

# Analiza učinkovitosti solarnih panela na primjeru kuće za odmor

---

**Pauković, Natali**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:923692>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI

**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**ANALIZA UČINKOVITOSTI SOLARNIH PANELA NA  
PRIMJERU KUĆE ZA ODMOR**

Rijeka, rujan 2022.

Natali Pauković

0069085099

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**ANALIZA UČINKOVITOSTI SOLARNIH PANELA NA  
PRIMJERU KUĆE ZA ODMOR**

Mentor: Doc. dr. sc. Dunja Legović

Rijeka, rujan 2022.

Natali Pauković

0069085099

Rijeka, 9. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za brodogradnju i inženjerstvo morske tehnologije**  
Predmet: **Zaštita okoliša**  
Grana: **2.11.02 procesno energetska strojarstvo**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Natali Pauković (0069085099)**  
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva**

Zadatak: **Analiza učinkovitosti solarnih panela na primjeru kuće za odmor /**  
**Efficiency analysis of solar panels on the example of a holiday home**

### Opis zadatka:

Opisati način funkcioniranja i montiranja solarnih panela u sklopu kuće za odmor, te odrediti početne troškove investicije. Navesti specifikacije odabranih panela i procijeniti vrijeme potrebno da se investicija isplati, te usporediti uštedu energije u odnosu na izvedbu iste kuće priključene samo na elektroenergetsku mrežu. Kroz period od 30 dana pratiti stvarnu učinkovitost solarnih panela s obzirom na broj sunčanih sati u tom razdoblju. Dobivene rezultate prikazati tablično i grafički, te ih usporediti sa specifikacijom. Obrazložiti zaključna razmatranja.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

*Natali Pauković*

Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2022.

Mentor:

*D. Legović*

Doc. dr. sc. Dunja Legović

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

*K. Lenić*

Prof. dr. sc. Kristian Lenić

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradila samostalno. Tijekom pisanja i izrade rada koristila sam znanje stečeno tokom studija i navedenu literaturu.

Rijeka, rujan 2022.

Student: Natali Pauković

JMBAG: 0069085099

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. sc. Dunji Legović na uloženom trudu, strpljenju i konzultacijama tijekom pisanja završnog rada. Također i ostalim profesorima koji su mi tokom studija prenijeli znanje i vještine.

Posebno se želim zahvaliti obitelji koja mi je omogućila obrazovanje i bila podrška i pomoć tijekom cijelog studija.

I na kraju bih se zahvalila kolegama koji su uvijek bili potpora i uvelike su mi pomogli tokom ovih studentskih dana.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. VRSTE SOLARNIH PANELA .....	2
3. LOKACIJA KUĆE ZA ODMOR.....	5
4. DOZRAČENA SUNČEVA ENERGIJA NA NEKU POVRŠINU .....	8
5. VRSTE SOLARNIH SUSTAVA .....	9
6. TROŠKOVI INVESTICIJE .....	11
7. POSTAVLJANJE SOLARNIH PANELA .....	13
8. PRINCIP RADA SOLARNIH PANELA.....	17
9. UČINKOVITOST SOLARNIH PANELA .....	18
10. ZAKLJUČAK.....	28
11. LITERATURA .....	29
POPIS SLIKA.....	31
POPIS TABLICA .....	32
POPIS OZNAKA I KRATICA .....	33
SAŽETAK .....	34
ABSTRACT .....	34

## 1. UVOD

Sunce je već milijardama godina glavni izvor energije naše planete. Sva energija koju koristimo, osim nuklearne, predstavlja neki od oblika pohranjene Sunčeve energije. [1] Međutim nisu svi oblici energije obnovljivi. Sunčeva energija koristi se u vezi s oblicima energije koji dolaze iz neiscrpivih i obnovljivih izvora. Sunčeva je energija dostupna u oblicima, koji su raznoliki. U šumovitom je području prisutna kao čvrsto gorivo (drvo); u planinskim krajevima kao hidroelektrična snaga; na vjetrovitim mjestima kao uz pomoć vjetra proizveden elektricitet, u sunčanim se krajevima može pretvoriti u elektricitet pomoću fotovoltaižnih članaka, a gotovo se svuda može skupljati kao izravna toplina. [1]

Prijelaz s neobnovljivih izvora na sunčevu energiju ne zahtjeva nikakve važnije tehnološke novine. Energija koju Sunce isijava raspršuje se po cijeloj planeti. Najefikasnije solarne tehnologije uključuju uređaje malog opsega, namijenjene upotrebi u lokalnim zajednicama, omogućuju veliku raznolikost poslova i ne izazivaju štetne posljedice. Jedan od glavnih argumenata protiv solarne energije je prigovor da ona nije ekonomski konkurentna u odnosu na konvencionalne izvore energije. To nije istina, zato što su neki oblici solarne energije već konkurentni, a ostali to mogu postati kroz nekoliko godina. [1]

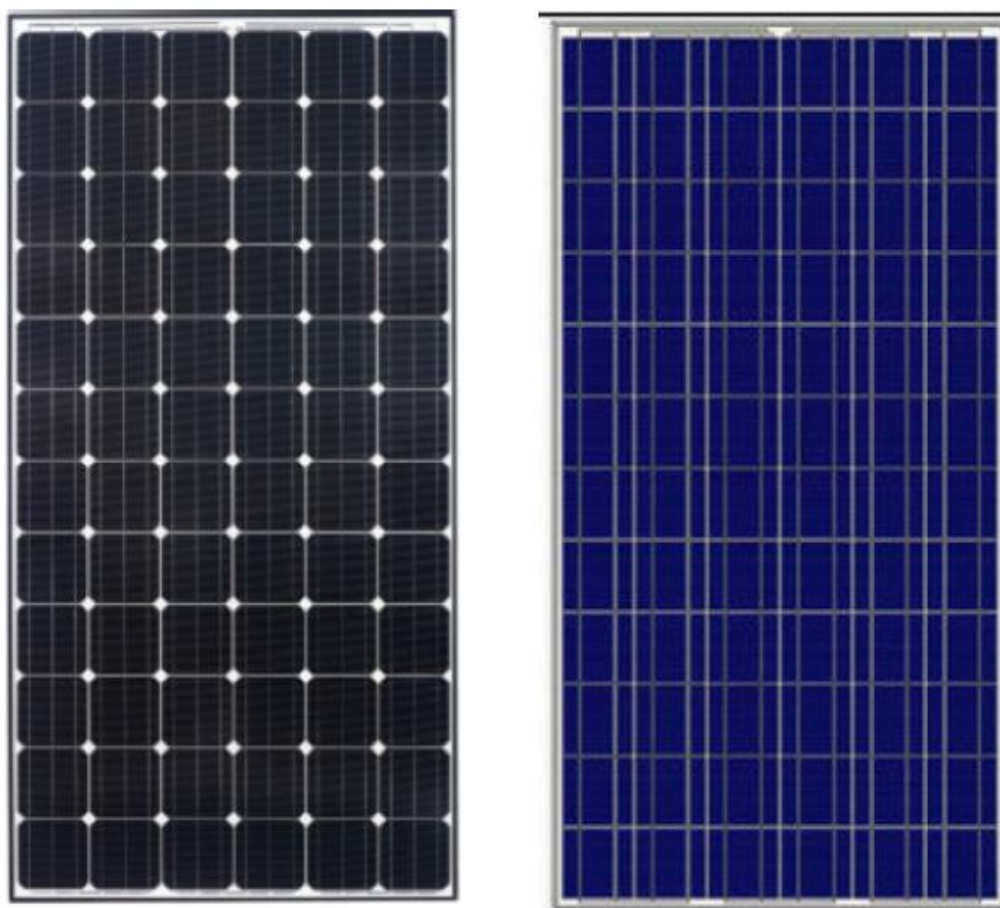
Zbog promjene kuta visine Sunca tijekom dana, mjeseca i godine, na različitim lokacijama na Zemlji, mijenja se i vrijednost ozračene energije koja dopijeva na neku površinu. Prijemna površina sunčevog zračenja koja se nalazi pod nekim kutom u odnosu na horizontalnu ravninu treba se orijentirati prema jugu. To se naravno odnosi na površine koje se nalaze sjeverno od Ekvatora odnosno na sjevernoj zemljinoj polutki. Tako orijentirana nepokretna površina može primiti tokom dana najviše energije. Svaka druga površina iste veličine i s istim kutom koja nije orijentirana prema jugu prima tokom dana manju količinu energije. [2]

U budućnosti solarna energija bit će vrlo važna kao oblik čiste, obnovljive energije. Nažalost, svijest ljudi još nije u potpunosti probuđena te se solarni i drugi obnovljivi izvori energije još ne upotrebljavaju u mjeri koliko je potrebno kako bi se spriječile ozbiljne posljedice globalnog zatopljenja.



