sveče.

Nabavne cene sveč z DDV-jem se gibljejo med 1,19 € do 4,99 €. Iz tabele je razvidno, da večinoma težje sveče stanejo več; v primeru parafinskih sveč 5 in 6 pa vidimo, da vsebujejo največ gorljive snovi, stanejo pa »le« 1,69 €, kar je približno tretjina cene v primerjavi z najdražjimi vzorci.

Najcenejša sveča vsebuje eko parafin (195 g gorljive snovi - srednja vrednost) in stane 1,19 €, najdražji izmed vzorcev pa sta sveči iz 100 % bio rastlinskega parafina (298 g gorljive snovi - srednja vrednost) in sveča iz biorazgradljivega voska (345 g gorljive snovi - srednja vrednost), ki staneta po 4,99 €.

4.2 Meritve spremembe teže gorljive snovi in temperature gorljive snovi med gorenjem

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Teža sveče - začetna [g]	Teža sveče – končna [g]	Sprememba teže [g]	Sprememba teže (%)	Srednja vrednost spremembe teže (%)	Temp. gorljive snovi [°C]
1	parafin	332	313	19	5,7	6,0	62,7
2	parafin	323	303	20	6,2		61,3
3	parafin	426	408	18	4,2	4,2	67,8
4	parafin	417	400	17	4,1		59,9
5	parafin	619	601	18	2,9	3,3	67,4
6	parafin	472	455	17	3,6		65,4
7	parafin	269	261	8	3,0	3,0	66,0
8	parafin	278	270	8	2,9		64,9
9	parafin	273	266	7	2,6	3,3	53,3
10	parafin	275	264	11	4,0		53,9
11	parafin	246	235	11	4,5	5,0	57,4
12	parafin	257	243	14	5,4		57,5
13	eko parafin	199	183	16	8,0	8,7	63,7
14	eko parafin	191	173	18	9,4		70,1
15	100 % bio rastlinski parafin	300	291	9	3	2,9	59,4
16	100 % bio rastlinski parafin	297	289	8	2,7		55,1
17	biorazgradljiv vosek	347	339	8	2,3	2,3	58,5
18	biorazgradljiv vosek	342	334	8	2,3		65,5
19	oljna sveča	297	280	17	5,7	6,2	69,9
20	oljna sveča	297	277	20	6,7		64,6
21	oljna sveča	330	318	12	3,6	3,2	63,4
22	oljna sveča	327	318	9	2,8		60,4

Tabela 4: Meritve spremembe teže gorljive snovi in temperature gorljive snovi med gorenjem

V tabeli 4 so zbrane meritve spremembe teže gorljive snovi. Zajel sem številko sveče, vrsto sveče, začetno težo sveče, končno težo sveče, razliko teže v gramih (g) in razliko teže v odstotkih (%) ter temperaturo gorljive snovi med gorenjem.

Pri primerjavi spremembe teže gorljive snovi različnih sveč sem ugotovil, da so se vrednosti spremembe teže gorljive snovi razlikovali za od 2,3 % do 8,7 %. Najmanjšo spremembo teže je bilo zaslediti pri sveči iz biorazgradljivega voska, največ pa pri sveči iz eko parafina.

Po pričakovanju bi spremembe v teži med enakimi svečami morale biti podobne; ugotovil sem, da se je med enakimi svečami sprememba teže gorljive snovi razlikovala od 0,1 % (v primeru sveč 3 in 4 (parafin) ter 7 in 8 (parafin)) do 1,4 % (v primeru sveč 9 in 10 (parafin) in 13 in 14 (eko parafin)). To pomeni, da so enake vrste sveč podobne med seboj, saj se glede na meritve skoraj ne razlikujejo.

Temperatura gorljive snovi med gorenjem se je gibala od 53,3 °C (parafin – sveča št. 9) do 70,1 °C (eko parafin – sveča št. 14), v ostalih vzorcih pa je bila temperatura gorljive snovi večinoma med 60 in 65 °C.

4.3 Meritve spremembe višine gorljive snovi

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Višina gorljive snovi - začetna [cm]	Višina gorljive snovi - končna [cm]	Sprememba višine gorljive snovi [cm]	Sprememba višine gorljive snovi (%)	Srednja vrednost spremembe višine gorljive snovi (%)
1	parafin	10,6	9,6	1,0	9,4	10,3
2	parafin	10,6	9,4	1,2	11,3	
3	parafin	13,7	13,2	0,5	3,6	3,9
4	parafin	14,0	13,4	0,6	4,3	
5	parafin	15,5	14,8	0,7	4,5	4,2
6	parafin	15,5	14,9	0,6	3,9	
7	parafin	14,2	11,5	0,7	4,9	5,6
8	parafin	14,3	11,4	0,9	6,3	
9	parafin	14,9	14,1	0,8	5,4	6,0
10	parafin	15,2	14,2	1,0	6,6	
11	parafin	12,5	10,8	1,7	1,4	1,4
12	parafin	12,4	10,7	1,7	1,4	
13	eko parafin	8,3	7,6	0,7	8,4	7,9
14	eko parafin	8,2	7,6	0,6	7,3	
15	100 % bio rastlinski parafin	9,7	8,9	0,8	8,2	8,8
16	100 % bio rastlinski parafin	9,6	8,7	0,9	9,4	
17	biorazgradljiv vosek	9,8	9,2	0,6	6,1	7,1
18	biorazgradljiv vosek	9,9	9,1	0,8	8,1	
19	oljna sveča	8,7	7,8	0,9	10,3	10,2
20	oljna sveča	8,8	7,9	0,9	10,2	
21	oljna sveča	9,5	8,9	0,6	6,3	5,8
22	oljna sveča	9,4	8,9	0,5	5,3	

Tabela 5: Meritve spremembe višine gorljive snovi

V tabeli 5 so zbrane meritve spremembe višine gorljive snovi. Zajel sem številko sveče, vrsto sveče oz. gorljive snovi, začetno višino gorljive snovi, končno višino gorljive snovi, spremembo višine gorljive snovi v centimetrih (cm), spremembo višine gorljive snovi v odstotkih (%) in srednjo vrednost spremembe razlike višine gorljive snovi v odstotkih (%).

Pri primerjavi spremembe višine gorljive snovi sem ugotovil, da se med različnimi svečami sprememba višine gorljive snovi giblje med 1,4 do 10,3 %. Obe vrednosti zasledimo med parafinskimi svečami, z 10,2 % pa se je tudi oljna sveča približala najvišji vrednosti spremembe višine gorljive snovi.

