

ŠOLSKI CENTER CELJE  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

Raziskovalna naloga

# SONČNA ELEKTRARNA

Avtorji:

Matevž KOKOVNIK, S-4. B

Nejc BOBNIČ, S-4. b

Mentorja:

Aleš FERLEŽ, mag. inž. str.

Žan PODBREGAR, mag. inž. str.

Celje, marec 2020

Mentorja Aleš Ferlež in Žan Podbregar v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom sončna elektrarna, katere avtorja sta Matevž Kokovnik in Nejc Bobnič :

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, \_\_\_\_\_

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

#### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujeva se mentorjema Alešu Ferležu, mag. inž. str., in Žanu Podbregarju mag. inž. str., za koordinacijo pri izdelavi seminarske naloge in strokovne nasvete.

Zahvaljujeva se tudi knjižničarju Andreju Jazbecu, ki nama je pomagal pri izbiri literature.

Nazadnje bi se zahvalila še Nataši Terbovšek Coklin za pregled in lektoriranje naloge.

# SONČNA ELEKTRARNA

**Ključne besede:** sončna elektrarna, preračun investicije v sončno elektrarno

## POVZETEK

Obnovljivi viri energije imajo vedno večji pomen za človeštvo, saj ne izpuščajo toplogrednih plinov in se obnavljajo, zaradi česar jih ne more zmanjkati. To sta glavni prednosti obnovljivih virov pred fosilnimi gorivi, ki nam jih zmanjkuje, obenem pa zelo onesnažujejo ozračje.

Namen raziskovalne naloge je ugotoviti, ali se nam splača investirati v sončno elektrarno, v kolikšnem času se nam povrne investicija in koliko privarčujemo pri stroških električne energije.

Z izrabljanjem obnovljivih virov energije prispevamo k ohranjanju okolja. Najmočnejši vir energije je sonce.

V našem gospodinjstvu poraba električne energije ni zelo visoka ampak se nam investicija v času delovanja samooskrbne sončne elektrarne povrne. Ugotovljeno je bilo tudi, da se nam elektrarna za prodajo trenutno ne izplača, saj so odkupne cene električne energije in prav tako subvencije majhne, komponente za elektrarno pa drage.

# KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	HIPOTEZE.....	2
1.2	METODE RAZISKOVANJA.....	2
1.3	STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA.....	2
2	SONČNA ELEKTRARNA .....	3
2.1	ZGODOVINA.....	3
2.2	PREDNOSTI IN SLABOSTI.....	5
2.3	FOTOVOLTAIČNE CELICE.....	6
2.3.1	Zgradba.....	6
2.3.2	Delovanje.....	7
2.4	POVEZOVANJE CELIC.....	8
2.5	VRSTE CELIC.....	9
2.5.1	Monokristalne celice .....	10
2.5.2	Polikristalne celice .....	10
2.5.3	Amorfne silicijeve celice .....	11
2.5.4	Hibridne celice .....	11
2.5.5	Monokristalne ali polikristalne celice?.....	11
3	SAMOOSKRBA Z ELEKTRIČNO ENERGIJO.....	12
3.1	KAKŠNA STREHA JE PRIMERNA ZA NAMESTITEV SONČNE ELEKTRARNE .....	13
3.2	KDO LAHKO POSTANE LASTNIK SONČNE ELEKTRARNE.....	14
3.3	NAČINI FINANCIRANJA.....	15
3.3.1	Nepovratna sredstva.....	15
3.3.2	Eko krediti .....	16
3.3.3	Financiranje v domačem gospodinjstvu.....	16
3.4	SONČNE ELEKTRARNE ZA LASTNO UPORABO .....	17
4	STATISTIKA HIŠE .....	19

4.1	PORABA IN STROŠKI ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	19
4.2	VEČJI PORABNIKI .....	21
4.3	PODATKI O STREHI .....	22
5	ANALIZA MOŽNE postavitVE sončne elektrarne .....	24
5.1	POTREBNA MOČ SONČNE ELEKTRARNE .....	24
5.2	PONUĐNIKI.....	24
5.3	SONČNA ELEKTRARNA NA KLJUČ.....	25
5.4	NETO SEDANJA VREDNOST (NSV) .....	25
5.5	EKONOMSKA UPRAVIČENOST POSTAVITVE SONČNE ELEKTRARNE V PRIMERU PRODAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	26
5.5.1	Programski paket RETScreen.....	26
5.5.2	Finančni izračun.....	28
5.6	FINANČNI IZRAČUN V PRIMERU SAMOOSKRBE .....	34
6	PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVANJA.....	35
8	ZAKLJUČEK .....	36
9	VIRI IN LITERATURA.....	37

## KAZALO SLIK

Slika 1: Fotoefekt.....	3
Slika 2: Postavitev prvega modula.....	4
Slika 3: Zgradba sončne celice .....	6
Slika 4: Princip delovanja samostojnega PV-sistema.....	8
Slika 5: Razsmernik .....	9
Slika 6: Različne izvedbe sončnih celic.....	10
Slika 7: Net metering .....	12
Slika 8: Izkoristek SE glede na postavitev.....	14
Slika 9: Subvencije eko sklada .....	16
Slika 10: Eko kredit .....	16
Slika 11: Solarni komplet.....	17
Slika 12: Toplotna črpalka .....	21
Slika 13: Streha, na kateri bi bila nameščena sončna elektrarna .....	22
Slika 14: Satelitska slika strehe.....	23
Slika 15: Osnovni parametri .....	28
Slika 16: Vpis kotov in cene električne energije .....	29
Slika 17: Izbira sončnih celic in nastavitvev izgub.....	30
Slika 18: Vpis stroškov začetne investicije.....	30
Slika 19: Vpis dodatnih stroškov .....	31
Slika 20: Finančni parametri.....	31
Slika 21: Letni prihranki .....	31
Slika 22: Stroški in prihranki .....	32
Slika 23: Finančno stanje investicije.....	33
Slika 24: Kumulativni graf pretoka denarja.....	33

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Poraba električne energije v kWh za leti 2018 in 2019 .....	19
Tabela 2: Višina stroškov za električno energijo v letih 2018 in 2019.....	20
Tabela 3: Večji porabniki v gospodinjstvu .....	21



## **UPORABLJENE KRATICE**

cm – centimeter

DC – enosmerni električni tok

AC – dvosmerni električni tok

W – vat (watt)

kW – kilovat

p-tip polprevodnika – pozitivno nabit polprevodnik

n-tip polprevodnika – negativno nabit polprevodnik

MW – megavat

SE – sončna elektrarna

kVA – kilovoltamper

# 1 UVOD

Sonce je izvor čez 99,9 % vseh energijskih tokov zemlje in je daleč najmočnejši izvor njene obnovljive energije. Na zemljo letno izseva okrog 1.5 trilijonov kWh energije. Okrog 30 % te energije absorbira atmosfera, preostanek je še vedno več tisočkrat večji od svetovnih letnih potreb po energiji. Na zemlji se sončna energija spremeni v sončno sevanje, v toploto okolja, zaradi različnih temperatur zraka pride do mešanja le-tega in nastanejo razni vetrovni tokovi in padavine, zaradi različnih temperatur morja pa pride tudi do mešanja morja in tako nastanejo morski tokovi. Sonce skrbi tudi za rast rastlin oz. biomase. [1]

Sončna energija je sicer brezplačna, toda investicija v sončno elektrarno, kakršno imamo doma, je lahko velik finančni zalogaj. Pred investicijo se moramo prepričati in narediti raziskave, kaj se nam najbolj izplača in kaj se ne. Postavitev sončne elektrarne delimo na tehnični in finančni del. Pri tehničnem delu moramo pravilno izbrati moč sončne elektrarne, vrsto postavitve, vrsto uporabljenih sončnih modulov, priključitev na omrežje in drugo. Ekonomski del je odvisen od naših finančnih zmožnosti, naše izbire tipa modulov (monokristalni, polikristalni, amorfni ...), porekla ter kvalitete delov.

## **1.1 HIPOTEZE**

Pri izvedbi raziskovalne naloge so bile postavljene naslednje hipoteze:

- 1) Za naše gospodinjstvo bo investicija v sončno elektrarno manjša od 10.000 €.
- 2) Investicija se bolj izplača, če sončno elektrarno postavimo sami.
- 3) Investicija se bolj izplača, če električne energije ne prodajamo, ampak jo uporabljamo za samooskrbo.
- 4) Investiranje v sončno elektrarno se nam v našem primeru povrne.

## **1.2 METODE RAZISKOVANJA**

Pri pisanju raziskovalne naloge smo najprej raziskali pisno literaturo, kjer smo dobili veliko teoretičnih podatkov o sončni elektrarni, kot so zgodovina sončnih elektrarn, vrste sončnih celic in njihovo povezovanje ter delovanje SE. Nato smo raziskali še splet, kjer smo dobili veliko podatkov o financiranju ter o izbiri prave SE. Ko smo se seznanili z osnovami, smo preučili še gospodinjstvo, in sicer njegove porabnike, porabo električne energije in koliko nas električna energija stane. Poslali smo tudi več povpraševanj različnim ponudnikom, vendar smo dobili odgovor le od enega. Nato sva naredila še preračun v programskem paketu RETScreen za primer prodaje električne energije.