## 2. VRSTE SOLARNIH PANELA

Solarne panele možemo podijeliti s obzirom na strukturu materijala. Razlikujemo panele organskog i neorganskog podrijetla. Paneli neorganskog podrijetla mogu se podijeliti na one na bazi silicija te na ostale materijale. U pogledu strukture silicij može biti amorfan, polikristalni i monokristalni (Slika 2.1.). Fotonaponski moduli s polikristalnom strukturom imaju visoku učinkovitost, ali i visoku cijenu, dok su s monokristalnom strukturom jeftiniji, ali manje učinkoviti. Silicij jest, nakon kisika, najzastupljeniji kemijski element na Zemlji. Silicij se lako dobiva i prerađuje, nije toksičan i ne gradi spojeve koji su štetni za okolinu. Elektronske komponente od silicija stabilne su na temperaturama do 200 °C. Tehnologijom tankog filma mogu biti izrađeni solarni paneli neorganskog podrijetla poput bakar-indij-galij-diselendni, galij-arsenidni moduli, kadmij- telurijevih i bakar-indij-diselenidni paneli. [1]



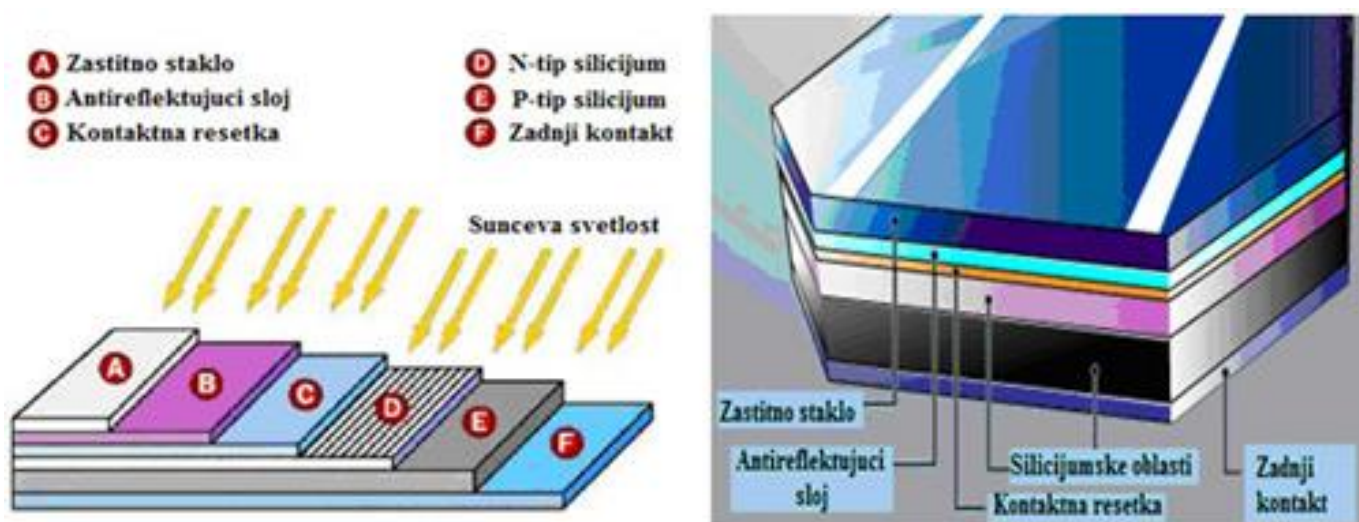
*Slika 2.1 Grafički prikaz monokristalnih (lijevo) i polikristalnih (desno) panela [7]*

Monokristalni paneli imaju solarne ćelije izrađene od jednog kristala silicija i karakterizira ih crna boja i veća efikasnost. Polikristalni paneli imaju ćelije izrađene od više kristala silicija, plave su boje i nešto niže efikasnosti.

Monokristalni paneli za razliku od polikristalnih bolje rade kada je magla ili oblačno vrijeme. Električna struja lakše putuje kroz monokristalne ćelije zbog toga što imaju uređenu kristalnu strukturu.

Solarni paneli su načinjeni od grupa solarnih ćelija. Solarna ćelija je poluvodički uređaj koji ima zadatak da pretvori Sunčevo zračenje odnosno solarnu energiju u električnu. Princip rada solarne ćelije odvija se tako što fotoni iz sunčeve svjetlosti udaraju u solarni panel i zatim ih poluvodički materijali apsorbiraju. Elektroni se izbijaju iz atoma i postaju slobodni. Zbog posebne građe solarnih ćelija elektroni se mogu gibati samo u jednom smjeru. Kretanje elektrona stvara struju, dok električno polje prouzrokuje napon.

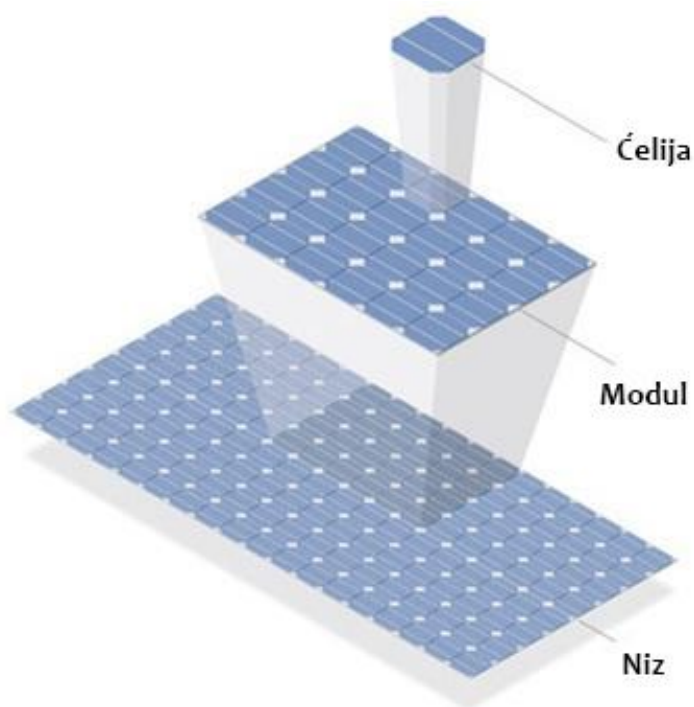
Poprečni presjek solarne ćelije prikazan je na slici 2.2.