Pri primerjavi spremembe višine gorljive snovi sem ugotovil, da se med enakimi svečami sprememba višine gorljive snovi ni razlikovala, oz. se je razlikovala le za dober odstotek, največjo razliko pa sem ugotovil pri svečah št. 17 in št. 18 (biorazgradljiv vosek), in to za 2%. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da so, ne glede na vrsto sveče, odstopanja zelo podobna.

4.4 Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Število delcev ogljikovega dioksida [ppm]	Vsebnost kisika [%]
1	parafin	5904	14,12
2	parafin	5322	14,27
3	parafin	5623	14,40
4	parafin	5325	14,34
5	parafin	4572	14,82
6	parafin	6256	14,48
7	parafin	3476	14,73
8	parafin	3586	14,84
9	parafin	4383	14,61
10	parafin	5336	14,47
11	parafin	6595	14,17
12	parafin	6789	14,19
13	eko parafin	5557	14,62
14	eko parafin	4237	14,50
15	100 % bio rastlinski parafin	4063	14,70
16	100 % bio rastlinski parafin	4181	14,73
17	biorazgradljiv vosek	4254	14,72
18	biorazgradljiv vosek	3691	14,62
19	oljna sveča	5638	14,37
20	oljna sveča	4371	14,46
21	oljna sveča	4326	14,50
22	oljna sveča	4621	14,47

Tabela 6: Meritve količine ogljikovega dioksida in vsebnosti kisika med gorenjem

V tabeli 6 so zbrane meritve števila delcev ogljikovega dioksida v ppm in delcev kisika v odstotkih med gorenjem v zaprtem prostoru (steklena posoda). Zajel sem številko sveče, vrsto sveče oz. gorljive snovi, meritev števila delcev ogljikovega dioksida v ppm (delcev na milijon) ter vsebnost količine kisika v odstotkih (%). Zapisane vrednosti so vrednosti po končani meritvi - končne vrednosti po 150 sekundah (2 minuti in pol).

Iz tabele je razvidno, da sveče, ki ustvarijo manj delcev ogljikovega dioksida, porabijo manj kisika, prisotnega v zmesi plinov v stekleni posodi. Vrednosti delcev ogljikovega dioksida se gibljejo med 3476 ppm in vse do 6789 ppm. Oba vzorca predstavljata parafinske sveče, vendar različnih proizvajalcev. Iz tabele lahko še razberemo, da poleg sveč št. 7 in 8, ki so proizvedle najmanj delcev ogljikovega dioksida v 150 sekundah, izstopata še 2 vzorca: sveča iz 100 % bio rastlinskega parafina (št. 15 in 16) ter sveča iz biorazgradljivega voska (17 in 18), katere so ustvarile le do 4200 ppm ogljikovega dioksida.

Celotne meritve in grafi za vsako svečo posebej so v prilogi.

4.5 Meritve svetilnosti sveč med gorenjem

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Svetilnost sveče [lx]
1	parafin	1,89
2	parafin	1,85
3	parafin	1,22
4	parafin	1,62
5	parafin	1,96
6	parafin	1,32
7	parafin	2,31
8	parafin	1,51
9	parafin	0,27
10	parafin	0,28
11	parafin	4,20
12	parafin	2,26
13	eko parafin	3,08
14	eko parafin	3,39
15	100 % bio rastlinski parafin	0,85
16	100 % bio rastlinski parafin	0,61
17	biorazgradljiv vosek	0,44
18	biorazgradljiv vosek	0,57
19	oljna sveča	9,38
20	oljna sveča	6,68
21	oljna sveča	1,32
22	oljna sveča	1,51

Tabela 7: Meritve količine oddane svetlobe

V tabeli 7 so zbrane meritve svetilnosti sveč med gorenjem. Zajel sem številko sveče, vrsto sveče oz. gorljive snovi in svetilnost sveče. Izmerjene vrednosti se gibljejo med 0,27 lx (parafinska sveča št. 9) in 9,38 lx (oljna sveča št. 19), večinoma pa oddajajo do 2 lx svetlobe.

Rezultati so si med različnimi kot tudi enakimi svečami zelo različni. Čeprav bi morale biti meritve v primerjavi med enakimi svečami zelo podobne, vidimo, da se v vrednostih oddane svetlobe precej razlikujejo.

4.6 Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s svetilnostjo sveče

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Srednja vrednost spremembe teže (%)	Povprečna svetilnost sveč [lx]
1, 2	parafin	6,0	1,87
3, 4	parafin	4,2	1,42
5, 6	parafin	3,3	1,64
7, 8	parafin	3,0	1,91
9, 10	parafin	3,3	0,28
11, 12	parafin	5,0	3,23
13, 14	eko parafin	8,7	3,24
15, 16	100 % bio rastlinski parafin	2,9	0,73
17, 18	biorazgradljiv vosek	2,3	0,51
19, 20	oljna sveča	6,2	8,03
21, 22	oljna sveča	3,2	1,42

Tabela 8: Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s svetilnostjo sveče

V tabeli 8 vidimo, da v večini primerov srednja vrednost spremembe teže (%) in povprečna svetilnost sveč (lx) sovpadata; večja je srednja vrednost spremembe teže, večja je svetilnost sveč.

4.7 Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s srednjo vrednostjo ogljikovega dioksida

Št. sveče	Vrsta sveče oz. gorljive snovi	Srednja vrednost spremembe teže (%)	Srednja vrednost števila delcev ogljikovega dioksida [ppm]
1, 2	parafin	6,0	5613
3, 4	parafin	4,2	5474
5, 6	parafin	3,3	5414
7, 8	parafin	3,0	3531
9, 10	parafin	3,3	4860
11, 12	parafin	5,0	6692
13, 14	eko parafin	8,7	4897
15, 16	100 % bio rastlinski parafin	2,9	4122
17, 18	biorazgradljiv vosek	2,3	3973
19, 20	oljna sveča	6,2	5005
21, 22	oljna sveča	3,2	4474

Tabela 9: Primerjava srednje vrednosti spremembe teže v primerjavi s srednjo vrednostjo ogljikovega dioksida

Iz tabele 9 lahko razberemo, da v večini primerov srednja vrednost spremembe teže (%) in srednja vrednost števila delcev ogljikovega dioksida [ppm] sovpadata; večja je srednja vrednost spremembe teže, večja je tudi srednja vrednost števila delcev ogljikovega dioksida.

5 POTRDITEV HIPOTEZ

H1) Sveče z enako prostornino in obliko gorljive snovi (parafin, vosek, ...) gorijo enako dolgo.

