

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tanja OBLAK

**PRIDOBIVANJE ENERGIJE S POMOČJO SONČNIH
CELIC NA IZBRANI KMETIJI**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tanja OBLAK

**PRIDOBIVANJE ENERGIJE S POMOČJO SONČNIH CELIC NA
IZBRANI KMETIJI**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**GENERATING ENERGY THROUGH SOLAR PANELS ON THE
SELECTED FARM**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo - Agronomija in hortikultura - 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za kmetijsko tehniko.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Lučka KAJFEŽ BOGATAJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Tanja Oblak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 620.92:662.997(043.2)
KG	obnovljivi viri energije/sončne celice/sončna energija/sončne elektrarne/ fotovoltaika/izkoristek/delovanje
AV	OBLAK, Tanja
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2013
IN	PRIDOBIVANJE ENERGIJE S POMOČJO SONČNIH CELIC NA IZBRANI KMETIJI
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 31 str., 1 pregl., 16 sl., 21 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	

Obnovljiva energija je trajnostna in pridobljena iz virov, ki so obnovljivi in so v naravi trajno prisotni. Med obnovljive vire energije uvrščamo tudi sončno energijo, ki jo imamo v izobilju. Slednja je glavni vir za delovanje sončnih elektrarn. Diplomsko delo je usmerjeno predvsem k predstavitvi celotnega sistema in praktični postavitvi sončne elektrarne. Predstavljena je vloga naložbenika in ovire, na katere naleti pri gradnji sončne elektrarne ter utemeljitev postavitve sončne elektrarne, tako z vidika proizvodnje električne energije kot tudi iz ekonomskega vidika. V začetku leta 2010 so se na kmetiji Novak iz Plešivice odločili, da bi začeli z obnovljivimi viri energije. Na streho hleva so postavili sončno elektrarno, ki zdaj že dve leti uspešno deluje. Tudi v nadaljevanju diplomske naloge smo se osredotočili na njihov projekt, kako je potekala sama postavitve in kakšni so trenutni izkoristki sončne elektrarne. Po korakih je predstavljen proces postavitve sončne elektrarne - od izbire lokacije, izračunov, do gradnje in rezultatov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 620.92:662.997(043.2)
CX renewable energy/solar panels/solar energy/solar
power/photovoltaic/efficiency/operation
AU OBLAK, Tanja
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2013
TY GENERATING ENERGY THROUGH SOLAR PANELS ON THE SELECTED
FARM
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO IX, 31 p., 1 tab., 16 fig., 21 ref.
LA sl
Al sl/en
AB

Renewable energy is a sustainable source of energy that is produced from sources which are both renewable and omnipresent in nature. There are many different sources of renewable energy, with solar energy being one of the most environmentally friendly and abundant sources of energy known to man. As one would imagine, solar energy is the main input for solar power plants. The main focus of this thesis is the solar power harvesting system itself and its practical application. The second part is presented from a stand point of the consumer and therefore the investor in the project dealing with both the drawbacks and obstacles he faces in the process of establishing such a venture and the benefits that drive the decision for building a solar power plant in the first place. A good example of such a project is the solar power plant that was installed in 2010 by the Novak family farm of Plešivica (Notranje Gorice). In the beginning of that year, the family decided to install the plant on the roof of their barn and it has been operational, providing the farm with “free” electric power ever since. This successful application serves as a main focus for the second part of this thesis that covers the step by step process for building such a product and all of the calculations (potential, positioning and efficiency) and decisions that go into establishing a successful solar power plant.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	IV
KEY WORDS DOCUMENTATION	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN IN CILJI DELA	2
1.1.1 Namen naloge	2
1.1.2 Delovne hipoteze	2
1.1.3 Cilji dela	2
1.2 TEHNOLOŠKO NAPREDNE REŠITVE ZA PROIZVODNJO ELEKTRIČNE ENERGIJE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 SONČNA ENERGIJA	4
2.2 POTENCIAL SONČNEGA OBSEVANJA V SLOVENIJI	4
2.3 NAČINI PRIDOBIVANJA SONČNE ENERGIJE	5
2.3.1 Pasivna raba sončne energije	5
2.3.2 Aktivna raba sončne energije	6
2.3.3 Fotovoltaika	7
2.3.4 Sončne celice	7
2.3.5 Sistemi sončnih modulov	8

2.3.6	Vrste in delovanje sončnih elektrarn	9
2.3.7	Razmerniki	9
2.3.8	Prednosti in slabosti izkoriščanja sončne energije	10
2.3.9	Sončne elektrarne v Sloveniji	11
2.4	ZAKONODAJA NA PODROČJU OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	13
3	MATERIAL IN METODE DELA	15
3.1	KMETIJA NOVAK	14
3.2	POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE NA KMETIJI NOVAK	15
3.3	PROUČITEV LOKACIJE	17
3.4	OCENA NALOŽBE	19
3.5	OCENA DEJANSKE MOČI SONČNE ELEKTRARNE	20
3.6	POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE	20
3.7	POSTOPKI PRED PRIKLJUČITVIJO ELEKTRARNE V OMREŽJE	21
4	REZULTATI	23
4.1	IZKORISTEK SONČNE ELEKTRARNE NA KMETIJI NOVAK	23
4.2	EKONOMSKA UPRAVIČENOST NALOŽBE V SONČNO ELEKTRARNO	26
4.3	STROŠKI VZDRŽEVANJA SONČNE ELEKTRARNE	27
5	SKLEPI	29
6	POVZETEK	30
7	VIRI	31
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednost sestavnih delov, potrebnih za postavitev sončne elektrarne	18
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Globalno letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji	4
Slika 2: Pasivno sončno ogrevana stavba	5
Slika 3: Ogrevanje vode s sončnimi kolektorji	6
Slika 4: Sestavni deli silicijeve sončne celice	8
Slika 5: Fotonapetostni modul	8
Slika 6: Elektrarna, priključena na električno omrežje	9
Slika 7: Število nameščenih sončnih elektrarn v Sloveniji na dan 8. 10. 2012	12
Slika 8: Skupna moč sončnih elektrarn v Sloveniji na dan 8. 10. 2012	12
Slika 9: Kmetija Novak	15
Slika 10: Kmetija Novak	15
Slika 11: Sončni obsev za različno nagnjene ploskve, referenčno obdobje 1971–2000	17
Slika 12: Gradnja sončne elektrarne Novak	18
Slika 13: Sončna elektrarna Novak	21
Slika 14: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak od leta 2010 do leta 2012	23
Slika 15: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak po mesecih leta 2011	24
Slika 16: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak po mesecih leta 2012	25

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Wh - vatna ura

kWh - kilovatna ura

MJ - megajoul

V - volt

MWh - megavatna ura

kW - kilovat

MW - megavat

Wp - Watt-peak - merilo imenske moči za fotovoltaične sončne energije naprave

kWp - kilovatih-peak - enota za izražanje vršne moči fotovoltaične sončne elektrarne, izmerjene v laboratorijskih pogojih.

OVE - obnovljivi viri energije

SPTE - sproizvodnja toplote in električne energije

GSM - globalni sistem mobilnih telekomunikacij

As - arsen

P - fosfor

Sb - antimon

1 UVOD

Obnovljivi viri energije so tisti viri energije, ki so prisotni v naravi in se ves čas obnavljajo. To so sonce, veter, voda, biomasa ter toplota Zemlje. Z obstoječimi tehnologijami lahko zajamemo manjšo količino obnovljivih virov energije, vendar pa je ta količina še vedno dovolj velika, da zajame približno šest krat več energije, kot jo trenutno porabimo v svetu.

Največ obnovljivih virov izhaja iz energije sončnega obsevanja Zemlje. Sončna energija se lahko porablja neposredno v sončnih kolektorjih za segrevanje ter v fotovoltaičnih sistemih za pridobivanje električne energije. Energija sonca vpliva na vse dejavnike, povezane z obnovljivimi viri energije. Povzroča vremenske vzorce, od katerih sta odvisna vetrna energija in energija valov, ter povzroča rast biomase, saj je sončna svetloba potrebna za proizvodnjo fotosinteze, ki pa je ključna pri rasti rastlin, iz katerih pridobivamo biomaso.

Izkoriščanje energije iz sonca ima zelo veliko prednosti. Proizvodnja električne energije iz fotovoltaičnih sistemov je okolju in naravi prijazna, saj ne pušča emisij, vizualno je nemoteča in tiha. Zmanjševanje emisij, kot je na primer CO₂, zmanjšuje učinek tople grede in s tem povečuje ozonske luknje. Še ena izmed prednosti je tudi ta, da sta proizvodnja in poraba energije na istem mestu, kar zmanjša izgube pri prenosu energije. Omogoča pa tudi oskrbo z električno energijo na odročnih območjih in oddaljenih napravah.

Edini slabosti pridobivanja energije iz sonca sta izkoriščanje sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih območij ter to, da je cena električne energije, pridobljene iz sončne energije, še vedno dražja kot od tiste, proizvedene iz tradicionalnih virov, kot so nafta, plin ...

Po besedah strokovnega sodelavca Združenja slovenske fotovoltaične industrije Mateja Guština na področju obnovljivih virov energije cena fotovoltaike v današnjih časih hitro pada. Če se bo tako hitra rast naložb vanjo nadaljevala, naj bi bila v 15 letih električna energija iz sončnih elektrarn najcenejša od vseh obnovljivih virov. Do leta 2016 napovedujejo, da naj bi bila električna energija iz sončnih elektrarn cenejša od električne energije, proizvedene iz biomase, do leta 2019 pa od električne energije iz bioplinarn (Guštin, 2011).

V začetku leta 2010 so se tudi na kmetiji Novak iz Plešivice odločili, da bi začeli z obnovitvenimi viri energije. Na streho hleva so postavili sončno elektrarno, ki zdaj že dve leti uspešno deluje. Tudi v nadaljevanju diplomske naloge smo se osredotočili na njihov projekt, kako je potekala sama postavitve in kakšni so trenutni izkoristki sončne elektrarne.

1.1 NAMEN IN CILJI DELA

1.1.1 Namen naloge

Namen naloge je predstavitev in pomen sončne energije za pridobivanje električne energije ter zakonodaje na področju obnovljivih virov energije. Diplomsko delo je narejeno na primeru sončne elektrarne na kmetiji Novak. Narejena je bila analiza porabe električne energije iz obstoječega električnega omrežja na kmetiji, narejen je bil tudi izračun potrebne površine sončnih celic za delno pokritje potreb ali pokritje potreb po električni energiji na kmetiji v celoti, odvisno od konic porabe električne energije tekom leta. Opisana je tudi realizacija sončne elektrarne na kmetiji, vse od zbiranja dokumentov, ponudnikov, proučitve lokacije do fizične postavitve sončne elektrarne.

1.1.2 Delovne hipoteze

Predpostavljamo, da je energija, pridobljena iz sončnih celic, lahko pomemben doprinos k zmanjševanju porabe obstoječih konvencionalnih virov energije. Druga hipoteza je, da ima kmetija Novak možnosti za izrabo električne energije, pridobljene iz sončnih celic. Raziskovalno delo v diplomski nalogi naj bi bilo uporabno pri načrtovanju obnovljivih virov energije za potencialne kmetije, katere bi imele namen pridobivati električno energijo iz obnovljivih virov energije.