Slika 2.2 Struktura solarne ćelije [12]

Iz slike se vidi da prvi sloj čini zaštitno staklo koje štiti solarnu ćeliju od vanjskih utjecaja. Zaštitno staklo je potrebno održavati, odnosno barem jednom godišnje ga očistiti kako bi se uklonila prašina i druge čestice. Ispod zaštitnog sloja nalazi se antireflekturni sloj koji ima važnu ulogu zbog toga što smanjuje postotak reflektirane svjetlosti. To znači da će se povećati udio apsorbirane svjetlosti koja omogućava da što više energije dođe do poluvodičkog aktivnog sloja. Zatim imamo električne kontakte koji ostvaruju vezu između aktivnog poluvodičkog sloja i potrošača. Fotonaponski aktivni sloj može biti izrađen od različitih poluvodičkih materijala. Najčešći materijal za izradu solarnih ćelija je silicij. On se nalazi u zemljinoj kori stoga nema ograničenja u dostupnosti sirovine. [12]

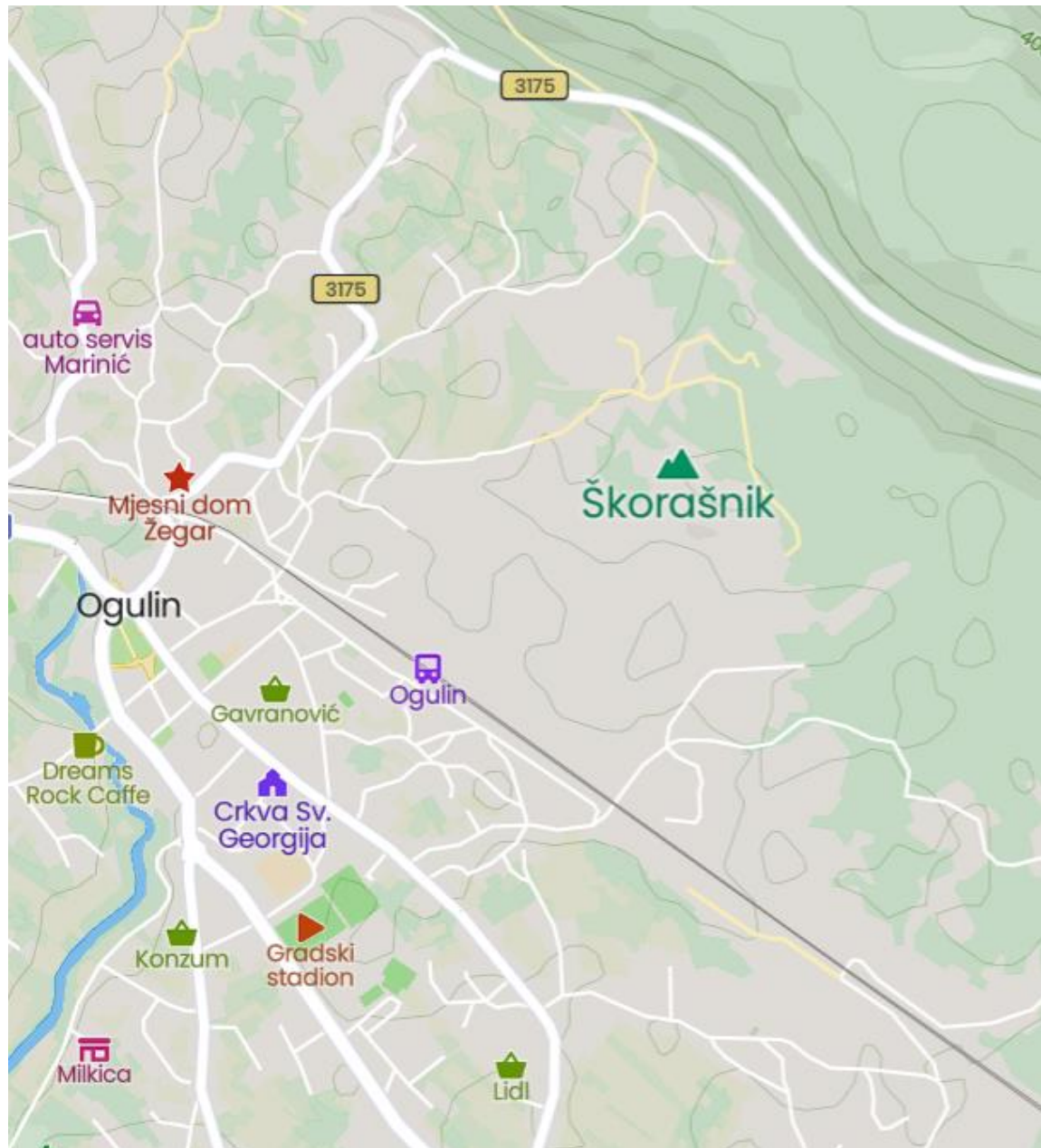
Pojedinačna ćelija je mala stoga se one spajaju u veće jedinice koje se nazivaju modulima. Zatim se moduli spajaju u veće jedinice odnosno panele. Paneli se mogu povezivati serijski ili paralelno u nizove kako bi dobivali više električne energije. ( Slika 2.3. )



*Slika 2.3 Slaganje fotonaponskih ćelija [13]*

### 3. LOKACIJA KUĆE ZA ODMOR

Kuća za odmor nalazi se u Ogulinu na Škorašniku (Slika 3.1.). Ogulin se nalazi u središtu Hrvatske, na pola puta od Rijeke do Zagreba. Točna lokacija kuće za odmor prikazana je na slici 3.2. i označena je crvenom točkom.



*Slika 3.1 Lokacija Škorašnika [15]*





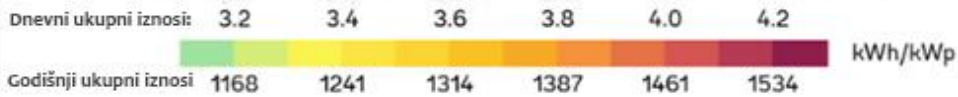
*Slika 3.2 Točna lokacija kuće za odmor [6]*

Područje na kojem se nalazi Ogulin nije najsunčanije kao što se vidi iz slike 3.3, ali kako nema drugih opcija za dobivanje električne energije ugrađeni su solarni paneli. Iz slike se također može uočiti da južna Hrvatska i Istra imaju najviše potencijala za korištenje solarne energije. [5] Kuća za odmor energiju dobiva jedino pretvorbom i pohranom iz obnovljivih izvora energije odnosno solarne energije. Razlog tome je taj što se kuća nalazi na području koje je previše udaljeno od središta ljudske aktivnosti i nije moguće spajanje na službeni opskrbeni sustav energijom.



© 2019 The World Bank  
Source: Global Solar Atlas 2.0  
Solar resource data: Solargis

Dugoročni prosjek fotonaponskog energetskog potencijala, u periodu od 1994-2018



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Slika 3.3 Fotonaponski energetski potencijal [5]

## 4. DOZRAČENA SUNČEVA ENERGIJA NA NEKU POVRŠINU

Količina dozračene sunčeve energije na neku površinu na Zemlji ovisi o:

- lokaciji
- dobu godine
- orijentaciji površine u odnosu na strane svijeta
- veličini prijemne površine
- vremenu ozračenosti
- nagibu površine u odnosu na horizontalnu ravninu

Imajući u vidu da su različita područja na Zemlji različito ozračena tokom godine, kako zbog njihova položaja u odnosu na Sunce, tako i zbog uvjeta oblačnosti, aerozagađenja, konfiguracije terena i drugo – različite su i vrijednosti dozračene energije u nekom vremenskom periodu. [2]

Potrebno je gledati da su paneli smješteni na takvom položaju gdje je maksimalna iskoristivost sunca tijekom dana. Solarni paneli postavljeni su na južnoj strani krova kako bi njihova učinkovitost bila što veća. Na slici 4.1. prikazana je kuća za odmor s dva solarna panela. Na kuću su ugrađeni polikristalni solarni paneli. Površina većeg panela je  $9849 \text{ cm}^2$ , dok je površina manjeg panela  $6365 \text{ cm}^2$ .



*Slika 4.1 Kuća za odmor za solarnim panelima*



## 5. VRSTE SOLARNIH SUSTAVA

Fotonaponski sustavi uglavnom su klasificirani prema njihovim funkcionalnim i operativnim zahtjevima, sastavnim modulima i načinu spajanja na druge izvore napajanja ili električnu mrežu. Općenito možemo ih podijeliti u dvije osnovne skupine:

- mrežne fotonaponske sustave
- otočne fotonaponske sustave

Mrežni fotonaponski sustavi ( Slika 5.1. )

Fotonaponski moduli pretvaraju solarnu energiju u električnu energiju koja se izravno isporučuje u elektrodistributivnu mrežu Hrvatske elektroprivrede. Za mrežni sustav su potrebni fotonaponski moduli (paneli), izmjenjivači (inverteri), brojilo el. energije i nadzor svih podataka kako bi bili sigurni da sustav zadovoljava očekivano u smislu profita.