Moje raziskave so pokazale, da je dejansko stanje zelo različno. Sama raziskava ni pokazala nekega racionalnega logičnega vzorca, po katerem bi se dalo rezultate razložiti enoznačno na podlagi meritev. Hipotezo sem ovrgel.

H2) Oblika sveče vpliva na čas gorenja; pri enaki prostornini gorljive snovi višje sveče gorijo dlje.

V drugi hipotezi sem trdil, da oblika sveče vpliva na čas gorenja in pri enaki prostornini gorljive snovi višje sveče gorijo dlje. Dobljeni rezultati niso enoznačni; korelacije med višino gorljive snovi in spremembo višine gorljive snovi po gorenju v večini primerov ni, zato sem hipotezo ovrgel.

H3) Svetilnost sveče je povezana z zmanjšanjem njene povprečne mase pri gorenju.

Meritve so pokazale, da imata največjo svetilnost oljni sveči št. 19 in 20, sledijo pa jim eko parafinske sveče št. 13 in 14. Le-te imajo tudi skoraj največjo spremembo v povprečnem zmanjšanju mase v odstotkih (6,2% in 8,7%). Tukaj sem dobil jasen argument, da je svetilnost povezana z zmanjšanjem mase gorljive snovi, seveda pa tudi s kvaliteto in lastnostmi. To hipotezo sem potrdil.

H4) Sveče iz naravnih organskih materialov oddajajo manj ppm delcev v ozračje kot sveče iz neorganskih materialov.

Izmed enajst različnih vrst sveč so 3 sveče (eko parafin, 100 % bio rastlinski parafin in biorazgradljiv vosek) deklarirane kot sveče iz naravnih materialov. 5 vrst sveč je proizvedlo več ppm delcev ogljikovega dioksida, 3 vrste sveč pa manj, zato na podlagi dobljenih rezultatov te hipoteze ne morem ne potrditi, ne ovreči.

6 ZAKLJUČEK

Sveče so bolj ali manj dekorativni pripomočki, s katerimi se skozi celo leto ukvarjamo zelo malo, če izvzamemo 1. november in dan spomina na mrtve. Malo razmišljamo, kaj nam pomenijo, še manj, kako zelo njihovi ostanki obremenjujejo okolje. Cenovno gledano so sveče zelo različne, če pa pogledamo njihove cene v primerjavi z rezultati meritev, pa ni logične povezave. Rezultati nam povedo, da je glavno merilo pri svečah lastnost materialov, iz katerih so narejene in da ni logične povezave med ceno, svetilnostjo, dolžino časa gorenja in višino sveče. Bolj kot ne je pri izbiri sveč pomemben izgled, barva in oblikovna dovršenost. Naravni materiali organskega izvora so bistveno dražji, meritve pa ne pokažejo, da so toliko boljši pri svetilnosti, še manj pa pri količini proizvedenega ogljikovega dioksida. Velja preprosto dejstvo, da je manj več in je bolje spoštovati naše bližnje, dokler jih lahko, prinašanje sveč na njihove grobove jim več dosti ne koristi. S poskusi sem dobil dobra izhodišča za racionalno razmišljanje in morebitnim drugačnim pristopom pri raziskovanju njihovih lastnosti. Ostalo pa mi je nekaj novega znanja, ki ga bom v življenju s pridom uporabil!

7 LITERATURA

Knjižni viri:

- [1] Auguštin, V., 2010. Pridelava in predelava voska. Čebelarska Zveza Slovenije, Lukovica.
- [2] Mesojedec, A., Hribar, K., S., Jenko, Š., Mesojedec, D., 2016. Učbenik za naravoslovje in tehniko v 5. razredu osnovne šole. Mladinska knjiga, Ljubljana.
- [3] Dhindsa, H., S., 2005. Candle burning in an inverted jar over water in a through experiment: science teachers' conceptions. Department of Science and Mathematics Education: University Brunei Darussalam.
- [4] Cergol, M., 2010. Forenzično preiskovanje vzrokov požarov. Diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede, Maribor.
- [5] Price, D., Horrocks, A., R., 2001. Fire Retardant Materials. Woodhead Publishing Ltd, London.
- [6] Krušec, I., 2001. Osnove varstva pred požarom. Za gasilski podmladek in učence višjih razredov osnovnih šol. Gasilska zveza Slovenije, Ljubljana.
- [9] Strnad, J., 1988. Ali ugasne padajoča sveča? Presek. List za mlade matematike, fizike, astronome in računalničarje, 15 (6). 369–373, Ljubljana.
- [11] Auguštin, V. 2010. Pridelava in predelava voska. Lukovica: Čebelarska Zveza Slovenije.
- [12] Jona Javoršek, J. 1995. Ogenj, prijatelj ali sovražnik. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- [13] Wallett, P. 1998. Izdelovanje sveč. Ljubljana: Mladinska knjiga.

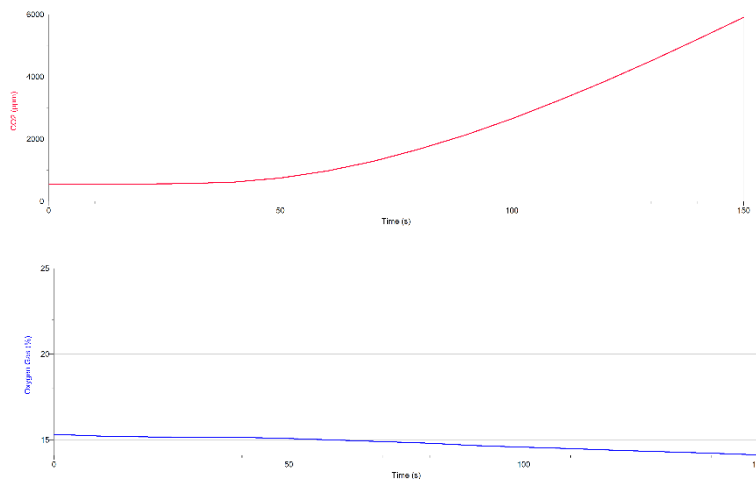
Internetni viri:

- [1] <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/994/index1.html>
- [7] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Sve%C4%8Da>
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Candle>
- [10] <https://sl.wikipedia.org/wiki/Parafin>

