



Gibanje MLADI RAZISKOVALCI KOROŠKE

(Področje: astronomija)

## IZGUBA ENERGIJE SONCA PRI PREHODU SKOZI ATMOSFERO

Avtor: Alen Fink

Mentor: Robert Sterkuš, prof.

Šmartno, 2022

OŠ Šmartno pri Slovenj Gradcu

## **ZAHVALA**

*Pri izdelavi raziskovalne naloge gre zahvala vsem ljudem, ki so ekološko osveščeni in prispevajo k ohranitvi narave. Tema oz. naslov se je izoblikoval skozi debato o atmosferi z učiteljem Sterkuš Robertom, ki mi je prav tako pomagal, da je nastalo to raziskovalno delo.*

## Vsebina

1	UVOD .....	6
2	TEORETIČNI DEL .....	7
2.1	Sonce kot vir energije .....	7
2.2	Sončno obsevanje Slovenije .....	8
2.3	Položaj Sonca in potovanje Sonca.....	9
3	RAZISKOVALNO DELO.....	11
3.1	Namen raziskave.....	11
3.2	Ciji raziskave .....	11
3.3	Hipoteze.....	11
3.4	Raziskovalne metode .....	11
3.5	Postopki zbiranja podatkov .....	11
3.6	Modeliranje svetlobnega toka s programom Python .....	12
3.7	Program .....	12
4	Merjenje, raziskovanje in primerjava svetlobnega sevanja .....	17
4.1	Merjenje 10.2.2022.....	17
4.2	Merjenje 11.2.2022.....	19
4.3	Merjenje 12.2.2022.....	20
5	ZAKLJUČEK .....	22
6	VIRI .....	23

## Kazalo slik:

Slika 1: Prehod sončnega sevanja skozi ozračje, dolgodobno povprečje prek vseh krajev na Zemlji.....	7
Slika 2: Desetletno (1994–2003) povprečje letnega globalnega sončnega obseva.....	8
Slika 3: Položaj Sonca glede na letni čas.....	9
Slika 4: Pot Sonca.....	9
Slika 5: Pisanje programa v Spyder vmesniku.....	12
Slika 6: Spreminjanje solarne konstante skozi leto .....	14
Slika 7: Naraščanje solarne konstante .....	15
Slika 8: Modelirana vrednost solarne konstante 41 dan v letu.....	15
Slika 9: Sestava atmosfere.....	16
Slika 10: Senzor in vmesnik Vernier.....	17

## Kazalo grafov:

Graf 1: Vrednosti solarne konstante na dan 10.2. ....	17
Graf 2: Temperatura v Šmartnem na dan 10.2. ....	18
Graf 3: Vrednosti obsevanja 11.2.....	19
Graf 4: Gibanje temperature na dan 11.2. ....	19
Graf 5 Merjenje obsevanja na dan 12.2.2022.....	20
Graf 6: Gibanje temperature na dan 12.2.2022 .....	20
Graf 7: Primerjava grafov .....	21

## Kazalo enačb:

Enačba 1 Kot višine Sonca.....	12
--------------------------------	----

## Kazalo preglednic:

Tabela 1: Simulirano letno sončno obsevanje na vodoravno površino in optimalni kot naklona pri orientaciji jug. ....	10
Tabela 2: Podatki meteorološke postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu.....	18

## POVZETEK

Raziskovalna naloga razišče vzroke zakaj se energija Sonca, ki pade na "pokrov" atmosfere skozi le to porazgubi oz. zmanjša. Izguba je seveda odvisna od različnih dejavnikov, časovnih parametrov, temperature ozračja v različnih plasteh, sestave in debeline ozračja, zračnega tlaka na različnih višinah. Na izgubo energije skozi atmosfero ne moremo vplivati. Raziskovalna naloga je sestavljena iz teoretičnega dela in eksperimentalno raziskovalnega dela, kateri argumentirano ovrže oz. potrdi hipoteze, katere sem si v nadaljevanju zastavil. Na Zemljo pade vsako sekundo 1360 J energije (na kvadratni meter). To vrednost imenujemo solarna "konstanta". Izraz konstanta ni pravilen zaradi razlik v oddaljenosti Zemlje od Sonca ter 11 letnih ciklov sončevih peg. Razlike so v območju 3-4 %. Solarna konstanta drži samo za energijo, ki doseže zemljin rob atmosfere. Na preostalih planetih so vrednosti drugačne.

Cilj te raziskovalne naloge je raziskava (merjenje, analitično in eksperimentalno dokazovanje in ugotavljanje) koliko te sončne energije doseže Zemljino površje ter kateri pojavi (temperatura, vlažnost veter, vreme) vplivajo na izgubo te energije.

Z raziskovalno nalogo dokažem, da je vreme kompleksen pojav v naravi in da ključno vpliva na prehod energije skozi atmosfero. Dotknem se tudi onesnaženja atmosfere.

**Ključne besede:** solarna konstanta, atmosfera, izguba energije skozi ozračje, sestava ozračja, piranometer

## ABSTRACT

This research paper explores the reasons why the energy of the Sun, which falls on the »cover« of the atmosphere, is dispersed or reduced. The loss, of course, depends on various factors, time parameters, atmospheric temperature in different layers, composition and thickness of the atmosphere, air pressure at different altitudes. The loss of energy through the atmosphere cannot be influenced. The research paper consists of theoretical and experimental research work, which arguably refutes or confirms the hypotheses, which I set out below. 1360 J of energy (per square meter) falls to Earth every second. This value is called the solar »constant«. The term constant is incorrect due to the differences in Earth's distance from the sun and 11 year sunspot cycles. The differences are in the range of 3-4%. The solar holds its ground only for the energy that reaches the Earth's edge of the atmosphere. On other planets, the values are different.

The aim of this research paper is to investigate (measuring, analytically and experimentally proving and determining) how much of this solar energy reaches the Earth's surface and which phenomena (temperature, humidity, wind, weather) affect the loss of this energy.

With my research paper I prove that weather is a complex phenomenon in the nature and that it has a key effect on the passage of energy through the atmosphere. I also touch upon the pollution of the atmosphere.

**Keywords:** solar constant, atmosphere, energy loss through the atmosphere, atmosphere composition, pyranometer

## 1 UVOD

Današnja sodobna družba je velik ‐odjemalec‐ energije. Stroji in naprave potrebujejo energijo, da lahko sploh delujejo. Energija je potrebna tudi, da te stroje naredimo, izdelamo. Zadnje desetletje človek intenzivno išče druge vire energije, ki bi nadomestili neobnovljive vire in zadovoljili potrebo po energiji. Obnovljivi viri energije postajajo cenovno konkurenčni fosilnim gorivom, izboljšujejo kakovost okolja in preprečujejo nadaljnje spremjanje podnebja, njihova razkropljenost in dostopnost pa omogočata demokratizacijo energetskega sektorja in boljšo uskladitev vrste energije z lokalnimi potrebami (Koprivnikar in Đurasovič, 2010). Čista energija je zagotovo energija Sonca. Področje pridobivanja energije Sonca pokriva področje fotovoltaike.

Čeprav Sonce predstavlja neusahljivi vir energije, ga za pridobivanje energije uporabljam v manjši meri. Ob opazovanju sončnih elektrarn na strehah hiš ugotovimo, da so različno orientirane glede na smer neba in glede na horizont.

V okviru raziskovalne naloge želim raziskati, kaj vpliva na izgubo energije skozi atmosfero in predvsem koliko energije pade lokalno na tla. Hidrometeorološke podatke sem v dnevih merjenja pridobil z merjenjem. Podatke sem primerjal s podatki iz hidrometeorološke postaje, ki je v našem kraju.

Zastavil sem si naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: obsevanje je ob lepem, jasnem vremenu najvišja

Hipoteza 2: temperatura na površju vpliva na vrednost prepuščene energije skozi atmosfero