1.1.3 Cilji dela

V diplomskem delu bomo opisali pomen in uporabo sončne energije ter realizacijo sončne elektrarne na kmetiji Novak iz Plešivice. Opisali bomo položaj in naklon strešnih površin, zakonodajo, zbiranje ponudnikov, postavitve celic na strešne površine ter smiselno porabo pridobljene energije za uporabo na kmetiji.

1.2 TEHNOLOŠKO NAPREDNE REŠITVE ZA PROIZVODNJO ELEKTRIČNE ENERGIJE

Obnovljive vire energije uvrščamo med tehnološko naprednejše rešitve za proizvodnjo električne energije. To so viri, ki se obnavljajo in v naravi ohranjajo.

Večina energije, ki se dandanes uporablja v svetu, izhaja iz fosilnih goriv. Mednje štejemo nafto, premog in zemeljski plin. Fosilna goriva so nastala pred milijoni let, in sicer z odmiranjem in odlaganjem rastlin in živali. Fosilna goriva danes še nastajajo, vendar veliko bolj počasi, kot jih ljudje izkoriščamo. Prav zaradi počasnega nastajanja in pa tega, ker zelo onesnažujejo okolje, gospodarstvo po vsem svetu teži k uporabi in razvoju obnovljivih virov energije. Pod obnovljive vire energije uvrščamo sončno, vetrno, vodno in geotermalno energijo, toplotne črpalke in pa biomaso (Obnovljivi ..., 2011).

V svetu se dandanes porabi veliko preveč fosilnih goriv, ki zelo slabo vplivajo na okolje. Posledice, ki jih fosilna goriva puščajo za seboj, so vplivi tople grede, onesnaževanje zraka in prevelike emisije CO₂. Načini pridobivanja energije moramo prilagoditi naravnemu ritmu Zemlje in ekosistemom, da bi preprečili nadaljnje uničevanje našega planeta. Ena od rešitev pa je seveda izkoriščanje energije iz sonca.

Zelo pomembno je, da se javno ozavešča, da ni glavni problem v porabljanju energije, temveč v tem kako energijo pridobimo in uporabimo. Primarne vire energije (fosilna goriva) moramo nadomestiti z viri, ki so obnovljivi in ne onesnažujejo okolja oziroma ga onesnažujejo manj, s tem pa zadovoljimo potrebe po energiji (Obnovljivi ..., 2011).

Prednosti obnovljivih virov energije so, da se zmanjšajo emisije CO₂ v višini od 600 do 900 milijonov ton letno. Ena od prednosti je tudi ta, da bi se z njihovo uporabo zmanjšala odvisnost od uvoza nafte, premoga in zemeljskega plina. Seveda pa obstajajo tudi slabosti, ki vplivajo na njihovo ekonomsko uporabnost. To so majhen izkoristek in nezanesljivost, saj se nikoli ne ve, koliko časa bo sončno obsevanje ali kako močno in pogosto bo pihal veter (Obnovljivi ..., 2011).

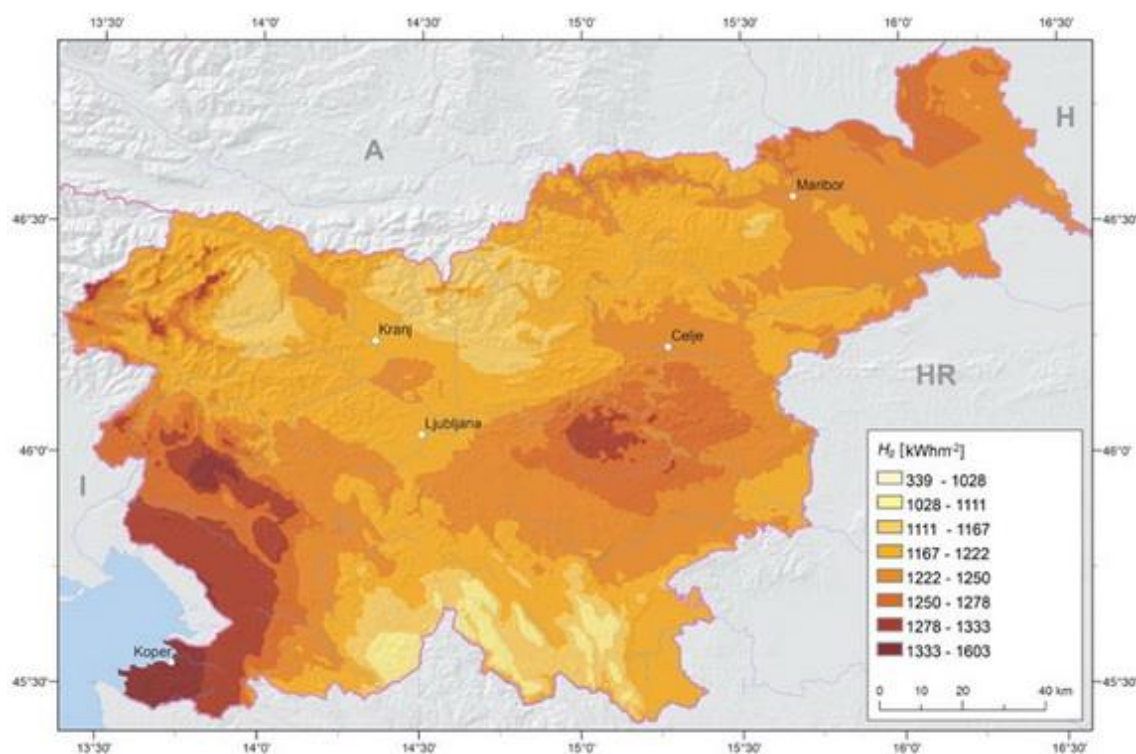
2 PREGLED OBJAV

2.1 SONČNA ENERGIJA

Sončna energija prihaja na zemljo v obliki elektromagnetnega valovanja. Brez sončne energije življenja na zemlji ne bi bilo. Sončno sevanje, ki vpade na Zemljo v eni uri, je večje kot so celoletne človeške potrebe po energiji. Za Slovenijo znaša potencial sončnega obsevanja več kot 300-kratnik porabe primarne energije, danes pa se izkorišča manj kot 3 odstotke ocenjenega potenciala (Zbirka ..., 2012).

2.2 POTENCIAL SONČNEGA OBSEVANJA V SLOVENIJI

Potencial sončne energije v Sloveniji je razmeroma velik in enakomeren. Razlika na letni ravni je med najbolj osončeno Primorsko in najmanj osončenimi področji le 15 odstotkov. Za Slovenijo je povprečna letna vrednost okrog 1100 kWh vpadle sončne energije na kvadratni meter horizontalne površine. Bolj natančne vrednosti in geografska porazdelitev je prikazana na Sliki 1. Jakost sončnega obsevanja je izražena v kWh na kvadratni meter (Zbirka ..., 2012).



Slika 1: Globalno letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji (Zbirka ..., 2012)

2.3 NAČINI PRIDOBIVANJA SONČNE ENERGIJE

Sončna energija predstavlja praktično neizčrpen vir energije, v zgradbah pa ga lahko izkoriščamo na tri načine (Biotherm, 2012):

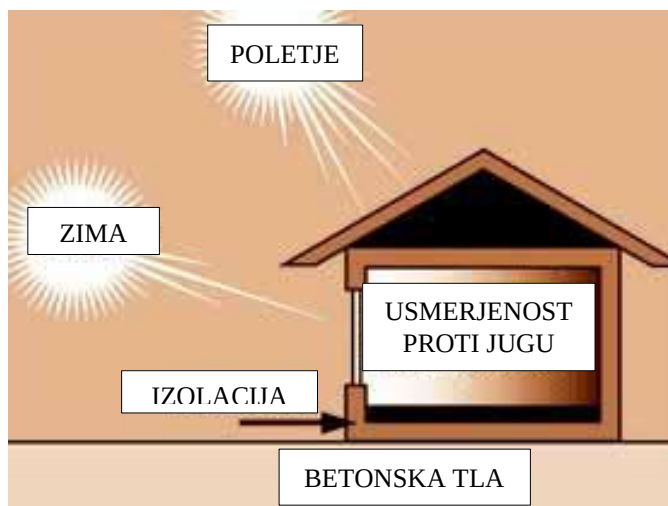
- pasivno - solarni sistemi za ogrevanje in osvetljevanje prostorov,
- aktivno - sončni kolektorji za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov,
- s fotovoltaike - sončne celice za proizvodnjo električne energije.

2.3.1 Pasivna raba sončne energije

Pri pasivni rabi sončne energije se uporablja primerne gradbene elemente za ogrevanje zgradb, osvetljevanje ter za prezračevanje prostorov. Pri pasivnem izkoriščanju sončne energije največkrat uporabljamo naslednje elemente (Biotherm, 2012):

- energijsko učinkovita okna (preprečujejo vstop UV žarkom v prostor, prepuščajo pa toplotne žarke),
- sončne stene (akumulirajo toploto sončnega obsevanja in jo prevajajo v prostor),
- steklenjaki in zimski vrtovi (sonce jih ogreje, toplota se nato skozi okna in vrata odvaja v notranje prostore),
- ogrevanje fasad (prevajanje toplote v notranjost prostorov).

Na Sliki 2 je prikazano pasivno sončno ogrevanje stavbe. Ta poteka tako, da pri prehodu sončne svetlobe skozi okna zadene tla, zidove in okna, kjer se absorbira in pretvori v toploto. Za najboljšo učinkovitost mora biti okno obrnjeno znotraj naklona 30° proti jugu (Sončna energija, 2000).