8 PRILOGE

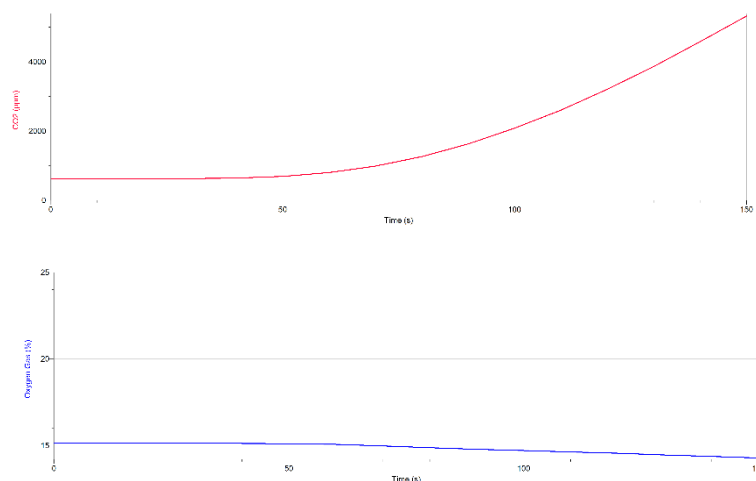
Priloga 1: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 1

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	545	15,32
2	10	544	15,22
3	20	552	15,17
4	30	570	15,15
5	40	617	15,14
6	50	745	15,08
7	60	970	14,99
8	70	1281	14,90
9	80	1675	14,80
10	90	2126	14,67
11	100	2650	14,58
12	110	3227	14,49
13	120	3843	14,39
14	130	4504	14,30
15	140	5192	14,22
16	150	5904	14,12



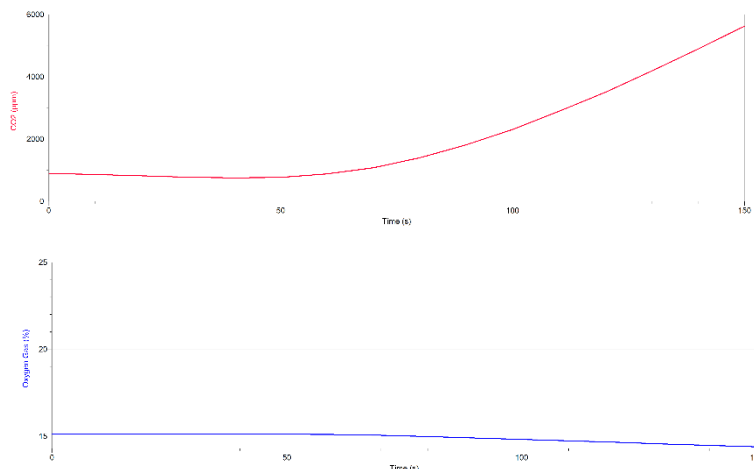
Priloga 2: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 2

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	630	15,13
2	10	624	15,12
3	20	624	15,12
4	30	629	15,12
5	40	639	15,12
6	50	693	15,10
7	60	799	15,06
8	70	986	14,97
9	80	1261	14,87
10	90	1628	14,77
11	100	2083	14,71
12	110	2606	14,63
13	120	3208	14,55
14	130	3865	14,45
15	140	4584	14,36
16	150	5322	14,27



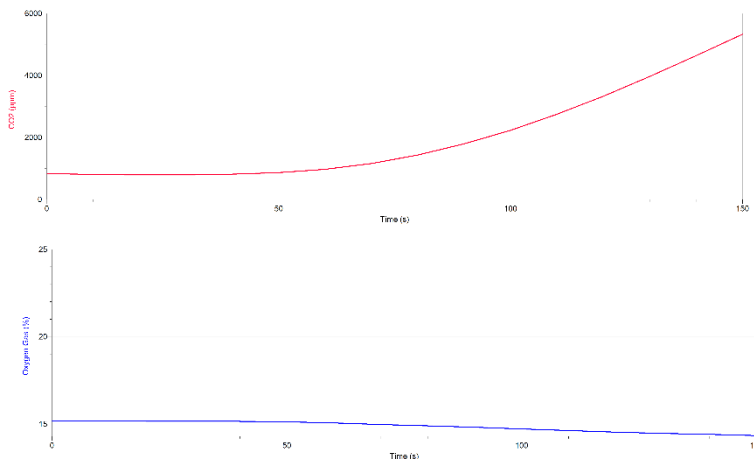
Priloga 3: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 3

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	894	15,14
2	10	858	15,14
3	20	816	15,15
4	30	774	15,14
5	40	751	15,13
6	50	770	15,12
7	60	877	15,10
8	70	1078	15,05
9	80	1396	14,98
10	90	1815	14,90
11	100	2307	14,82
12	110	2888	14,74
13	120	3500	14,66
14	130	4185	14,56
15	140	4889	14,47
16	150	5623	14,40



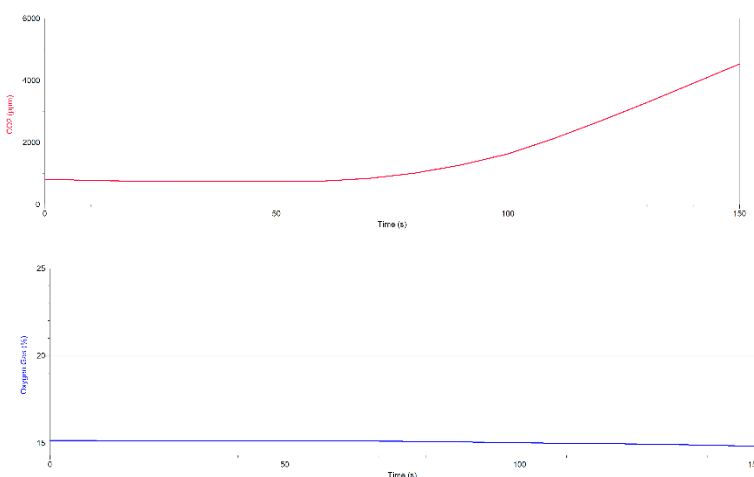
Priloga 4: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 4

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	836	15,18
2	10	802	15,17
3	20	788	15,16
4	30	790	15,16
5	40	814	15,15
6	50	862	15,12
7	60	970	15,07
8	70	1158	14,97
9	80	1434	14,90
10	90	1793	14,82
11	100	2228	14,72
12	110	2747	14,63
13	120	3326	14,54
14	130	3965	14,47
15	140	4634	14,41
16	150	5325	14,34