## **1.3 STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA**

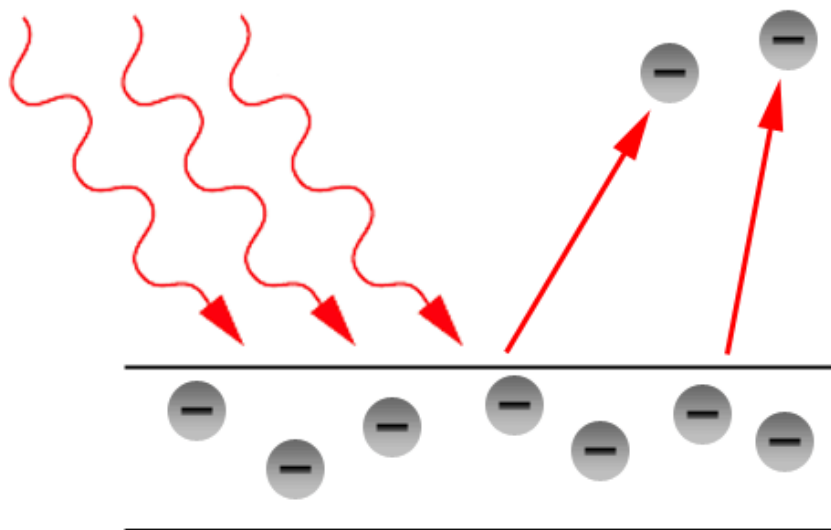
V prvem sklopu raziskovalne naloge smo pregledali literaturo o sončnih elektrarnah in na splošno predstavili sončne elektrarne, njihovo zgodovino, delovanje in samooskrbo z električno energijo. V drugem sklopu smo predstavili osnovne lastnosti gospodinjstva in izračunali potrebno moč sončne elektrarne. V tretjem sklopu smo s pomočjo progama naredili finančni izračun in s komentarji pojasnili pridobljene rezultate.

## 2 SONČNA ELEKTRARNA

Osnovni sestavni element sončne elektrarne so fotovoltaične celice. Fotovoltaične celice pretvarjajo sončno sevanje neposredno v električno energijo na osnovi fotoefekta. Fotoefekt je ustvarjanje prostih elektronov snovi z energijo svetlobe. Materiali, ki so zato najbolj primerni, so polprevodniki, saj imajo dovolj majhno ionizacijsko energijo, da lahko na njih opazno vplivajo že manjše spremembe toplotne energije in osvetlitev s svetlobo. [1]

### 2.1 ZGODOVINA

Začetki pretvarjanja sončne energije v električno segajo v leto 1839, ko je francoski fizik Alexandre Edmund Becquerel odkril, da se električna upornost spremeni, če so celice obsijane s sončnimi žarki. Tako je odkril fotoelektrični pojav. Fotoelektrični pojav je posledica delovanja sončnega sevanja na delce snovi. Med te pojave uvrščamo tudi fotovoltaični pojav. Pri tem pojavu se energija fotonov prenese na elektrone neke snovi. Ta pojav izkoriščamo s sončnimi celicami. To so naprave, ki energijo fotonov spremenijo v električno energijo. [2]



Slika 1: Fotoefekt

(Vir: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric\\_effect.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric_effect.png))

Razvoj sončnih celic je omogočilo odkritje sončne celice iz silicija v Bellovih laboratorijih v ZDA leta 1954. Vendar so te celice imele izkoristek 1–2 %.

Prvo zahtevnejšo uporabo sončne celice zasledimo leta 1958, ko so izstrelili vesoljski satelit Vanguard I, ki je imel majhno polje sončnih celic za napajanje radijskega oddajnika.

Leta 1963 je podjetju Sharp Corporation z Japonske uspelo izdelati prve praktično uporabne fotonapetostne module iz silicijevih sončnih celic. Po letu 1976 zasledimo prve tržne izvedbe modulov.

V Sloveniji so v začetku 80. let prejšnjega stoletja v podjetju Iskra v Zagorju začeli s proizvodnjo silicijevih monokristalnih sončnih celic in modulov, vendar so proizvodnjo kasneje opustili. [2]



*Slika 2: Postavitev prvega modula*

(Vir: [https://support.tigoenergy.com/hc/en-us/article\\_attachments/211617507/ancient\\_solar.png](https://support.tigoenergy.com/hc/en-us/article_attachments/211617507/ancient_solar.png))

## 2.2 PREDNOSTI IN SLABOSTI

Sončne elektrarne imajo številne prednosti prav tako pa tudi mnoge slabosti. Zato se mora vsak posameznik sam odločiti, ali bo njegovo mnenje o njih slabo ali dobro. Kar je jasno, je to, da so za prihodnost zagotovo zelo pomembne. [3]

Prednosti [3][4]:

- med obratovanjem fotonapetostih elektrarn ni izpustov toplogrednih plinov;
- nizki obratovalni stroški;
- tiho delovanje naprav;
- uporaba sončnih celic za manjše elektronske naprave je možna povsod, četudi v bližini ni električnih omrežij (uporaba v pomorstvu, na plovilih, pri aktivnostih v naravi, na oddaljenih lokacijah, vesolju);
- proizvodnja in poraba električne energije sta na istem mestu,
- stroški električne energije se znižajo za cca. 75 %;
- energija sonca je brezplačen vir.

Slabosti [3]:

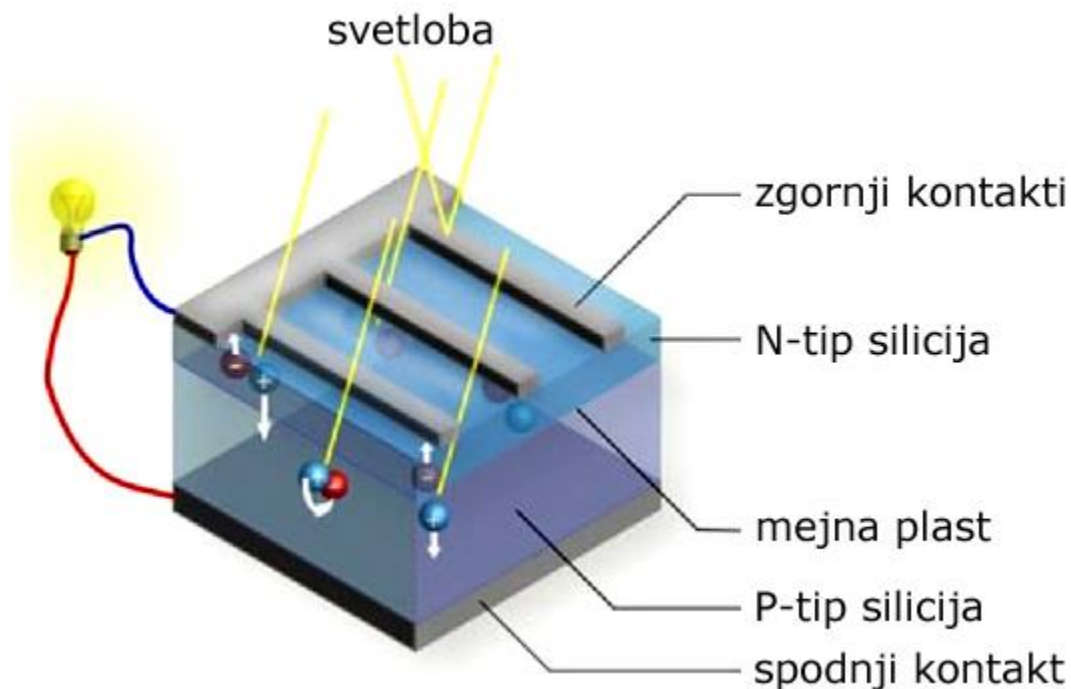
- nezanesljivost vira: proizvodnja je odvisna od sončnega obsevanja ne od trenutnih potreb, zato so potrebni še dodatni zanesljivi viri za pokrivanje razlike in stabilizacijo elektroenergetskega sistema (hidro, termo, jedrske elektrarne);
- nizka razpoložljivost: predvsem na območjih z malo sončnimi dnevi;
- zagotavljanje zanesljive oskrbe z električno energijo iz tega vira;
- visoki začetni stroški;
- sončne elektrarne pogosto bistveno vplivajo na vizualno podobo okolja – tudi zaradi velike površine, ki jo zavzemajo;
- možnost povzročitve požarov na mestih, kjer se nahajajo paneli;
- trenutno je zaradi subvencij OVE (za sončne vire) račun za elektriko v gospodinjstvih višji, kot bi bil v primeru manjšega števila instaliranih sončnih elektrarn;
- težave z razgradnjo celic.

## 2.3 FOTOVOLTAIČNE CELICE

### 2.3.1 Zgradba

Fotovoltaične celice vsebujejo več plasti različnih materialov, ki si od dna proti vrhu sledijo v naslednjem zaporedju [1]:

- spodnji kontakt (skrbi za prevod električnega toka);
- p-tip polprevodnika (primanjkljaj elektronov);
- n-tip polprevodnika (odvečni elektroni);
- zgornji kontakt (skrbi za prevod električnega toka);
- antirefleksna prevleka (skrbi, da se žarki ne odbijajo od celice, s tem dobimo boljši izkoristek);
- steklo (skrbi za zaščito celice).