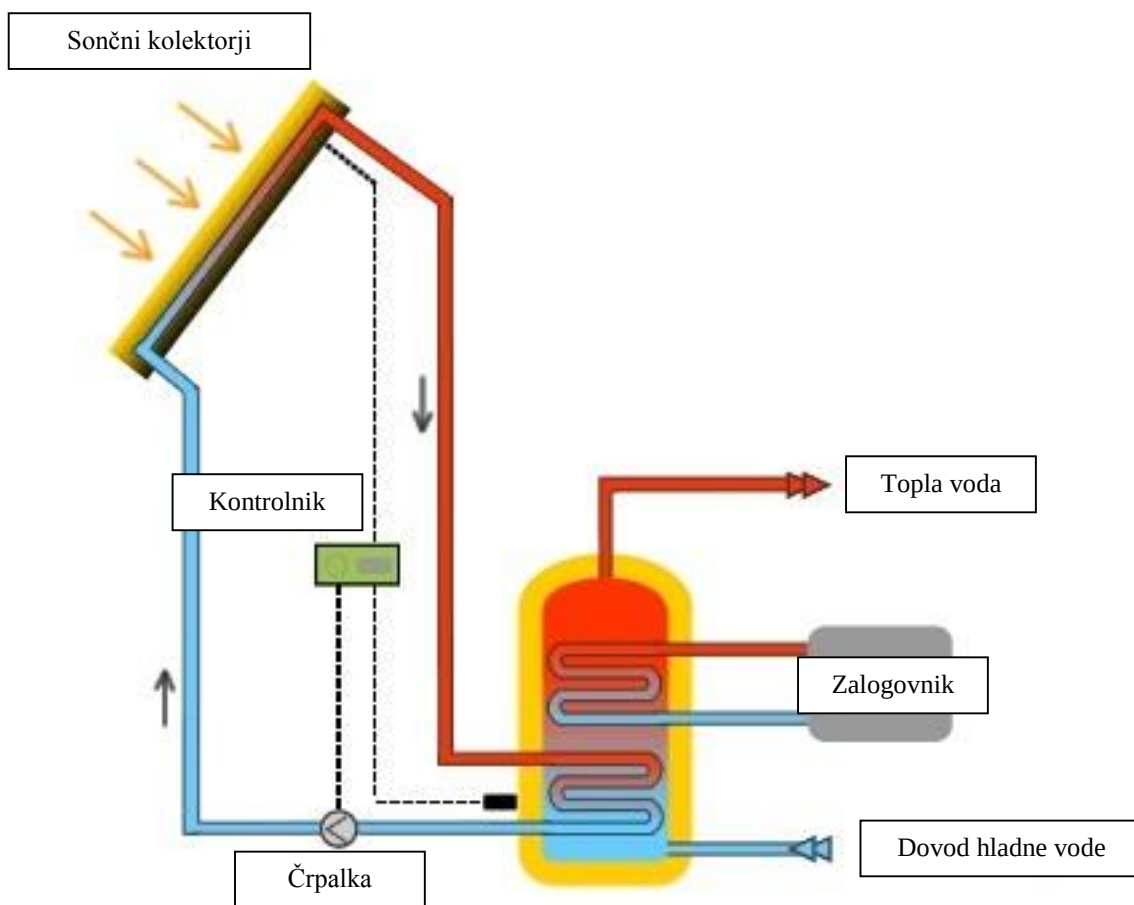


Slika 2: Pasivno sončno ogrevana stavba (Sončna energija, 2000)

2.3.2 Aktivna raba sončne energije

Pri aktivni rabi sončne energije gre za izkoriščanje sončne energije s pomočjo sončnih kolektorjev. V sončnih kolektorjih se segrejeta:

- voda - za segrevanje sanitarne vode ali
- zrak - za ogrevanje prostorov.



Slika 3: Ogrevanje vode s sončnimi kolektorji (Sončna energija ..., 2012)

Slika 3 prikazuje proces ogrevanja vode s sončnimi kolektorji. Glavni del sončnega kolektorja je sprejemnik, ki je narejen iz kovine. Na sprejemniku je plast, kjer se absorbira sončna energija. Primarna naloga absorberja je ta, da prenese toploto iz te plasti na vodo oziroma zrak, ki teče skozenj. Običajno se sončni kolektorji povezujejo v sistem sončnih kolektorjev, ki jih lahko postavimo na streho zgradbe. Največ sončne energije se absorbira, če so sončni kolektorji postavljeni pod kotom 25–45° in obrnjeni v južno ali jugozahodno smer (Prihodnost, 2005).

2.3.3 Fotovoltaika

Fotovoltaika ja veda, ki preučuje pretvorbo sončne energije v električno. Uporablja energijo sonca za pridobivanje električne energije. Fotovoltaika ali fotovoltaični učinek se izkorišča s pomočjo sončnih celic. Te so v osnovi polprevodniške diode z veliko površino. Grajene so iz silicija, ki je drugi najpogostejši element na Zemlji. Silicij je okolju prijazen, nestrupen in se ga lahko reciklira (Fotovoltaika, 2012).

Dve glavni vrsti fotovoltaične tehnologije sta kristalna in tenko plastna tehnologija. Kristalna tehnologija pa se deli še na dve vrsti:

- Monokristalne celice - narejene so z uporabo odrezka celic enega silicijevega kristala valjaste oblike. Monokristalne celice ponujajo največjo učinkovitost (pretvorba vpadne sončne svetlobe je približno 18 %), vendar pa je zaradi zapletenega procesa njihove proizvodnje prodajna cena nekoliko višja.
- Polikristalne celice – narejene so z rezanjem zelo majhnih finih ploskev iz mešanice topljenega in rekristaliziranega silicija. Učinkovitost polikristalnih celic je manjša (pretvorba vpadne sončne svetlobe je približno 14 %) in tako je tudi prodajna cena za njih cenejša (Fotovoltaika, 2012).

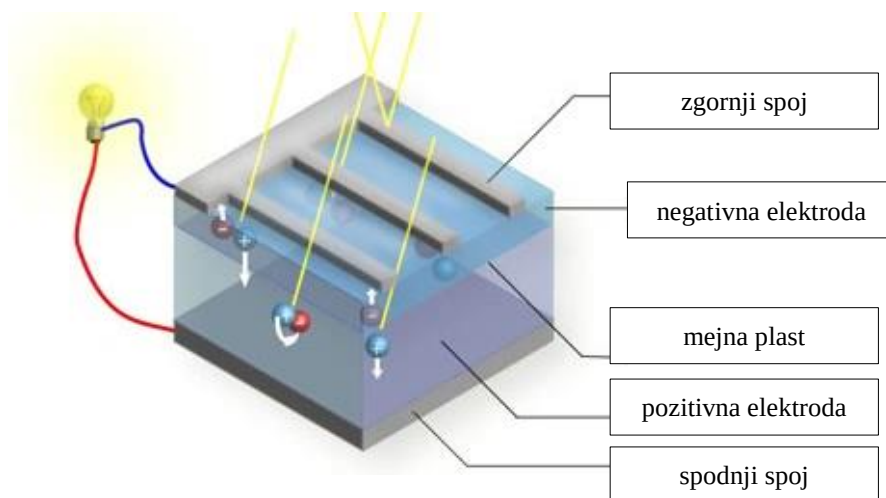
Električno energijo, ki jo proizvedemo s procesom fotovoltaike, lahko uporabimo pri oskrbi odročnih naselij, zgradb, oskrbi oddaljenih naprav (svetilniki, sateliti ...) oddaji v električno omrežje, uporabljamo jo lahko v proizvodih, kot so računalniki ali ure.

2.3.4 Sončne celice

Osnovni gradnik fotovoltaičnega sistema je sončna celica. Da bi lažje razumeli delovanje sončnih celic, se moramo seznaniti z njenimi gradniki in z delovanjem sončne svetlobe.

Sončna ali solarna celica je neposredni pretvornik sončne energije neposredno v električno energijo s pomočjo fotovoltaičnega učinka. Iz Slike 4 vidimo, da je sončna celica sestavljena iz najmanj dveh osnovnih tipov polprevodnikov. Ena plast vsebuje pozitivni naboj, druga pa negativnega. Z gibanjem teh elektronov nastane enosmerni električni tok, ki se s pomočjo razsmernika spremeni v dvosmernega in pošlje v omrežje.

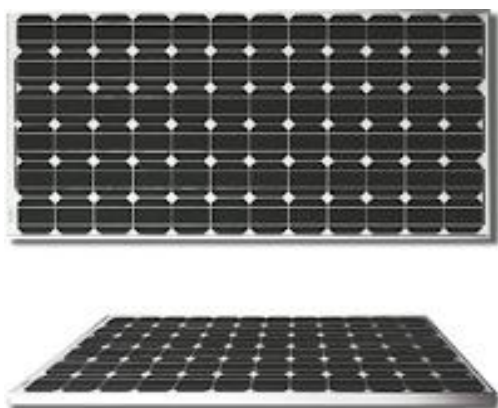
Osnovni material za izdelavo sončnih celic je najpogostejše silicij. Monokristalne silicijeve sončne celice dosegajo danes največji izkoristek, kar v serijski proizvodnji pomeni do 18 odstotkov. Izkoristek polikristalnih celic pa je do 16 odstotkov (Sončne celice, 2011).



Slika 4: Sestavni deli silicijeve sončne celice (Sončne celice, 2011)

2.3.5 Sistemi sončnih modulov

Posamezna sončna celica ima le 0,5 V napetosti. Da sončne celice boljše funkcionirajo, so povezane v sisteme sončnih modulov, kot prikazuje Slika 5. Sončni moduli se povezujejo v cele sisteme, na ta način pa lahko povečujemo njihovo napetost ali moč. Ti sistemi so lahko samostojno delujoči ali pa priključeni v električno omrežje. Sončni moduli so na prednji strani zaščiteni s posebno vrsto stekla, ki jih zavaruje pred vremenskimi vplivi, okoli pa imajo aluminijast okvir, da so bolj trdni. Ponavadi je v solarnem modulu med seboj povezanih 36 pa do 72 sončnih celic. Nominalna napetost solarnih modulov je 12 V oziroma 24 V (Solarni moduli..., 2012).

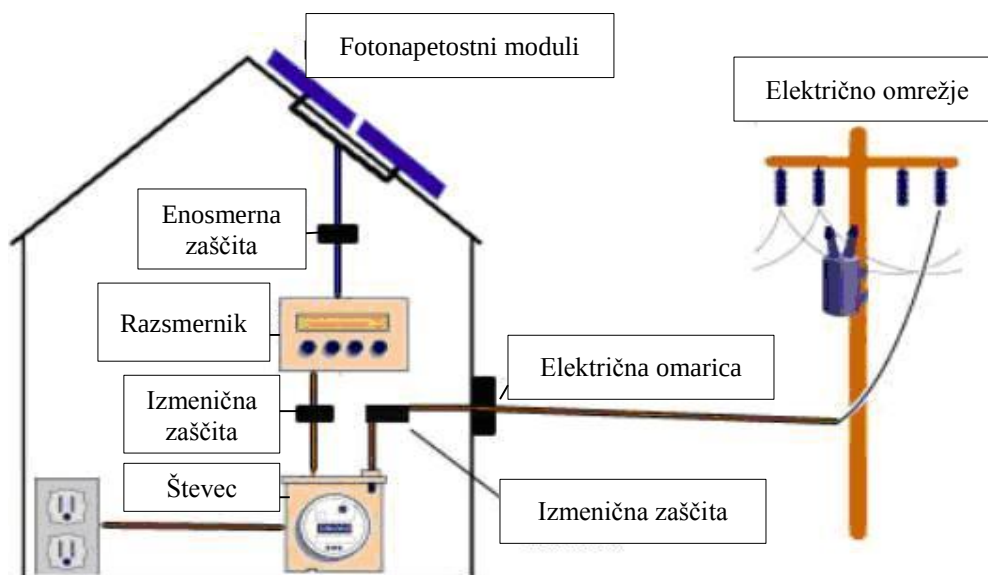


Slika 5: Fotonapetostni modul (Canadian...2012)

2.3.6 Vrste in delovanje sončnih elektrarn

Sončne elektrarne razdelimo v dve kategoriji. Prve so tako imenovane »otočne« elektrarne. To so tiste elektrarne, ki niso priključene na električno omrežje in služijo predvsem za oskrbo objekta z električno energijo, kjer ni prisotnih napeljav električnega omrežja. Te elektrarne so lahko izvedene kot samostojni sistem ali v povezavi z agregati. Uporabnik lahko izbere oskrbo objekta z enosmerno napetostjo (neposredno iz akumulatorjev) ali izmenično napetostjo (z uporabo razsmernikov).