Hipoteza 3: sestava ozračja vpliva na obsevanost površja Zemlje

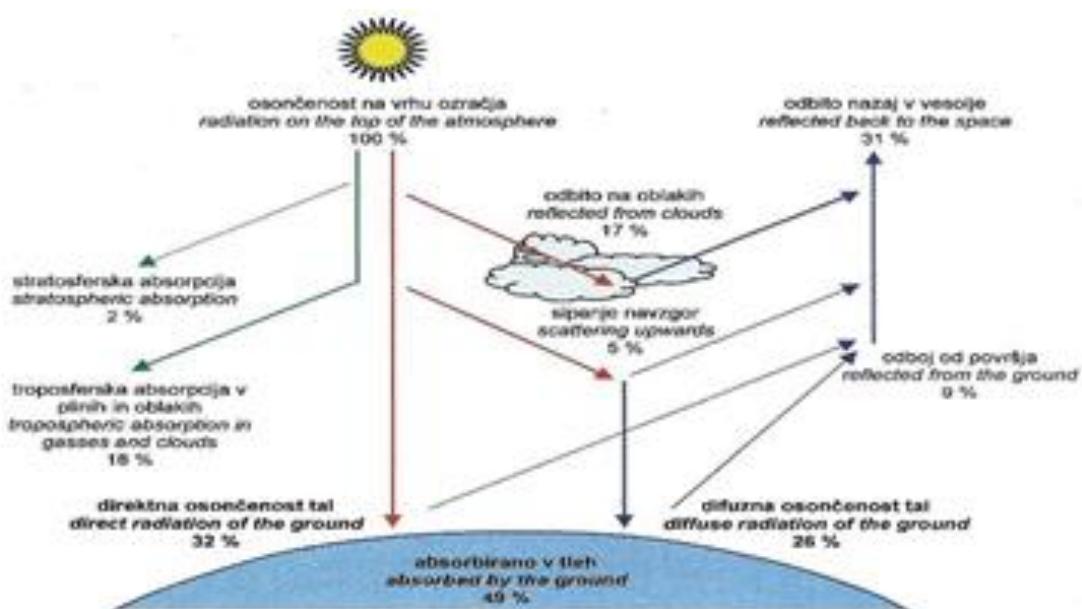
Že postavitev in prepletanje fizikalnih parametrov nakazuje, da je Sonce vir energije, ki poganja celotno naravo na Zemlji. Vreme kot ključni dejavnik se lokalno spreminja in predstavlja dinamičen proces, ki je odvisen od mnogih parametrov. Pri primerjavi sem uporabil tudi računalniško simulacijo, kaj se dogaja z vrednostjo solarne konstante na ‐pokrovu‐ atmosfere. Zemlja se namreč vrti okoli svoje osi.

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Sonce kot vir energije

Sončna energija predstavlja osnovni vir energije na Zemlji. Sonce na Zemljo pošilja energijski tok sevanja, ki znaša okrog 1367 W/m<sup>2</sup>. To pomeni, da vsak kvadratni meter na vrhu ozračja pri povprečni oddaljenosti Zemlje od Sonca prejme 1367 J energije v eni sekundi. Skozi ozračje moč sončnega sevanja slabí zaradi absorpcije in razprševanja svetlobe. Oslabitev sončnega obsevanja tal je odvisna tudi od vremena, na primer: oblaki, megla, onesnaženost ozračja (Kastelec, Rakovec in Zakšek, 2007).

Sonce Zemljo letno obseva z okrog 1,5 trilijonov kWh energije. Okoli 30 % te energije absorbira atmosfera, preostanek pa je še vedno več tisočkrat večji od svetovnih letnih potreb po energiji. Energijo, ki jo človeštvo potrebuje v enem letu, Sonce Zemlji zagotovi v eni urici. Energijo, ki jo Zemlja dobi od Sonca v manj kot enem dnevu, lahko primerjamo z vsemi zemeljskimi zalogami nafte (Godec, Grubelnik in Glažar, 2015; Žalar, 2016).



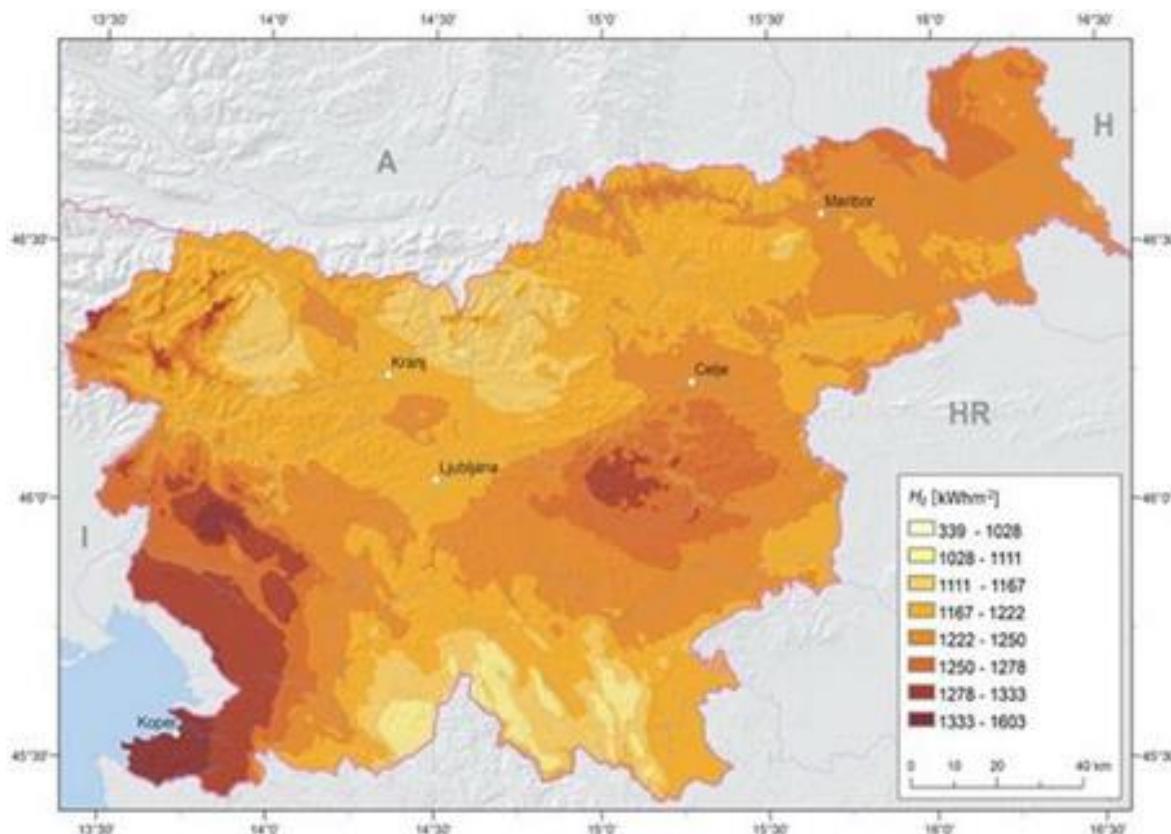
Slika 1: Prehod sončnega sevanja skozi ozračje, dolgodobno povprečje prek vseh krajev na Zemlji.

(Vir: Kastelec, Rakovec in Zakšek (po Kiehlju in Trenberthu, 1997), 2007, str. 14)

»Sonce seva energijo v prostor in proti Zemlji v obliki elektromagnetnega valovanja«(Žalar, 2016, str. 25). Na sliki 1 je prikazano, kako skozi ozračje zaradi oblakov, megle, sipanja in absorpcije slabí moč sončnega sevanja. Oblaki zakrijejo Sonce in preprečujejo direktnim sončnim žarkom prehod k tlom in tako vplivajo na trajanje sončnega obsevanja. Sipanje sončnega sevanja je pojav, ko se del energije sončnega sevanja pretvarja v difuzno sončno sevanje. Absorpcija v ozračju spreminja spekter sončne energije (Kastelec, Rakovec in Zakšek, 2007).

## 2.2 Sončno obsevanje Slovenije

Potencial sončne energije v Sloveniji je dokaj enakomeren in razmeroma visok. Povprečno sončno obsevanje na kvadratni meter horizontalne površine je v Sloveniji večje od 1000 kWh na m<sup>2</sup> horizontalne površine. Razlika med posameznimi regijami, med najbolj osončeno Primorsko in najmanj osončenimi področji, je zgolj 15 %, kar je razvidno iz slike 2. (Koprivnikar in Đurasovič, 2010)



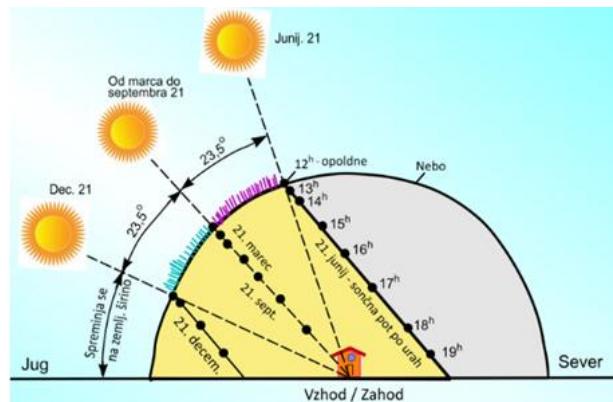
Slika 2: Desetletno (1994–2003) povprečje letnega globalnega sončnega obseva.

(Vir: Kastelec, Rakovec in Zakšek , 2007, str. 76)

Slovenija je dokaj hribovita pokrajina. Hribi in gore zadržujejo zračne tokove, omejujejo pretok vodne pare – ne smemo pozabiti, da se velik del energije Sonca v molekulah vode (vodna para) absorbira. Največji izplen energije je tako na ravninah in odvisen seveda tudi od geografske širine (sever, jug). Vsi našteti parametri narekujejo, da so vremenski pojavi in s tem prepustnost sevanja skozi atmosfero zelo dinamičen proces in modeliranje le teh procesov opravlja računalniki bolj oz.manj uspešno. Meteorologi lahko podajo »sliko« vremena na ozkem področju to v naravi pomeni, da je v nekem kraju izredno jasno, toplo-sončno vreme, je na drugem nekaj kilometrov oddaljenem kraju vreme dokaj drugačno.