Slika 3: Zgradba sončne celice

(Vir: <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/201/201-4b.png>)

### 2.3.2 Delovanje

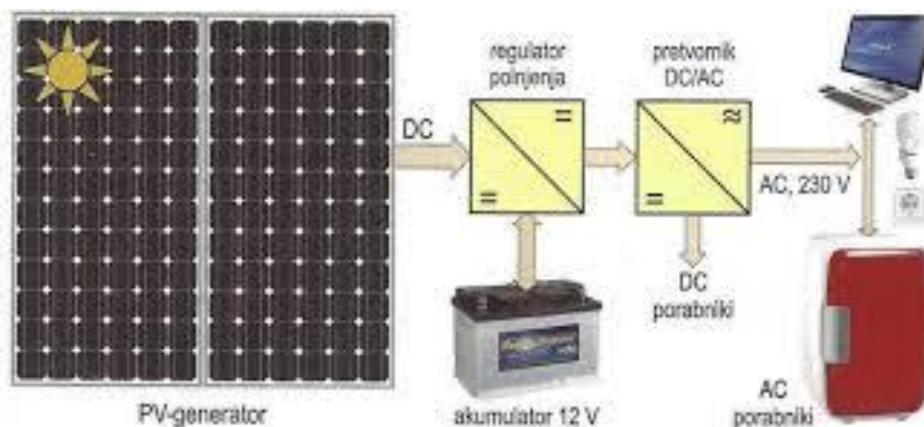
Za razumevanje delovanja sončne celice nujno potrebujemo predznanje o polprevodnikih. Pri sobni temperaturi imajo polprevodniki le malo prosto se gibajočih valenčnih elektronov, zato je njihova prevodnost približno 10<sup>5</sup>-krat manjša kot pri kovinah. Silicij je tipičen predstavnik polprevodnikov in se veliko uporablja v elektroniki. Povezan je z dvojnimi vezmi, ki povezujejo štirivalentne atome. Če dvojne vezi pretrgamo, se prevodnost elementu bistveno poveča. Število prevodnih elektronov povečamo z dopiranjem. To je postopek, pri katerem polprevodniškemu elementu dodamo atome drugih elementov, ki imajo pet ali tri valenčne elektrone. [1]

Silicij lahko dopiramo z borovimi atomi in ustvarijo se vrzeli. Ker želijo borovi atomi izmakniti valenčni elektron siliciju, se ustvari prazen energijski pas malo nad valenčnim pasom. Elektrone brez težav termično vzpodbudimo, zato zapustijo valenčni pas in pustijo v njem prazen prostor. Ti prazni prostori se v povprečju obnašajo kot pozitivni naboji. Temu pravimo p-tip polprevodnika. Silicij dopiramo z arzenom, ki ima en valenčni elektron več kot silicij. Za vezavo s silicijem so potrebni samo štirje elektroni, zato je peti valenčni elektron prost za prevajanje. Temu pravimo n-tip polprevodnika. Polprevodniške diode so tipičen primer polprevodniškega elementa z enim spojem. Če zgoraj omenjeni p in n-tip polprevodnika združimo v enem kristalu, dobimo p-n spoj. Iz območja p prodre nekaj vrzeli v območje n in ujame bližnje elektrone. V n območju imamo obratno situacijo. Iz območja n gre nekaj elektronov v območje p in tam ujame vrzeli. Na tanki plasti območja p nastane primanjkljaj vrzeli, v n področju pa primanjkljaj elektronov. Vrzeli prodrejo iz območja p v območje n in elektroni iz območja n v območje p. Proces se odvija na mikrometer debeli plasti p in n sloja, ki mu pravimo zaporna plast. To je vir enosmerne napetosti med obema območjema z negativnim p in s pozitivnim n priključkom. Svetloba je sestavljena iz fotonov. Fotoni padajo na površino sončne celice in samo absorbirani foton generira električno energijo. Energija fotona se prenese na elektron, ki je v atomu celice. Zaradi dodatne energije gre elektron v prevodni pas in tam postane nosilec toka v električnem tokokrogu. Fotonov in posledično elektronov je veliko, zato na ta način dobimo šibek električni tok in s tem pridobivamo električno energijo s sončnimi celicami. [1]



## 2.4 POVEZOVANJE CELIC

Celice so zaporedno vezane na regulator polnjenja, ta je vezan na akumulator in na pretvornik iz DC v AC, ta pa je nato vezan v DC porabnike in AC porabnike.



Slika 4: Princip delovanja samostojnega PV-sistema

(Vir: [http://solalaporje.splet.arnes.si/files/2015/08/O%C5%A0\\_fizika\\_Izkoristek-fotovoltai%C4%8Dnih-panelov-glede.pdf](http://solalaporje.splet.arnes.si/files/2015/08/O%C5%A0_fizika_Izkoristek-fotovoltai%C4%8Dnih-panelov-glede.pdf))

Celice so velikosti od 10–15 cm in z njihovo močjo lahko napajamo npr. telefon, kalkulator itd., če pa hočemo oskrbovati z njimi kaj več, potrebujemo zato več celic, ki se povezujejo v module (24–96 celic). Moduli imajo moč od nekaj deset W pa do čez 300W. Modul sestavljajo kaljeno steklo, tanka prosojna folija, odporna na UV-žarke, celice, zaščitna folija iz umetne snovi, vse skupaj pa povezuje aluminijast okvir. Ti moduli se nato lahko povezujejo v panele. Paneli se lahko povezuje v omrežne PV-sisteme oz. sončne elektrarne z močjo od nekaj deset kW pa do enega MW. Sončne elektrarne uporabljajo razsmernike, da se lahko priključijo v omrežje.

[1]



Slika 5: Razsmernik

(Vir: <https://www.bolha.com/image-bigger/pretvorniki-razsmerniki/pretvornik-inverter-razsmernik-24v-2000w-max-4000w-mod-sinus-slika-699854.jpg>)

## 2.5 VRSTE CELIC

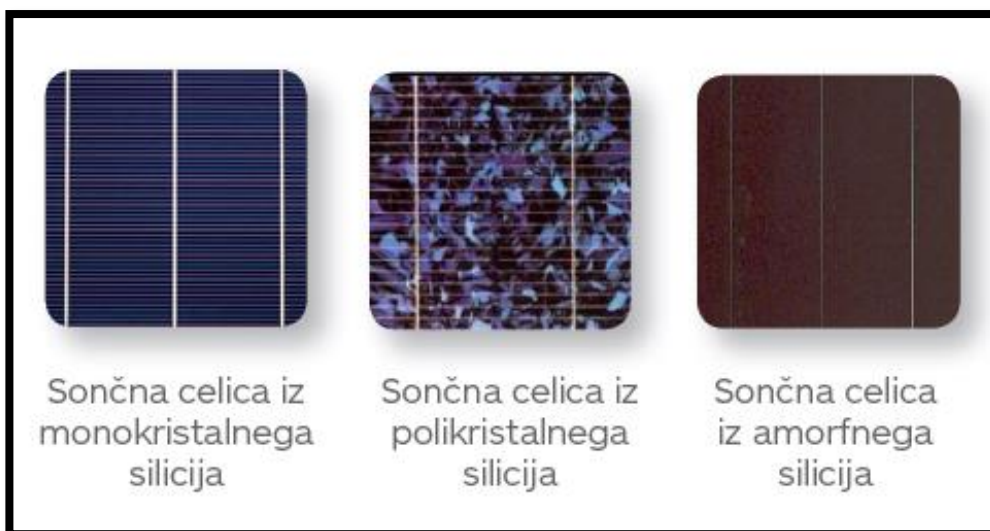
Fotonapetostne celice razlikujemo glede na polprevodni material in izvedbo. Za material se lahko uporabljata:

- silicij,
- germanij.

Različne izvedbe sončnih celic so:

- monokristalna,
- polikristalna,
- amorfna,
- hibridna,
- koncentratorska.

V praksi se največ uporabljajo kristalne silicijeve celice (izkoristek 14–19 %). [1]



*Slika 6: Različne izvedbe sončnih celic*

(Vir : <http://energetskaizkaznica.si/wp-content/uploads/2014/09/fotovoltaika4.png>)

### **2.5.1 Monokristalne celice**

Monokristalne celice prinašajo največji donos. Pridobivajo se iz taline kremenčevega peska v obliki ingota. Narežejo jih na tanke rezine in jih oblikujejo v celico. Njihov donos v laboratoriju znaša do 25 %, v proizvodnji pa med 15–17 %. Rast teh kristalov je zelo počasna, zato so tudi postopki njihovega pridobivanja zelo dragi. Monokristalni moduli so zelo razširjeni, zasedajo 44 % trga. [5]

### **2.5.2 Polikristalne celice**

Medtem ko so monokristalne celice sestavljene iz enega kristala silicija, so polikristalne celice sestavljene iz več kristalov silicija. Tudi te pridobivajo na podoben način, le da ima izvlečen ingot v tem primeru več kristalov. V primerjavi z monokristalnimi celicami je njihova izdelava lažja in cenejša. Polikristalne celice v laboratoriju dajejo okrog 21 % donos, v serijski proizvodnji pa med 13–15 %. Polikristalni moduli spadajo med najbolj razširjene module in zasedajo 50 % trga.

