

# SOLARNI PRIJENOSNI HLADNJAK

---

**Bibković, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:198809>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# SOLARNI PRIJENOSNI HLADNJAK

---

**Bibković, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:198809>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

Ivan Bibković

# **SOLARNI PRIJENOSNI HLADNJAK**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2021.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE

Ivan Bibković

# **SOLARNI PRIJENOSNI HLADNJAK**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić mag.ing.el.

KARLOVAC, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering  
Professional study of Mechatronics

Ivan Bibković

# **SOLAR PORTABLE COOLER**

FINAL PAPER

KARLOVAC, 2021.

## IZJAVA

Izjavljujem da sam svoj rad izradio samostalno pomoću stečenog znanja tijekom studija, stručne literature i interneta, te naravno uz pomoć mentora Filipa Žugčića.

Karlovac, 2021.

Ivan Bibković

---

## SAŽETAK

Tema ovoga završnog rada je osmišljavanje i projektiranje projekta temeljenog na ideji hlađenja pomoću peltier-ovog elementa, koji se napaja pomoću solarnih ploča. Kroz rad se želi utvrditi je li to izvedivo, s obzirom na odnos površina hladnjaka i solarnih ploča koje su potrebne za stvaranje količine električne energije koja je potrebna biti veća ili jednaka zbroju svih gubitaka i snazi peltier-ovog elementa. Rad je podijeljen u tri cjeline: uvod, teorijski dio i praktični dio. Kroz svaku cjelinu se opisuju pojedine faze rada. Uvod daje uvid u osnove glavnih elementa koji su korišteni i koje je potrebno poznavati radi daljnjeg spajanja. U teorijskom dijelu se razrađuje sama tema rada i točno se utvrđuju traženi uvjeti prijenosnog hladnjaka ovisno o količini energije. Kroz praktični dio je opisan postupak izrade i spajanje instalacija, te se odabiru elementi koji su dostupni i odgovaraju traženim karakteristikama. Također se u praktičnom dijelu vrši ispitivanje u realnim uvjetima. Zaključak nam govori o rezultatima koje smo dobili pokusom i uspoređuje ga sa teorijskim rezultatima.

Ključne riječi: Solarni prijenosni hladnjak, Peltier element, solarni paneli, termo električni hladnjak

## **SUMMARY**

The topic of this final paper is the design and engineering of a project based on the idea of cooling using a peltier element, which is powered by solar panels. The paper seeks to determine whether this is feasible, given the ratio of the areas of refrigerators and solar panels required to generate the amount of electricity required to be greater than or equal to the sum of all losses and the power of the peltier element. The paper is divided into three parts: introduction, theoretical part and practical part. Individual phases of work are described through each unit. The introduction gives an insight into the basics of the main elements that were used and that need to be known in order to further connect. In the theoretical part, the topic of the paper is elaborated and the required conditions of the portable cooler are precisely determined depending on the amount of energy. Through the practical part, the process of making and connecting installations is described, and the elements that are available and correspond to the required characteristics are selected. In the practical part, testing in real conditions is also performed. The conclusion tells us about the results obtained by the experiment and compares it with the theoretical results.

Keywords: Solar portable cooler, Peltier element, solar panels, thermoelectric cooler



## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Shematski prikaz peltier-ovog efekta

Slika 2. Prikaz rasporeda P N spoja u elementu

Slika 3. Shematski prikaz PN solarnih ćelija

Slika 4. Solarni članak izrađen od pločice monokristalnog silicija

Slika 5. Solarni paneli

Slika 6. Prikaz TEC-a dimenzija 40\*40\*3,3mm

Slika 7. Prikaz prijenosnog hladnjaka

Slika 8. Unutrašnjost kutije sa izolacijom od stiropora

Slika 9. Prednja strana prijenosnog hladnjaka

Slika 10. Shema spajanja

Slika 11. Instalacije

Slika 12. Regulator napona 7805 na aluminijskom hladnjaku

Slika 13. Raspored solarnih panela

Slika 14. Stakleni osigurač

Slika 15. Baterija

Slika 16. Odabrani TEC

Slika 17. Ventilator na aluminijskom hladnjaku

Slika 18. TEC unutar poklopca

Slika 19. Zvučnik sa instalacijom

Slika 20. Prikaz temperature

Slika 21. Struja na TEC-u

Slika 22. Graf karakteristike TEC1-12706

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Podaci o prijenosnim hladnjacima

Tablica 2. Komponente

Tablica 3. Karakteristike TEC-a

Tablica 4. Prikaz temperatura

## **POPIS FORMULA**

Formula 1. Proračun zapremnine

Formula 2.1. Proračun potrebne površine za monokristalne članke

Formula 2.2. Proračun potrebne površine za polikristalne članke

Formula 2.3. Proračun potrebne površine za GaS članke

Formula 3. Proračun snage

Formula 4.1. Proračun ukupne struje solarnih panela

Formula 4.2. Proračun ukupne struje komponenti za hlađenje

Formula 5. Proračun energije baterije

Formula 6. Proračun temperaturne razlike

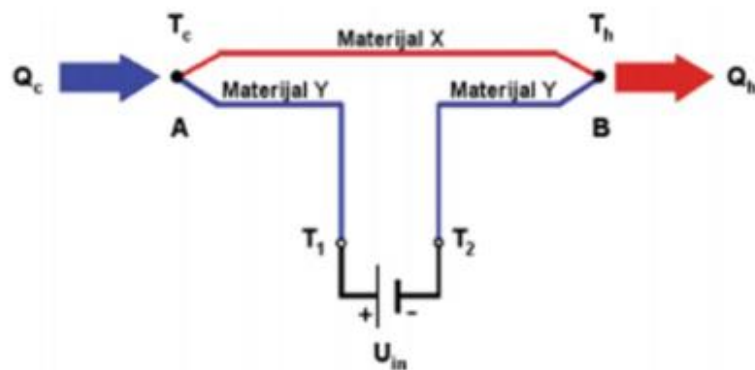
# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Način rada Peltier-ov elementa .....	1
1.2. Način rada Solarnih panela .....	2
2. PRORAČUNI POTREBNIH KARAKTERISTIKA <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.1. Potrebna snaga hlađenja .....	5
2.2. Proračun zapremnine .....	7
2.3. Potrebna snaga solarnog panela .....	7
2.4. Zaključak teorije .....	8
3. POSTUPAK IZRADE .....	9
3.1. Izrada kutije potrebnih dimenzija .....	9
3.2. Dijelovi .....	10
3.3. Shema spajanja .....	11
3.4. Raspored solarnih panela .....	12
3.5. Odabir osigurača .....	14
3.6. Odabir baterije .....	14
3.7. Odabir Peltier-ovog elementa .....	15
3.8. Odabir ventilatora .....	16
3.9. Zvučnik .....	18
4. REZULTATI ISPITIVANJA U REALNIM UVJETIMA .....	19
5. ZAKLJUČAK .....	22
6. LITERATURA .....	23