### **2.3 Položaj Sonca in potovanje Sonca**

Kot Sonca se zaradi nagnjenosti Zemlje (revolucije) in gibanje Zemlje okoli Sonca spreminja.

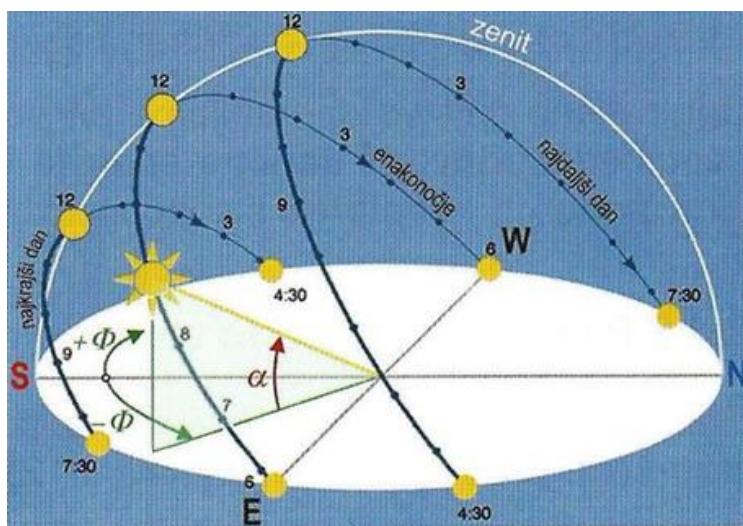


Slika 3: Položaj Sonca glede na letni čas.

(Vir: Pridobljeno iz Pot Sonca in ..., 2017)

Iz slike je razvidno, da se lega Sonca glede na Zemljo skozi leto spreminja. Zemljepisna širina Slovenije je približno  $46^{\circ}$  severne zemljepisne širine. Sonce 21. marca in 23. septembra sije ob lokalnem poldnevu na ravno površino pod kotom  $44^{\circ}$ . V začetku zime, 21. decembra, ko je pri nas najkrajši dan (8.38 ure), je Sonce zelo nizko nad obzorjem. Kot, pod katerim sije na ravno površino, znaša  $20,5^{\circ}$ . V začetku poletja je Sonce nad obzorjem 15.46 ure in sije na ravno podlago pod kotom  $67,5^{\circ}$  (Vzhod in zahod Sonca ..., 2017).

Položaj Sonca določamo z dvema kotoma, z višino Sonca in azimutom Sonca (Žalar, 2016).



Slika 4: Pot Sonca.

(Vir: Žalar, 2016, str. 27)

Slika 5 prikazuje poti in kote položaja Sonca. »Višina Sonca je določena s kotom med direktnim sončnim žarkom na obsevano površino in vodoravno ravnino.

Azimut Sonca pa s kotom med smerjo jug glede na aktualno površino in projekcijo aktualnega direktnega sončnega žarka na vodoravno ravnino. Azimut od smeri jug proti zahodu je po dogovoru pozitiven« (Žalar, 2016, str. 27).

Največji zajem energije sončnega obsevanja dobimo pri pravokotnem obsevanju površine. Zaradi spreminjanja lege Sonca glede na Zemljo v različnih letnih časih bi bilo potrebno nenehno spremnjati orientacijo in naklon sončnih elektrarn (Žalar, 2016).

Pri izgradnji sončnih elektrarn je optimalna orientacija sončne elektrarne usmerjenost direktno na jug, optimalni naklon za območje Slovenije pa med  $33^\circ$  in  $35^\circ$ . V praksi zaradi postavitve sončnih elektrarn na že obstoječe objekte ne moremo vedno doseči optimalne orientacije in optimalnega naklona, zaradi česar je posledično proizvodnja električne energije manjša (Dobro je vedeti, b. d.).

Kraj	Sončno obsevanje na vodoravno površino (kWh/m <sup>2</sup> )	Optimalen kot naklona (°) glede na horizont
Ljubljana	1209	$32^\circ$
Maribor	1247	$33^\circ$
Portorož	1378	$35^\circ$

Tabela 1: Simulirano letno sončno obsevanje na vodoravno površino in optimalni kot naklona pri orientaciji jug.

(Vir: Modeliranje obsevanja, b. d.)

Tabela 1 prikazuje izplen energije glede na lokacijo morebitne elektrarne v Sloveniji. Kot, pri katerem je z metodo modeliranja obsevanja izračunan največji izkoristek, je po različnih krajih v Sloveniji različen, s čimer je povezan tudi izkoristek sončne elektrarne. Če je sončna elektrarna postavljena pod kotom  $33^\circ$  in obrnjena na jug, ima večji del leta, takrat ko so dnevi daljši, zelo dober izkoristek. Sonce nanjo sije pod kotom  $77^\circ$  na prvi spomladanski dan pa vse do  $100^\circ$  na prvi poletni dan. V jesenskih in zimskih mesecih pa Sonce sije na panele pod koti od  $53^\circ$  do  $77^\circ$ .

### 3 RAZISKOVALNO DELO

#### 3.1 Namen raziskave

Energija Sonca bo v prihodnosti odigrala pomembno vlogo pri oskrbi energije. V izgradnji so sončne elektrarne kot primer zelene energije. Na izkoristek elektrarn vpliva parameter solarne konstante – ki se skozi leto (pot okoli Sonca) sicer malenkost spreminja. Na solarno konstanto ne moremo vplivati. Vplivamo pa lahko na »izkoristek« solarne konstante. Kateri plini in kakšna struktura ozračja je tista, ki omogoči, da bo največ energije šlo skozi atmosfero. Tu se sicer dotaknemo okoljskih vprašanj in segrevanja ozračja zaradi toplogrednih plinov.

V raziskovalnem delu zagovorim hipotezo, da je pri pretoku energije skozi atmosfero ključna sestava atmosfere.

Primerjava energijskega pretoka skozi »prazno atmosfero« oz. koliko energije pade na »pokrov« atmosfere.

#### 3.2 Ciji raziskave

- merjenje obsevanosti s senzorjem PIRANOMETER
- primerjava modelirane in dejanske obsevanosti
- za konkretnejšo analizo potrebujemo veliko več podatkov (celoten steber atmosfere po vertikali)

#### 3.3 Hipoteze

Pri raziskovalni nalogi sem si zastavil naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: obsevanje je ob lepem, jasnem vremenu najvišja

Hipoteza 2: temperatura na površju vpliva na vrednost prepuščene energije skozi atmosfero

Hipoteza 3: sestava ozračja vpliva na obsevanost površja Zemlje

#### 3.4 Raziskovalne metode

Pri raziskovalni nalogi sva uporabila metode študija literature, modeliranja, eksperimentiranja, terenskega dela,

#### 3.5 Postopki zbiranja podatkov

Podatke sem zbiral z eksperimentiranjem in delom na terenu, v katerem sem uporabil naslednje pripomočke:

- računalnik s programsko opremo (Python)
- Piranometer (Vernier) – senzor za merjenje obsevanja površine
- Vmesnik Vernier-LabQuest
- stojalo za piranometer

Raziskovalno delo sem razdelil na dva dela:

1. Modeliranje svetlobnega toka s programom Python
2. Merjenje, raziskovanje in primerjava svetlobnega sevanja

### 3.6 Modeliranje svetlobnega toka s programom Python

Program v Pythonu – Kako se spreminja svetlobni tok pri rotaciji in revoluciji Zemlje

$$\gamma = \arcsin(\sin \delta * \sin \phi + \cos \omega * \cos \delta \cos \phi)$$

$\omega$  = urni kot

$\delta$  = kot deklinacije (višine Sonca)

$\phi$  = geografska širina

Enačba 1 Kot višine Sonca (povzeto po

Program izhaja iz enačbe 1, ki opredeli višino Sonca v odvisnosti od časa (dan in leto)

Program je napisan v okolju Python v vmesniku Spyder

```
7 import numpy as np
8 import matplotlib.pyplot as plt
9
10 j0=1340 # svetlobni tok, ki vpade na atmosfero (W/m2), solarna konstanta
11 delta0=23.44 # maksimalna deklinacija
12 T0=81 # zamik zaradi datuma (stetje zacnemo s 1.1.)
13
14 fi=0
15 t=0 # absolutni cas
16 t_lok=0 # lokalni cas (od 0 do 24)
17 dan=0 # stevec dnevov (od 0 do 365)
18 dt=0.001
19
20 t_plot=[]
21 t_lok_plot=[]
22 delta_plot=[]
23 omega_plot=[]
24 gama_plot=[]
25 j_plot=[]
26
27 while (t<1):
28     delta=delta0*np.sin((2*np.pi/365)*(t-T0))
29     omega=(360/24)*(t_lok-12)
30     gama=np.arcsin(np.sin(delta)*np.sin(fi)*2*np.pi/360)+np.cos(delta)*2*np.pi/360)*np.cos(fi)*2*
31     gama=gama*360/(np.pi*2) # pretvorba gama v stopinje
32     t+=dt
33     if (t==dan): # "preklop" lokalnega casu, ko se dan konča
34         t=dan-1 # povrni lokalni cas
35     t_lok=24*(t-dan) # lokalni cas se bo spremenjal od 0 do 24
36     # shranji vrednosti spremenljivk v liste -> za izris
37     t_plot.append(t)
38     t_lok_plot.append(t_lok)
39     delta_plot.append(delta)
40     omega_plot.append(omega)
41     gama_plot.append(gama)
42     if (gama>0): # pod obzorem
43         j_plot.append(j0*np.sin(gama*2*np.pi/360))
44     else: # pod obzorem
45         j_plot.append(0)
46
47 plt.plot(t_plot,j_plot)
48 plt.xlim(0, 50)
49 plt.show()
50 plt.close()
```

Slika 5: Pisanje programa v Spyder vmesniku

### 3.7 Program

import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt

j0=1340 # svetlobni tok, ki vpade na atmosfero (W/m2), solarna konstanta

delta0=23.44 # maksimalna deklinacija

T0=81 # zamik zaradi datuma (stetje zacnemo s 1.1.)