Iz taline lahko izvlečemo tudi tanek trak silicijevih kristalov, kar še dodatno pripomore k cenejši izdelavi sončnih celic. [5]

### 2.5.3 Amorfne silicijeve celice

Amorfne silicijeve celice so med vsemi silicijevimi celicami najcenejše, saj je za učinkovito delovanje potrebna le tanka plast silicija. Donosnost amorfnih silicijevih celic v laboratoriju je 12 %, v serijski proizvodnji pa dajejo te celice 5–8 % donos. [5]

### 2.5.4 Hibridne celice

V praksi so vizualno takšni moduli zelo podobni fotovoltaičnim modulom. Skrivnost se skriva v notranjosti. Na prednji, zunanji strani takšnega modula so nameščene fotovoltaične celice. Na hrbtne strani modula se nahaja poseben toplotni izmenjevalec. Oba dela tvorita kompaktno celoto hibridnega modula. Takšen modul učinkovito pretvarja sončno energijo v električno energijo in hkrati proizvaja še toplotno energijo, ki jo običajno uporabimo za ogrevanje sanitarne vode, bazenov itd.

Hibridne module lahko uporabljamo v kombinaciji z običajnimi fotovoltaičnimi moduli (ti so cenovno ugodnejši), saj se ob pravilni izvedbi od njih ne razlikujejo. Tako lahko na stanovanjski objekt namestimo 2–3 takšne module, kar zadošča namenom ogrevanja sanitarne vode, ostali moduli pa so lahko klasični. [6]

### 2.5.5 Monokristalne ali polikristalne celice?

**Monokristalne celice** imajo pri dobrih pogojih sončnega obsevanja visoke donose. So med najdražjimi. Njihov izkoristek je med 15–19 %.

**Polikristalne celice** so primerne za večje strešne površine in postavitve na prostem. To so moduli, ki se največ uporabljajo in imajo visoke izkoristke med 13–18 %. Polikristalni moduli so izredno primerni za naše podnebje, saj se odlično obnašajo v območju difuzne svetlobe. Na celoletnem nivoju dosežemo s tem tipom modulov tudi do 4 % višje letne donose kot z monokristalnimi. [8]

### 3 SAMOOSKRBA Z ELEKTRIČNO ENERGIJO

Samooskrba z elektriko oz. net metering je dejansko mehanizem obračuna električne energije, katere namen je spodbujanje izgradnje mikro naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov ter porabe v njih proizvedene električne energije na istem mestu. Gre za mehanizem, za katerega se uporablja sistem neto meritev ali neto obračun. Osnovna predpostavka tega koncepta je namreč, da lastniki mikro naprav na obnovljive vire, ki zaradi nestalne proizvodnje iz takih naprav v določenih trenutkih proizvedejo več energije, kot je porabijo, lahko to odvečno energijo oddajo v javno omrežje, iz omrežja pa lahko energijo jemljejo, ko njihove potrebe presegajo proizvodnjo njihove naprave. Net metering se najlepše predstavi na primeru sončnih elektrarn. Slednje v lepih sončnih dneh proizvedejo precejšnje količine energije ravno v urah, ko je poraba navadno nizka. Uporabniki, vključeni v sistem neto meritev, imajo nato možnost te viške energije iz sončne elektrarne porabiti v urah, ko njihova elektrarna ne proizvaja dovolj, to je v zgodnjih jutranjih in večernih urah ter ponoči. Če se zgodi, da je proizvedene električne energije v gospodinjstvu več kot porabljene, zanjo ne dobimo nobenega plačila. To pa predvsem zato, da se prepreči predimenzioniranje elektrarn, kar lahko vodi do neracionalne porabe električne energije. [7]



Slika 7: Net metering

(Vir: [http://solarni-sistemi-wagner.si/novice\\_dosezki/54/samooskrba\\_z\\_elektricno\\_energijo/](http://solarni-sistemi-wagner.si/novice_dosezki/54/samooskrba_z_elektricno_energijo/))

Glavne značilnosti omenjenega sistema so [7]:

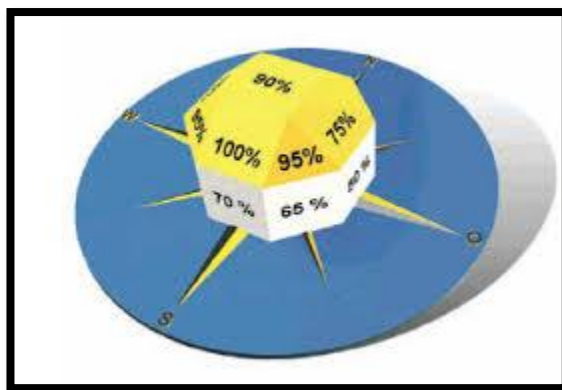
- vključijo se lahko naprave, katerih največja nazivna moč je 11 kVA in ne sme presegati priključne moči iz soglasja za priključitev;
- vključijo se lahko proizvodne naprave, ki izrabljajo sončno, vodno ali vetrno energijo;
- obračunsko obdobje je eno koledarsko leto;
- lastnik naprave za samooskrbo je lahko gospodinjiski odjemalec ali mali poslovni odjemalec;
- morebitna presežna količina oddane električne energije v obračunskem obdobju se neodplačno prenese v last izbranega dobavitelja;
- na letni ravni obstaja omejitev o največji skupni moči priključenih naprav za samooskrbo, ki za gospodinjiske odjemalce znaša 7 MVA, za male poslovne odjemalce pa 3 MVA;
- na mesečni ravni lastniki naprav za samooskrbo plačujejo le omrežnino, prispevke in druge dajatve, ki so vezane na obračunsko moč.

### **3.1 KAKŠNA STREHA JE PRIMERNA ZA NAMESTITEV SONČNE ELEKTRARNE**

Streha, primerna za izgradnjo sončne elektrarne, je orientirana proti jugovzhodu, na jug ali jugozahod in ima naklon med 20–60°. Površina PV modulov ne sme biti na noben način osenčena saj s tem zelo zmanjšamo učinkovitost elektrarne.

Optimalni pogoji postavitve: orientacija na jug z naklonom strehe 30–35°. Kadar je naklonski kot večji ali manjši se upoštevajo izgube v višini 5 %. Za fasadne sisteme z vertikalno postavitvijo velja, da je letni izplen nižji za 30 %.

Pri postavitvah na ravne strehe so možne tako imenovane žagaste postavitve, na trgu pa so tudi posebni sistemi za ravne strehe. [8]



Slika 8: Izkoristek SE glede na postavitev

(Vir: <https://encrypted->

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRr09pYGeUZssv1X3zT2FxFkCeHWIHEidVrDGEYoGgUNYXjhAGI](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRr09pYGeUZssv1X3zT2FxFkCeHWIHEidVrDGEYoGgUNYXjhAGI))

### 3.2 KDO LAHKO POSTANE LASTNIK SONČNE ELEKTRARNE

Lastnik sončne elektrarne lahko postane vsak, tako pravna kakor tudi fizična oseba. Kot prednost pa si lahko vsekakor štejejo, če že imamo dostop do ustrezne strehe ali zemljišča. Električno energijo, pridobljeno na takšen način, lahko nato ali pošiljamo v električno omrežje ali jo prodajamo in ustvarjamo dobiček. Druga možnost pa je samooskrba z električno energijo.

Če se odločimo za model prodaje elektrike, se nam investicija v sončno elektrarno povrne v cca. 15 letih (odvisno od velikosti). Tako bomo v prvih letih odplačali investicijo, po izteku teh 15 let pa bomo lahko na trgu nastopali kot neodvisen ponudnik električne energije in jo prodajali po tržni ceni. Pričakovana uporabna doba sončnih elektrarn je pri večini ponudnikov okoli 30 let. V primeru prodaje energije gre za pridobitno dejavnost in je v ta namen potrebno odpreti podjetje (s. p. ali d. o. o.).

Za manjše elektrarne je trenutno kot alternativa prodaji energije zelo aktualna opcija samooskrbe z električno energijo. To pomeni, da se običajno zgradi elektrarna velikosti do 11 kVA oziroma toliko, kot jo potrebujemo, ki pokriva potrebe gospodinjstva po električni energiji.

Na takšen način prihranimo na mesečnem strošku za energijo. Prihranimo pa ne zgolj na sami ceni energije, ampak tudi na vseh "dodatkih" na računu, ki so vezani na količino proizvedene energije. Naš mesečni račun bo torej občutno manjši. Ker v tem primeru ne gre za prodajo energije, registracija podjetja in s tem povezani stroški niso potrebni. Pri manjših elektrarnah to predstavlja zelo pomemben prihranek. Takšna investicija se lahko povrne že v 7 do 10 letih. Življenjska doba dobre sončne elektrarne pa je, kot omenjeno, tudi 30 in več let.

Dejanska donosnost investicije ni odvisna le od velikosti elektrarne, ampak tudi od izbire ustreznih fotovoltaičnih modulov in drugih elementov, ki tvorijo sistem sončne elektrarne. Odvisna je tudi od ustreznega vzdrževanja, ki ga lastniku omogoča ponudnik. Vedeti je treba, da lahko visoka učinkovitost in daljša obratovalna doba k skupni donosnosti prispevata več kot zgolj manjša začetna investicija. [9]

### **3.3 NAČINI FINANCIRANJA**

Sončna energija je brezplačna, vendar pa investicija v sončno elektrarno pomeni velik zalogaj za gospodinjstvo. Veliko gospodinjstev si za postavitev elektrarne vzame kredit. Nekateri jo postavijo z lastnimi prihranki. Država pomaga pri financiranju sončnih elektrarn z nepovratnimi sredstvi ter z eko krediti.