# 1. UVOD

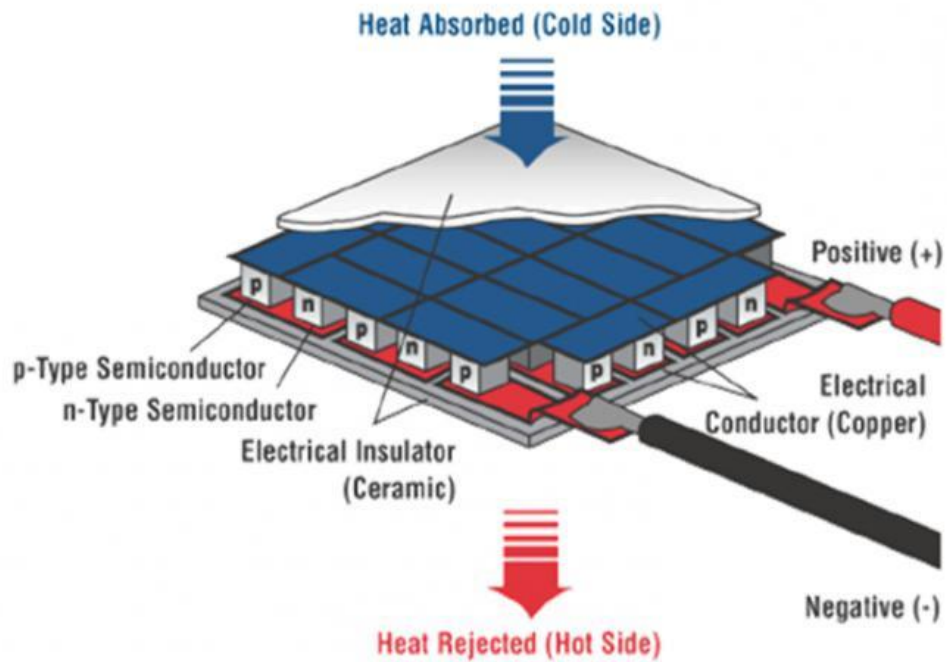
## 1.1. Način rada Peltier-ov elementa

Peltier-ov efekt opisao je francuski fizičar Jean Peltier. To je pojava koja se javlja na spojištima dvaju materijala protjecanjem struje, koji su spojeni u zatvorenu petlju. Spojništ će iz okoline dati ili primiti toplinu. Smjer struje definira se ovisno koje će spojništ imati manju temperaturu, dok je jakost struje definirana razlikom temperatura.[1]



Slika 1. Shematski prikaz peltier-ovog efekta [1]

Peltier-ov element još TEC-Thermoelectric cooling ili TEG-Thermoelectric generator je termo električni uređaj sa poluvodičkim elementima koji se koristi za grijanje ili rashlađivanje. Radi na principu Peltier-ovog efekta stvaranjem razlika temperatura na dvjema stranama. Efekt pokazuje da se stvara temperaturna razlika između krajeva, kada se koriste materijali sa karakteristikama P-N spoja. Proizvedeni su od dva tanka sloja keramike između kojih se koriste poluvodički materijali, najčešće je to bizmunt-telurid poluvodički element. Keramika služi kao izolator te da stvori krutost elementu.[1]



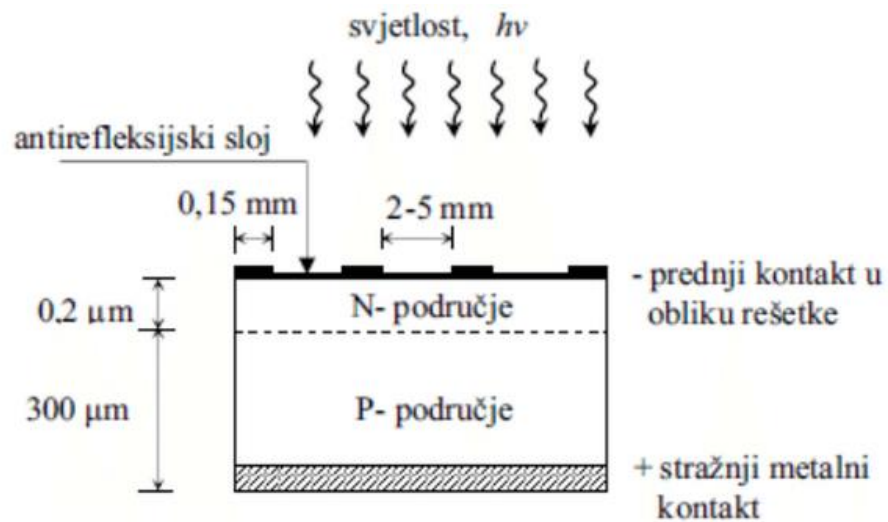
Slika 2. Prikaz rasporeda P N spoja u elementu [2]

## 1.2. Način rada Solarnih panela

Sunce konstantno zrači svjetlost na zemlju koja iznosi 174 PW [3], kada dođe do atmosfere gubi energiju na određena reflektiranja i apsorpcija od atmosfere, dalje nailazi na smetnje oblaka, prašine, nečistoće zraka te se tu energija dodatno gubi. Slijedi da se oko polovice zračenja gubi, dok ostalih približno 89 PW [3] se raspoređuje na zemlju i oceane. Dakle dolazimo do zaključka da je prosječno zračenje na zemlju oko  $300 \text{ W/m}^2$  [3] odnosno  $3.5 - 7 \text{ kWh/m}^2$  po danu. Dakle energiju je potrebno samo nekako prikupiti, a za to koristimo foto naponski učinak.

Fotoelektrični efekt ili foto efekt je fizikalna pojava koja pod djelovanjem elektromagnetskog zračenja male valne dužine dolazi do oslobađanja elektrona iz obasjanog materijala. Kada se pojavi veća valna dužina od granične ne dolazi do oslobađanja elektrona.[1]

Foto naponska pretvorba je pretvorba solarne energije u električnu energiju.



Slika 3. Shematski prikaz PN solarnih ćelija [4]

Dakle kada se solarna ćelija osvjetli javlja se foto efekt koji stvara razliku potencijala na krajevima. Tako se solarna ćelija ponaša kao PN dioda i propušta struju samo u jednom smjeru. Kada se PN spoj osvjetli, apsorbirani fotoni proizvode parova elektrona i šupljina. Ako apsorpcija nastane daleko od PN spoja dolazi do rekombinacije, no ako se apsorpcija odvija unutar ili blizu PN sloja javlja se električno polje koje se nalazi u osiromašenom području, odvaja elektrone i šupljine. Elektroni se skupljaju na N strani i tako čine negativni pol, a šupljine na P strani koje čine pozitivni pol. Kod silicijskih solarnih ćelija na površini postoji tanki film primjese npr. fosfora, koji tvori sloj N tipa dok je podloga od silicija koja tvori sloj P tipa. Da bi se skupili naboji nastali apsorpcijom fotona iz sunca, na prednju stranu se stavljaju metalne rešetke koje ne prekrivaju više od 5%, kako ne bi smanjile prodor zračenja fotona.[1]

Solarni članci mogu biti izrađene od različitih vrsta materija kako bih se povećala učinkovitost, te tako daju različite karakteristike koje utječu na njihovu izradu i cijenu.