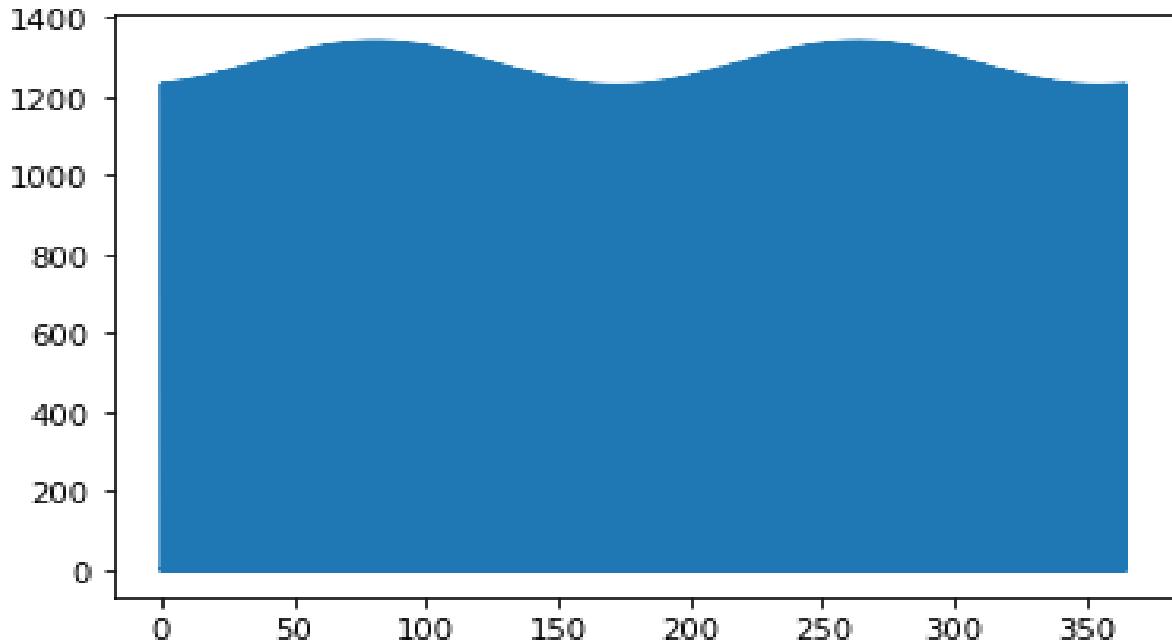
fi=0

```

t=0                      # absolutni cas
t_lok=0                  # lokalni cas (od 0 do 24)
dan=0                     # stevec dnevov (od 0 do 365)
dt=0.001                 # sprememba časa
t_plot=[]                 #izrisi na diagramih
t_lok_plot=[]
delta_plot=[]
omega_plot=[]
gama_plot=[]
j_plot=[]
while (t<365):          #šteetje dnevov, eno leto
    delta=delta0*np.sin((2*np.pi/365)*(t-T0)) #enačba vrednosti kota deklinacije
    omega=(360/24)*(t_lok-12)                   #enačba vrednosti urnega kota
    gama=np.arcsin(np.sin(delta*2*np.pi/360)*np.sin(fi*2*np.pi/360)+np.cos(delta*2*np.pi/360)*np.cos(fi*2*np.pi/360)*np.cos(omega*2*np.pi/360))
    gama=gama*360/(np.pi*2)                      # pretvorba game v stopinje
    t=t+dt
    if (t>=dan+1):                            # "preskok" lokalnega casa, ko se dan
        konca
        dan+=1                                # povecaj stevec dnevov
        t_lok=24*(t-dan)                         # lokalni cas se bo spremenjal od 0 do 24
        t_plot.append(t)                          #shrani vrednosti spremenljivk v liste -> za izris
        t_lok_plot.append(t_lok)
        delta_plot.append(delta)
        omega_plot.append(omega)
        gama_plot.append(gama)
    if (gama>0):                             # Sonce je nad obzorjem
        j_plot.append(j0*np.sin(gama*2*np.pi/360))
    else:                                    # pod obzorjem
        j_plot.append(0)
plt.plot(t_plot,j_plot)      #izris diagrama, kaj izriše na x in y osi
plt.show()
plt.close()

```

Pri modeliranju vrednosti solarne konstante se vrednost le te skozi leto spreminja zaradi revolucije (gibanja Zemlje) Zemlje. Predpostavil sem, da je oddaljenost Zemlje konstantna in se ne spreminja. Kot ekliptike (nagnjenosti Zemlje) je  $23.44^\circ$ .



Slika 6: Spreminjanje solarne konstante skozi leto

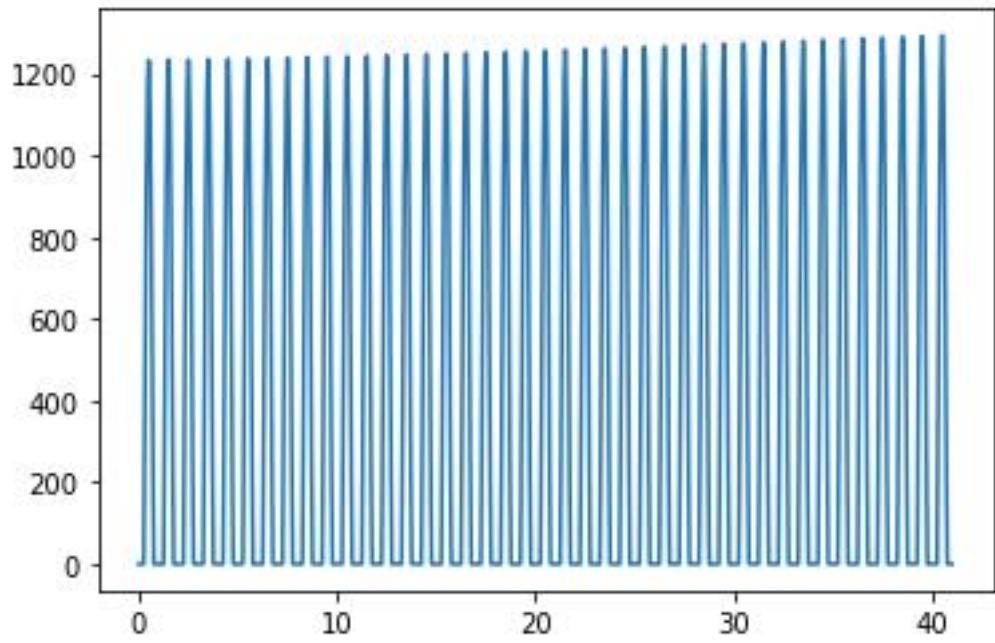
V času ekvinokcija (enakonočje) je dan enako dolg noči. Spomladanski ekvinokcij je okoli 20.marca, jesenski pa okoli 20.septembra. Na zgornjem izrisu je tedaj vrednost solarne konstante najvišja. To se zgodi okoli 81 dne v letu in okoli 260 dne v letu.

In obratno pri zimskem obratu (solsticij), ko je dan najkrajši 21.december (to je 355 dan v letu) in poletnem solsticiju (ko je dan najdaljši) okoli 21.junija (to je okoli 170 dan) je vrednost solarne konstante najmanjša.