Druga kategorija so omrežni sistemi, ki so priključeni na električno omrežje. Investitor energijo prodaja distributerju električne energije po višji, subvencionirani ceni, elektrarna pa mu služi kot oblika investicije. Na Sliki 6 je prikazan primer elektrarne priključene na električno omrežje z vsemi potrebnimi elementi.



Slika 6: Elektrarna, priključena na električno omrežje (ApE, 2009)

2.3.7 Razsmerniki

Razsmernik je najpomembnejši del povezave fotonapetostnega sistema z javnim elektroenergetskim omrežjem. Naloga razsmernika je preoblikovati enosmerne vhodne veličine v izmenične izhodne veličine. Zaradi stikalnega načina delovanja - osnovo razsmernika namreč predstavlja stikalni mostič - mora razsmernik ustrezati strogim merilom, določenim z veljavnimi standardi. Dober razsmernik v širokem območju vhodnih napetosti deluje v načinu MPP (območje, kjer razsmernik deluje v točki največje moči), kar omogoča dobro učinkovitost delovanja in s tem največjo pretvorjeno moč v širokem obsegu vhodnih napetosti oziroma jakosti sončnega sevanja (Lenardič, 2009).

Pri razsmernikih je najbolj pomembna njihova učinkovitost. Odstotek učinkovitosti nam pove, kakšna je njihova maksimalna učinkovitost. Iz tega vidimo, koliko moči se lahko izgubi pri pretvarjanju napetosti. Učinkovitost razsmernikov se giblje med 91 in 97 odstotkov (velja za laboratorijske razmere). Za natančnejši podatek o učinkovitosti razsmernika moramo upoštevati razmere, ki se uveljavljajo v praksi v Evropi. Pri nakupu razsmernikov moramo gledati podatke o evropski učinkovitosti razsmernikov. Učinkovitost razsmernikov igra pri sončnih elektrarnah zelo pomembno vlogo, zato je vedno boljše da za razsmernik odštejemo nekoliko več denarja, kot da bomo imeli zaradi manjše učinkovitosti izgubo.

2.3.8 Prednosti in slabosti izkoriščanja sončne energije

V Sloveniji imamo velik potencial za izrabo sončne energije. Če se odločimo za tak projekt, je potrebno poznati prednosti in pa slabosti, ki jih prinese sončna elektrarna.

Prednosti sončne energije so:

- Ena od največjih prednosti sončne energije je, da je obnovljiv vir energije. Energijo lahko proizvajamo daleč v prihodnost, zato sončno energijo lahko resnično imenujemo kot dolgotrajen vir energije.
- Električna energija je neposredno razvita iz sončne energije, ni pomanjkanja surovine.
- Sončne celice so enostavne za namestitev, mogoče jih je namestiti na strehe, s tem pa ni potreben noben dodatni prostor. Možno je tudi pridobivanje energije v majhnem obsegu, na individualni ravni uporabnika.
- Sončne celice so tihe in za naravo nemoteče. Prav tako zahtevajo zelo malo vzdrževanja.
- Proizvodnja električne energije iz fotovoltaičnih sistemov omogoča oskrbo z električno energijo oddaljenih področij in oddaljenih naprav.
- Ena od najbolj pomembnih okoljskih prednosti sončne energije je, da je ekološkega izvora, kjer ni emisij, ogljikovega dioksida in drugih plinov med proizvodnjo električne energije.
- Zaradi zgoraj navedenih razlogov, sončna energija predstavlja minimalno nevarnost za okolje, s tem pa je znana tudi kot vir čiste energije.
- Cene premoga, zemeljskega plina, nafte in drugih fosilnih goriv so nagnjene k stalnemu povečanju. Sončna energija, na drugi strani, pa je poleg stroškov postavitve in vzdrževanja brezplačna.

Sedaj, ko vemo katere so prednosti sončne energije, se moramo vprašati, ali obstajajo kakršne koli pomanjkljivosti ali slabosti sončne energije. Odgovor je pritrdilen, obstaja tudi nekaj negativnih stvari tega vira energije.

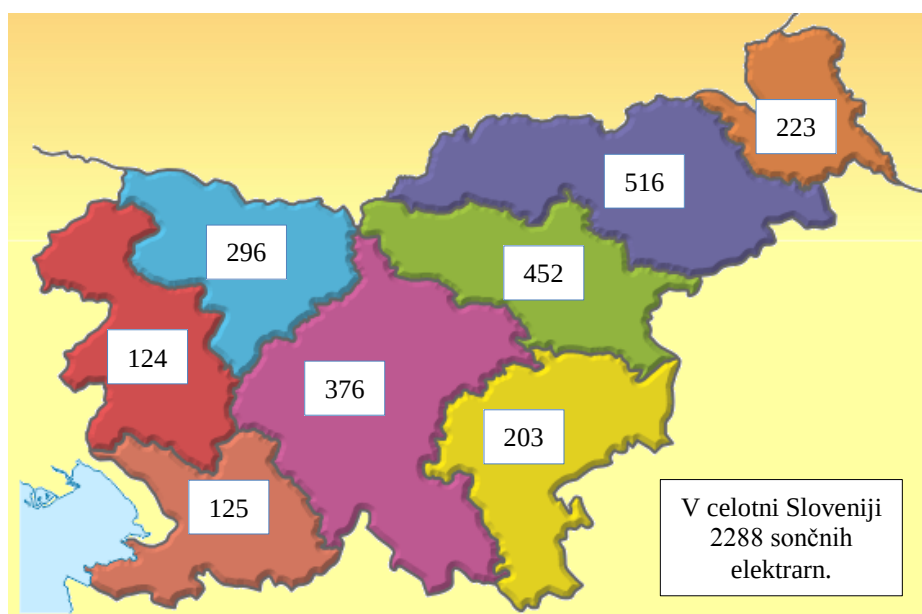
Slabosti sončne energije so:

- Začetni stroški za namestitev sončnih celic so precej visoki.
- Sončne energije ni mogoče proizvajati v hladnih državah zaradi pomanjkanja sončne svetlobe. Prav tako je manj učinkovita v deževnih sezonah in hladnem podnebju, električna energija se lahko proizvaja le podnevi.
- Težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij.
- Priklop na omrežje ni vedno možen povsod zaradi oddaljenosti transformatorskih postaj.
- Letni stroški vzdrževanja in čiščenja, ki sicer niso tako visoki.

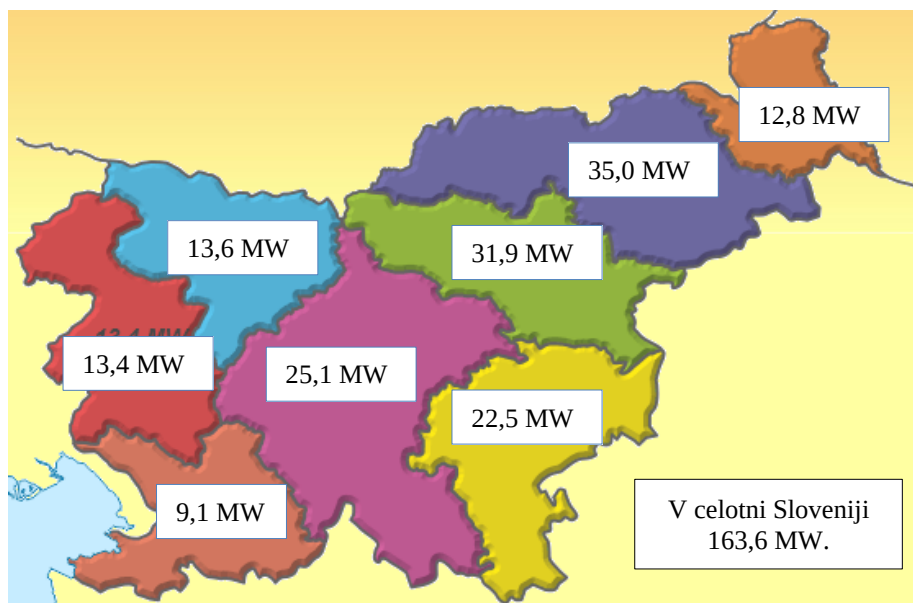
Po poznavanju prednosti in slabosti sončne energije ugotovimo, da je nekaj več prednosti kot slabosti, s tem pa lahko rečemo, da je sončna energija ena izmed boljših virov energije. Čeprav se pri nas še ne uporablja v velikem obsegu, ima potencial, da z njo proizvedemo več kot tisočkratnik električne energije, ki je trenutno potrebna po vsem svetu. Zato je potrebno ustvariti zavedanje o prednostih sončne energije za boljšo prihodnost (Advantages ..., 2012).

2.3.9 Sončne elektrarne v Sloveniji

Število sončnih elektrarn v Sloveniji vsako leto narašča. Na Sliki 7 je prikazano število sončnih elektrarn po regijah, na Sliki 8 pa njihova skupna moč, oboje na dan 8. 10. 2012.



Slika 7: Število nameščenih sončnih elektrarn v Sloveniji na dan 8. 10. 2012 (PV portal, 2012)



Slika 8: Skupna moč sončnih elektrarn v Sloveniji na dan 8. 10. 2012 (PV portal, 2012)

2.4 ZAKONODAJA NA PODROČJU OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

Na spletni strani Javne agencije RS za energijo (Javna ..., 2013) so zbrani zakoni in akti, ki se bodisi neposredno ali pa posredno nanašajo na področje energetike.

Najpomembnejši pravni viri, ki urejajo energetiko v Republiki Sloveniji ter delovanje slovenskega energetskega regulatorja so zakoni in akti s področja energetike (Javna ..., 2013):

- Energetski zakon, Uradni list RS, 27/07 (EZ-UPB2), 70/08 (EZ-C), 22/10 (EZ-D),
- Resolucija o Nacionalnem energetskem programu, Uradni list RS, 57/04 (ReNep).

Drugi zakoni in akti (Javna ..., 2013):

- Zakon o graditvi objektov, Uradni list RS, 102/04 (ZGO-1-UPB1), 14/05 - popravek, 92/05 (ZJC-B), 111/05 (odločba US), 93/05, 120/06 (odločba US), 126/07 (ZGO-1B) 108/2009,
- Zakon o gospodarskih javnih službah, Uradni list RS, 32/93, 30/98 (ZZLPPO), 127/06 (ZJZP)
- Zakon o javno-zasebnem partnerstvu, Uradni list RS, 127/06 (ZJZP), UL L 317/07, 5. 12. 2007,
- Zakon o prostorskem načrtovanju, Uradni list RS, 33/07 (ZPNačrt), 70/08 (ZVO-1B), 108/2009,
- Zakon o urejanju prostora, Uradni list RS, 110/02 (ZUreP-1), 8/03 - popravek, 58/03 (ZZK-1), 33/07 (ZPNačrt),

- Zakon o varstvu okolja, Uradni list RS, 39/06 (ZVO-1-UPB1), 28/06 (sklep US), 49/06 (ZMetD), 66/06 (odločba US), 33/07 (ZPNačrt), 57/08 (ZFO-1A), 70/08 (ZVO-1B), 108/2009,
- Zakon o gospodarskih družbah, Uradni list RS, 42/06 (ZGD-1), 60/06 - popravek, 26/07 (ZSDU-B), 33/07 (ZSReg-B), 67/07 (ZTFI), 10/08 (ZGD-1A), 68/08 (ZGD-1B),
- Zakon o javnih agencijah, Uradni list RS, 52/02 (ZJA), 51/04 (EZ-A),
- Zakon o dostopu do informacij javnega značaja, Uradni list RS, 51/06 (ZDIJZ-UPB2), 117/06 (ZDavP-2),
- Zakon o splošnem upravnem postopku, Uradni list RS, 24/06 (ZUP-UPB2), 105/06 (ZUS-1), 126/07 (ZUP-E), 65/08 (ZUP-F), 8/10 (ZUP-G),
- Sklep o ustanovitvi Javne agencije Republike Slovenije za energijo, Uradni list RS, 63/04, 95/04.