Slika 4. Solarni članak izrađen od pločice monokristalnog silicija [5]

- Monokristalnog Si članci korisnosti ~ 14% [7]
- Polikristalni Si članci korisnosti ~ 13% [7]
- Amorfni Si članci korisnosti ~ 5% [7]
- Galij arsenidni (GaAs) članci korisnosti ~ 30% [7]
- Kadmij telurisjki (CdTe) članci korisnosti~ 16% [7]

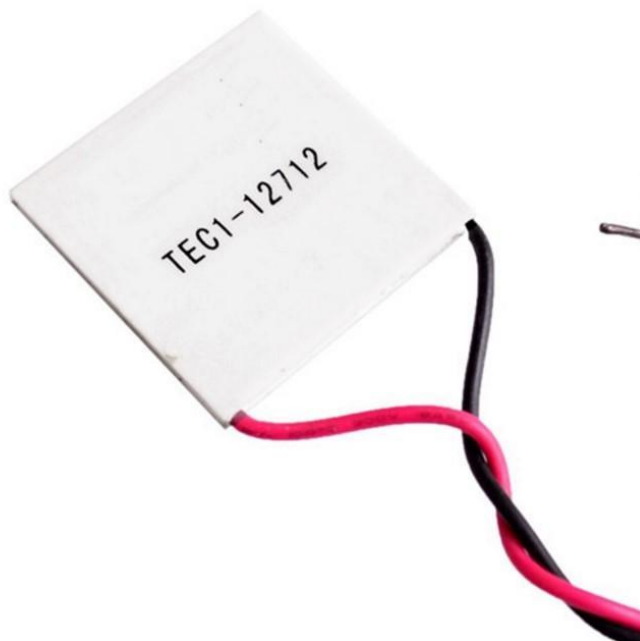


Slika 5. Solarni paneli [7]



## 2. PRORAČUNI POTREBNIH KARAKTERISTIKA

Mora se izračunati potrebnu snagu solarnih panela tako da ta snaga zadovoljava snagu TEC-a. Potreban je odnos snaga potrošnje i proizvodnje minimalno jednak ili veći što je poželjno da se ostvari.



Slika 6. Prikaz TEC-a dimenzija 40\*40\*3,3mm [8]

### 2.1. Potrebna snaga hlađenja

Snaga TEC-a će se odabrati iz gotovih prijenosnih hladnjaka koje se može kupiti. Nećemo raditi detaljne proračune potrebne snage te u kojem vremenu bi ohladilo zapreminu hladnjaka, zato što to nije tema završnog rada. Radi jednostavnosti u tablici su izvučeni podaci koji su nam potrebni.

Tablica 1. Podaci o prijenosnim hladnjacima [9]

Model	Zapremnina	Napon	Snaga
-------	------------	-------	-------

vidaXL 51198	24 L	12V	48W
vidaXL 51199	45 L	12V	48W
Sencor SCM 2224BL	24 L	12V	60W
First Austria	24 L	12V	58W

Iz Tablice 1. vidljivo je da je napon konstantan 12V, što je standardni i najučinkovitije zato što nije potrebna daljnja pretvorba. Naime snaga varira od 48W do 60W, dok je zapremnina od 24 L najčešća. Iz toga slijedi da nam je potrebna snaga TEC-a od 40W do 60W, te su u toj snazi uključena dva manja ventilatora o kojima će biti riječi kasnije.



Slika 7. Prikaz prijenosnog hladnjaka [10]

## 2.2. Proračun zapremnine

Potrebna površina je odnos litara i snage solarnih panela. Zbog veće učinkovitosti i kuta svjetlosti predviđeno je da se solarni panel postavi na poklopac hladnjaka, ali može i na boče strane. Površina će se izračunati s obzirom na zapremninu od 24 litre koja je odabrana, te naravno da spremnik bude pogodnih dimenzija. Prosječna dimenzija boca iznosi 24 cm visine i 7 cm promjera.

Unutarnja visina se određuje na 30 cm zbog visina boca od pola litre i visine aluminijskog hladnjaka te ventilatora.

$$18 * 32 * 30 = 17280 \text{ cm}^3 \quad (1.)$$

iz jednadžbe slijedi da je odabrana dimenzija 18 cm širine, 32 cm duljine i 30 cm dubine, što odgovara zapremnini od 17,2L.

Slijedi da je zapremnina manja od 24L što znači da se može uzeti u obzir i slabiji TEC

## 2.3. Potrebna snaga solarnog panela

Odabrati ćemo ćelije s najvećom korisnosti

Monokristalni Si članci 140 W/m<sup>2</sup>

Polikristalni Si članci 130 W/m<sup>2</sup>

Galij arsenidni (GaAs) članci 300 W/m<sup>2</sup>

Monokristalni i polikristalni članci su dostupni na tržištu za prodaju tako da ćemo se orijentirati na ta dva tipa, ali ćemo spomenuti i GaAs koje se koriste isključivo u svemirskoj industriji te ih stoga nema u prodaji.

$$\frac{60W}{140W/m^2} = 0,42 \text{ m}^2 \quad (2.1.)$$

potrebna površina za snagu od 60 W pri odabiru monokristalnih Si članova

$$\frac{60W}{130W/m^2} = 0,46 \text{ m}^2 \quad (2.2.)$$

potrebna površina za snagu od 60 W pri odabiru polikristalnih Si članova

$$\frac{60W}{300W/m^2} = 0,2 m^2 \quad (2.3.)$$

potrebna površina za snagu od 60 W pri odabiru GaAs članova

Iz proračuna je vidljivo da bi učinkovito bilo odabrati GaAs panel, ali se zbog dostupnosti odabire polikristalni silicijski panel. Dobivena površina iznosi 0,46 m<sup>2</sup> koja se treba rasporediti po kutiji hladnjaka.