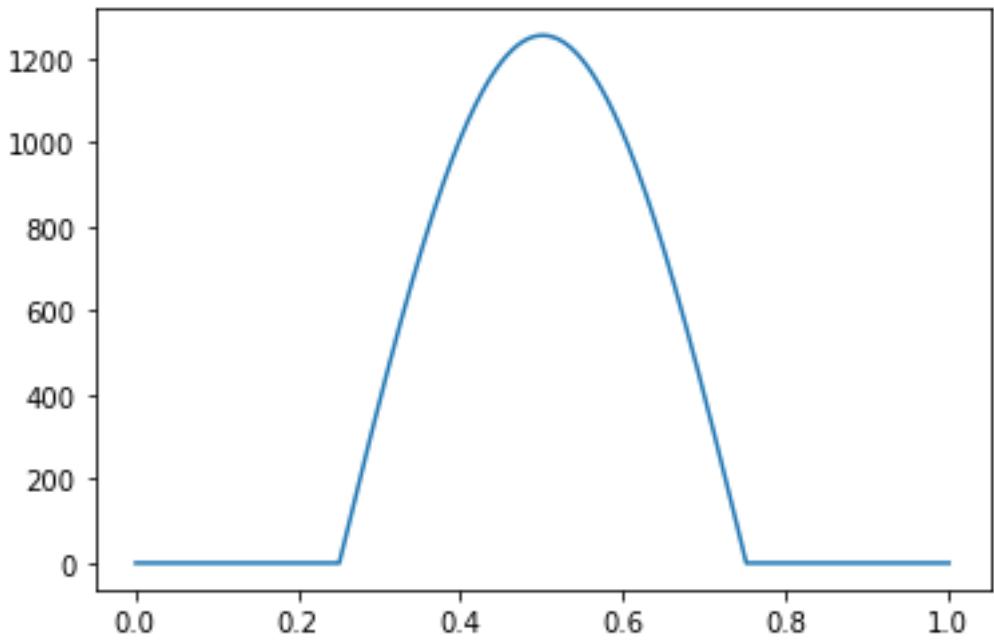
Vzrok je nagnjenost Zemlje od pravokotne osi za  $23.27^\circ$ . Severna polobla je v zimskem času nagnjena od Sonca. Tedaj je Zemlja bliže Soncu in obratno, v poletnem času je Zemlja nagnjena k Soncu in se nahaja na drugi strani Sonca – tedaj je na severni polobli poletje.

Pri modeliranju sem izhajal iz gibanja Zemlje po idealni krožnici.

Slika prikazuje naraščanje vrednosti solarne konstante od 1.1. do 41 dne v letu – v tem času sem tudi zbiral meritve.



Slika 7: Naraščanje solarne konstante



Slika 8: Modelirana vrednost solarne konstante 41 dan v letu

## Sestava ozračja-atmosfere

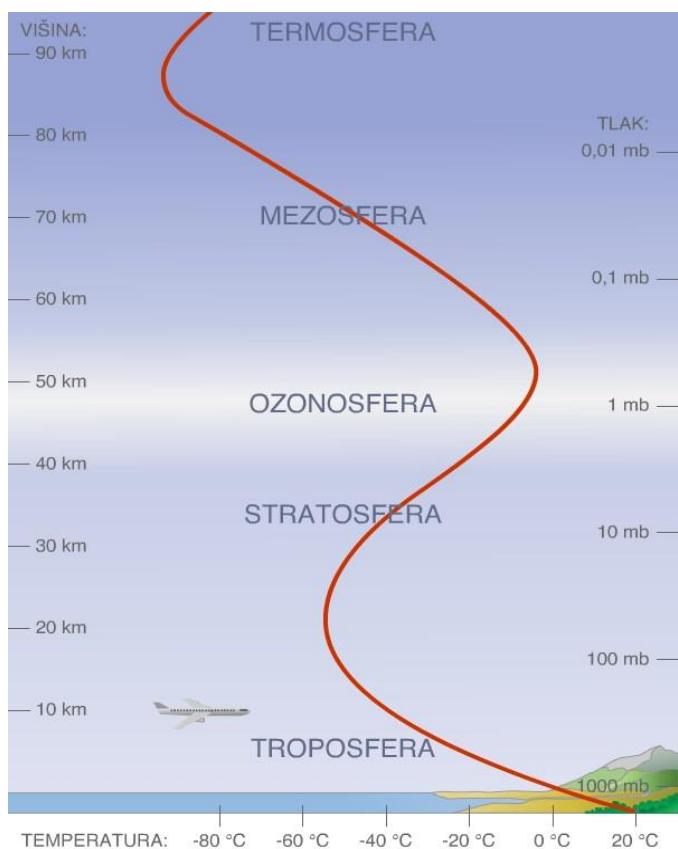
Atmosfera je plinasti ovoj okoli Zemlje. Temperatura, gostota ovoja se z višino spreminja. Okoli 80-90% celotne mase zraka se nahaja do višine 11 – 16 km. Atmosfero razdelimo na: termosfero, mezosfero, stratosfero, troposfero.

Slika na desni predstavlja kako se z višino spreminja temperatura in kako zračni tlak.

Vsaka zračna plast ima svoje značilnosti. Troposfera vsebuje veliko vodne pare in zato je dokaj hidrostatsično nestabilna. Tu se pojavljajo vertikalni zračni tokovi (vzgon) in vremensko dinamični pojavi.

Stratosfera je bolj stabilna, ker do nje ne prispe vlaga iz troposfere, zato je stratosfera brezoblačna.

Absorbcijsa sevanja UV žarkov je v zgornjih plasteh atmosfere večinska (ozonska plast). Vidno IR (infrardeče sevanje) pa večinoma absorbirajo triatomni plini ( $\text{CO}_2$ , vodna para in ozon).



Slika 9: Sestava atmosfere

## Sestava ozračja:

plin	delež
Dušik $\text{N}_2$	78
Kisik $\text{O}_2$	21
Argon Ar	0,9
Ogljikov dioksid $\text{CO}_2$	0,03

Absorbcijsa energijskega toka sevanja je odvisna od gostote plina in dolžine poti, ki jo mora svetloba prepotovati, da doseže površje. To lahko vidimo na diagramu obsevanja. Zjutraj in ponoči krivulja ni linearnej. Zaradi rotacije Zemlje se spreminja osvetljenost točke na Zemlji in s tem jakost obsevanja (slika 8).

V raziskovalni nalogi energijske bilance Zemlje, difuznega (razpršenega sevanja) in tal zaradi kompleksnosti ne upoštevam.

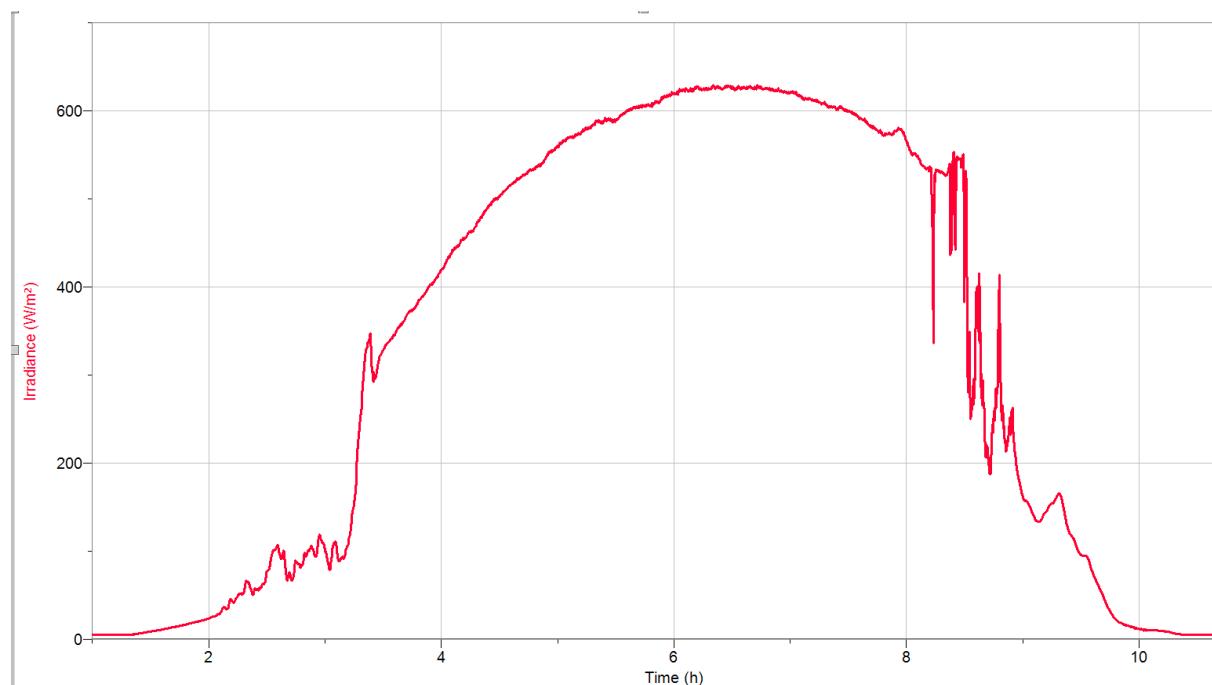
## 4 Merjenje, raziskovanje in primerjava svetlobnega sevanja

Meritve so bile izvedene s specialnim senzorjem za merjenje sevanja Sonca in vmesnikom Vernier. Senzor meri količino in jo posreduje vmesniku, ki shranjuje podatke. Podatke sem nato obdelal s programsko opremo LoggerPro.



Slika 10: Senzor in vmesnik Vernier

### 4.1 Merjenje 10.2.2022



Graf 1: Vrednosti energijskega toka na dan 10.2.

Vrednost sevanja je pričela naraščati ob 7.12 ko je na dan pričelo Sonce vzhajati. Najvišjo vrednost je zavzelo ob poldnevu in tedaj je bila vrednost obsevanja  $623 \text{ W/m}^2$ . Iz grafa je razvidno, da je ob jutranjih urah bilo nebo zakrito z nekaj oblaki (okoli 8.00 do 9.ure). V relativno kratkem času razberemo zjasnitev in očiten skok obsevanja. V večernih urah se zgodi podobno.