Podzakonski akti (Javna ..., 2013):

- Sklep o ustanovitvi Javne agencije Republike Slovenije za energijo, Uradni list RS, št. 63/04, 95/04,
- Uredba o pogojih in postopku za izdajo ter odvzem licence za opravljanje energetske dejavnosti, Uradni list RS, št. 21/01, 31/01, 66/05,
- Resolucija o Nacionalnem energetskega programu, Uradni list RS, št. 57/04,
- Uredba o energetskega infrastrukturi, Uradni list RS, št. 62/03, 88/03, 75/10.

V Sloveniji velja tudi pravo Evropske unije, zato so navedeni še najpomembnejši pravni viri EU s področja energetike. V avgustu leta 2009 je bil v Uradnem listu Evropske unije objavljen tretji sveženj aktov, ki sta jih julija sprejela Evropski parlament in Svet Evropske unije (Javna...,2013).

Cilji sprejetih aktov so (Javna ..., 2013):

- oblikovanje enotnih pravil notranjega energetskega trga in široke ponudbe vsem potrošnikom v Evropski uniji,
- ločitev proizvodnje in dobave od prenosnih omrežij,
- spodbujanje čezmejnega sodelovanja in naložb,
- več čezmejnega trgovanja,
- večja učinkovitost nacionalnih regulativnih organov,
- konkurenčne cene,
- boljše standardne storitve,
- zagotovitev varne oskrbe z električno energijo in zemeljskim plinom.

V letu 2012 je bila ustanovljena Agencija za sodelovanje energetskega regulatorjev (ACER), katere naloga je določitev smernic za delovanje energetskega trga (Javna...,2013).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 KMETIJA NOVAK

Kmetija Novak se nahaja na Ljubljanskem barju, v kraju Plešivica pri Notranjih Goricah na nadmorski višini 373 m. Obdelujejo približno 115 ha zemlje, od tega je 45 ha lastne zemlje, ostalo pa imajo v najemu. Primarno se ukvarjajo s pridelavo mleka. Poleg pridelave in prodaje mleka pridelujejo tudi koruzno silažo in nekaj žita. V hlevu imajo 140 glav živine (Slika 10), od tega 60 krav molznic. Poleg tega se ukvarjajo še s storitvami s kmetijsko mehanizacijo (Slika 9), največ z uslugami z žetvenikom.

Za izgradnjo sončne elektrarne so se odločili predvsem zaradi dodatnega vira zaslužka, saj so bile takrat prodajne cene mleka zelo slabe.

Z njenim delovanjem so zelo zadovoljni, saj ni praktično nobenega dela z vzdrževanjem, le enkrat mesečno izstavijo račun, enkrat letno pa je sončne celice potrebno očistiti.

V letu 2010 so podpisali 15-letno pogodbo, kar pomeni, da so si zagotovili odkup po enotni ceni, ki je takrat znašala 0,38638 €/kWh.



Slika 9: Kmetija Novak (Novak, 2012)



Slika 10: Kmetija Novak (Novak, 2012)

3.2 POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE NA KMETIJI NOVAK

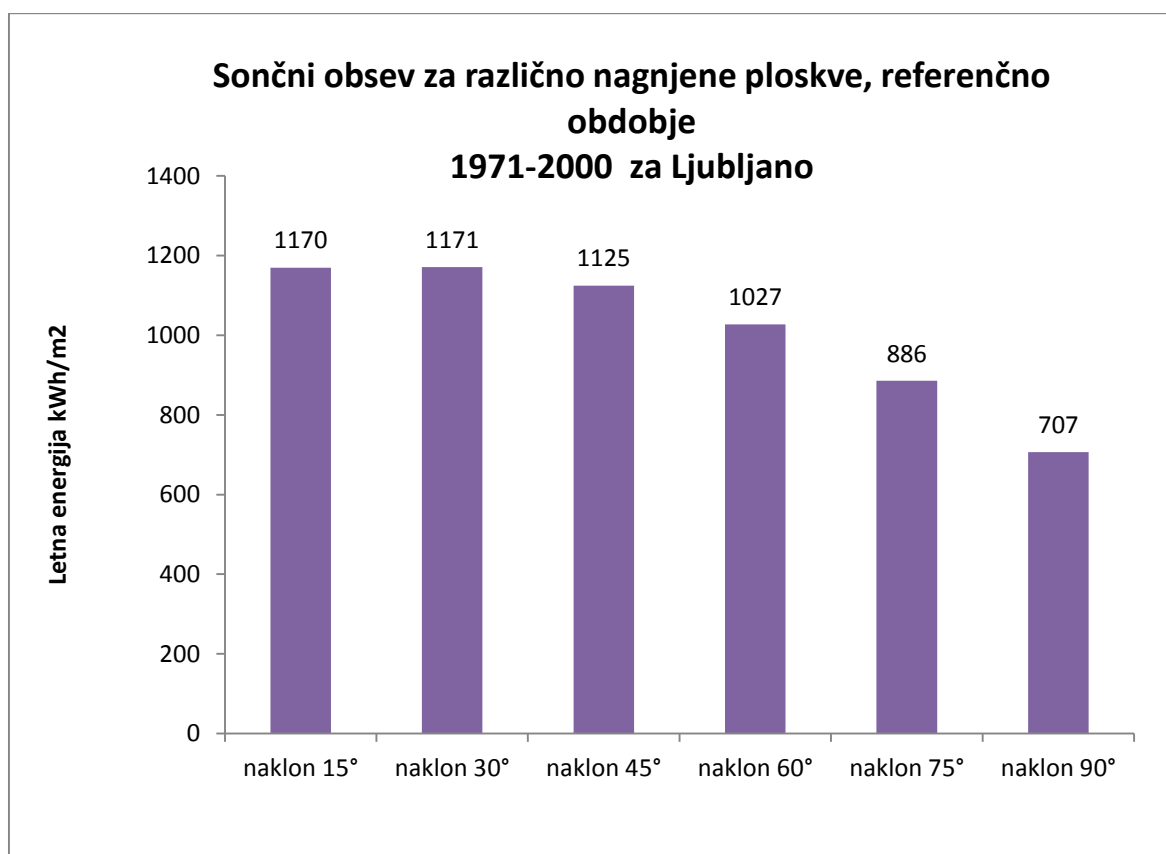
V okviru projekta, vezanega na postavitve sončne elektrarne na kmetiji Novak, so bili izdelani standardni postopki, ki so sestavljeni iz dveh postopkov. Prvi postopek obsega izdelavo projektne dokumentacije, pridobitev ustreznih dovoljenj in soglasij. Nato sledi drugi postopek, ki zajema postavitve montažnega sistema, solarnih fotonapetostnih modulov, razsmernika, električne povezave ter zagon sončne elektrarne.

Projektiranje je pri načrtovanju sončne elektrarne zelo pomembno in ne sme dopuščati napak, če želimo, da bo delovala dobro in prinašala prihodke, ki jih pričakujemo. Zato je pomembno, da so vse aktivnosti, od začetka del pa do predaje v uporabo, povezane in načrtno opravljene, saj napačno projektirana elektrarna ne bo dala rezultatov, ki smo si jih želeli. Upoštevati je potrebno vse značilnosti okolja sončne elektrarne. Izbrati je potrebno pravilno orientacijo in pa pravilen naklon sončnih modulov. Zelo pomembna je pot sonca v različnih letnih časih in senčenje iz okolja ter lastno senčenje (Projektiranje, 2012).

3.3 PROUČITEV LOKACIJE

Za proučitev lokacije objekta je potrebno poklicati za to usposobljene strokovnjake, ki si ogledajo mesto namestitve sončne elektrarne in popišejo vse dejavnike, ki vplivajo na namestitev in poznejše delovanje elektrarne. Pri tem je zelo pomembno, da bo elektrarna delovala z največjim možnim izkoristkom.

Prvotno je potrebno ugotoviti, ali je lokacija sploh primerna, pri čemer upoštevamo usmeritev objekta, okoliško rastje in druge izvore senc, stanje objekta in, ali so posegi na objektu sploh dovoljeni. Optimalna orientacija je usmerjena direktno na jug. Kot vidimo na Sliki 11 je optimalni naklon za kmetijo Novak 30° .



Slika 11: Sončni obsev za različno nagnjene ploskve, referenčno obdobje 1971–2000 za Ljubljano (Meteo.si, 2012)

Naklon se regulira s podkonstrukcijo oziroma nosilno strešno konstrukcijo, kot je prikazano na Sliki 11, predvsem na ravnih strehah, kjer se postavlja module pod kotom 30° . Pogosto je težko doseči optimalne pogoje, kar pomeni, da bo letna proizvodnja manjša, kot bi bila sicer.

Ugotovljeno je bilo, da bi bila najprimernejša lokacija za postavitev sončne elektrarne na kmetiji Novak streha hleva, katere površina na južni strani je 330 m^2 . Od tega je 160 m^2 pod naklonom 14° in 170 m^2 pod naklonom 17° . Objekt ni izpostavljen nobenemu senčenju, lega pa je v idealnem 5-odstotnem odstopanju. Objekt je zgrajen na dovolj dostopnem mestu, zato tudi za postavitev ne bi bilo nobenih težav.



Slika 12: Gradnja sončne elektrarne Novak (Novak, 2010)

3.4 OCENA NALOŽBE

Ocenjena vrednost posameznih sestavnih delov, potrebnih za postavitev sončne elektrarne, je prikazana v Preglednici 1.

Preglednica 1: Vrednost sestavnih delov, potrebnih za postavitev sončne elektrarne (Tersus, 2011)

Tehnični opis	Količina (kos)	Cena /kos (€)	Cena skupaj (€)
Fotonapetostni modul MoserBear PV Moč 220 KW	187	363,00	67.881,00
Razsmernik Power-One Tip: Aurora PVI 10.0 Moč 10.400 W Izkoristek 97,7 %	4	3.333,00	13.332,00
Nosilna strešna konstrukcija za montažo fotonapetostnega generatorja Schletter	1	8.200,00	8.200,00
Enosmerna (DC) povezovalna omarica, DC-odklopniki in zaščite, drobni material in električni vodniki	1	1.100,00	1.100,00
Izmenična (AC) povezovalna omarica, AC-odklopniki in zaščite, drobni material in kabli	1	550,00	550,00
Projektna dokumentacija	1	1.800,00	1.800,00
Stroški izdelave strelovoda	1	3.700,00	3.700,00
Montaža sistema in zagon	1	7.800,00	7.800,00
Elektronsko odčitavanje delovanja s komunikatorjem GSM	1	550,00	550,00
Električni vodnik 4 x 50 mm ² x 70 m, 1 x 25 mm ² x 100 m	1	1.800,00	1.800,00
Vrednost skupaj			106.713,00
Vrednost z DDV			128.055,60

3.5 OCENA DEJANSKE MOČI SONČNE ELEKTRARNE

Za oceno dejanske moči sončne elektrarne so upoštevali površino strehe na objektu, ki je nepravilne oblike in znaša 330 m². Od tega je 307,8 m² uporabne površine.