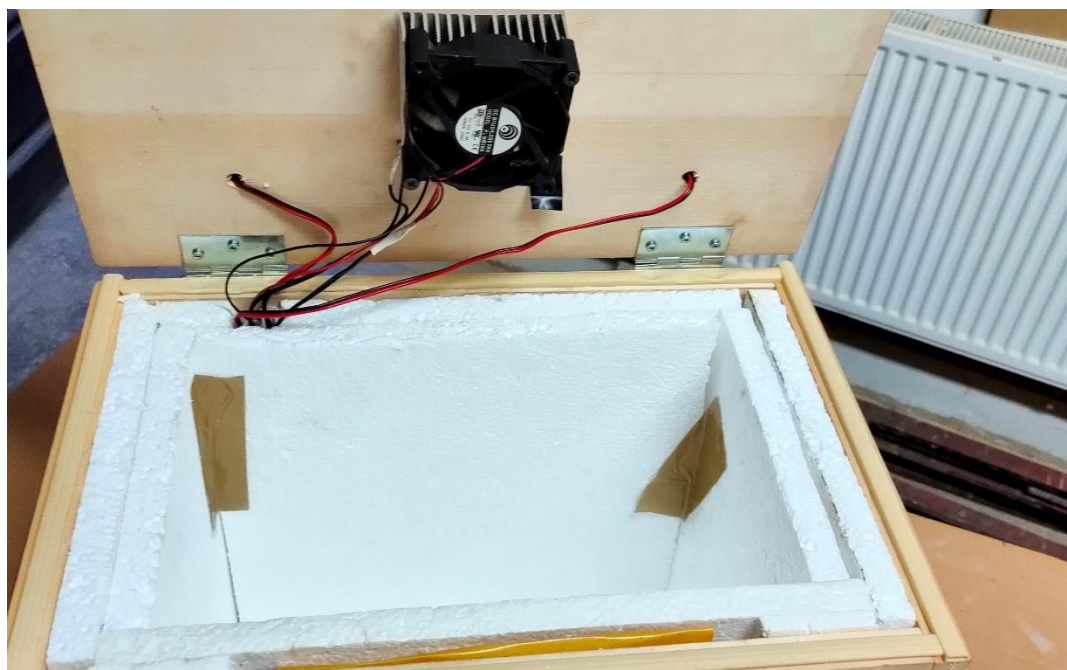
#### **2.4. Zaključak teorije**

Solarni prijenosni hladnjak moguće je ostvariti. Iz teorije je vidljivo da je relativno velika površina potrebna da se ohladi manja zapremnina. No postoji mogućnost da se postavi termostat koji postiže određenu temperaturu, ali i ujedno omogućava da TEC ne radi cijelo vrijeme. Kada dosegne određenu temperaturu se gasi te se tako stvara višak energije koji bi bio potreban skladištiti u baterijama. Sljedeće što je potrebno odabrati su elementi koji odgovaraju traženim specifikacijama.

### 3. POSTUPAK IZRADE

#### 3.1. Izrada kutije potrebnih dimenzija

Odabrana dimenzija kutije je 44 cm visine x 44 cm širine x 30 cm dužine, te je napravljeno duplo dno od 4 cm u kojemu je smještena baterija sa elektronikom. Kutija je zbog jednostavnosti oblikovanja izrađena od drveta. Unutar kutije postavljena je izolacija od stiropora debljine 4 cm. Na poklopcu hladnjaka napravljena je rupa za TEC, da bi povezali unutarnju i vanjsku stranu. S prednje strane je postavljena pločica na kojoj su tipke za podešavanje zvučnika i uključivanje TEC-a. Poklopac se zatvara sa kopčama koje se nalaze na prednjoj strani, te posjeduju mogućnost podešavanja. Između poklopca i kućišta postavljena je brtva.



Slika 8. Unutrašnjost kutije sa izolacijom od stiropora [11]



Slika 9. Prednja strana prijenosnog hladnjaka [11]

### 3.2. Dijelovi

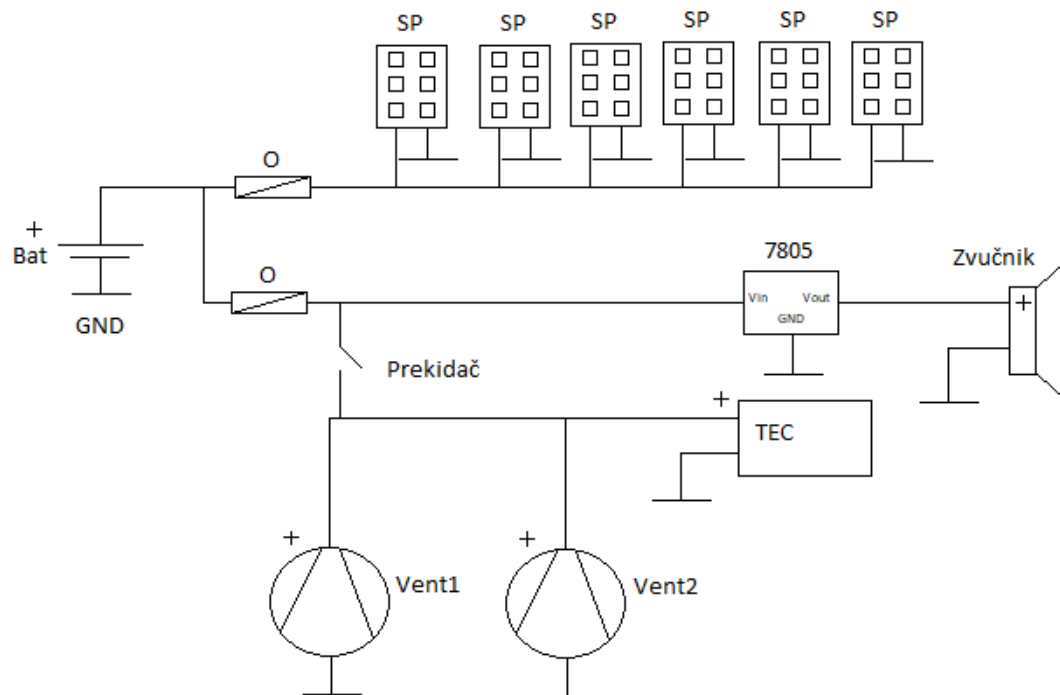
Za izradu su odabrani sljedeći elementi:

Tablica 2. Komponente [12]

Polikristalni solarni paneli	12V, 5.2W, dimenzije 165x210mm biti će korišteno 6 komada, naime cijena je oko 100kn/kom pa je odabrana manja količina
TEC1-12706	Spec. $Q_{max}=51W$ , $I_{max}=6A$ , $V_{max}=15.4V$ , cijena 80 kn
Regulator napona na 5V 7805	$V_{iz}=5V$ , $V_{ulaz}=7-25V$ , $I_o=5mA-1A$ , cijena 2kn
Osigurači	Ugradbeni sa kućištem $I_{max}=10A$ , cijena 7kn/kom, 2 komada
Baterija 12V	Pb baterija, 12V, 7.2Ah, multipower, cijena 150kn
Zvučnik	Zvučnik sa radijom i Bluetoothom 5W, 5V koji je polovni pa je dodan radi praktičnosti
Ventilator 1	12V $I=0,3A$ , polovni