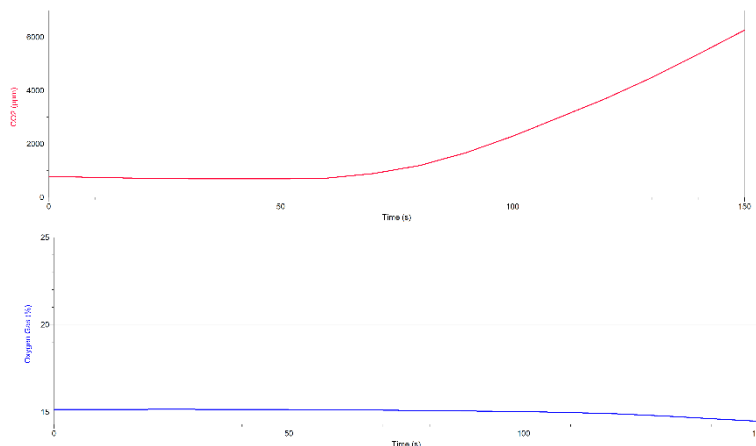
Priloga 5: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 5

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	811	15,15
2	10	774	15,14
3	20	748	15,14
4	30	735	15,13
5	40	730	15,13
6	50	734	15,12
7	60	752	15,11
8	70	839	15,11
9	80	1010	15,09
10	90	1275	15,05
11	100	1632	15,02
12	110	2128	14,98
13	120	2688	14,97
14	130	3284	14,93
15	140	3903	14,88
16	150	4527	14,82



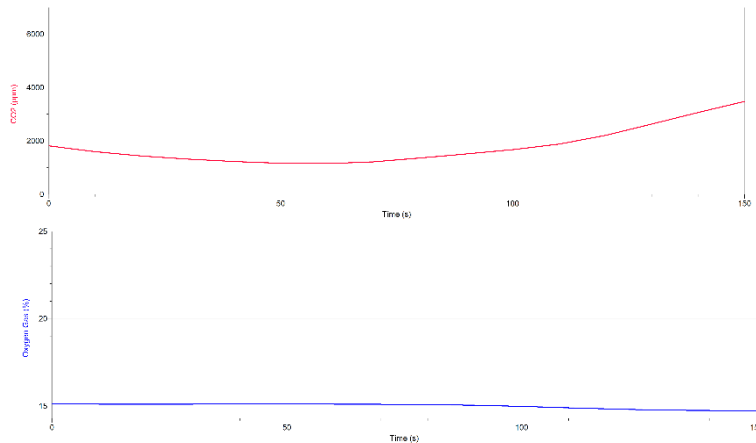
Priloga 6: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 6

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	784	15,15
2	10	741	15,15
3	20	713	15,15
4	30	693	15,15
5	40	688	15,15
6	50	686	15,14
7	60	718	15,12
8	70	889	15,11
9	80	1192	15,08
10	90	1671	15,05
11	100	2287	15,02
12	110	2985	14,97
13	120	3689	14,90
14	130	4480	14,77
15	140	5352	14,62
16	150	6256	14,48



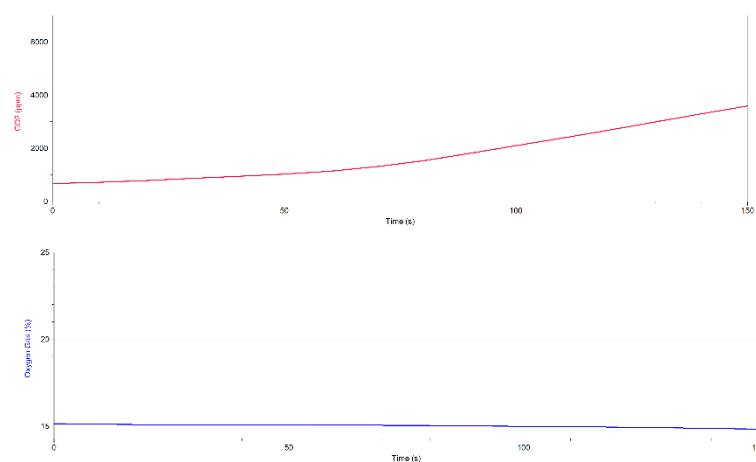
Priloga 7: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 7

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	784	15,15
2	10	741	15,15
3	20	713	15,15
4	30	693	15,15
5	40	688	15,15
6	50	686	15,14
7	60	718	15,12
8	70	889	15,11
9	80	1192	15,08
10	90	1671	15,05
11	100	2287	15,02
12	110	2985	14,97
13	120	3689	14,90
14	130	4480	14,77
15	140	5352	14,62
16	150	6256	14,48



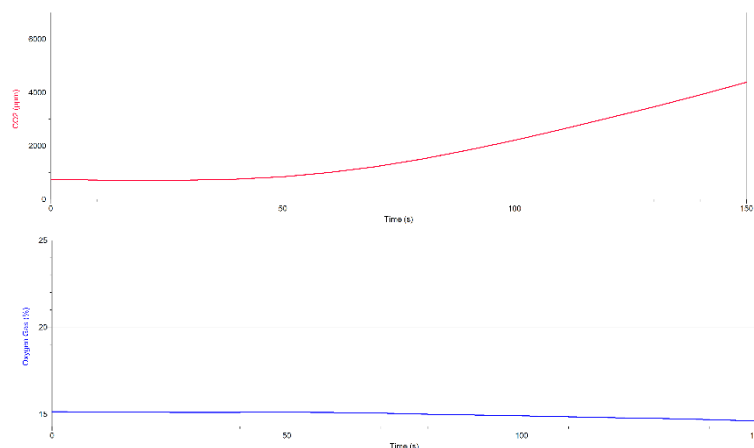
Priloga 8: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 8

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	670	15,15
2	10	717	15,12
3	20	786	15,09
4	30	869	15,08
5	40	942	15,08
6	50	1024	15,07
7	60	1138	15,05
8	70	1309	15,05
9	80	1531	15,04
10	90	1810	15,02
11	100	2100	14,99
12	110	2383	14,98
13	120	2678	14,95
14	130	2987	14,92
15	140	3291	14,88
16	150	3586	14,84



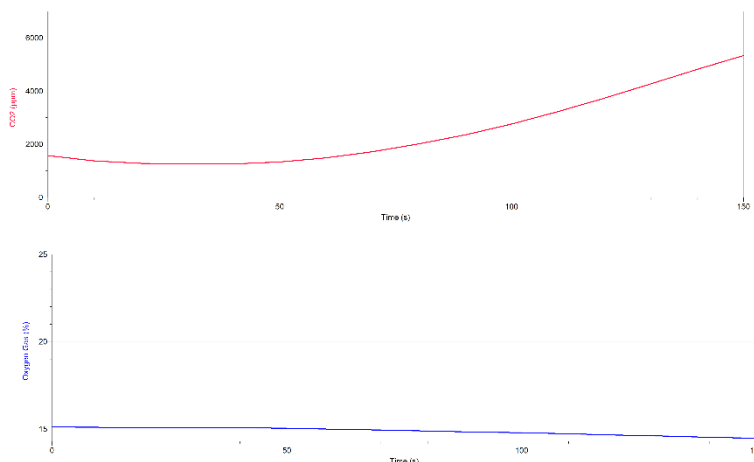
Priloga 9: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 9