Slika 5.1 Mrežni fotonaponski sustav [10]

Otočni fotonaponski sustavi ( Slika 5.2. )

Otočni sustavi se ugrađuju u slučajevima kada opskrba el. energijom nije dovoljna ili nije moguća. Energija se pohranjuje u trenucima kada je ima kako bi se kasnije koristila kada je potrebna. Proizvodnjom vlastite energije kuća ili neka druga građevina postaje neovisna o javnoj mreži ili bilo kakvim sekundarnim dobavljačima električne energije. Potrebni su fotoelektrični moduli, baterije, kontrola punjenja i izmjenjivači. Istosmjerna struja je pohranjena u bateriji do kad god ne bude potrebna. Kontrola punjenja nadzire status baterije i ne dopušta joj da se prepuni ili potpuno isprazni.





*Slika 5.2 Otočni fotonaponski sustav [9]*

Kako je već naglašeno el. energija je nedostupna na mjestu gdje se nalazi kuća za odmor stoga smo ugradili otočni fotonaponski sustav. Takav tip sustava naziva se još i „offgrid“ sustav.

## 6. TROŠKOVI INVESTICIJE

Glavni elementi samostalnog fotonaponskog sustava su: solarni paneli, pretvarač, akumulatori ili baterije, regulator punjenja i trošila. Potrebne komponente kupljene su u dvije trgovine, a to su SolarShop i Tuta blu. Manji solarni modul koštao je 890 kn ( Slika 6.2.), dok je veći modul koštao 1200 kn. Pretvarač je koštao 1 690 kn, ali kao što se vidi sa slike 6.1. s popustom je došao 1 490 kn. Prvi regulator kupljen je 2017. godine za 140 kn. Iduće godine kupljen je nešto bolji regulator za 250 kn. Cijena akumulatora je 1 590 kn. U tablici 6.1. pod ostalim troškovima se ubrajaju nosači panela, kabeli kao i postavljanje.

Stranica: 1

Rb.	Trgovački naziv dobra - usluge	JM.	Količina	Cijena	Rabat	Iznos
1.	0337 Pretvarač inverter 1500/12 čisti sinus	Kom	1	1.690,00	11,8%	1.690,00
<b>UKUPNO :</b>						1.690,00
<b>Popust :</b>						-200,00
<b>Za platiti:</b>						<b>1.490,00 kn</b>
PDV 25% na 1.192,00 = 298,00						

Slika 6.1 Troškovi pretvarača

Rb.	Trgovački naziv dobra - usluge	JM.	Količina	Cijena	Rabat	Iznos
1.	0165 Solarni modul 90W	Kom	1	890,00		890,00
2.	0035 Regulator 12V/24 RL 10A	Kom	1	140,00		140,00
PDV 25% na 824,00 = 206,00						
<b>Za platiti:</b>						<b>1.030,00</b>

Slika 6.2 Troškovi solarnog panela i regulatora

Tablica 6.1 Troškovi investicije

Rb.	Trgovački naziv	Količina	Cijena (Kn)
1.	Pretvarač inverter 1500/12	1	1 490
2.	Solarni modul 90W	1	890
3.	Solarni modul	1	1 200
4.	Regulator 12V/24 RL 10A	1	140
5.	Regulator SOLE VS3024AU, 12/24, LCD	1	250
6.	Geltech akumulator 12/120Ah-hermetika, 33x17,2x23	2	3 180
7.	Ostali troškovi		600
	Ukupno		7 750

Naravno investicija se neće odmah isplatiti već je potrebno neko vrijeme. Ako računamo da mjesečno plaćamo prosječno 300 kn HEP-u ovakva investicija će se isplatiti za dvije godine. U obiteljskoj kući ima više aparata i uređaja koji koriste električnu energiju nego što se nalazi u kući za odmor stoga bi bilo potrebno ugraditi i više solarnih panela, čime se troškovi povećavaju. Potrošači u kući za odmor su: rasvjetna tijela, televizor, hladnjak, radio i kuhalo, stoga su dovoljna dva solarna panela. Snaga žarulja je 8W, a ima ih osam. Televizor je snage 85W, hladnjak 70W, a kuhalo od 1500W. Na obiteljskoj kući bi se trebalo ugraditi dodatna 3 ili 4 solarna panela kako bi se moglo prikupiti dovoljno električne energije. Ukoliko se prikupi više energije nego što je potrebno, ostatak se može predati HEP-u i tako dodatno zaraditi.

## 7. POSTAVLJANJE SOLARNIH PANELA

Kao što je već rečeno solarni paneli dijele se na dvije vrste, a to su monokristalni i polikristalni. Na kući za odmor su ugrađene dvije polikristalne solarne ćelije. ( Slika 7.1. ) Učinkovitost polikristalne ćelije je oko 15 posto, što je manje u usporedbi s monokristalnim modulima. Polikristalne solarne ćelije su svijetloplave i jeftinije.



*Slika 7.1 Polikristalni solarni paneli*

Dimenzije veće ploče su 67 x 147 cm, dok su dimenzije manje ploče 67 x 95 cm.

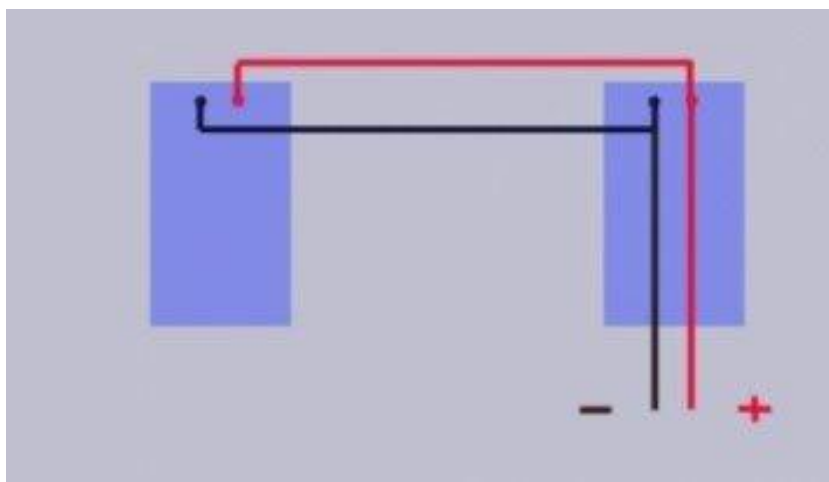
Specifikacije veće ploče:

- napon otvorenog kruga: 22,4 V
- struja kratkog spoja: 9,14 A
- napon pri maksimalnoj snazi: 18 V
- struja pri maksimalnoj snazi: 8,89 A
- maksimalni napon sustava: 1000 V

Specifikacije manje ploče:

- napon otvorenog kruga: 22,4 V
- struja kratkog spoja: 5,3 A
- napon pri maksimalnoj snazi: 18 V
- struja pri maksimalnoj snazi: 5 A
- maksimalni napon sustava: 1000 V

Solarni paneli mogu se povezati serijski, paralelno ili kombinirano. Kod serijskog povezivanja pojačava se izlazni napon, a kod paralelnog izlazna struja. Ukoliko je kod serijske veze neki od solarnih panela neispravan, dolazi do smetnji u radu cijele veze. Neispravna ćelija se ponaša kao potrošač, zagrijava se i predstavlja „vruću“ točku veze. Uslijed pregrijavanja može doći do njenog trajnog oštećenja. U praksi se ovaj problem rješava tako da se paralelno svakoj ćeliji postavi baj-pas dioda. Na ovaj način se u slučaju neispravnosti neke od ćelija gubici serijske veze svode na najmanju moguću mjeru. [2] Solarni paneli na kući za odmor spojeni su paralelno. Paralelno povezivanje solarnih panela prikazano je na slici 7.2.



*Slika 7.2 Paralelno spajanje solarnih panela [8]*



Solarne ploče pod utjecajem sunčeve svjetlosti generiraju napon koji se napaja na regulator. ( Slika 7.3. )



Slika 7.3 Regulator

Regulator puni akumulator koji je spojen na pretvarač. Pretvarač je prikazan na slici 7.4.