Ventilator 2	12V I=0,14A polovni
Te ostali pribor	

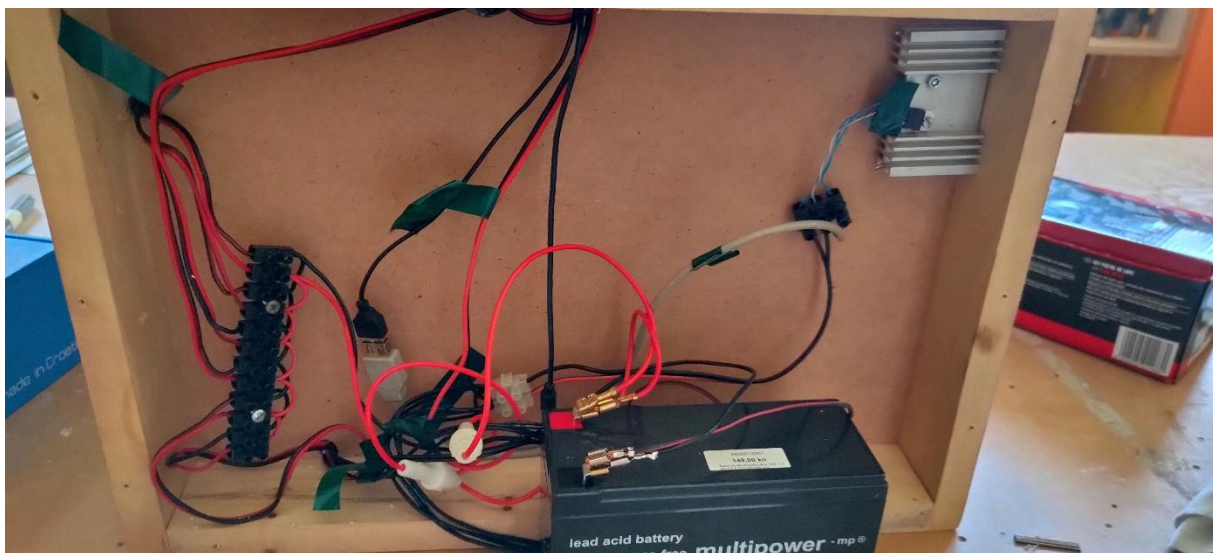
### 3.3. Shema spajanja



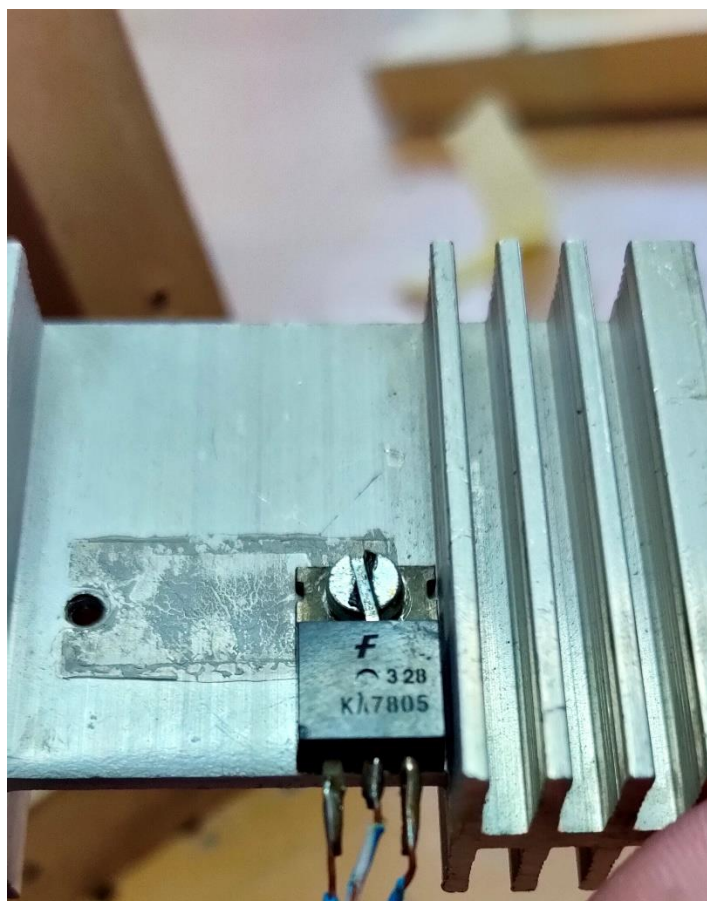
Slika 10. Shema spajanja [13]

Prikaz sheme na slici 10 odgovara načinu spajanja koje je potrebno izvršiti. Solarni paneli su spojeni paralelno na bateriju koja se puni te time i skladišti energiju. Dodana su dva osigurača od 10 A za zaštitu cijeloga sustava. Regulator napona 7805 je korišten iz razloga zato što zvučnik radi na 5V. Regulator je spojen na aluminijski hladnjak, zbog toga što se element grije pri radu pa ga je potrebno hladiti.





Slika 11. Instalacije [11]



Slika 12. Regulator napona 7805 na aluminijskom hladnjaku [11]

### 3.4. Raspored solarnih panela

Solarni paneli su razmješteni na tri strane kako prikazuje slika 13.





Slika 13. Raspored solarnih panela [11]

Da bi solarni paneli bili što korisniji potrebno ih je okrenuti tako da je lijevi gornji prednji rub okrenut prema suncu. Te time najbolje osvjetljava kutiju i daje potrebnu snagu. Naime gore navedena snaga koja je potrebna za održivost cijelog sustava panela je manja zbog toga što je cijena solarnih panela relativno skupa, ali za provjeru principa rada te kao pilot projekt je dovoljno. Snaga solarnih panela je 5.2W po panelu, slijedi da je ukupna snaga jednaka:

$$5.2W * 6 \text{ kom} = 31.2 W \quad (3.)$$

Ta snaga je idealna tako da je osvjetljenje svake solarne ploče pod dobrim kutom. Znači da će snaga biti nešto manja, međutim postoje opcije koje se mogu dodatno ugraditi kao bi sustav s ovom snagom bio održiv. Moguće opcije su da se TEC uključuje određeni dio vremena kada postigne traženu temperaturu, te razni drugi slučajevi.

### 3.5. Odabir osigurača

Odabir osigurača za zaštitu solarnih panel. Iz specifikacija je vidljivo da je maksimalna radna struja  $I_{Max} = 0.860A$ . Slijedi da je ukupna struja

$$I_{Max UK} = 6 * 0.860 = 5,16A \quad (4.1.)$$

odabran je osigurač od 10A koje je veći od maksimalne struje.

Odabir osigurača za hlađenje i zvučnik.

Iz specifikacija je vidljivo da je  $I_{max} = 6A$  za TEC, dok je za ventilatore 1  $I = 0.3A$ , i ventilator 2  $I = 0.14A$ . Ukupna struja je zbroj pojedinih.

$$I_{Uk} = 6 + 0.3 + 0.14 = 6.44A \quad (4.2.)$$

Dobivena struja je radna struja, ali kada je riječ o ventilatoru dolazi do blagog porasta struje pri uključivanju te se tako odabire osigurač od 10A. Na taj osigurač je spojen dodatno zvučnik kojemu je struja približno 0.5A pa se također spaja na osigurač. Odabrana su dva staklena osigurača od 10A sa kućištem.