#### **3.3.1 Nepovratna sredstva**

»Projekti, kot so okoljski in energetski projekt in so povezani z obnovljivimi viri energije, imajo možnost pridobiti nepovratna sredstva. Za ta sredstva lahko zaprosijo vse fizične osebe.« (Vir: <http://www.plan-net-solar.si/soncne-elektrarne-na-kljuc/financiranje/>)

Za sončno elektrarno lahko tako dobimo 180 € na kW nazivne moči, vendar znesek ne sme presegati 20 % zneska celotne naložbe. Poleg tega nam mora elektrarno postaviti pooblaščen izvajalec v skladu z zakonodajo. Oprema ne sme biti rabljena ali prototipna. [10]



### 3.3.2 Eko krediti

Pri Eko skladu lahko najamemo kredit. Ti krediti imajo odplačilno dobo 10 let. Obrestna mera eko kredita je spremenljiva. Sestavljena je iz trimesečnega euribora in pribitka 1,3 %.

To pomeni, da bi v 10 letih za 40.000 € eko kredita državi morali preplačati približno 4.000 €, kar je v večini primerov ceneje kot pri banki. Vendar se je, zlasti v primeru, ko gre za večji kredit, vredno pozanimati tudi pri drugih bankah, kjer morda najdemo ugodnejše kreditne pogoje.

Za eko kredit lahko zaprosimo pri izgradnji sončnih, vodnih ali vetrnih elektrarn do nazivne moči 50kW. [11]

<p>71SUB-SO19</p> <p><b>Subvencija</b></p> <p>Subvencija za <b>Samostojne naložbe</b></p> <p>Omejitev višine spodbude <b>Do največ 80 % vsote priključnih moči odjemnih mest</b></p> <p>Višina subvencije <b>180,00 EUR za 1 kVA</b></p> <p>Pogoj za oddajo vloge <b>Pred pričetkom del</b></p>	<p>65OB19</p> <p><b>Kredit</b></p> <p>Kredit za <b>Samostojne naložbe</b></p> <p>Obrestna mera <b>trimesečni EURIBOR +1,3 %</b></p> <p>Višina kredita <b>najmanj 1.500 EUR</b></p> <p>Odplačilna doba <b>največ 10 let</b></p>
---	--

Slika 9: Subvencije eko sklada

(vir: <https://ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/mikro-soncne-elektrarne>)

Slika 10: Eko kredit

(Vir: <https://www.ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/male-soncne-vetrne-in-vodne-elektrarne>)

### 3.3.3 Financiranje v domačem gospodinjstvu

Pri nas doma smo se odločili, da bi izgradnjo sončne elektrarne financirali z lastnimi prihranki. V elektrarno smo pripravljene investirati do 10.000 €. Ker ne bi investirali s pomočjo kredita, bi se nam investicija povrnila v krajšem času.

### 3.4 SONČNE ELEKTRARNE ZA LASTNO UPORABO

Sončne elektrarne za lastno uporabo so elektrarne, ki jih postavimo sami doma in v omrežje ne oddajamo električne energije, ampak jo doma shranjujemo v akumulatorjih. [12]

Za izgradnjo takšne elektrarne potrebujemo [13]:

- fotovoltaične panele,
- razsmernik,
- akumulatorje,
- solarne konektorje,
- varovalko,
- povezovalne kable,
- nosilno konstrukcijo.



*Slika 11: Solarni komplet*

(Vir: <http://www.eurodiskont.si/shop/solarna-energija/solarni-kompleti/solarni-komplet-sole-2240w-5000w-mppt.html>)

Takšne elektrarne se v večini uporabljajo za vikende in počitniške hišice.

Prednost tovrstne elektrarne je zagotovo nižja cena, saj bi bilo treba za 2,2 kW skupne moči takšne elektrarne na slovenskem trgu odšteti približno 3,300 €. To je precej manj kot pa pri večini ponudnikov, ki se ukvarjajo z namestitvijo SE, pri katerih se cene gibljejo med 2.000 in 3.000 €/kW. [13]

Slabosti takšne elektrarne so, da potrebujemo kar nekaj znanja o elektrotehniki in da imajo takšne elektrarne navadno manjši izkoristek. Poleg tega tudi ne moremo zaprositi za nepovratna sredstva ali eko kredit.

Investicija v tovrstne elektrarne je veliko bolj tvegana, saj jih ne moremo zavarovati, poleg tega navadno tudi ni garancije na komponente, kar lahko privede do višjih stroškov vzdrževanja. Najbolj kritični del so akumulatorji, saj se stalno praznijo in polnijo in jih je treba zato večkrat menjati.

## 4 STATISTIKA HIŠE

### 4.1 PORABA IN STROŠKI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Poraba električne energije v našem gospodinjstvu ni zelo visoka, saj smo v gospodinjstvu samo 4 člani, poleg tega pa za ogrevanje prostorov uporabljamo kotel na polena, ki za delovanje uporablja minimalno količino električne energije.

*Tabela 1: Poraba električne energije v kWh za leti 2018 in 2019*

Mesec	Poraba električne energije v kWh v letu 2018	Poraba električne energije v kWh v letu 2019
Januar	431	370
Februar	410	299
Marec	384	301
April	339	298
Maj	368	332
Junij	371	316
Julij	372	321
Avgust	308	343
September	340	331
Oktober	402	311
November	335	329
December	515	364
<b>Skupaj</b>	<b>4575</b>	<b>3915</b>

Povprečna poraba na leto v zadnjih dveh letih je torej 4245 kWh, vendar je sedanja poraba manjša, saj smo v gospodinjstvu le štirje, prej nas je bilo 5 in se je uporabljajo

še eno dodatno stanovanje. Realna povprečna letna poraba je tako sedaj bolj primerljiva z letom 2019, kar pomeni, da znaša okoli 3900 kWh na leto.

*Tabela 2: Višina stroškov za električno energijo v letih 2018 in 2019*

<b>Mesec</b>	<b>Višina stroškov za električno energijo v letu 2018 v evrih</b>	<b>Višina stroškov za električno energijo v letu 2019 v evrih</b>
Januar	69,58	61,99
Februar	62,26	62,33
Marec	60,02	53,66
April	54,89	53,84
Maj	58,02	57,36
Junij	58,49	55,36
Julij	59,45	57,08
Avgust	52,39	59,27
September	55,71	57,62
Oktober	62,16	55,19
November	54,78	62,83
December	57,67	60,68
<b>Skupaj</b>	<b>705,42</b>	<b>697,21</b>

Letno pri nas porabimo za okoli 700 € električne energije vključno z vsemi dajatvami, stroški priklopa ter davki. Povprečni mesečni strošek torej znaša približno 58 €.

## 4.2 VEČJI PORABNIKI

V gospodinjstvu je nekaj večjih porabnikov, vendar se je pri njihovem nakupu vedno upoštevalo, da morajo biti čim bolj varčni. Največji porabniki so tisti, ki vsebujejo grelce. V gospodinjstvu so ti porabniki naslednji:

Tabela 3: Večji porabniki v gospodinjstvu

Porabniki	Moč v kW
Pralni stroj	1
Pečica s kuhhalno ploščo	1,6
Sušilni stroj	0,9
Pomivalni stroj	0,9
Toplotna črpalka	2
<b>Skupaj</b>	<b>6,4</b>

Največjo moč v gospodinjstvu ima toplotna črpalka, vendar se uporablja le za ogrevanje sanitarne vode v poletnem času oz. v času, ko ni potrebe po ogrevanju prostorov, zato letno porabi zelo malo električne energije. Za ogrevanje uporabljamo kotel na polena, kar je tudi eden izmed razlogov za nižjo porabo.



Slika 12: Toplotna črpalka

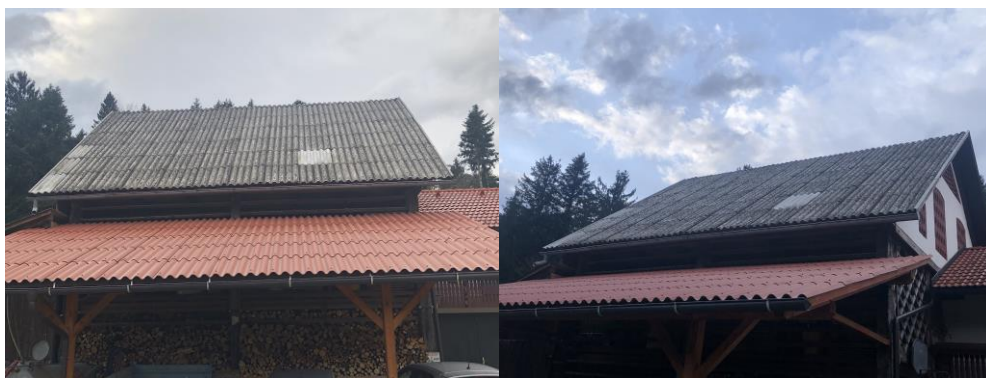
(Vir: osebni arhiv)

### 4.3 PODATKI O STREHI

Možnost postavitve SE je na strehi gospodarskega objekta in na strehi nadstreška. Obe strehi sta obrnjeni proti jugovzhodu kar ni najbolj optimalno, vendar je to v našem primeru najboljši položaj. Vse druge strehe so obrnjene proti severozahodu, vzhodu in zahodu ali so osenčene večji del dneva.