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	750	15,15
2	10	716	15,12
3	20	708	15,12
4	30	720	15,10
5	40	752	15,11
6	50	842	15,12
7	60	1001	15,10
8	70	1222	15,06
9	80	1506	15,00
10	90	1843	14,95
11	100	2208	14,91
12	110	2610	14,85
13	120	3030	14,80
14	130	3456	14,75
15	140	3906	14,69
16	150	4383	14,61



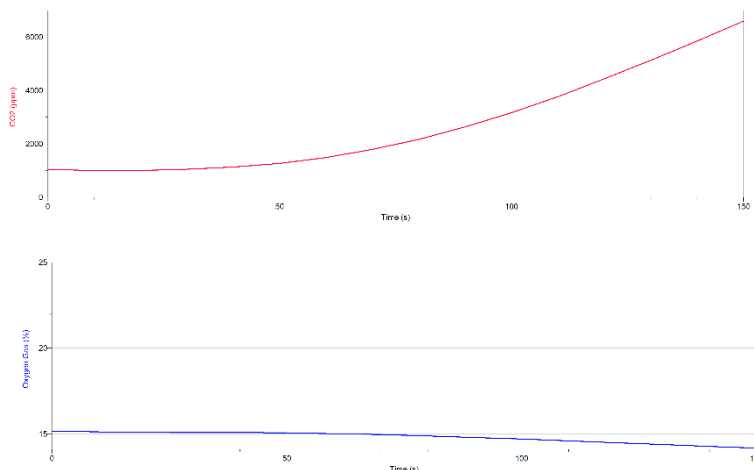
Priloga 10: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 10

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	1572	15,12
2	10	1376	15,10
3	20	1283	15,08
4	30	1251	15,07
5	40	1257	15,07
6	50	1333	15,05
7	60	1487	14,99
8	70	1719	14,94
9	80	2013	14,89
10	90	2349	14,83
11	100	2757	14,79
12	110	3225	14,72
13	120	3731	14,65
14	130	4270	14,60
15	140	4814	14,53
16	150	5336	14,47



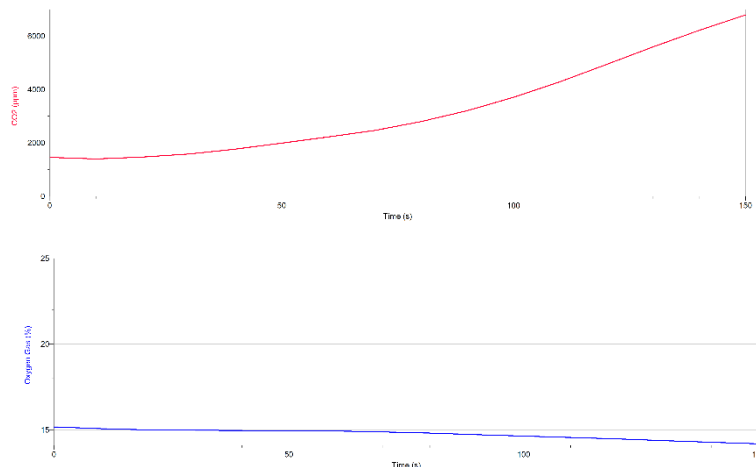
Priloga 11: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 11

	Time (s)	Latest	
		CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	1047	15,16
2	10	998	15,12
3	20	1004	15,09
4	30	1050	15,07
5	40	1132	15,08
6	50	1268	15,06
7	60	1487	15,01
8	70	1798	14,96
9	80	2170	14,88
10	90	2637	14,79
11	100	3167	14,70
12	110	3768	14,59
13	120	4434	14,48
14	130	5130	14,38
15	140	5853	14,27
16	150	6595	14,17



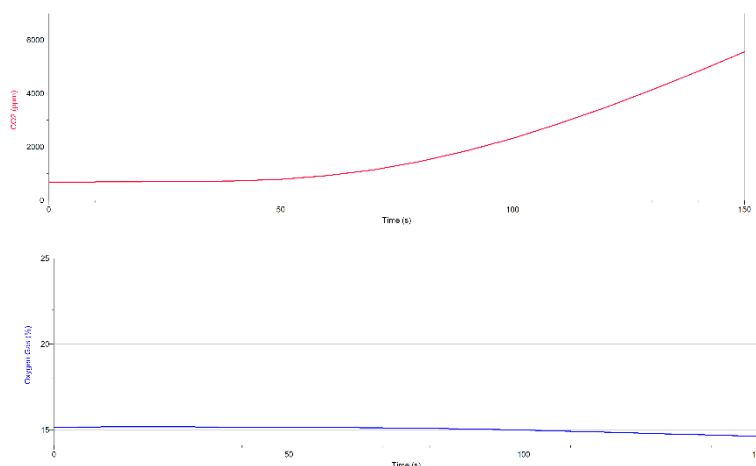
Priloga 12: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 12

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	1458	15,17
2	10	1396	15,07
3	20	1467	15,00
4	30	1583	14,98
5	40	1765	14,96
6	50	1991	14,95
7	60	2220	14,93
8	70	2466	14,88
9	80	2798	14,81
10	90	3203	14,72
11	100	3707	14,64
12	110	4289	14,56
13	120	4934	14,47
14	130	5591	14,37
15	140	6210	14,28
16	150	6789	14,19



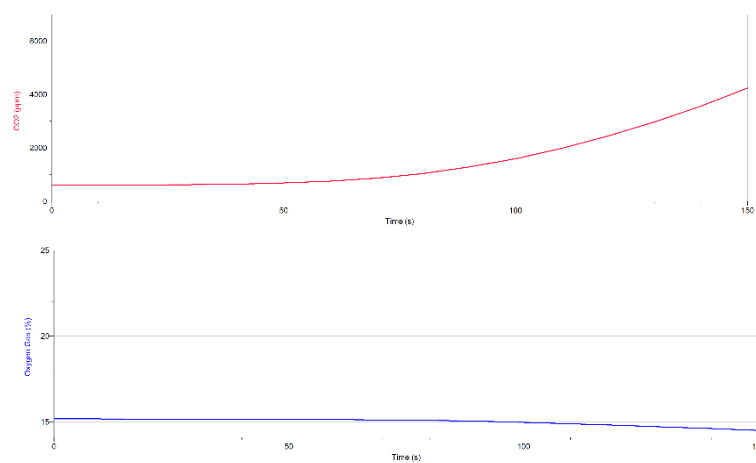
Priloga 13: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 13