Slika 14. Stakleni osigurač [14]

### 3.6. Odabir baterije

Baterija koja se koristi je Pb baterija 12V 7,2Ah koja je dovoljna za rad sustava nekoliko sati.

$$E = 12 * 7,2 = 86,4Wh \quad (5.)$$

baterija ima dovoljno snage da održi sustav bez punjenja približno 1.5h. Naime odabrana je baterija korištena iz razloga zato što nije potrebna dodatna elektronika za punjenje, baterija se puni kada je napon veći od 12 V što je sigurno veći kada Sunce obasjava solarne panele. Također baterija je odgovarajućih dimenzija, te ju je moguće postaviti u dno ispod hlađenog prostora. Moguće je korištenje i Liti ionske baterije koje su učinkovitije i znatno lakše, ali je potrebna dodatna elektronika za punjenje te bi to znatno povisilo budžet.



Slika 15. Baterija [11]

### 3.7. Odabir Peltier-ovog elementa

Peltier-ov element koji je korišten je TEC1-12706 koji svojim karakteristikama odgovara traženim potrebama.

Tablica 3. Karakteristike TEC-a [15]

PRODUCT SPEC.	DATA
Temp. of Hot Surface(°C)	30
$\Delta T_{max}(^{\circ}C)$	$\geq 65$
$Q_{max}$ (W)	$\geq 51$
$I_{max}$ (A)	6
$V_{max}$ (VDC)	15,4

Odabran je iz razloga zato što tražena snaga odgovara traženim uvjetima. Također radi na naponu od 12V koje neće prelaziti maksimalni napon 15.4V, koji je dan u karakteristikama TEC-a. Kako je radni napon 12V nije potrebna dodatna pretvorba napona te samim time nema dodatnih gubitaka, te povećava učinkovitost sustava. TEC se spaja tako da crveni kabel označava plus pol, dok je crno masa. Kada se TEC postavi kao na slici 16, tako da je crvena kabel na desnoj strani, gornja strana čini hladni dio TEC-a.

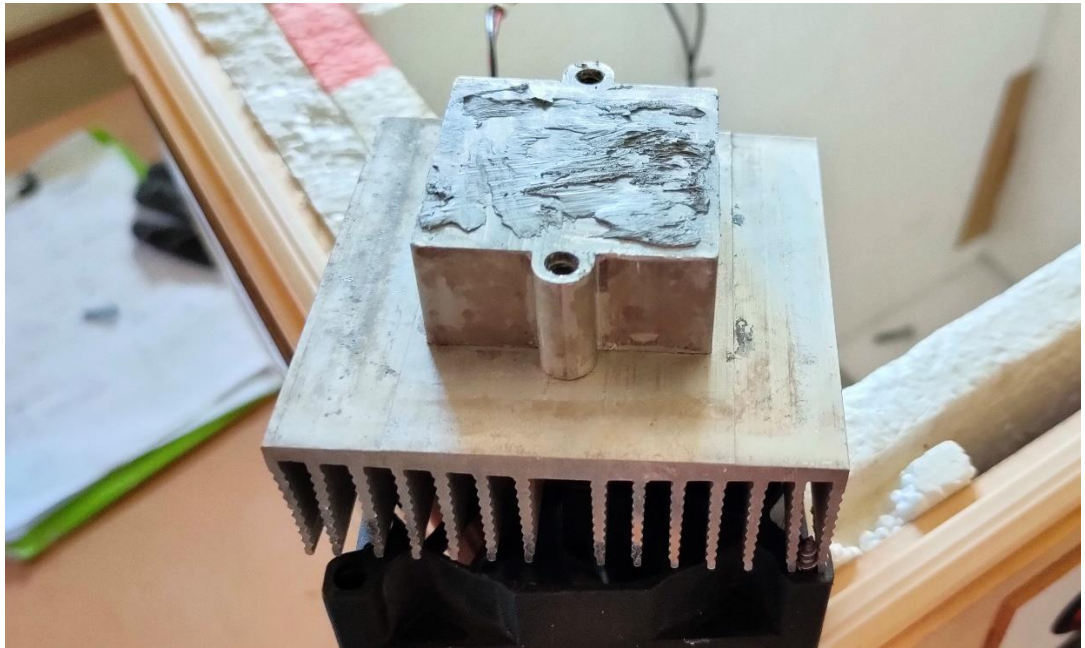


Slika 16. Odabrani TEC [11]

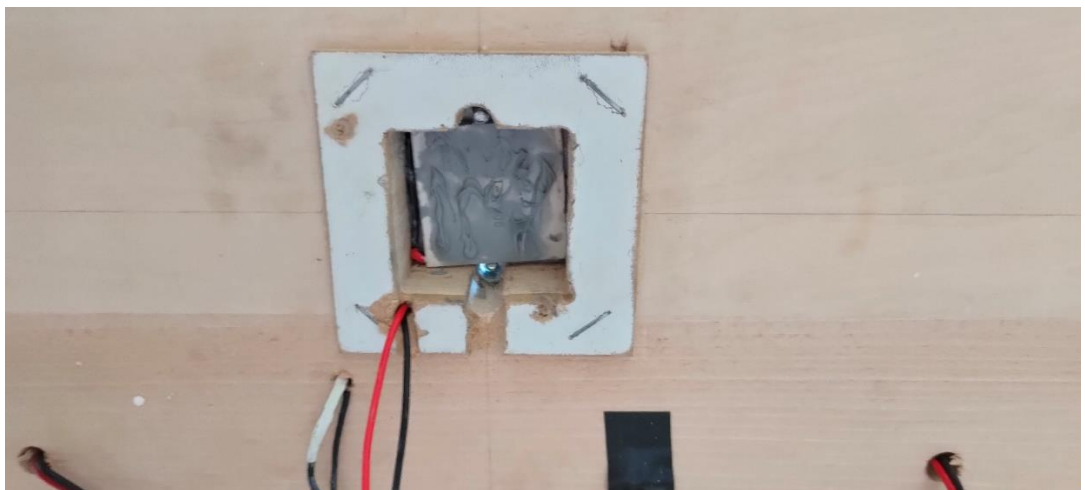
### 3.8. Odabir ventilatora

Ventilatori koji su korišteni su polovni, ali odgovaraju uvjetima i traženim dimenzijama. Svrha ventilatora je da strujanjem zraka smanjuje zagrijavanje odnosno hlađenje aluminijskog hladnjaka koji je montiran na TEC sa obje strane. Veći ventilator je stavljen na vanjsku stranu iz razloga što je potrebno odvesti veću toplinu sa TEC-a koja se prenosi na aluminijski hladnjak. Što se više odvede topline sa tople strane TEC-a stvara se niža temperatura na hladnoj strani TEC-a, što je rezultat razlika temperatura koju TEC može ostvariti. Dok je manji ventilator stavljen na hladnu stranu TEC-a zbog suprotnog efekta. Slika 17 prikazuje aluminijski hladnjak na kojem je montiran ventilator, dok je sa suprotne strane montiran aluminijski dio koji služi za razmak koji je nastao od debljine

poklopca. Svaka sastavna površina je premazana termalnom pastom radi boljega prijenosa topline.