Streha nadstreška ima naklon  $20^\circ$ , streha gospodarskega objekta pa  $40^\circ$ . Zaradi tega je streha na gospodarskem objektu malce bolj primerna za izgradnjo SE, čeprav nima optimalnega naklona  $30^\circ$ – $35^\circ$ .

Površina strehe gospodarskega objekta je  $67 \text{ m}^2$ , tako da je na njej dovolj prostora za SE, ki bi pokrivala potrebe gospodinjstva.



*Slika 13: Streha, na kateri bi bila nameščena sončna elektrarna*

*(Vir: osebni arhiv)*

Kritina, s katero je streha prekrita, je valovitka in bi jo bilo treba pred potencialno namestitvijo SE zamenjati.

Na spodnji sliki je viden primeren položaj za postavitev sončne elektrarne na jugovzhodni strani strehe gospodarskega objekta.



*Slika 14: Satelitska slika strehe*

*(Vir: <https://www.google.com/maps/@46.3004678,14.9323398,14z>)*



## **5 ANALIZA MOŽNE POSTAVITVE SONČNE ELEKTRARNE**

### **5.1 POTREBNA MOČ SONČNE ELEKTRARNE**

Na naklonjenih strehah, ki so obrnjene povsem proti jugu, bomo na vsak instaliran kW sončnih modulov letno proizvedli med 1.050 in 1.100 kWh električne energije. [14]

Glede na to, da je naša streha obrnjena na jugovzhod, se upoštevajo še 5 % izgube.

Izgube zaradi prevelikega naklona strehe znašajo še nadaljnjih 5 %.

S tem izvemo, da imamo 10 % skupnih izgub, kar pomeni, da bomo na leto proizvedli med 945 in 990 kWh električne energije.

Ker pri nas doma letno porabimo 4.000 kWh električne energije, to pomeni, da bi potrebovali elektrarno moči med 4,2 kW in 4 kW. Ker pa pričakujemo v prihodnje manjšo porabo, bomo predpostavili sončno elektrarno z močjo 4 kW.

### **5.2 PONUDNIKI**

V Sloveniji imamo kar nekaj ponudnikov sončnih elektrarn. Spodaj so zapisani priljubljeni in pogosto izbirani ponudniki, tem smo tudi poslali povpraševanje:

- Enertec d.o.o.,
- Sonel d.o.o.,
- GEN-I, d.o.o.,
- Petrol, d.d.,
- Termo Shop d.o.o.,
- ENERTRON D.O.O. [15]

Navedenim ponudnikom smo poslali povpraševanja po ceni za naš primer, vendar smo dobili odgovor le od podjetja Enertron d.o.o., pri katerem bi za 4 kW sončno elektrarno na ključ odšteli približno 8.500 €. V to ceno je vključen tudi nadzor elektrarne in 25 let garancije.

Ker bi za 4 kW elektrarno prejeli 720 € nepovratnih sredstev, bi nas takšna elektrarna stala 7.780 €.

Če bi sončno elektrarno postavili sami, bi zanjo odšteli približno 6.600 €, vendar ne bi imeli garancije, poleg tega pa bi morali vsakih nekaj let zamenjati akumulatorje. Ob upoštevanju dejstva, da solarni akumulatorji stanejo okoli 350 € in jih je potrebno menjati na približno 5 let, za shranjevanje električne energije za gospodinjstvo pa potrebujemo vsaj 4, bi morali vsakih 5 let odšteti še dodatnih 1.400 €.

S tem smo ugotovili, da se v našem primeru bolj izplača sončna elektrarna na ključ.

### **5.3 SONČNA ELEKTRARNA NA KLJUČ**

Sončna elektrarna na ključ pomeni, da se vse aktivnosti uredijo pri enem ponudniku: od začetnih vprašanj glede cene in izračunov, projektne dokumentacije in dovoljenj, preko financiranja, subvencije eko sklada, morebitnega zavarovanja pa vse do končane izvedbe in vzdrževanja montirane sončne elektrarne.

Večina ponudnikov ima tudi možnost nadziranja in upravljanja sončne elektrarne na daljavo preko spletnih aplikacij.

### **5.4 NETO SEDANJA VREDNOST (NSV)**

Neto sedanja vrednost predstavlja razliko med sedanjo vrednostjo investicije in sedanjo vrednostjo neto denarnih tokov te investicije.

Koncept neto sedanje vrednosti se uporablja za ocenjevanje ekonomske upravičenosti dolgoročnih projektov in za izbiro najustreznejšega med več projekti z različnimi denarnimi tokovi.

Pomembni podatki za izračun NSV so:

- Denarni tok (DT). Denarni pritoki se v formuli pojavljajo kot pozitivne vrednosti, denarni odtoki (začetna investicija in morebitni kasnejši stroški) pa kot negativne.

- Diskontna stopnja (r). Diskontna stopnja predstavlja tveganost projekta.
- Posamezno časovno obdobje (t).

Formula za izračun neto sedanje vrednosti:

$$NSV = \sum_{t=0}^n \frac{DT_t}{(1+r)^t}$$

Investitor mora, če izbira med več projekti, iz finančnega vidika izbrati projekt z najvišjo NSV.

Če je NSV negativna, se nam investicija ne povrne, kar pomeni, da naložba ni sprejemljiva. Pozitiven NSV pa pomeni sprejemljivo naložbo. [16]

## **5.5 EKONOMSKA UPRAVIČENOST POSTAVITVE SONČNE ELEKTRARNE V PRIMERU PRODAJE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

### **5.5.1 Programski paket RETScreen**

RETScreen programsko orodje je izdelala kanadska vlada z namenom delovanja programa za reševanje klimatskih razmer, zmanjševanje izpustov v ozračje, izrabo obnovljivih virov energije, oceno proizvodnje energije, varčevanje z energijo, prikaz stroškov v času življenjske dobe projektov, tveganje za različne vrste energetske učinkovitih tehnologij. Z njegovo pomočjo lahko pridemo do podrobne analize projekta, ki se uporablja po vsem svetu. Omogoča tehniško in ekonomsko analizo, poleg tega pa tudi oceno zmanjšanja toplogrednih plinov. Ker se v današnjih časih vedno bolj pojavlja zanimanje za obnovljive vire energije, so se skladno s tem razvile tudi različne verzije programa RETScreen, kot je na primer program RETScreen 4, ki ga bomo uporabljali pri tej raziskovalni nalogi. [17]

Program je namenjen izdelavi novih in izboljšanju obstoječih projektov. Program je namenjen študijam, usposabljanju ljudi, pridobivanju znanja ter boljšemu razumevanju tehničnih in finančnih zmogljivosti možnih projektov, vsebuje tudi podatke o proizvodih, stroških in klimatske podatke. RETScreen znatno zmanjšuje stroške, ki nastanejo v fazah predinvesticijskih raziskav, študije izvedljivosti projekta, izbire opreme itd. Programsko orodje uporablja več kot 250.000 uporabnikov po vsem svetu, poleg tega je dostopno v 35 jezikih, kar pokriva 2/3 celotne človeške populacije

na svetu. Program je zelo priljubljen tudi po univerzah, uporabljajo ga kar na 270 univerzah. Program je na voljo v brezplačni različici na uradni strani programa. [17]

Program RETScreen omogoča tudi podrobno ekonomsko vrednotenje načrtovanih sistemov. Narejen je v programskem okolju MS Excel. Program RETScreen je torej programsko orodje, ki v splošnem omogoča analizo projektov oz. nam omogoča izračune in prikaze:

- energetskega modela ( Energy model),
- hidrološkega modela in izračun obremenitve (Hydrology & load) v primeru gradnje HE,
- podatkov o opremi (Equipment data),
- analize stroškov (Cost analysis),
- analize vplivov na okolje/emisij (GHG analysis),
- finančnega povzetka (Financial summary),
- občutljivosti in tveganja (Sensitivity).

Pomembne prednosti uporabe tega programa so vgrajene baze meteoroloških podatkov in podatki o učinkovitostih proizvajalcev s celega sveta. Med drugim lahko s pomočjo tega programa ocenimo količino proizvedene energije na določeno časovno enoto. V pomoč nam je lahko npr. pri izgradnji sončne elektrarne, saj mu preko vhodnih podatkov nastavimo določene parametre, ki jih predčasno ugotovimo glede na naše razmere, ta pa nam opravi tako finančni kot tudi strojni del izračuna. Obstajajo tudi različice programa, ki so namenjene vetrnim elektrarnam in malim vodnih elektrarnam. Model vključuje tudi izkustvene enačbe za izračun izkoristka različnih vrst turbin. [18]

Ko začnemo z izračunom v programskem paketu RETScreen, moramo najprej izpolniti prve tri strani. Nato sledi analiza stroškov in pa tabela finančnega povzetka. Preko analize vplivov na okolje ugotovimo, kakšen bo vpliv projekta na okolico. Tabele se vedno izpolnjujejo od zgoraj navzdol, ta postopek večkrat ponovimo, saj le tako pridemo do najboljših rezultatov.

Kot je bilo omenjeno že zgoraj, RETScreen znatno zmanjšuje stroške, ki nastanejo v fazah predinvesticijskih raziskav, študije izvedljivosti projekta, izbire opreme in podobno, saj z njim dobimo zelo natančne rezultate projektov.