Slika 7.4 Pretvarač

Ugrađen je DC–AC izmjenjivač koji pretvara istosmjernu električnu struju u izmjeničnu.

Specifikacije pretvarača:

- nominalna snaga: 1000 W
- ulazni napon: 12 VCD
- izlazni napon: 230 VAC
- vlastita potrošnja: < 1.0 A

## 8. PRINCIP RADA SOLARNIH PANELA

Komponente samostalnog sistema su: solarni paneli, regulator napona, akumulator ili solarne baterije, pretvarač (INVERTER) i potrošači. Solarni paneli pretvaraju sunčevu energiju u električnu pomoću fotonaponskih ćelija. Princip rada solarnih panela zasniva se na principu da se u materijalu prilikom izlaganja sunčevoj svjetlosti javlja razlika električnog napona. Zbog razlike napona dolazi do toka jednosmjerne struje. Solarni paneli izrađuju se od poluprovodničkih materijala. Najčešći materijal je silicij. Između solarnih panela i akumulatora ili solarne baterije postavlja se regulator. Njegova zadaća je kontrola punjenja akumulatora. Regulator pretvara promjenjivi jednosmjerni napon solarnih ćelija u kontrolirani napon kojim se puni baterija te napajaju potrošači. Akumulator služi za skladištenje energije koja se prikupi od Sunca. Najvažnija prednost akumulatora je ta da se može ponovo puniti nakon svakog pražnjenja. Akumulator se može puniti samo izvorom istosmjerne struje. Na bateriju je spojen pretvarač. Bez pretvarača energija koju proizvodi Sunce je potpuno beskorisna. Pretvarač je uređaj koji služi za pretvaranje istosmjerne električne struje u izmjeničnu. Solarni pretvarači mogu se podijeliti na tri vrste a to su: samostalni pretvarači, mrežni pretvarači i hibridni pretvarači. Na pretvarač se spajaju potrošači čija potrošnja ne smije biti veća od izlazne snage pretvarača. [11]



## 9. UČINKOVITOST SOLARNIH PANELA

Kroz period od mjesec dana vršila sam mjerenje stvarne učinkovitosti solarnih panela s obzirom na broj sunčevih sati. U tablici 8.1. prikazano je vrijeme izlaska i zalaska sunca u periodu od 15.4. do 15.5. kao i trajanje dana i sunčev zenit. [4]

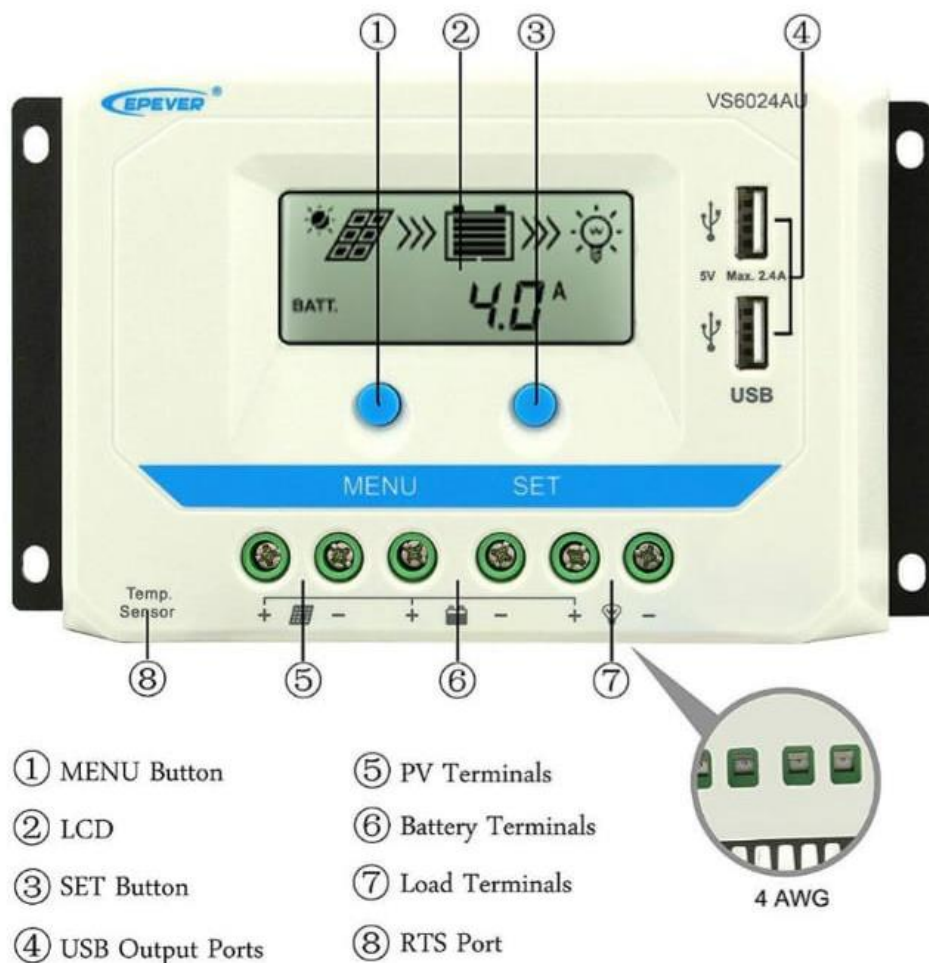
*Tablica 9.9.1. Podaci o izlasku i zalasku sunca*

Datum	Izlazak [h]	Zalazak [h]	Trajanje dana	Sunčev zenit
15.4.2022.	6:13	19:44	13:30:42	12:59
16.4.2022.	6:12	19:45	13:33:43	12:58
17.4.2022.	6:10	19:47	13:36:45	12:58
18.4.2022.	6:08	19:48	13:39:45	12:58
19.4.2022.	6:06	19:49	13:42:44	12:58
20.4.2022.	6:05	19:50	13:45:43	12:58
21.4.2022.	6:03	19:52	13:48:40	12:57
22.4.2022.	6:01	19:53	13:51:37	12:57
23.4.2022.	6:00	19:54	13:54:33	12:57
24.4.2022.	5:58	19:55	13:57:28	12:57
25.4.2022.	5:56	19:57	14:00:21	12:57
26.4.2022.	5:55	19:58	14:03:13	12:56
27.4.2022.	5:53	19:59	14:06:04	12:56
28.4.2022.	5:52	20:01	14:08:54	12:56
29.4.2022.	5:50	20:02	14:11:43	12:56
30.4.2022.	5:50	20:03	14:14:30	12:56
1.5.2022.	5:47	20:04	14:17:15	12:56
2.5.2022.	5:46	20:06	14:19:59	12:56
3.5.2022.	5:44	20:07	14:22:42	12:56
4.5.2022.	5:43	20:08	14:25:33	12:55
5.5.2022.	5:41	20:09	14:28:03	12:55
6.5.2022.	5:40	20:11	14:30:41	12:55
7.5.2022.	5:39	20:12	14:33:17	12:55
8.5.2022.	5:37	20:13	14:35:50	12:55
9.5.2022.	5:36	20:14	14:38:22	12:55

10.5.2022.	5:35	20:15	14:40:52	12:55
11.5.2022.	5:33	20:16	14:43:20	12:55
12.5.2022.	5:32	20:18	14:45:46	12:55
13.5.2022.	5:31	20:19	14:48:10	12:55
14.5.2022.	5:30	20:20	14:50:30	12:55
15.5.2022.	5:29	20:21	14:52:49	12:55

Naravno moramo uzeti u obzir da nije svaki dan bio sunčan, već je bilo kišovitih i oblačnih dana. Također sunce ne obasjava ploče tijekom cijelog dana. Kako je već spomenuto ranije ploče su okrenute prema jugu kako bi njihova učinkovitost bila što veća. Učinkovitost polikristalne ploče se procjenjuje između 10% do najviše 18%. Tipična snaga za polikristalni panel je do 300W po panelu.