Slika 17. Ventilator na aluminijskom hladnjaku [11]

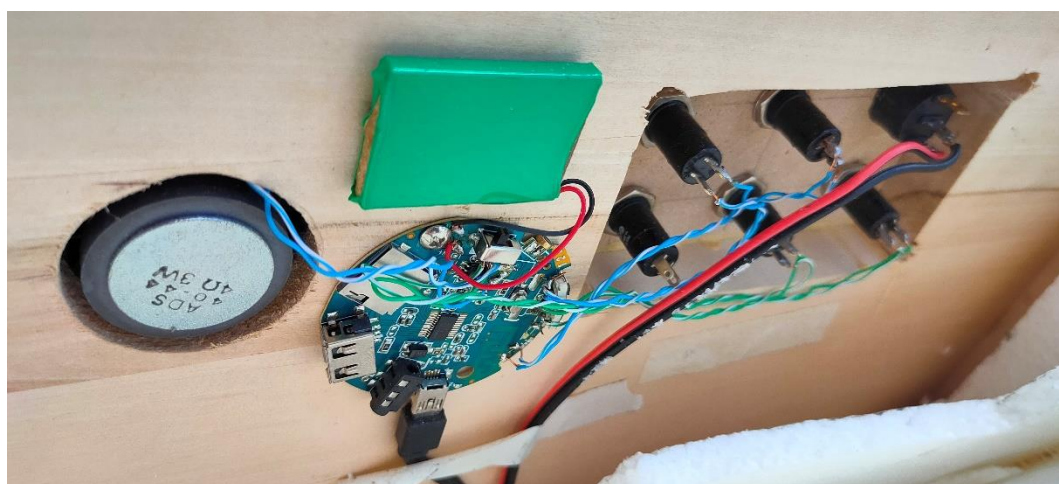


Slika 18. TEC unutar poklopca [11]



### 3.9. Zvučnik

Zvučnik je dodan radi praktične primjene i boljeg iskorištenja potencijala koji nudi ovaj projekt. Zvučnik ima dvije funkcije može raditi kao radio te kao Bluetooth zvučnik. Rastavljen je iz svog originalnog kućišta te tako zauzima manji prostor. Tipke su paralelno izvučene na tipkala koja su na prednjoj strani kutije, te tako može nesmetano raditi. Napajanje ide preko USB konektora na regulator napona 7805 koji regulira izlazni napon od 5V, koji je potreban za napajanje.



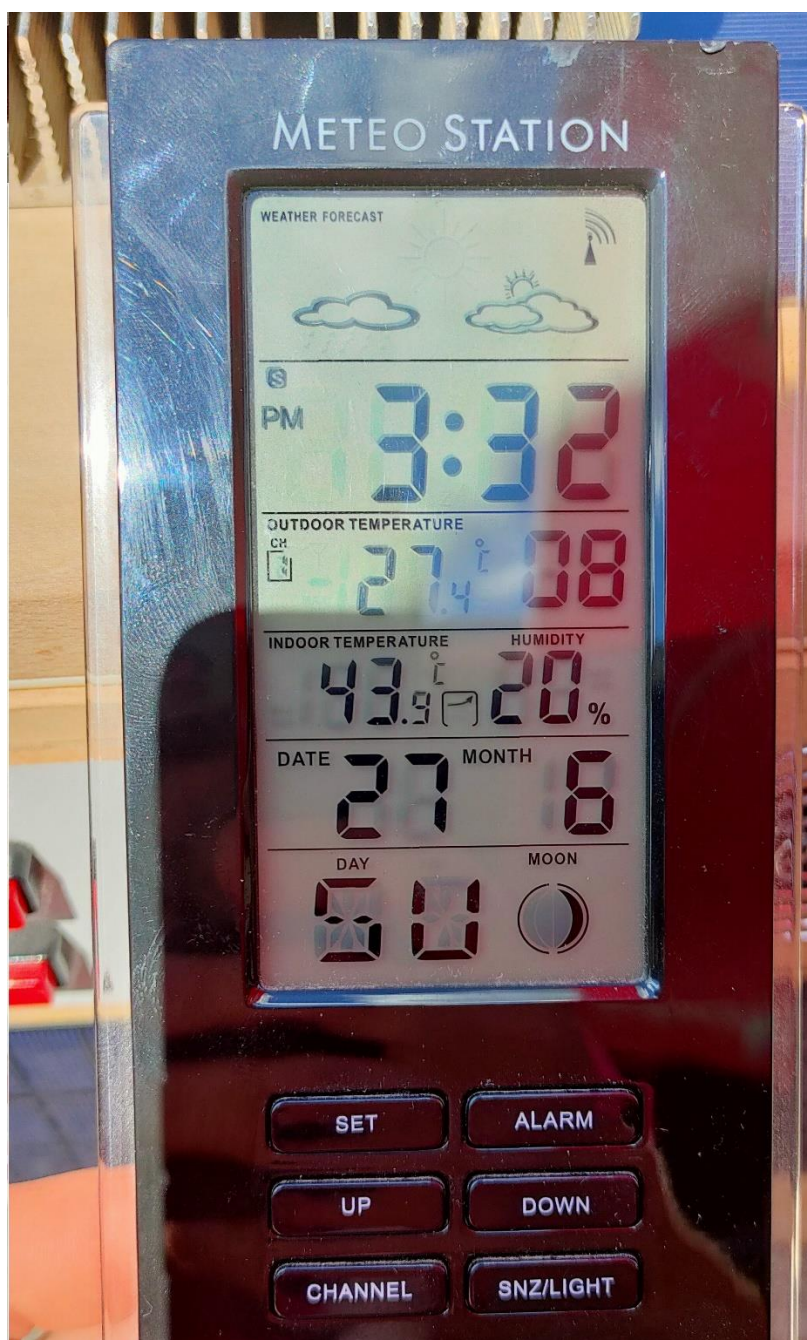
Slika 19. Zvučnik sa instalacijom [11]

#### 4. REZULTATI ISPITIVANJA U REALNIM UVJETIMA

Rezultati ispitivanja dani su u tablici 4. za vrijeme mjerenja od 2h.

Tablica 4. Prikaz temperatura [16]

Temp. vanjska	Temp. unutarnja
43.9°C	27.4°C



Slika 20. Prikaz temperature [11]

Sa slike 20. su izvučeni podaci u tablicu 4. koji govore da prostor koji se nalazi unutar nije dovoljno hladan da bi se ohladilo piće u spremniku. Naime postoji razlika temperatura koja je jednaka.