### 5.5.2 Finančni izračun

Za finančni preračun smo uporabili programsko opremo RETScreen 4.

V programu najprej vpišemo osnovne podatke. Elektrarna bo stala v Nazarjah. Pri rubriki podnebje smo upoštevali podnebne podatke za kraj Ljubljana Brnik, saj je od vseh krajev, ki so na izbiro, nam najbližji.

<b>Project information</b>		<a href="#">See project database</a>
Project name	raziskovalna naloga	
Project location	Nazarje	
Prepared for		
Prepared by	Matevž Kokovnik, Nejc Bobnič	
Project type	Power	
Technology	Photovoltaic	
Grid type	Central-grid	
Analysis type	Method 2	
Heating value reference	Higher heating value (HHV)	
Show settings	<input checked="" type="checkbox"/>	
Language - Langue	English - Anglais	
User manual	English - Anglais	
Currency	Euro	
Units	Metric units	
<b>Site reference conditions</b>		<a href="#">Select climate data location</a>
Climate data location	Ljubljana/Brnik	

Slika 15: Osnovni parametri

(Vir: Osebni arhiv)

Uporabljali bomo fiksni sistem (Solar tracking mode: fixed), naklon (slope) naše strehe je 40°. Azimut za Slovenijo znaša 45°. Iz Poročila o stanju na področju

energetike v Sloveniji v letu 2018 smo razbrali podatek za ceno električne energije (Electricity export rate), in sicer 56,4 €/MWh. [19]

Analysis type:  Method 1,  Method 2

Resource assessment: Solar tracking mode: Fixed

Slope: 40.0  
Azimuth: 45.0

Show data

Month	Daily solar radiation - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Daily solar radiation - tilted kWh/m <sup>2</sup> /d	Electricity export rate €/MWh	Electricity exported to grid MWh
January	1,51	2,42	56,4	0,240
February	2,44	3,42	56,4	0,302
March	3,51	4,14	56,4	0,397
April	4,24	4,37	56,4	0,399
May	5,16	4,90	56,4	0,453
June	5,32	4,90	56,4	0,434
July	5,39	5,04	56,4	0,456
August	4,81	4,79	56,4	0,433
September	3,56	3,90	56,4	0,348
October	2,24	2,78	56,4	0,263
November	1,47	2,19	56,4	0,206
December	1,17	1,89	56,4	0,187
<b>Annual</b>	<b>3,41</b>	<b>3,73</b>	<b>56,35</b>	<b>4,118</b>

Annual solar radiation - horizontal: MWh/m<sup>2</sup> 1,24  
Annual solar radiation - tilted: MWh/m<sup>2</sup> 1,36

Slika 16: Vpis kotov in cene električne energije

(Vir: Osebni arhiv)

Izbrali smo polikristalne silicijeve celice podjetja Bisol tipa poly-Si – BMU/245 s skupno močjo 3,92 in s 16 moduli z izkoristkom 15 %. Predpostavimo še dodatne izgube zaradi snega in onesnaženosti, kar znaša 2 %, temu pa dodamo še izgube zaradi orientacije proti jugovzhodu, kar znaša še dodatnih 5 %, to pomeni 7 % skupnih izgub. Moč razsmernika je enaka kot moč elektrarne. Pri tem upoštevamo izkoristek razsmernika 92 % in pa izgube pri pretvorbi 2 %.

Photovoltaic			
Type		poly-Si	
Power capacity	kW	3,92	
Manufacturer		Bisol	
Model		poly-Si - BMU/245	16 unit(s)
Efficiency	%	15,0%	
Nominal operating cell temperature	°C	45	
Temperature coefficient	% / °C	0,40%	
Solar collector area	m²	26	
Miscellaneous losses	%	7,0%	
Inverter			
Efficiency	%	92,0%	
Capacity	kW	3,9	
Miscellaneous losses	%	2,0%	
Summary			
Capacity factor	%	12,8%	
Electricity exported to grid	MWh	4,393	

Slika 17: Izbira sončnih celic in nastavitev izgub

(Vir: Osebni arhiv)

V naslednjem koraku določimo stroške pri takšni investiciji, kar pomeni 7.780 € za elektrarno.

Settings						
<input checked="" type="radio"/> Method 1	<input checked="" type="radio"/> Notes/Range	Notes/Range				
<input type="radio"/> Method 2	<input type="radio"/> Second currency	None				
	<input type="radio"/> Cost allocation					
Initial costs (credits)						
	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs	
<b>Feasibility study</b>						
Feasibility study	cost			€ -		
Subtotal:				€ -	0,0%	
<b>Development</b>						
Development	cost			€ -		
Subtotal:				€ -	0,0%	
<b>Engineering</b>						
Engineering	cost			€ -		
Subtotal:				€ -	0,0%	
<b>Power system</b>						
Photovoltaic	kW	3,92		€ -		
Road construction	km			€ -		
Transmission line	km			€ -		
Substation	project			€ -		
Energy efficiency measures	project			€ -		
User-defined	cost	1	€ 7.780	€ 7.780		
Subtotal:				€ 7.780	100,0%	
<b>Balance of system &amp; miscellaneous</b>						
Spare parts	%			€ -		
Transportation	project			€ -		
Training & commissioning	p-d			€ -		
User-defined	cost			€ -		
Contingencies	%		€ 7.780	€ -		
Interest during construction			€ 7.780	€ -		
Subtotal:				€ -	0,0%	
<b>Total initial costs</b>				€ 7.780	100,0%	

Slika 18: Vpis stroškov začetne investicije

(Vir: Osebni arhiv)

Poleg tega moramo upoštevati še vsakoletne stroške zavarovanja, ki znašajo 35 €, in stroške vzdrževanja, ki znašajo 100 €.

Annual costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
<b>O&amp;M</b>				
Parts & labour	project	1	€ 100	€ 100
zavarovanje	cost	1	€ 35	€ 35
Contingencies	%		€ 135	€ -
Subtotal:				€ 135

Slika 19: Vpis dodatnih stroškov

(Vir: Osebni arhiv)

Ko določimo vse stroške, moramo vpisati še vse podatke, ki so pomembni za vrednotenje investicije. Ti podatki so inflacija (inflation rate) 1,9 %, diskontna stopnja (discount rate) 5 % in življenjska doba projekta (project life) 30 let.

Financial parameters			
<b>General</b>			
Fuel cost escalation rate	%		4,0%
Inflation rate	%		1,9%
Discount rate	%		5,0%
Project life	yr		30

Slika 20: Finančni parametri

(Vir: Osebni arhiv)

Po vpisu vseh podatkov dobimo rezultate, koliko bomo prihranili letno. V našem primeru je to 248 € letno.

Annual income			
<b>Electricity export income</b>			
Electricity exported to grid	MWh		4
Electricity export rate	€/MWh		56,35
Electricity export income	€		248
Electricity export escalation rate	%		

Slika 21: Letni prihranki

(Vir: Osebni arhiv)



Spodaj so zapisani vsi stroški ter prihranki. Vidimo lahko ceno začetne investicije 7.780 €, letne stroške 135 € in letne prihranke 248 €.

<b>Project costs and savings/income summary</b>			
<b>Initial costs</b>			
Power system	100,0%	€	7.780
Balance of system & misc.	0,0%	€	0
<b>Total initial costs</b>	<b>100,0%</b>	<b>€</b>	<b>7.780</b>
<b>Annual costs and debt payments</b>			
O&M		€	135
Fuel cost - proposed case		€	0
<b>Total annual costs</b>		<b>€</b>	<b>135</b>
<b>Periodic costs (credits)</b>			
<b>Annual savings and income</b>			
Fuel cost - base case		€	0
Electricity export income		€	248
<b>Total annual savings and income</b>		<b>€</b>	<b>248</b>

Slika 22: Stroški in prihranki

(Vir: Osebni arhiv)

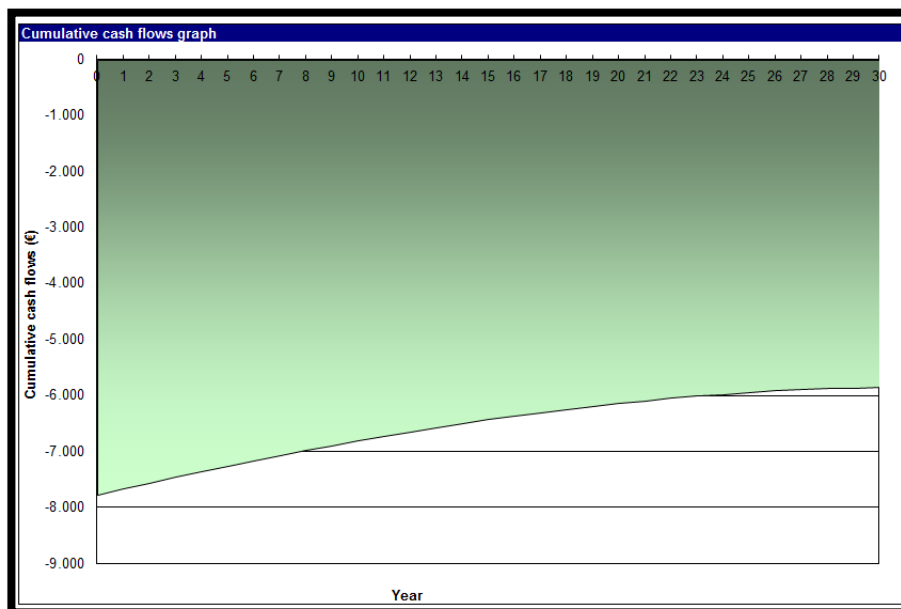
V delu o finančnem stanju projekta vidimo, da takšen projekt ni finančno sprejemljiv, saj je neto sedanja vrednost (net present value) negativna, in sicer -6.606 €.