Najprej je bilo izračunano število modulov, ki se jih lahko namesti na streho. Izračun je pokazal, da je za strešno površino potrebnih 187 modulov v velikosti 1661 mm x 991 mm x 40 mm, imenska moč posameznega modula je 220 Wp (Tersus, 2011).

Po izračunih naj bi v idealnih razmerah delovanja moč elektrarne znašala 41.140 kWp. V Sloveniji je optimalen naklonski kot 30°, kar za Novakovo sončno elektrarno pomeni 5 % izgube. Ob upoštevanju izgube izkoristka zaradi naklona strehe po izračunih sledi, da je moč elektrarne 39,083 kWp.

Usmerjenost proti jugu je idealna, tako da pri tem ni nobenih izgub.

Izgube pri razsmernikih so odvisne glede na to, kaj ponuja posamezni proizvajalec.

Pri uporabi razsmernika Power-One, ki so ga izbrali Novakovi, nastane 2,87 % izgube (Power-One, 2011).

Ob upoštevanju razpoložljivi površini, naklonu strehe in možnih izgubah je dejanska moč sončne elektrarne ocenjena na okoli 38 kWp.

3.6 POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE

Za pravilno postavitve sončne elektrarne je potrebno kar nekaj korakov, ki pa si morajo slediti po pravilnem vrstnem redu, da se projekt izpelje kar se da uspešno in brez problemov.

Kot prvo je bil izbran najprimernejši objekt za postavitev sončne elektrarne, velika streha, obrnjena proti jugu, z naklonom okoli 30°. Glede na velikost strehe se je določila zgornja meja moči elektrarne.

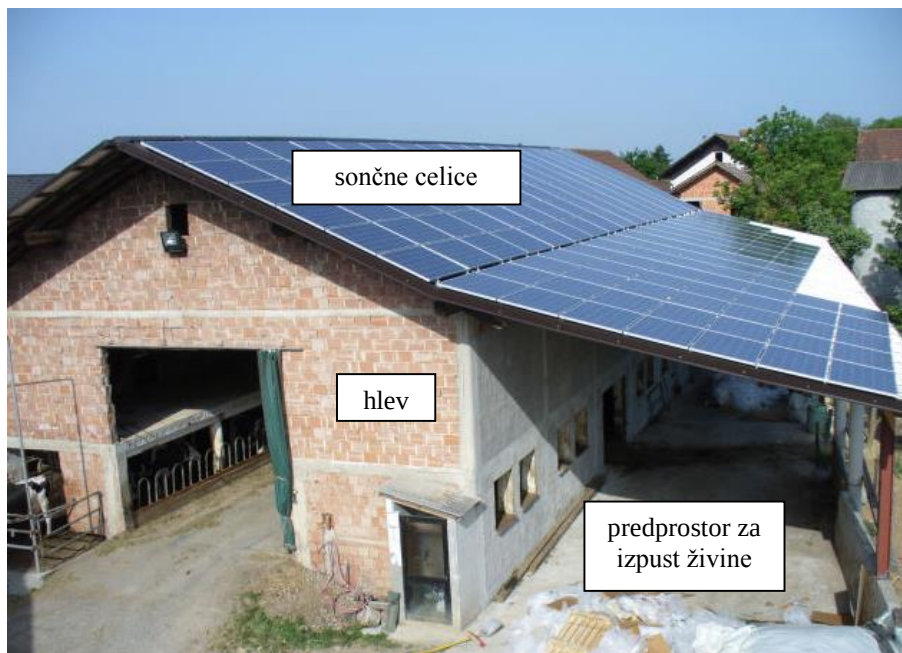
Ker sončna elektrarna predstavlja dodatno, nezanemarljivo obremenitev objekta, je moral biti le-ta tudi statično pregledan. Posegov v konstrukcijo se nikoli ne smemo lotevati brez predhodnega pregleda stavbe in s tem povezanega statičnega izračuna nosilnosti. V nadaljevanju se je naredil tudi načrt, kje in kako postaviti razsmernike ter razdelilne omarice, saj je le-te potrebno postaviti čim bližje modulom, da je izkoristek večji.

Kasneje se je izbranemu distributerju električne energije poslala vloga za postavitve sončne elektrarne. Ta ozemlji objekt, opravi meritve v obstoječi omarici, ter na podlagi le-teh izda soglasje za priključitev sončne elektrarne na distribucijsko omrežje. Pred zbiranjem ponudb izvajalca je bilo na občini treba pridobiti še lokacijsko informacijo.

Pri izbiri izvajalca projekta je pri nas kar nekaj konkurence. Lahko se odločimo za postavitve »na ključ«, kar pomeni, da izbrani izvajalec opravi vse, od izbire elementov pa do postavitve konstrukcije na objekt. V praksi se postavitve sončnih elektrarn največkrat izvajajo po tej metodi. Obstaja pa tudi možnost, da naložbenik sam kupi elemente, strokovno usposobljena oseba pa mu zadevo postavi. Pri izbiri je na voljo veliko dejavnikov, odvisnih od želja vsakega posameznika, glavna pa sta seveda izkoristek sončne elektrarne in cena. Izbrani izvajalec najprej predloži projekt, kako bo stala podkonstrukcija, električni načrt ...

Če vse stvari ustrezajo načrtom in pogojem, se lahko začne fizična postavitve sončne elektrarne.

Pri fizični postavitvi elektrarne se je najprej postavila podkonstrukcija. Nanjo se je nato pričvrstilo module, ki se jih je pred tem vezalo v zaporedne električne kroge, kakor predvideva projekt, saj ima vsak razsmernik določeno zgornjo vhodno moč. Ko je bilo to opravljeno, je bilo treba pravilno povezati še vse ostale komponente električne napeljave. Na Sliki 12 je prikazan hlev, na katerem je postavljena sončna elektrarna Novakovih.



Slika 13: Sončna elektrarna Novak (Novak, 2011)

3.7 POSTOPKI PRED PRIKLJUČITVIJO ELEKTRARNE V OMREŽJE

Po zaključku vseh del je bila elektrarna v tehnični izvedbi že pripravljena na delovanje. Pred priključitvijo sončne elektrarne na omrežje z elektrodistributerjem, ki upravlja z distribucijskim omrežjem, je bilo potrebno skleniti še pogodbo o priključitvi na omrežje in o dostopu do omrežja.

Pred priključitvijo sončne elektrarne je bilo potrebno skleniti tudi pogodbo o prodaji električne energije, ki je bila sklenjena z Borzenom (center za podpore - izvajanje podporne sheme za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov in visoko učinkovite soproizvodnje toplote in električne energije). Tu je govora o pogodbi za stalni tržni del cene, ki se prosto oblikuje na trgu in je določena v Uredbi o podporah električne energije, proizvedeni iz obnovljivih virov energije.

Če pa se za pogodbo z Borzenom ne odločite, se od Borzena dobiva obratovalna podpora, ki pa je nižja za vsakoletno ocenjeno tržno ceno električne energije. To podporo namenijo temu, da proizvodnim napravam nadomestijo razliko med proizvodnimi stroški in tržno ceno, ki jo naprave iztržijo na prostem trgu. Proizvodne naprave, ki prejemajo obratovalno podporo, si morajo same urediti izravnavo razlik med napovedano in realizirano proizvodnjo in bilančno pripadnost, oziroma jim to uredi dobavitelj, s katerim imajo sklenjeno odprto pogodbo za prodajo električne energije. Za obratovalno podporo se lahko odločijo vse SPTE naprave, ki imajo moč do 200 MW in pa OVE naprave, ki ne presegajo moči do 125 MW. Pri SPTE napravah je podpora do starosti 10 let, pri OVE napravah pa do starosti 15 let (Priključitev..., 2012).

Po uspešno opravljenem prevzemu in izbiri odkupovalca električne energije se je vsa dokumentacija poslala na Javno agencijo Republike Slovenije za energijo. Po pregledu vseh dokumentov je agencija izdala listino, ki dokazuje pravnomočnost deklaracije, deklaracijo pa je vpisala v register deklaracij za proizvodnje naprave. Deklaracijo je treba obnoviti vsakih pet let.

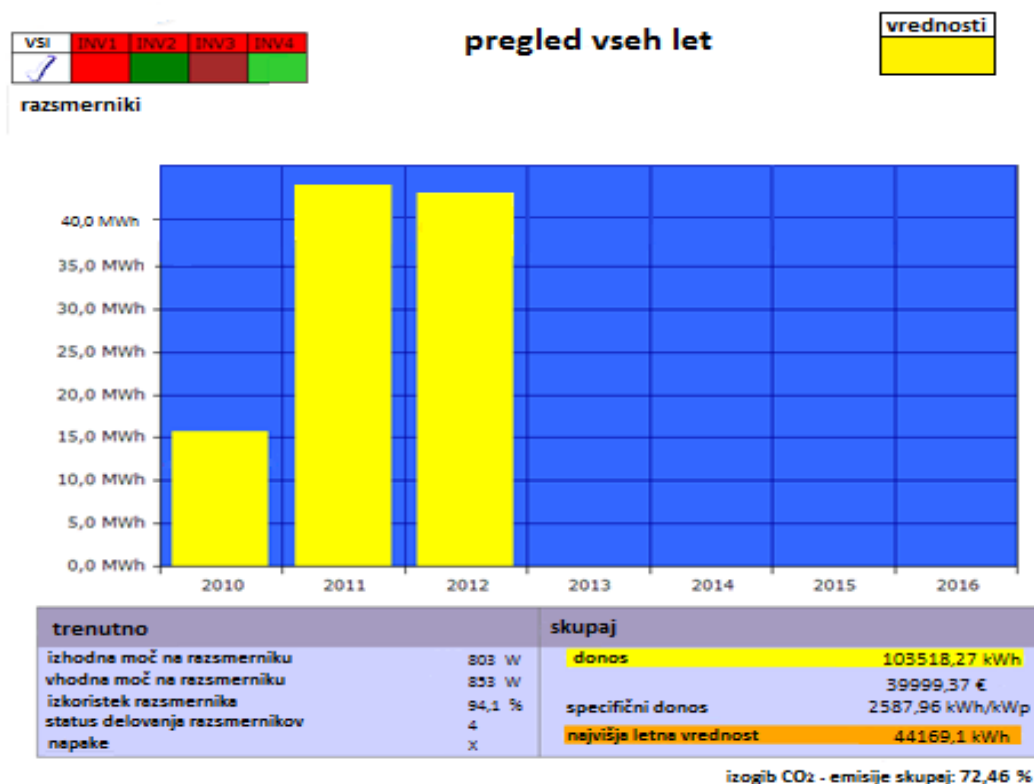
Ko so vsi pogoji sončne elektrarne uradno izpolnjeni, se lahko električni tok spusti v omrežje. Odkupovalec ima preko GSM odčitovalnika nadzor nad proizvedeno energijo. Izpisek porabljene električne energije lahko proizvajalcu mesečno pošilja po elektronski pošti. Na podlagi proizvedene energije proizvajalec izstavi mesečni račun.