Očitavala sam podatke s regulatora ( Slika 9.1. ) i pomoću digitalnog analizatora stanja baterije ( Slika 9.2. ) postotak napunjenosti akumulatora.



Slika 9.1. Regulator i njegovi dijelovi [14]



*Slika 9.2. Digitalni analizator stanja baterije ( Battery tester )*

Podatke sam očitavala dva puta na dan. Prvo očitavanje vršila sam ujutro između 6:00 i 7:00 sati, a drugo očitavanje navečer između 20:00 i 21.00. U tablici 8.2. prikazani su podaci očitani s regulatora u periodu od 15.4. do 15.5.

Tablica 9.9.2. Podaci očitani s regulatora

Datum	Vrijeme	BATT. [ A ]	BATT. [ V ]	BATT. [ °F ]	LOAD [ A ]	LOAD [ kWh ]	LOAD	LOAD	PV [ V ]	PV [ A ]	PV [kWh ]
15.4.	jutro	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	13	0,0	138
2022.	večer	0,0	13	77	0,0	0	100	2	16	0,0	138
16.4.	jutro	0,0	12,2	77	0,0	0	100	2	12	0,0	138
2022.	večer	0,0	12,9	77	0,0	0	100	2	7	0,0	138
17.4.	jutro	0,2	12,2	77	0,0	0	100	2	21	0,2	138
2022.	večer	0,4	12,9	77	0,0	0	100	2	21	0,4	139
18.4.	jutro	0,2	12,1	77	0,0	0	100	2	21	0,2	139
2022.	večer	0,2	12,7	77	0,0	0	100	2	0	0,0	139
19.4.	jutro	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	0	0,0	139
2022.	večer	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	18	0,0	139
20.4.	jutro	0,0	12,3	77	0,0	0	100	2	0	0,0	139
2022.	večer	0,4	13,2	77	0,0	0	100	2	21	0,4	140
21.4.	jutro	0,4	13,0	77	0,0	0	100	2	22	0,4	140
2022.	večer	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	19	0,0	140
22.4.	jutro	0,0	11,7	77	0,0	0	100	2	15	0,0	140
2022.	večer	0,0	11,9	77	0,0	0	100	2	18	0,0	140
23.4.	jutro	0,1	11,6	77	0,0	0	100	2	20	0,1	140
2022.	večer	0,0	12	77	0,0	0	100	2	11	0,0	140
24.4.	jutro	0,0	11,5	77	0,0	0	100	2	18	0,0	140
2022.	večer	0,1	12,3	77	0,0	0	100	2	20	0,1	141
25.4.	jutro	0,0	11,5	77	0,0	0	100	2	0	0,0	141
2022.	večer	0,0	12,3	77	0,0	0	100	2	0	0,0	141
26.4.	jutro	0,3	12,3	77	0,0	0	100	2	21	0,3	141
2022.	večer	0,0	12,9	77	0,0	0	100	2	19	0,0	142
27.4.	jutro	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	19	0,0	142
2022.	večer	0,0	13	77	0,0	0	100	2	19	0,0	142
28.4.	jutro	0,3	12,8	77	0,0	0	100	2	21	0,3	142
2022.	večer	0,0	12,6	77	0,0	0	100	2	0	0,0	142

29.4.	jutro	0,0	12,3	77	0,0	0	100	2	7	0,0	142
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	0	0,0	142
30.4.	jutro	0,0	12,2	77	0,0	0	100	2	20	0,0	142
2022.	večer	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	19	0,0	143
1.5.	jutro	0,3	12,2	77	0,0	0	100	2	21	0,3	143
2022.	večer	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	0	0,0	143
2.5.	jutro	0,2	12,5	77	0,0	0	100	2	20	0,2	143
2022.	večer	0,0	12,9	77	0,0	0	100	2	19	0,0	143
3.5.	jutro	0,0	12,9	77	0,0	0	100	2	19	0,0	143
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	0	0,0	143
4.5.	jutro	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	13	0,0	143
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	0	0,0	143
5.5.	jutro	0,0	12,2	77	0,0	0	100	2	13	0,0	143
2022.	večer	1,8	13,4	77	0,0	0	100	2	13	1,7	144
6.5.	jutro	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
2022.	večer	0,0	12,5	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
7.5.	jutro	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	17	0,0	144
8.5.	jutro	0,0	12,4	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
2022.	večer	0,1	13	77	0,0	0	100	2	19	0,1	144
9.5.	jutro	0,0	13	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
2022.	večer	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	0	0,0	144
10.5.	jutro	0,0	12,5	77	0,0	0	100	2	15	0,0	144
2022.	večer	0,0	12,2	77	0,0	0	100	2	0	0,0	145
11.5.	jutro	0,0	11,9	77	0,0	0	100	2	17	0,0	145
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	17	0,0	145
12.5.	jutro	0,0	12,3	77	0,0	0	100	2	15	0,0	145
2022.	večer	0,0	12,7	77	0,0	0	100	2	0	0,0	146
13.5.	jutro	0,0	12,3	77	0,0	0	100	2	16	0,0	146
2022.	večer	0,0	12,8	77	0,0	0	100	2	0	0,0	146
14.5.	jutro	0,0	11,5	77	0,0	0	100	2	11	0,0	146
2022.	večer	0,0	12,9	77	0,0	0	100	2	17	0,0	146
15.5.	jutro	0,2	12,4	77	0,0	0	100	2	21	0,2	146
2022.	večer	0,0	12,5	77	0,0	0	100	2	0	0,0	147

Pomoću digitalnog analizatora stanja baterije ( Battery tester ) također sam mjerila postotak napunjenosti akumulatora ujutro i navečer. Podaci su prikazani u tablici 9.3. Digitalni tester prikazuje nam stanje zdravlja ( SoH ) i stanje napunjenosti ( SoC ).

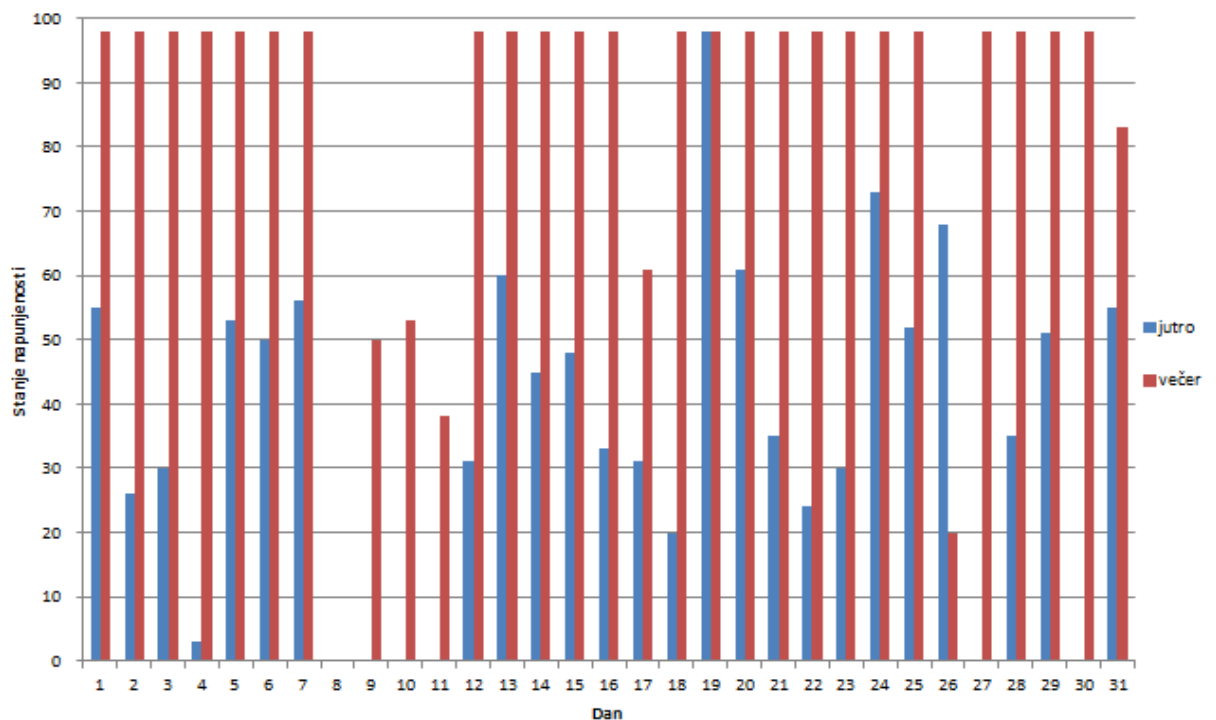
*Tablica 9.9.3. Podaci očitani s akumulatora*