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	684	15,16
2	10	691	15,17
3	20	695	15,17
4	30	703	15,17
5	40	727	15,16
6	50	783	15,15
7	60	923	15,14
8	70	1139	15,11
9	80	1450	15,09
10	90	1846	15,04
11	100	2318	14,98
12	110	2871	14,92
13	120	3470	14,85
14	130	4135	14,77
15	140	4828	14,70
16	150	5557	14,62



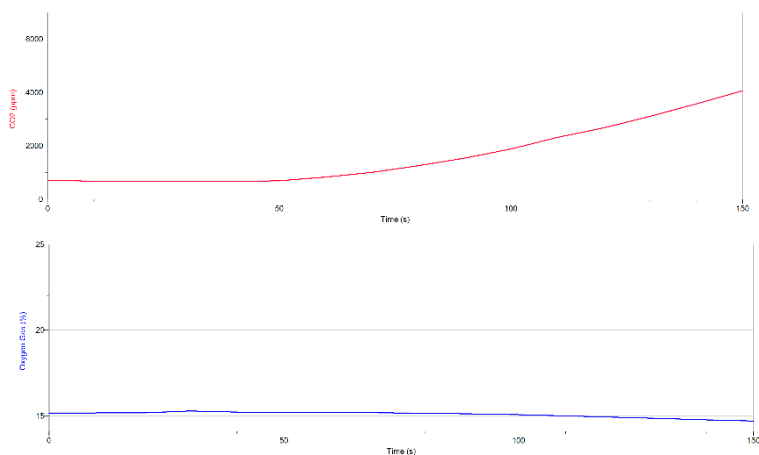
Priloga 14: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 14

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	602	15,17
2	10	605	15,17
3	20	611	15,15
4	30	623	15,15
5	40	641	15,16
6	50	686	15,15
7	60	752	15,14
8	70	868	15,10
9	80	1040	15,09
10	90	1286	15,04
11	100	1594	14,97
12	110	1987	14,89
13	120	2447	14,80
14	130	2974	14,70
15	140	3565	14,61
16	150	4237	14,50



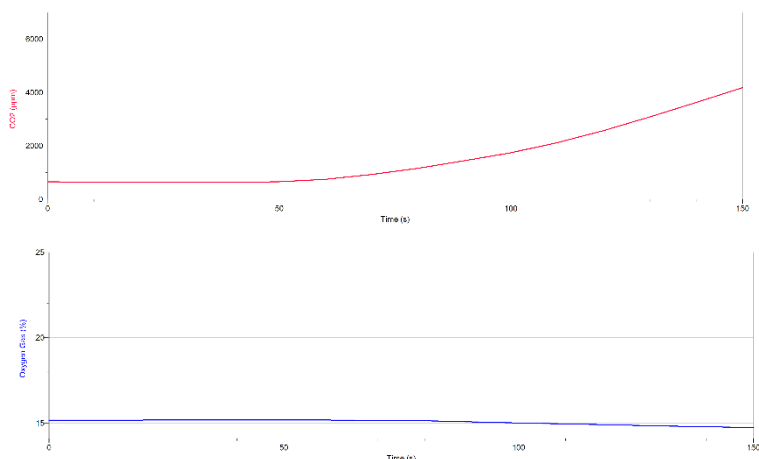
Priloga 15: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 15

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	717	15,16
2	10	676	15,17
3	20	660	15,17
4	30	658	15,28
5	40	667	15,22
6	50	697	15,21
7	60	833	15,19
8	70	1007	15,18
9	80	1258	15,16
10	90	1543	15,12
11	100	1887	15,07
12	110	2314	14,99
13	120	2669	14,93
14	130	3104	14,85
15	140	3572	14,76
16	150	4063	14,70



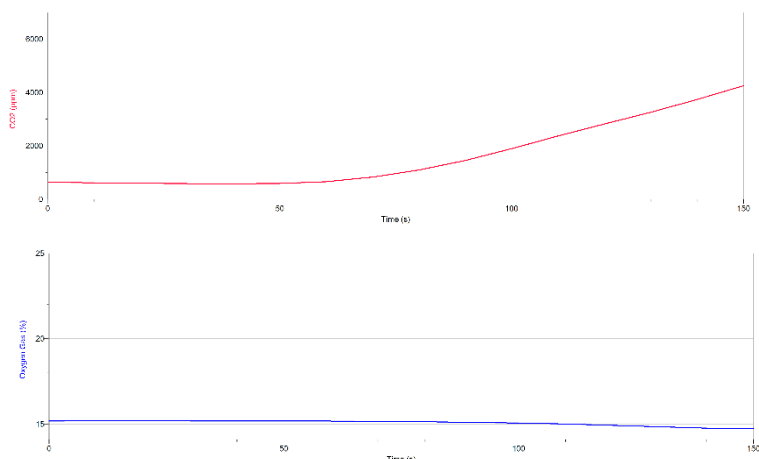
Priloga 16: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 16

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	658	15,17
2	10	636	15,17
3	20	631	15,17
4	30	629	15,17
5	40	627	15,17
6	50	659	15,17
7	60	747	15,17
8	70	933	15,15
9	80	1163	15,13
10	90	1447	15,07
11	100	1743	15,01
12	110	2124	14,95
13	120	2573	14,90
14	130	3087	14,83
15	140	3625	14,78
16	150	4181	14,73



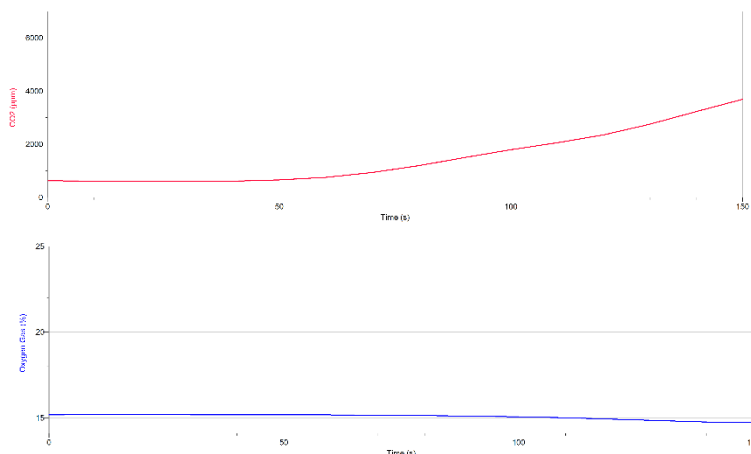
Priloga 17: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 17