4 REZULTATI

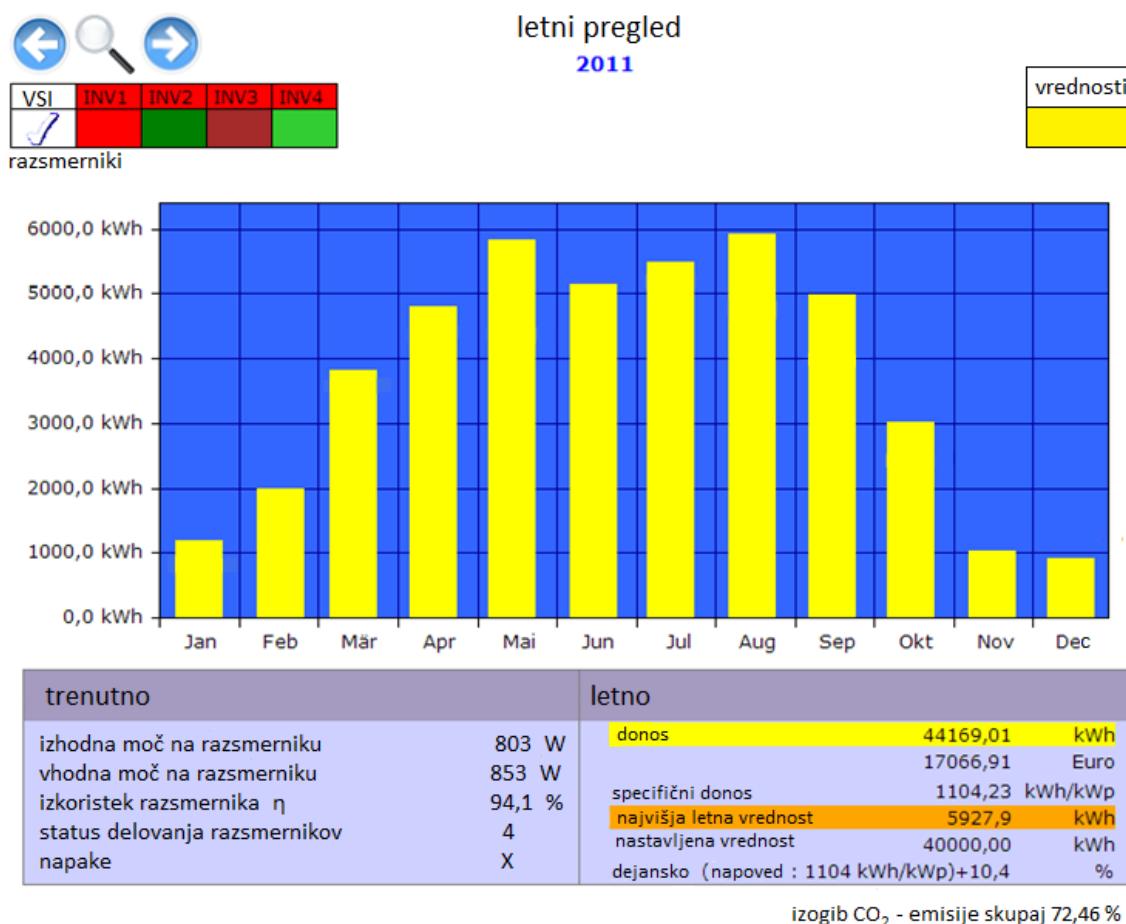
4.1 IZKORISTEK SONČNE ELEKTRARNE NA KMETIJI NOVAK

Podatki o delovanju in izkoristku sončne elektrarne na kmetiji Novak na letni ravni so pridobljeni s pomočjo elektronskega odčitovalnika delovanja Solar Log. Iz Slike 13 je razvidno delovanje sončne elektrarne med leti od 2010 do 2012. V letu 2010, ko je elektrarna delovala od 17. julija 2010 do 31. decembra 2010, je proizvedla približno 15,5 MWh električne energije. V obdobju od 1. januarja 2011 do 31. decembra 2011 je proizvedla približno 41 MWh električne energije, v obdobju od 1. januarja 2012 do 31. decembra 2012 pa približno 40 MWh.

Iz slik pridobimo tudi podatke o trenutnem delovanju, kot so vhodna in izhodna moč na razsmerniku, izkoristek razsmernika, status delovanja razsmernikov ter napake. Napisani so tudi podatki o celotnem delovanju, kot so donos, tako energetski kot finančni ter specifični donos, najvišja letna vrednost in količina CO₂, ki bi bil izpuščen v okolje s pridobivanjem elektrike iz fosilnih goriv. Vsi ti izračuni so narejeni s pomočjo elektronskega odčitovalnika delovanja.



Slika 14: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak od leta 2010 do leta 2012 (Solar Log, 2012)

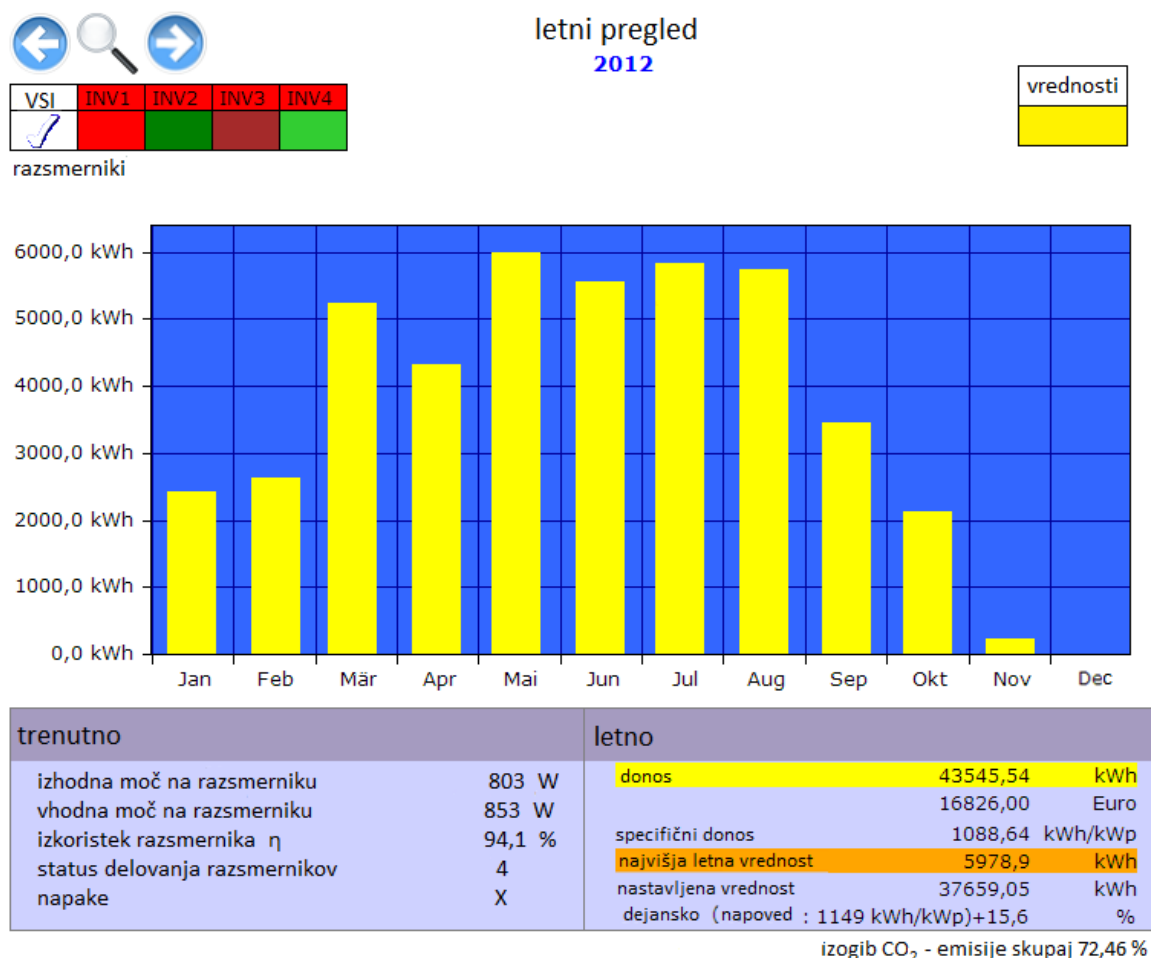


Slika 15: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak po mesecih leta 2011 (Solar Log, 2012)

Na Sliki 14 je prikazana proizvodnja sončne elektrarne po mesecih v letu 2011. Največja proizvodnja je bila avgusta, ki je znašala skoraj 6000 kWh, najmanjša pa v decembru, okoli 1000 kWh.

V juniju in juliju je bila proizvodnja nekoliko manjša, saj so bile dnevne temperature v teh dveh mesecih precej visoke. Najbolj optimalna temperatura okolice za največji izkoristek je 25 °C, vrednost sončnega sevanja pa 1000 W/m².

Izkoristek sončne celice se zmanjšuje z naraščanjem temperature sončne celice, saj se tedaj zmanjšuje napetost odprtih spolk. Pri temperaturi celice 60 °C naj bi bil izkoristek za 20 odstotkov manjši glede na imensko vrednost.



Slika 16: Proizvodnja sončne elektrarne na kmetiji Novak po mesecih leta 2012 (Solar Log, 2012)

Na Sliki 15 je prikazana proizvodnja po mesecih za leto 2012. Tu je bila največja proizvodnja maja, in sicer 6000 kWh. V primerjavi z lanskim avgustom je bil letošnji malo slabši, za nekaj sto kilovatnih ur. V povprečju je bilo leto 2011 malenkost ugodnejše, vendar dosti podobno kot leto 2012.

Rezultati bi bili glede na lokacijo in ostale razmere lahko boljši, vendar je bilo šele po postavitvi elektrarne ugotovljeno, da elektrarna ne bo mogla delovati s polno močjo, ker je transformatorska postaja preveč oddaljena od lokacije same elektrarne. Ker je sončna elektrarna zasnovana tako, da se ob zgornji ali spodnji meji dovoljene napetosti samodejno izključi, se to zaradi oddaljenosti tudi zgodi. Kljub temu je bil sprejet dogovor, da se zaradi vsakoletnega znižanja podpore odkupa cen sončna elektrarna kljub slabemu omrežju lahko postavi. Dejstvo pa je, da trenutno tudi v najboljših razmerah sončna elektrarna ne bo delovala s svojo največjo zmogljivostjo.