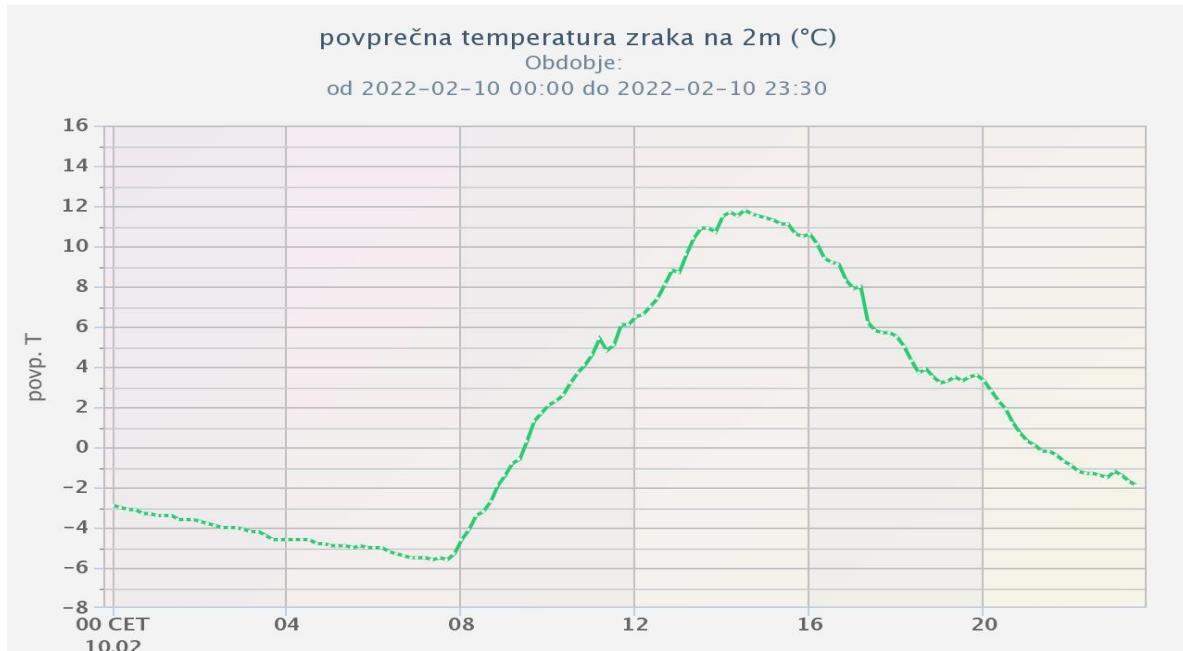
Vremenski podatki meteorološke postaje v Šmartnem pri Slovenj Gradcu na dan 10.2.2022 so bili:

Četrtek, 10. Februar 2022	ob 7.00	ob 14.00	ob 21.00
Oblačnost	jasno	jasno	jasno
Temperatura	-5,5	11,5	0,3
Vлага	93	41	87

Tabela 2: Podatki meteorološke postaje Šmartno pri Slovenj Gradcu

(vir: <https://meteo.arso.gov.si>)

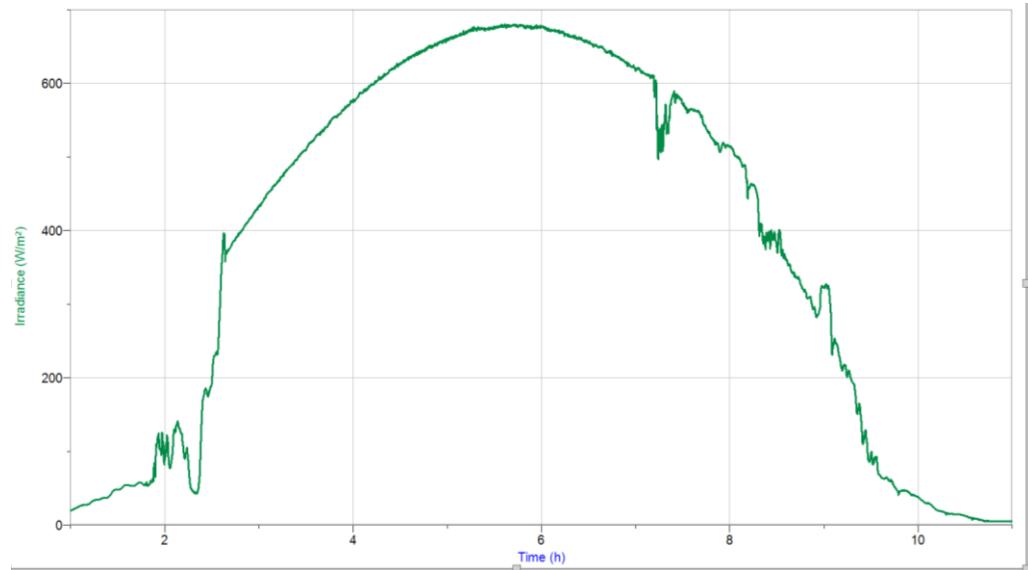
Temperatura je na ta dan v Šmartnem pri Slovenj Gradcu bila zabeležena na meteorološki postaji. In se je gibala kot prikazuje diagram 2:



Graf 2: Temperatura v Šmartnem na dan 10.2.

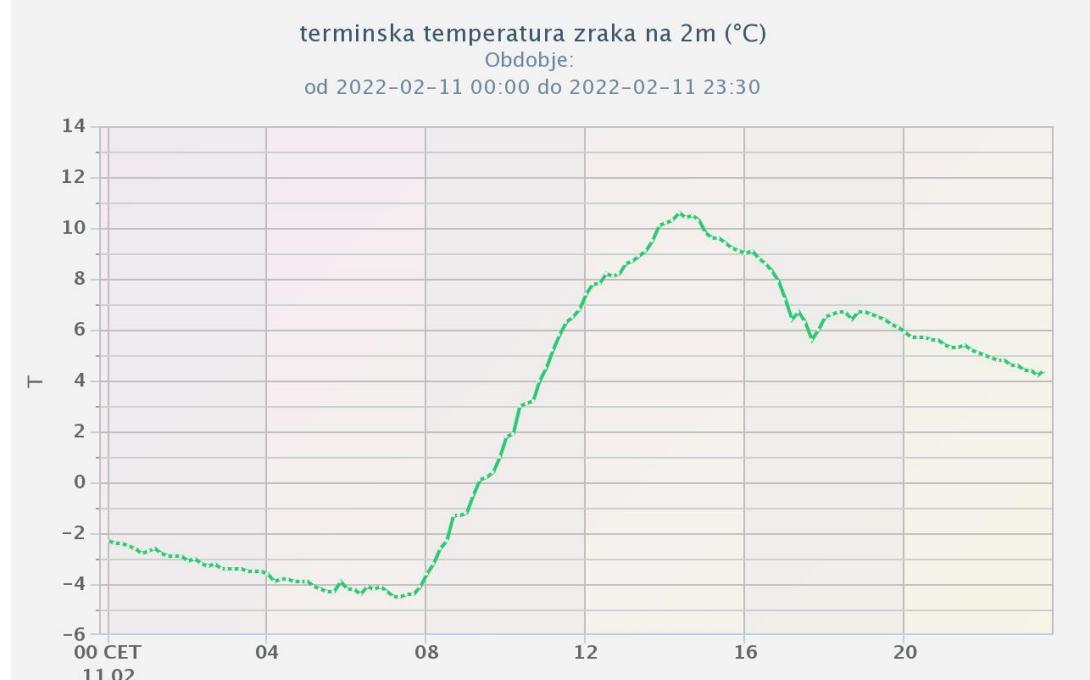
Krivulje obsevanja in temperature nakazujejo, da med količinami obstaja povezava. Temperatura na Zemlji je posledica vremenskih pojavov v atmosferi.

## 4.2 Merjenje 11.2.2022



Graf 3: Vrednosti obsevanja 11.2.

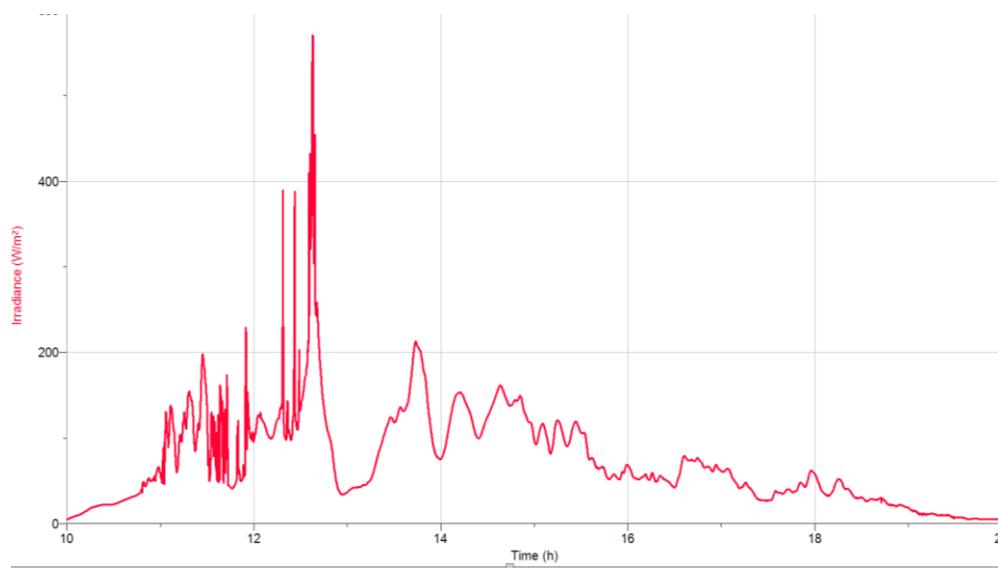
Sonce vzide 7.11 in zaide 17.22. Pri primerjavi diagramov in vremena je bil ta dan občutno lepši. Temperature na ta dan so pridobljene iz meteorološke postaje v Šmartnem pri Slovenj Gradcu.