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	642	15,18
2	10	617	15,20
3	20	599	15,20
4	30	590	15,18
5	40	583	15,17
6	50	594	15,17
7	60	661	15,17
8	70	829	15,15
9	80	1097	15,13
10	90	1449	15,10
11	100	1894	15,06
12	110	2369	15,00
13	120	2818	14,93
14	130	3260	14,84
15	140	3735	14,76
16	150	4254	14,72



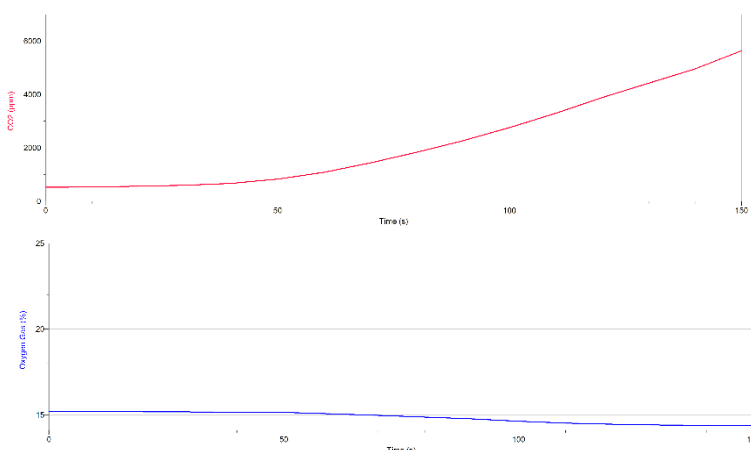
Priloga 18: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 18

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	630	15,13
2	10	611	15,18
3	20	599	15,19
4	30	599	15,18
5	40	611	15,19
6	50	656	15,18
7	60	751	15,17
8	70	939	15,15
9	80	1192	15,12
10	90	1501	15,09
11	100	1793	15,04
12	110	2055	14,98
13	120	2351	14,88
14	130	2752	14,78
15	140	3230	14,70
16	150	3691	14,62



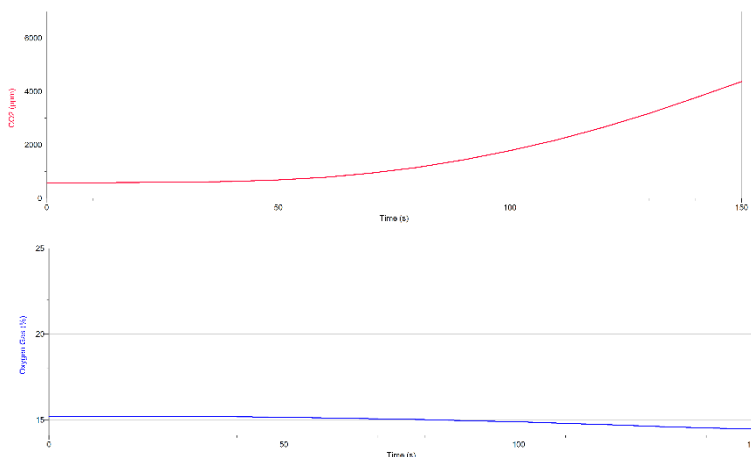
Priloga 19: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 19

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	520	15,21
2	10	533	15,19
3	20	566	15,18
4	30	600	15,17
5	40	669	15,16
6	50	832	15,14
7	60	1085	15,06
8	70	1437	14,97
9	80	1839	14,86
10	90	2267	14,77
11	100	2758	14,62
12	110	3297	14,51
13	120	3883	14,46
14	130	4421	14,41
15	140	4958	14,39
16	150	5638	14,37



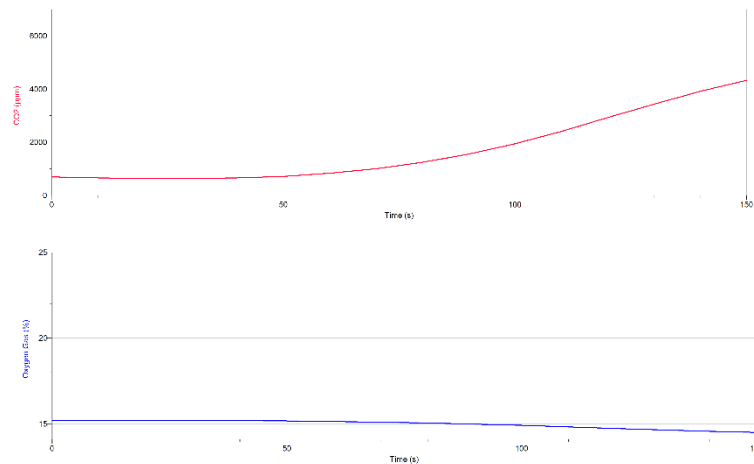
Priloga 20: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 20

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	586	15,21
2	10	583	15,20
3	20	592	15,19
4	30	606	15,19
5	40	627	15,18
6	50	686	15,16
7	60	784	15,11
8	70	941	15,06
9	80	1154	15,02
10	90	1440	14,94
11	100	1783	14,89
12	110	2177	14,80
13	120	2648	14,71
14	130	3177	14,61
15	140	3763	14,53
16	150	4371	14,46



Priloga 21: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 21

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	696	15,21
2	10	660	15,21
3	20	634	15,21
4	30	633	15,20
5	40	657	15,19
6	50	712	15,17
7	60	838	15,14
8	70	1004	15,10
9	80	1244	15,05
10	90	1553	14,98
11	100	1942	14,92
12	110	2403	14,83
13	120	2927	14,73
14	130	3431	14,64
15	140	3917	14,56
16	150	4326	14,50



Priloga 22: Meritve števila delcev ogljikovega dioksida in vsebnost kisika med gorenjem sveče št. 22

	Latest		
	Time (s)	CO2 (ppm)	Oxygen Gas (%)
1	0	716	14,44
2	10	699	15,20
3	20	704	15,22
4	30	731	15,21
5	40	771	15,22
6	50	844	15,20
7	60	947	15,15
8	70	1124	15,10
9	80	1393	15,02
10	90	1743	14,95
11	100	2120	14,88
12	110	2547	14,79
13	120	3024	14,71
14	130	3565	14,62
15	140	4111	14,54
16	150	4621	14,47