Datum	Vrijeme	SoH [ % ]	SoC [ % ]
15.4.2022.	jutro	100	55
	večer	100	98
16.4.2022.	jutro	100	26
	večer	100	98
17.4.2022.	jutro	100	30
	večer	100	98
18.4.2022.	jutro	100	3
	večer	100	98
19.4.2022.	jutro	100	53
	večer	100	98
20.4.2022.	jutro	100	50
	večer	100	98
21.4.2022.	jutro	100	56
	večer	100	98
22.4.2022.	jutro	100	0
	večer	100	0
23.4.2022.	jutro	100	0
	večer	100	50
24.4.2022.	jutro	100	0
	večer	100	53
25.4.2022.	jutro	100	0
	večer	100	38

26.4.2022.	jutro	100	31
	večer	100	98
27.4.2022.	jutro	100	60
	večer	100	98
28.4.2022.	jutro	100	45
	večer	100	98
29.4.2022.	jutro	100	48
	večer	100	98
30.4.2022.	jutro	100	33
	večer	100	98
1.5.2022.	jutro	100	31
	večer	100	61
2.5.2022.	jutro	100	20
	večer	100	98
3.5.2022.	jutro	100	98
	večer	100	98
4.5.2022.	jutro	100	61
	večer	100	98
5.5.2022.	jutro	100	35
	večer	100	98
6.5.2022.	jutro	100	24
	večer	100	98
7.5.2022.	jutro	100	30
	večer	100	98
8.5.2022.	jutro	100	73
	večer	100	98
9.5.2022.	jutro	100	52
	večer	100	98
10.5.2022.	jutro	100	68

	večer	100	20
11.5.2022.	jutro	100	0
	večer	100	98
12.5.2022.	jutro	100	35
	večer	100	98
13.5.2022.	jutro	100	51
	večer	100	98
14.5.2022.	jutro	100	0
	večer	100	98
15.5.2022.	jutro	100	55
	večer	100	83

Stanje napunjenosti akumulatora prikazano je pomoću stupčastog dijagrama na slici 9.3. Plavom bojom su označene vrijednosti očitane ujutro, a crvenom vrijednosti očitane navečer. Iz slike se također može vidjeti kada je padala kiša ili je bilo oblačno zato što se akumulator nije uspio napuniti do kraja tokom tog dana.

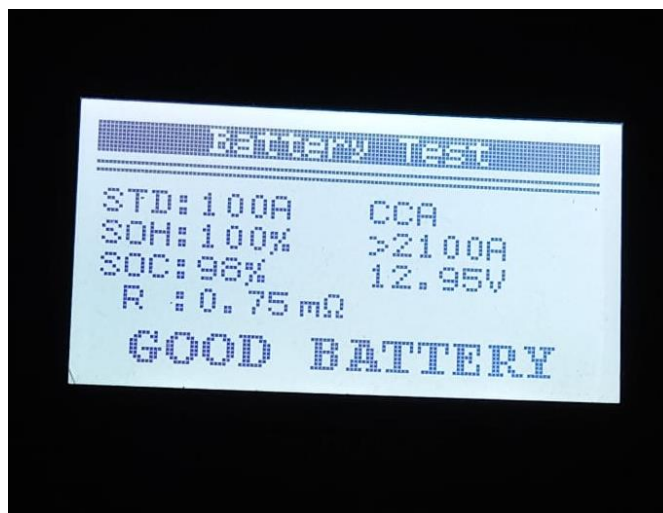


Slika 9.3. Prikaz podataka iz tablice 8.3.



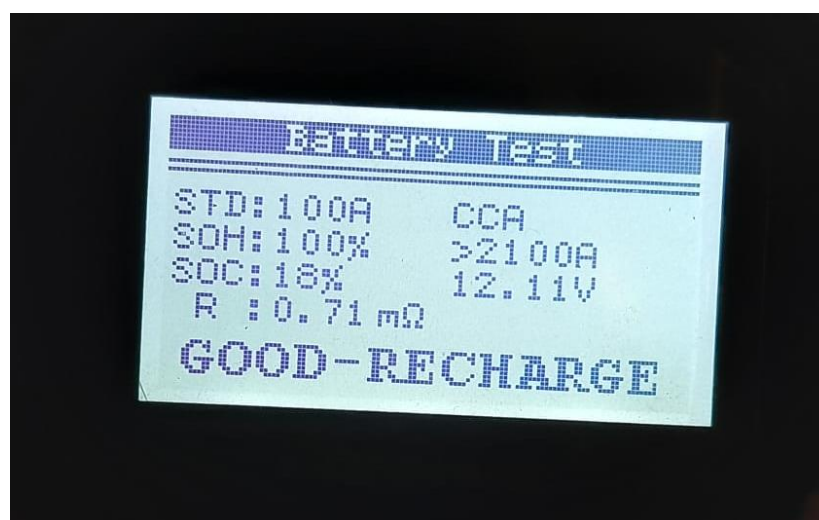
Prosjek napunjenosti baterije kroz period od 30 dana je 49.6% što je približno 50%. Naravno u zimskim mjesecima je taj prosjek manji, dok je u ljetnim veći.

Energija se prikuplja samo preko dana kada ima Sunca, stoga sam preko noći vršila mjerenje potrošnje el. energije. Navečer u 22:00 sata sam očitala stanje napunjenosti akumulatora. Akumulator je bio na 98% kao što je prikazano na slici 9.4.



Slika 9.4. Stanje napunjenosti akumulatora u 22:00 h

Kroz 8 sati konstantno su radili hladnjak, televizor, rasvjetno tijelo, punio se mobilni uređaj i prijenosno računalo. Ujutro u 6:00 ponovo sam očitala stanje napunjenosti akumulatora. Akumulator je ujutro bio na 18% što je prikazano na slici 9.5.



Slika 9.5. Stanje napunjenosti akumulatora u 6:00 h

Potrebna je napunjenost baterije od 80% kako bi cijelu noć mogli raditi svi uređaji i rasvjetna tijela. Uređaji su radili cijelu noć samo u svrhu mjerenja podataka, inače nije potrebno da rade cijelu noć. U periodu kad je sunčano prikupi se i više nego dovoljno energije za naše potrebe. Ukoliko bi par dana zaredom padala kiša ne bi se skupilo dovoljno energije da svi uređaji rade. Za slučaj da prvi dan rade svi uređaji baterija bi se ispraznila i tako bi ostalo sve do prvog sunčanog dana. Ako rade samo rasvjetna tijela i na primjer kroz dan jednom napunimo bateriju mobilnog uređaja ostalo bi dovoljno energije za tih par dana dok pada kiša. U zimskim mjesecima prikupi se manje energije, ali kako tada nema potrebe da radi hladnjak i manje vremena provodimo u kući za odmor opet imamo dovoljno energije za naše potrebe.

Iz toga proizlazi zaključak da je dovoljno postaviti dva solarna panela na kuću za odmor kako bi se zadovoljile potrebe, naravno gledano za naš slučaj kuće.

## 10. ZAKLJUČAK

Sunce pripada u obnovljive izvore energije i uvijek se može iskoristavati bez iscrpljivanja. Također druga prednost korištenja sunčeve energije je ta što je sunce izvor čiste energije koja ne zagađuje okoliš. Postavljanje solarnih panela na obiteljske kuće ili vikendice koje su udaljene od službenog opskrbnog sustava energije uvelike se isplati.