Graf 4: Gibanje temperature na dan 11.2.

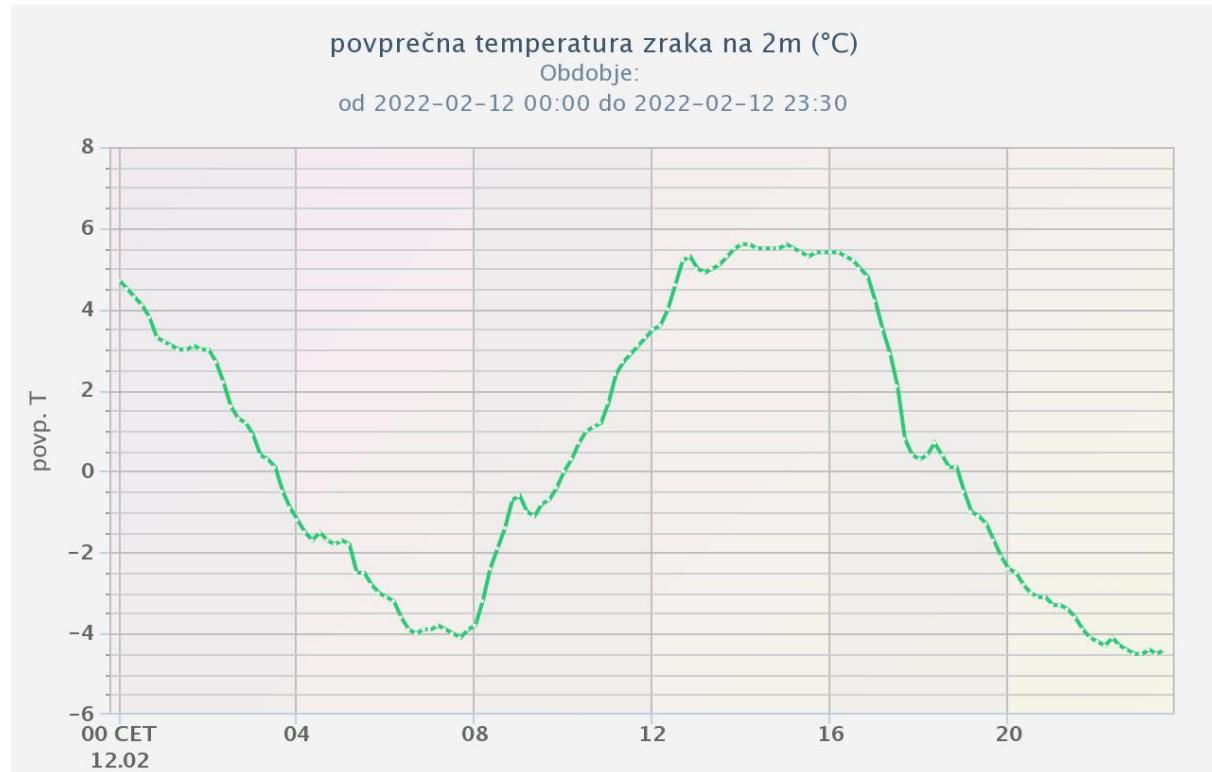
Temperatura je kljub višjem obsevanju nekoliko nižja kot dan poprej, ko je bilo vreme nekoliko manj ugodno.

#### 4.3 Merjenje 12.2.2022



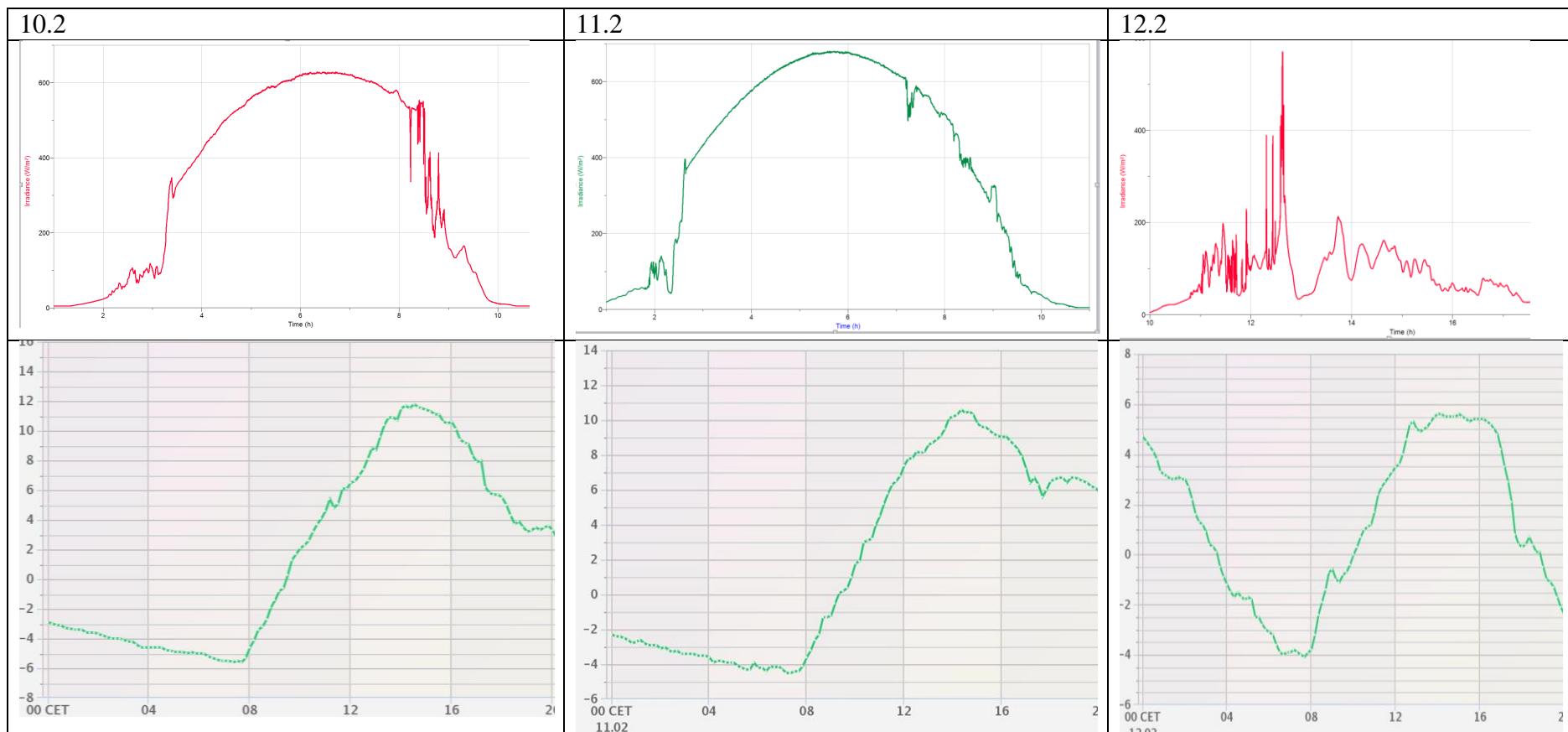
Graf 5 Merjenje obsevanja na dan 12.2.2022

Diagram pikaže, da je na ta dan bilo izplena energije skozi atmosfero izredno malo. Vreme je bilo oblačno z veliko oblaki, ki so zastirali in onemogočali pot žarkov skozi atmosfero na Zemljo. Gibanje temperature na ta dan prikazuje spodnji diagram:



Graf 6: Gibanje temperature na dan 12.2.2022

Primerjava obsevanj, gibanj temperature za 10.2., 11.2. in 12.2:



Graf 7: Primerjava grafov

Primerjava grafov obsevanosti in temperature nam jasno prikaže, da temperatura ozračja neposredno ne vpliva na obsevanost. Posredni vpliv ima pri t.i. sekundarnem obsevanju teristično sevanje, difuzno sevanje (odbito). Čez dan se Zemlja segreva, segreva jo Sonce. Toplota se akumulira v zgornjih plasteh Zemlje in ponoči, ko Sonca ni se ozračje ohlaja. Temperatura ozračja povzroča tudi izhlapevanje vode in posledično tudi kopičenje vodne pare v atmosferi. Vodna para ima toplogredne lastnosti. Iz primerjave meritev in zgornjih diagramov lahko hipotezo 1: obsevanje je ob lepem, jasnem vremenu najvišja potrdim.