Financial viability		
Pre-tax IRR - equity	%	-9,2%
Pre-tax IRR - assets	%	-9,2%
After-tax IRR - equity	%	-9,2%
After-tax IRR - assets	%	-9,2%
Simple payback	yr	69,1
Equity payback	yr	> project
Net Present Value (NPV)	€	-6.606
Annual life cycle savings	€/yr	-430
Benefit-Cost (B-C) ratio		0,15
Energy production cost	€/MWh	154,19
GHG reduction cost	€/tCO2	498

Slika 23: Finančno stanje investicije

(Vir: Osebni arhiv)

V kumulativnem grafu toka denarja je prav tako jasno razvidno, da se nam investicija ne povrne in naredimo veliko izgubo.



Slika 24: Kumulativni graf pretoka denarja

(Vir: Osebni arhiv)

Da bi se nam investicija povrnila v času delovanja bi morala biti odkupna cena električne energije 101 €/MWh. V primeru pa, da hočemo, da se investicija povrne v 15-tih letih pa bi morala biti odkupna cena 154 €/MWh, v tem primeru bi imeli po 30-tih letih približno 7.000 € dobička.

## **5.6 FINANČNI IZRAČUN V PRIMERU SAMOOSKRBE**

V primeru, da električne energije ne oddajamo v omrežje bi na letni ravni privarčevali približno 700 €. Za elektrarno bi odšteli 7.780 € za nakup ter namestitev. Poleg tega bi za prvih 15-tih let, to je v času, ko je izkoristek SE najboljši, odšteli približno 2.025 € za zavarovanje in vzdrževanje. To pomeni, da bi nas elektrarna za prvih 15-tih let delovanja stala 9.805 € .

Na ta način bi letno pri stroških električne energije privarčevali približno 700 €, kar pomeni, da bi v 15 letih prihranili približno 10.500 € .

Tako ugotovimo, da bi v 15-tih letih prihranili približno 700 €, če se cena električne energije ne spremeni.

Takšna investicija se nam bolj izplača kot, če električno energijo prodajamo. Saj se investicija povrne v približno 14-tih letih. Vendar pa se takšna investicija vseeno ne izplača saj je odplačilna doba predolga. V primeru, če pa bi se začeli ogrevati z toplotno črpalko pa bi letno porabili več električne energije, zaradi tega bi potrebovali močnejšo elektrarno in investicija bi se v tem primeru povrnila prej.

## 6 PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVANJA

Prva hipoteza, da bi bila investicija v sončno elektrarno za naše gospodinjstvo bila manjša od 10.000 € drži, saj bi zanjo od šteli 8.500 € brez nepovratnih sredstev, z njimi pa 7.780 €.

Druga hipoteza, da se investicija bolj izplača, če elektrarno postavimo sami in ne oddajamo električne energije v omrežje, ne drži. Ugotovili smo namreč, da bi nas takšna elektrarna stala 6.600 € poleg tega bi morali vsakih 5 let odšteti še dodatnih 1.400 € za akumulatorje. Tako ugotovimo, da bi že po prvi menjavi akumulatorjev za takšno elektrarno odšteli več kot za elektrarno na ključ.

Tretja hipoteza, da se nam investicija prej povrne, če električne energije ne prodajamo ampak jo uporabljamo samo za samooskrbo drži. Ugotovili smo namreč, da bi se nam v primeru samooskrbe investicija povrnila v 14 letih. V primeru prodaje se nam investicija v času delovanja elektrarne ne povrne, saj je elektrarna premajhna poleg tega so odkupne cene električne energije prenizke.

Zadnja hipoteza, da se investiranje v sončno elektrarno v našem primeru povrne, drži. Vendar samo, če vzamemo sončno elektrarno na ključ in jo imamo samo za samooskrbo. Vendar smo ugotovili, da bi tudi v tem primeru zato potrebovali 14 let, kar je za takšno investicijo predolga doba. V primeru, da pa bi uporabljali toplotno črpalko tudi za ogrevanje bi imeli večjo porabo električne energije zato bi potrebovali močnejšo sončno elektrarno, kar pomeni, da bi se investicija povrnila v krajšem času in bi bila ekonomsko bolj upravičena.

## 8 ZAKLJUČEK

Raziskave so pokazale, da se nam ne splača investirati v sončno elektrarno za prodajo ne izplača, saj se nam ne povrne v času delovanja in bi imeli celo izgubo. V primeru, če bi sončno elektrarno uporabljali za samooskrbo pa bi se investicija povrnila v približno 14 letih.

Prihodnost je v obnovljivih virih energije, saj fosilnih goriv zmanjkuje, poleg tega pa tudi zelo onesnažujejo okolje. Najboljši obnovljivi vir je sonce, saj ga imamo na voljo neomejeno in je najmočnejši izvor obnovljive energije, poleg tega je sončna energija tudi brezplačna. Investicija v sončno elektrarno je velik finančni zalogaj. Komponente zanje so precej drage, vendar se zaradi hitrega razvoja na tem področju cene znižujejo, izkoristek pa je vedno višji. V Sloveniji se delež električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov, viša, vendar za enkrat še ne moremo brez fosilnih goriv. Obnovljivi viri so namreč v večini primerov nezanesljivi viri energije. To še posebej velja za sonce, saj ga v trenutkih, ko bi ga z vidika pridobivanja električne energije najbolj potrebovali, večinoma ne moremo uporabljati, vsaj ne njegovega polnega potenciala.

## 9 VIRI IN LITERATURA

- [1] Žalar, Z. *Obnovljivi viri energije*. Ljubljana: BookStore.si, 2016
- [2] Medved, S., Arkar, C. *Energija in okolje: obnovljivi viri energije*, Univerza v Ljubljani: Zdravstvena fakulteta, 2009
- [3] *Prednosti in slabosti* (online). (citirano 28. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.esvet.si/drugi-viri-energije/soncna-energija>
- [4] *Prednosti* (online). (citirano 28. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://omisli.si/nasvet-strokovnjaka/soncna-elektrarna/soncna-elektrarna-cena-izracun-subvencije/>
- [5] *Vrste solarnih modulov* (online). (citirano 7. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.soncneelektrarne.com/ucinkovitost-solarnih-modulov/>
- [6] *Hibridni solarni moduli* (online). (citirano 7. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.soncneelektrarne.com/hibridni-sistemi-termofotovoltaični-moduli/>
- [5] *Varčujem z energijo* (online). (citirano 9. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.varcevanje-energije.si/fotovoltaične-elektrarne/končno-spet-boljši-casi-za-sončne-elektrarne.html>
- [7] *Fotovoltaika, pogosta vprašanja* (online). (citirano 9. 2. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.soncna-elektrarna.net/fotovoltaika.asp?fotovoltaika=Fotovoltaika&sistemi=Pogosta%20vpra%9Aanja>
- [8] *Orientacija strehe* (online). (citirano 2. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.enerson.si/velikost-solarne-elektrarne/>
- [9] *Kdo lahko postane lastnik SE?* (online). (citirano 25. 2. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.soncneelektrarne.com/>
- [10] *Nepovratna sredstva* (online). (citirano 17. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/mikro-sončne-elektrarne>

- [11] *Eko krediti* (online). (citirano 17. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.ekosklad.si/prebivalstvo/pridobite-spodbudo/seznam-spodbud/male-soncne-vetrne-in-vodne-elektrarne/male-soncne-vetrne-in-vodne-elektrarne-kredit>
- [12] *Domača SE* (online). (citirano 7. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.energija-solar.si/index.aspx?category=2&id=92>
- [13] *Solarni kompleti* (online). (citirano 7. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.eurodiskont.si/shop/solarna-energija/solarni-kompleti/solarni-komplet-sole-2240w-5000w-mppt.html>
- [14] *Potrebna moč sončne elektrarne* (online). (citirano 7. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.enerson.si/velikost-solarne-elektrarne/>
- [15] *Ponudniki SE* (online). (citirano 2. 3. 2020). dostopno na naslovu: <http://www.soncneelektrarne.com/ponudniki-soncnih-elektrarn-na-kljuc/>
- [16] *Neto sedanja vrednost* (online). (citirano 3. 3. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.hitrifinancninasvet.si/neto-sedanja-vrednost>
- [17] *RETScreen* (online). (citirano 18. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools/data-analysis-software-modelling/retscreen/7465>
- [18] *RETScreen* (online). (citirano 18. 2. 2020). dostopno na naslovu: [https://openei.org/wiki/RETScreen\\_Clean\\_Energy\\_Project\\_Analysis\\_Software](https://openei.org/wiki/RETScreen_Clean_Energy_Project_Analysis_Software)
- [19] *Cena električne energije* (citirano 18. 2. 2020). dostopno na naslovu: <https://www.agen-rs.si/documents/10926/38704/Poro%C4%8Dilo-o-stanju-v-energetiki-2018/f0ee7a7a-3b8d-48b3-8a29-8cdc258d2e69>