Naravno na početku treba uložiti u investiciju, ali postoji mogućnost sufinanciranja od strane države koja potiče građane da upotrebljavaju energiju iz obnovljivih izvora. Tako bi se investicija puno brže isplatila. Ukoliko kuća prikupi više energije nego što joj je potrebno za vlastitu uporabu ostatak energije može predati u elektroenergetsku mrežu i tako dodatno zaraditi. Solarne ploče mogu se iskoristiti za grijanje kuće kao i za dobivanje tople vode. Pravilna briga i održavanje solarnih panela važni su kako bi njihov vijek trajanja bio što duži. Vijek trajanja panela može biti duži od 25 godina.

Nedostatak je taj što se energija stvara iz Sunca, što znači da preko noći nema skupljanja energije. Taj problem se riješi tako da se ugrade baterije koje će sakupljati energiju kada je ima i ona se može iskoristiti preko noći.

Cijene električne energije na europskom tržištu u stalnom su porastu, stoga ulaganjem u solarnu elektranu postajemo neovisni od promjena cijena na tržištu.

## 11. LITERATURA

- [1] Capra, F. : „Vrijeme preokreta“, Globus, Zagreb, 1986.
- [2] Lambić, M. R.; Pavlović, T. M.; Radosavljević, J. M.: „Solarna energetika i održivi razvoj“, Građevinska knjiga, Beograd, 2010
- [3] Enerco solar: „Vrste fotonaponskih sustava“, preuzeto s interneta, <https://enerco-solar.hr/vrste-fotonaponskih-sustava/> 6.7.2022.
- [4] Meteocast: „Izlazak i zalazak sunca u Ogulinu“, preuzeto s interneta, <https://hr.meteocast.net/sunrise-sunset/hr/ogulin/> 6.7.2022.
- [5] Solargis: „Karte solarnih resursa Hrvatske“, preuzeto s interneta, <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/croatia> 6.7.2022.
- [6] Državna geodetska uprava – Lokacija Škorašnika, preuzeto s interneta, <https://www.katastar.hr/#/> 6.7.2022.
- [7] Izvor: <https://www.solarne-elektrane.hr/wp-content/uploads/2019/09/sl1-2.png> , preuzeto s interneta 6.7.2022.
- [8] Izvor: <https://besthomemaster.com/img/9856065/shemi-podklyucheniya-solnechnih-batarej-zagrodnogo-doma-7.jpg> , preuzeto s interneta 6.7.2022.
- [9] Izvor: [http://2.bp.blogspot.com/\\_K23makPk3e4/TAZMr8c6SqI/AAAAAAAAA2s/4brxsAoMivU/s400/shema\\_PV\\_sustava.JPG](http://2.bp.blogspot.com/_K23makPk3e4/TAZMr8c6SqI/AAAAAAAAA2s/4brxsAoMivU/s400/shema_PV_sustava.JPG) , preuzeto s interneta 6.7.2022.
- [10] Izvor: <http://www.kewsolar.co.uk/techinfo/panels.aspx> , preuzeto s interneta 6.7.2022.
- [11] SolarShop: „Princip rada solarne opreme“, preuzeto s interneta, <https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/PRINCIPRAD/princip-rada-solarne-opreme> 6.7.2022.

[12] Automatika: „Fotonaponska ćelija“, preuzeto s interneta,

<https://www.automatika.rs/baza-znanja/green-engineering/fotonaponska-celija-princip-rada-karakteristike-i-efikasnost.html> 6.7.2022.

[13] Izvor: [https://www.emajstor.hr/clanak/314/solarne\\_fotonaponske\\_elektrane](https://www.emajstor.hr/clanak/314/solarne_fotonaponske_elektrane)

6.7.2022.

[14] Izvor:

[https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1ke5me8Cw3KVjSZR0q6zcUpXag.jpg\\_640x640Q90.jpg](https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1ke5me8Cw3KVjSZR0q6zcUpXag.jpg_640x640Q90.jpg)  
[.web](#) 6.7.2022.

[15] Google maps: „Ogulin“, preuzeto s interneta,

<https://www.google.hr/maps/place/Ogulin/@45.2678156,15.2311708,17.21z/data=!4m5!3m4!1s0x4764738a58c5ccb7:0x7663fa6224ef2052!8m2!3d45.265949!4d15.2238814?hl=hr> 6.7.2022.

## POPIS SLIKA

SLIKA 2.1 GRAFIČKI PRIKAZ MONOKRISTALNIH (LIJEVO) I POLIKRISTALNIH (DESNO) PANELA [7] .....	2
SLIKA 2.2 STRUKTURA SOLARNE ČELIJE [12] .....	3
SLIKA 2.3 SLAGANJE FOTONAPONSKIH ČELIJA [13] .....	4
SLIKA 3.1 LOKACIJA ŠKORAŠNIKA [15] .....	5
SLIKA 3.2 TOČNA LOKACIJA KUĆE ZA ODMOR [6] .....	6
SLIKA 3.3 FOTONAPONSKI ENERGETSKI POTENCIJAL [5] .....	7
SLIKA 4.1 KUĆA ZA ODMOR ZA SOLARNIM PANELIMA.....	8
SLIKA 5.1 MREŽNI FOTONAPONSKI SUSTAV [10].....	9
SLIKA 5.2 OTOČNI FOTONAPONSKI SUSTAV [9] .....	10
SLIKA 6.1 TROŠKOVI PRETVARAČA .....	11
SLIKA 6.2 TROŠKOVI SOLARNOG PANELA I REGULATORA.....	11
SLIKA 7.1 POLIKRISTALNI SOLARNI PANELI.....	13
SLIKA 7.2 PARALELNO SPAJANJE SOLARNIH PANELA [8] .....	14
SLIKA 7.3 REGULATOR.....	15
SLIKA 7.4 PRETVARAČ .....	15
SLIKA 9.1. REGULATOR I NJEGOVI DIJELOVI [14] .....	19
SLIKA 9.2. DIGITALNI ANALIZATOR STANJA BATERIJE ( BATTERY TESTER ).....	20
SLIKA 9.3. PRIKAZ PODATAKA IZ TABLICE 8.3.....	25
SLIKA 9.4. STANJE NAPUNJENOSTI AKUMULATORA U 22:00 H.....	26
SLIKA 9.5. STANJE NAPUNJENOSTI AKUMULATORA U 6:00 H.....	26

## POPIS TABLICA

<i>TABLICA 6.1 TROŠKOVI INVESTICIJE</i> .....	11
<i>TABLICA 9.9.1. PODACI O IZLASKU I ZALASKU SUNCA [5]</i> .....	18
<i>TABLICA 9.9.2. PODACI OČITANI S REGULATORA</i> .....	21
<i>TABLICA 9.9.3. PODACI OČITANI S AKUMULATORA</i> .....	23

## POPIS OZNAKA I KRATICA

el. – električna

kn – kuna

Rb. – redni broj

HEP – Hrvatska elektroprivreda

cm – centimetar

V – volt

A – amper

W – vat

°F – Fahrenheit

kWh – kilovatsat

BATT. - baterija



## SAŽETAK

U ovome radu opisuje se način rada i montiranja solarnih panela. Navode se prednosti korištenja solarne energije i isplativost postavljanja panela na kuću za odmor u blizini Ogulina. Uz solarne panele opisuju se i ostale komponente potrebne za rad sustava te njihove karakteristike. Prati se stanje napunjenosti baterije kroz period od 30 dana te se dobiveni rezultati uspoređuju s očekivanjima na temelju deklaracije proizvoda.

**Ključne riječi:** obnovljivi izvori energije, solarni paneli, solarni sustavi, troškovi investicije, učinkovitost

## ABSTRACT

This thesis describes the method of operation and installation of solar panels. It is described how the solar energy is used and the efficiency of using solar panels for providing energy at home. Additionally, the characteristics of other components are also described and explained. The state of charge of the battery is monitored over a period of 30 days and the results obtained are compared with the expectations based on the product declaration.

**Key words:** renewable sources energy, solar panels, solar systems, investment costs, efficiency