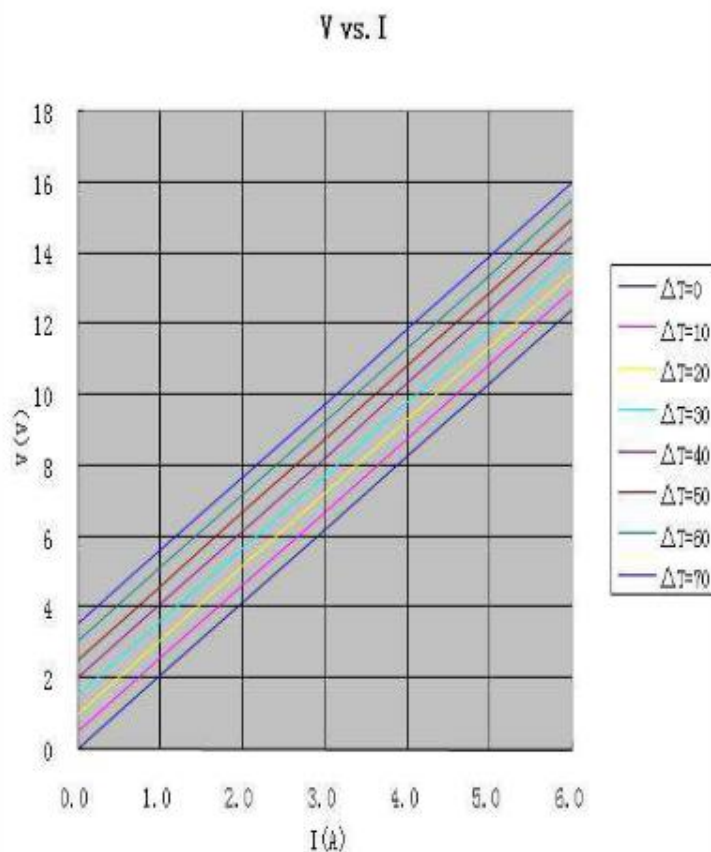
$$\Delta t = t_{vanjska} - t_{unutarnja} = 43.9 - 27.4 = 16.5 \text{ }^{\circ}\text{C}. (6.)$$

Rezultati ispitivanja su dobiveni nakon 120 minuta koje je hladnjak proveo na suncu. Daljnjim mjerenjem temperatura je ostala konstantna.



Slika 21. Struja na TEC-u [11]





Slika 22. Graf karakteristike TEC1-12706 [15]

Slika 21. prikazuje struju na TEC-u vrijednosti 2.66A. Iz grafa karakteristike vidljivo je da s obzirom na odnos temperaturne razlike i struje dobivena karakteristika odgovara žutoj krivulji. Te se očitava da je napon na TEC-u 7V. Napon koji je dobiven odgovara naponu na TEC-u, zbog toga što je došlo do gubitaka u samim vodovima i opterećenja baterije, što rezultira padom napona. Da bi ostvarili napon od 12V na TEC-u potrebno je provući direktan vod na bateriju. Međutim ispitana je i ta solucija no i dalje nema značajnih rezultata. Ova snaga TEC-a daje konstantnu unutarnju temperaturu, da bi hladnjak hladio potrebno je odabrati znatno snažniji TEC, no time se mijenjaju ostale karakteristike.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati ovoga istraživanja polovično su uspjeli. Naime zbog loše efikasnosti peltier-ovog elementa nije moguće dobiti tražene rezultate u realnim uvjetima. Da bi se ostvarili pozitivni rezultati potrebno je odabrati peltierov element koji je snažniji, te koji može ostvariti puno veću temperaturnu razliku, te se tako može upotrijebiti. Glavni problem nisu solarni paneli već peltierov element, kod solarnih panela trenutno postoji bolja tehnologija koja dalje veću korisnost. Postoje razne kombinacije kojima se može sa manjom snagom ostvariti isti učinak kao kod ovoga projekta. Projekt ima dobru podlogu za daljnje istraživanje i napredak koji je potreban da bi se ostvario efekt hlađenja. Jedan od potencijala i mogućnosti koje nudi ovaj hladnjak je da se može nadograđivati na osnovnu verziju. Zvučnik koji je dodan čini samo jednu od potencijala koje su moguće na hladnjaku. Ovaj projekt je s obzirom na cijenu i rezultat nepovoljan, ali nije neuspjeh već su potrebna dodatna istraživanja koja će biti pozitivna. Trenutni rezultat je da hladnjak drži ostvarenu temperaturnu razliku konstantnom. Iako nije znatno niska temperatura, koja se zahtijeva od hladnjaka, ali je konstantna nakon 2h što je hladnjak proveo na suncu. Vanjska temperatura je velika, ali nije došlo do zagrijavanja unutrašnjosti koja bi se dogodila s vremenom radi gubitaka kod izolacije. Konačni rezultat je da hladnjak ima sposobnost održavanja temperature unutar hladnjaka konstantnom.

## 6. LITERATURA

- [1.] Šejla Zukić: Izrada i baždarenje aparature za određivanje toplinskih svojstava materijala (Internet izvor) <https://core.ac.uk/download/pdf/197511798.pdf>
- [2.] Nilesh Totala Study and Fabrication of Thermoelectric Air Cooling and Heating System (Internet izvor) [https://www.researchgate.net/figure/A-Cutaway-of-Thermoelectric-Module-Cold-side-temperature-T-c-Hot-side-temperature\\_fig11\\_281446012](https://www.researchgate.net/figure/A-Cutaway-of-Thermoelectric-Module-Cold-side-temperature-T-c-Hot-side-temperature_fig11_281446012)
- [3.] (Internet izvor) [https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Deva\\_energija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Deva_energija)
- [4.] Antonia Tomas Stanković mag.ing. : Tehnologije solarnih ćelija (Internet izvor) [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Tehnologije\\_solarnih\\_celija\\_20170127\\_ATS%5b1%5d.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Tehnologije_solarnih_celija_20170127_ATS%5b1%5d.pdf)
- [5.] (Internet izvor) [https://hr.wikipedia.org/wiki/Solarni\\_%C4%8Dlanak#/media/Datoteka:Solar\\_cell.png](https://hr.wikipedia.org/wiki/Solarni_%C4%8Dlanak#/media/Datoteka:Solar_cell.png)
- [6.] (Internet izvor) [https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponska\\_plo%C4%8Da](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponska_plo%C4%8Da)
- [7.] SOLARNI PANELI (Internet izvor) <https://www.njuskalo.hr/elektronski-uredaji/solarni-paneli-akcija-20-240w-12-24v-oglas-11625254>
- [8.] TEC (Internet izvor) <https://www.joom.com/en/products/5ef322bfeebca00106a7c354>
- [9.] Podaci iz tablice: <https://www.nabava.net/prijenosni-hladnjaci>
- [10.] Rashladne kutije i frižideri - WEBSHOP (Internet izvor) <https://nevico.hr/shop/cijena/campingaz-prijenosni-hladnjak-24l-powerbox-12-230v>
- [11.] (Izvor autor) fotografirano 26.06.2021.
- [12.] (Izvor autor) odabir dostupnih komponenti
- [13.] (Izvor autor) shema spajanja pravljen po ideji autora
- [14.] 0302042-OSIGURAČ 0.8A 5X20MM BRZI STAKLENI (Internet izvor) <https://elektronika.hr/proizvod/osiguraci-stakleni-5x20mm-brzi/0302042-osigurac-0.8a-5x20mm-brzi-stakleni-872>
- [15.] PRODUCT SPECIFICATION OF THERMOELECTRIC COOLING MODULE (Internet izvor) <https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/C800/TECB1.pdf>
- [16.] (Izvor autor) podaci dobiveni mjerenjem