Hipoteza 2: temperatura na površju vpliva na vrednost energijskega toka iz zgoraj napisanega vodi k obratni postavitev trditve in sicer Solarna konstanta vpliva na temperaturo površja. Sonce kot primarni vir energije stalno osvetljuje polovico Zemlje in predstavlja dokaj konstanten pritok energije v zgornji del atmosfere. Velik del energije se skozi plasti atmosfere izgubi, odbije, absorbira in to na molekulah plinov in aerosolih.

Hipoteza 3: sestava ozračja vpliva na obsevanost površja Zemlje

Merjenje sestave ozračja (kateri plini so trenutno prisotni) je izredno zahtevno, ker potrebujemo meteorološki balon, ki meri sestavo atmosfere, vetrove, zračni tlak na določeni višini. Meritve so narejene lokalno in časovno omejene. Preden pride balon v višjo lego se lahko parametri v nižjih plasteh hitro spremenijo. To dokazuje, da je vremenski pojavlji vplivajo na pretok energije skozi atmosfero. Pri opazovanju vremena se dostikrat ravnamo po kvalitativnem opazovanju – če je veliko oblakov, pomeni, da je vlažnost višja in posledično je zaradi vodne pare pritok energije skozi atmosfero onemogočen. Zagotovo lahko hipotezo 3 potrdim za vodno paro. Za ostale pline, ki nastopajo v sestavi atmosfere pa bi potreboval več podatkov in drugačen pristop.

## 5 ZAKLJUČEK

Obravnava prehodnosti obsevanja skozi atmosfero nas hitro popelje na različna področja naravoslovja in tehnike. Pri raziskovanju sem se predvsem naučil, da obravnava nekega pojava potegne za seboj nujno poznavanje različnih znanj in problematika raziskovanja postane izredno široka.. Brez modeliranja in računalnika kot orodja pri reševanju kompleksnejših problemov ne gre in zato je poznavanje programiranja izredno pomembno. Obravnava problema raziskovanja je postavljena v okvir mnogih predpostavk saj za podrobnejšo analizo hitro presežem okvir osnovne šole. Raziskovalna naloga mi predstavlja izziv in poglablja moje razmišljanje o naravi in okolju v katerem živimo. Potrebe in želje človeka, kako pridobiti zeleno energijo so omejene. Sonce je bilo in bo osnovni vir energije za človeka na Zemlji. Količina energije, ki jo pošilja na Zemljo je predstavljena in znana. Koliko energije bo pa prišlo skozi atmosfero na Zemljo je odvisno od našega ravnanja z atmosfero (problem onesnaženja) in koliko energije bomo sposobni »ujeti« pa predvsem od znanja in tehnologije.

## 6 VIRI

1. Arso vreme (b. d.). Pridobljeno 29. januarja 2018 s <http://vreme.arno.gov.si/napoved/Ljubljana/graf>
2. Dobro je vedeti (b. d.). Na Sol-navitas.si. Pridobljeno 15. februarja 2018 s <https://www.sol-navitas.si/dobro-je-vedeti/>
3. Cegnar, T. (2017 a). Podnebne spremembe v avgustu 2017. *Naše okolje*, XXIV (8), 3–24. Pridobljeno 2. februarja 2018 s <http://www.arno.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEenica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20Avgust%202017%20.pdf>
4. Cegnar, T. (2017 b). Podnebne spremembe v septembru 2017. *Naše okolje*, XXIV (9), 3–23. Pridobljeno 2. februarja 2018 s <http://www.arno.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEenica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2017.htm>
5. Cegnar, T. (2017 c). Podnebne spremembe v oktobru 2017. *Naše okolje*, XXIV (10), 3–24. Pridobljeno 2. februarja 2018 s <http://www.arno.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEenica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20Oktobre%202017.pdf>
6. Cegnar, T. (2017č). Podnebne spremembe v novembру 2017. *Naše okolje*, XXIV (11), 3–24. Pridobljeno 2. februarja 2018 s <http://www.arno.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEenica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20November%202017.pdf>
7. Cegnar, T. (2017 d). Podnebne spremembe v decembru 2017. *Naše okolje*, XXIV (12), 3–27. Pridobljeno 2. februarja 2018 s <http://www.arno.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEenica/mese%C4%8Dni%20bilten/NASE%20OKOLJE%20-%20December%202017.pdf>
8. Evropski parlament, Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES (UL L 140, 5. 6. 2009). Pridobljeno 10. februarja 2018 s [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2009.140.01.0016.01.SLV&toc=OJ:L:2009:140:TOC](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2009.140.01.0016.01.SLV&toc=OJ:L:2009:140:TOC)
9. Eurostat: Yourkey to Europeanstatistics (28. 3. 2017). *Energyconsumptionandusebyhouseholds*. Pridobljeno 16. februarja 2018 s <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20170328-1?inheritRedirect=true&redirect=%2Feurostat%2F>
10. Fraile, D., Latour, M., El Gammal, A., Annett, M. in Nemac, F. (b. d.). *Sončne elektrarne. Energija, ki nam jo nudi Sonce*. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike d. o. o. Pridobljeno 15. februarja 2018 s <http://www.ape.si/publikacije/brosura-soncne-elektrarne.pdf>
11. Godec, G., Glažar, S. in Grubelnik, L. (2015). *Naravoslovje 6: i-učbenik za naravoslovje v 6. razredu osnovne šole*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo. Pridobljeno 12. februarja 2018 s <http://eucbeniki.sio.si/nar6/3345/index.html>
12. Kastelec, D., Rakovec, J. in Zakšek, K. (2007). *Sončna energija v Sloveniji*. Ljubljana: ZRC SAZU.
13. Kladnik, R. (1983). *Fizika za tehniške usmeritve*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
14. Koprivnikar, M. in Đurasovič, T. (2010). *Tehnologije obnovljivih virov energije in vplivi na okolje. Učbenik (elektronski vir)*. Maribor: Biotehniška šola. Pridobljeno 14. februarja 2018

S

[http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva\\_ESS/Biot\\_ehniska\\_podrocja\\_\\_sole\\_za\\_zivljenje\\_in\\_razvoj/BT PODROCJA\\_62NARAVOVARSTVO\\_Teh\\_nologije\\_Durasovic.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva_ESS/Biot_ehniska_podrocja__sole_za_zivljenje_in_razvoj/BT PODROCJA_62NARAVOVARSTVO_Teh_nologije_Durasovic.pdf)

15. Kazalci okolja v Sloveniji: Obnovljivi viri energije (26. 11. 2014). Pridobljeno 14. februarja 2018 s [http://kazalci.ars.si/?data=indicator&ind\\_id=643](http://kazalci.ars.si/?data=indicator&ind_id=643)
16. Mikro sončne elektrarne (b. d.). Pridobljeno 15. februarja 2018 s <https://www.ekosklad.si/fizicne-osebe/nameni/prikazi/actionID=177>
17. Modeliranje obsevanja (b. d.). *PV portal: Slovenski portal za fotovoltaiko*. Pridobljeno 15. februarja 2018 s <http://pv.fe.uni-lj.si/ModelObsevanja.aspx>
18. Portal o astronavtiki in astronomiji (b. d.). Pridobljeno 20. februarja 2018 s <https://vesolje.net/planetarij/>
19. Pot Sonca in igranje s koti za sončno odzivno oblikovanje pri PH (22. 2. 2017). Pridobljeno 12. februarja 2018 s <https://www.instalater.si/prispevek/440/pot-sonca-in-igranje-s-koti-za-soncno-odzivno-oblikovanje-pri-ph>
20. Renewableenergyprogressreport (16. 6. 2015). Pridobljeno 14. februarja 2018 s [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-5181\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-5181_en.htm)
21. Spekter elektromagnetnega valovanja (b. d.). Pridobljeno 12. februarja 2018, s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Spekter\\_elektromagnetnega\\_valovanja](https://sl.wikipedia.org/wiki/Spekter_elektromagnetnega_valovanja)
22. Statistični urad Republike Slovenije (10. 10. 2017). *V 2016 je količina energije za končno rabo znašala 206.000 TJ, od tega 23 % za rabo v gospodinjstvih*. Pridobljeno 16. februarja 2018 s <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/7001>
23. Vzhod in zahod Sonca ter Lune, dolžina dneva, navtični mrak za leto (1. 3. 2017). Pridobljeno 16. februarja 2018 s <https://www.observatorij.org/Efemeride/sonce17.html>
24. Žalar, Z. (2016). *Obnovljivi viri energije: Učbenik za srednje strokovne in poklicne šole*. Ljubljana: BookStore.si.
25. Slemenik Ž., Serušnik M. (2020), raziskovalna naloga
26. Vzhod in zahod Sonca. Pridobljeno marec 2022 s <https://www.observatorij.org/Efemeride/sonce22.html>
27. Diagrami temperature, obsevanja. Pridobljeno marec 2022 s [www.ars.si](http://www.ars.si)