4.2 EKONOMSKA UPRAVIČENOST NALOŽBE V SONČNO ELEKTRARNO

Lastnik sončne elektrarne elektriko, ki jo pridobi, ne uporabi zase, ampak jo po ločenem merilniku oddaja v omrežje. Cena, po kateri se oddaja elektrika, je približno štirikrat višja od cene, ki jo plača kot uporabnik, za razliko pa se dobi subvencija od države. Če se lastnik odloči, da bo elektriko uporabljal samo za lastno oskrbo, je upravičen samo do 30 odstotkov premije. Letno premijo, ki je dodatek na tržno ceno, določi država. Vse pridobljene kilovatne ure lastnik elektrarne na podlagi pogodbe proda elektrodistribucijskemu podjetju po določeni ceni, ki je sestavljena iz letne premije in tržne cene (Sončna ..., 2012).

Pri izračunu ekonomske upravičenosti postavitve sončne elektrarne na kmetiji Novak je bilo upoštevano povprečje sončnih dni za ljubljansko območje. To je 1100 sončnih ur za eno leto. V letu 2010 je cena odkupa električne energije, proizvedene iz sončne elektrarne moči do 50 kW, znašala 0,38638 €/kWh, v letu 2012 pa ta znaša 0,19755 €/kWh, kar pomeni 49 odstotkov manj.

Naložbenik se lahko sam odloča o načinu prodaje električne energije. Lahko se odloči za zagotovljen odkup električne energije ter podpiše 15-letno pogodbo, lahko pa se odloči za obratovalno podporo, ki prav tako velja 15 let, ter elektriko prodaja na prostem trgu.

V primeru sončne elektrarne na kmetiji Novak je bila sprejeta odločitev za zagotovljen odkup električne energije po ceni 0,38638 €/kWh ter podpis 15-letne pogodbe.

Letni donos izračunamo tako, da moč elektrarne pomnožimo s ceno zagotovljenega odkupa in letnim številom sončnih ur.

$$\text{Letni donos} = 37,9965 \text{ kW} \times 0,38638 \text{ €/kWh} \times 1100 \text{ h} = 16.149,20 \text{ €}$$

Petnajstletni donos sončne elektrarne izračunamo tako, da letni donos pomnožimo s predvideno izgubo moči izkoristka in z leti delovanja.

$$15\text{-letni donos} = 16.149,19 \text{ €} \times 94 \% \times 15 \text{ let} = 227.703,58 \text{ €}$$

Izračun pokaže, da je donos sončne elektrarne za prvih 15 let 227.703,58 €.

Glavni element Novakove sončne elektrarne predstavljajo sončni paneli, katerih Moser-Baerova garancija zagotavlja delovanje prvih 12 let z izhodno močjo v izkoristku nad 90 odstotkov imenske zmogljivosti panelov, nato pa še naslednjih 13 let nad 80 odstotkov delovanja imenske moči. Dobiček je izračunan za prvih 15 let, saj so prihodki do takrat predvidljivi.

4.3 STROŠKI VZDRŽEVANJA SONČNE ELEKTRARNE

V Sloveniji pogosto prevladuje zmotno mnenje, da po priključitvi elektrarna vedno brezhibno deluje in je ni treba vzdrževati. Tako kot redno vzdržujemo avtomobile, hišo, stanovanje ali druge premičnine in nepremičnine, tako je smiselno redno vzdrževati in periodično preverjati delovanje sončne elektrarne.

Med stroške vzdrževanja spada izvajanje vizualnih in meritvenih periodičnih pregledov posameznih elementov, zaščit ter delovanja elektrarne. Najpogostejši vzroki tehničnih napak na sončni elektrarni so okvare zaradi tako imenovanih vročih točk, neupoštevanje zaščite IP (Ingress Protection - zaščita pred vstopom prahu, vlage in vode) pri postavitvi razsmernikov, neupoštevanje zahtev po hlajenju modulov, poškodbe izolacije vodnikov, napačno izvedena strelovodna napeljava, neuskladene karakteristike v veji, rumenenje hrbtne folije, nestrokovna izvedba elektroinštalacijskih del. Vzrokov za izpad delovanja sončne elektrarne je torej veliko, med njimi je mnogo naključnih, zato se priporočajo periodični pregledi sončnega sistema ter učinkovit sistem obveščanja in odpravljanja napak.

Vsakoletni pregled ločilno merilnega mesta s strani odgovornega izvajalca stane okrog 90 €. Zakonodaja obveznosti izvajanja pregledov ne zahteva, je pa za lastnika elektrarne priporočljivo, da ima v primeru nezgode potrebne dokumente o redno opravljenih periodičnih pregledih.

Sončne elektrarne je smiselno zaradi visoke investicije in izpostavljenosti nepredvidljivim zunanjim vplivom tudi zavarovati. Strošek osnovnega zavarovanja pokriva škodo v primeru toče, požara ter poškodb zaradi vetra in v našem primeru znaša okrog 120 € na leto.

Tekom leta je sončna elektrarna izpostavljena najrazličnejšim vremenskim nevšečnostim. Tako se na površini solarnih panelov nabira umazanija kot na primer cvetni prah, ptičji iztrebki, smog ..., kar pa seveda zmanjša izkoristek solarnih panelov. Redno vzdrževanje, ki je potrebno, je enkrat letno čiščenje površine panelov, v primeru samostojne postavitve pa je potrebno poskrbeti, da se okolica vzdržuje, v primeru zaraščenosti pa jo je potrebno očistiti. Izostanek rednega čiščenja sončnih elektrarn zmanjša njihovo učinkovitost za 15 do 25 odstotkov in podaljša njihovo dobo amortizacije za 3–5 let. Redni letni stroški vzdrževanja in zavarovanja so ocenjeni na približno 1 odstotek celotne investicije v sončno elektrarno.

Upoštevamo še stroške amortizacije. Amortizacija je opredeljena kot strošek, ki nastaja zaradi prenašanja nabavne vrednosti sredstva, ki ga amortiziramo na poslovne učinke. Amortizacijski znesek dobimo tako, da amortizacijsko stopnjo pomnožimo z amortizacijsko osnovo. Z amortiziranjem želimo izračunati vrednostno obrabo sredstev proizvodom oziroma storitvam, ki smo jih z njihovo pomočjo ustvarili. S tem zbiramo denar za nakup novega osnovnega sredstva, ko bo staremu potekla doba delovanja.

Amortizacijska osnova je v našem primeru celoten strošek investicije, torej 128.055,60 €.

Po 15. letu bo potrebno zamenjati razsmernike, ki predstavljajo 10,5 odstotkov začetne investicije oziroma 13.332,00 €. Ti pa bodo v uporabi le 10 let. Tako bo amortizacijski znesek po 15. letu 1.333,2 €.

Amortizacijska stopnja = $100\% / 15 \text{ let} = 6,6\% \text{ na leto}$

Amortizacijski znesek do vključno 15 leta = $128.055,60 \text{ €} / 15 \text{ let} = 8.537,04 \text{ €}$

Amortizacijski znesek po 15. letu = $13.332,00 \text{ €} / 10 \text{ let} = 1.333,2 \text{ €}$

V prvih 15-ih letih investicije bo tako izkazan strošek v višini 8.537,04 €, v zadnjih 10-ih letih pa strošek v višini 1.333,2 €.

5 SKLEPI

Za kmetijo Novak je po korakih predstavljen proces postavitve sončne elektrarne, od izbire lokacije, izračunov, do gradnje in rezultatov. Tako je na primeru prikazano, kakšne so omejitve za postavitev sončne elektrarne. Sprva je treba določiti primerno lokacijo (v danem primeru je bila to streha gospodarskega objekta), s katero bi najbolje izkoristili potencial panelov, kar pomeni, da mora imeti pravo ekspozicijo (južno), naklon (čim bližje 30°), biti mora dovolj velika, statično vzdržljiva tudi z novo obremenitvijo in čim manj senčena. Sledijo okvirni izračuni naložbe, in če se zanjo odločite, izbira ponudnika postavitve elektrarne in pridobitev soglasja za priključitev na distribucijsko omrežje ter lokacijske informacije. V primeru kmetije Novak so se odločili za metodo »na ključ«. Po postavitvi elektrarne sledi še tehnični prevzem, prejem deklaracije Javne agencije Republike Slovenije za energijo in potrdilo o zagotavljanju podpore, nato se električni tok lahko spusti v omrežje.

Izkoristki so predstavljeni na podlagi dvoletnega delovanja. Kot smo ugotovili, bi bil izkoristek elektrarne lahko boljši, če bi objekt primerno nadgradili. Predlogi, kako bi lahko delovanje objekta še dodatno izboljšali, so naslednji: nadgradnja za povečanje izkoristka elektrarne, izkoristek bi lahko povečali z uporabo celic z večjim razmerjem moči in površine. Optimalni naklon (30°) v južni smeri bi v našem primeru prinesel približno 2–3 odstotke boljši donos.

V poletnih mesecih bi bilo potrebno namestiti hlajenje, saj se sončni moduli zaradi previsoke temperature ozračja lahko pregrevajo, to pa nekoliko zmanjša izkoristek pridobivanja električne energije, kar se še posebno vidi na slikah 14 in 15, ko je bila največja proizvodnja prav maja in ne v poletnih mesecih, kot bi bilo pričakovali. To bi lahko povečalo donos, in sicer za približno 10 %, vendar pa je za to potrebna dodatna energija za črpalko ter voda. Uporaba sledilnika bi povečala letni izkoristek do 30 %, za podoben odstotek pa bi bila večja tudi naložba, se pravi za 30 %. Za tak poseg bi bilo potrebno tudi gradbeno dovoljenje, saj so na sledilniku tudi vrtljivi deli, ki potrebujejo vzdrževanje in pa dodatna poraba električne energije za pogon sledilnika. Ta poraba je minimalna. Dodatki, kot so naprave za hlajenje in sledilniki, niso nujni za delovanje sončne elektrarne, zato je od vsakega posameznika odvisno, če se bo zanje odločil, lahko pa povečajo donos pridobivanja električne energije. Novakovi se za njihovo uporabo niso odločili.

Rezultati kažejo, da je odločitev za uporabo energije iz obnovljivih virov pravilna, predvsem iz okoljskega vidika, seveda pa tudi finančnega. Pridobivanje energije iz obnovljivih virov je cilj, ki bi si ga morala zadati vsaka država. Treba se je namreč zavedati tudi dolgoročnih posledic našega vpliva na okolje in na našo prihodnost.

6 POVZETEK

Sončna energija ima pomembno vlogo pri doseganju dolgih, trajnostnih, okolju prijaznih obnovljivih virov energije za izpolnitev potreb po energiji za človeštvo, brez uporabe fosilnih goriv, ki imajo številne stranske učinke. Njihovi dimni plini izgorevanja proizvajajo onesnaževanje in globalno segrevanje. Prehod na takšne vire energije, kot je sončna energija, bi lahko izboljšalo kakovost življenja na celotnem planetu Zemlja, ne samo za ljudi, ampak tudi za celotno naravo.

Svetovno gledano ostaja fotovoltaika ena izmed bolj dinamičnih sektorjev, saj se je v obdobju zadnjih let razširila po celem svetu, njena svetovna letna rast pa znaša več kot 35 %.

Težnja po izkoriščanju obnovljivih virov energije predstavlja eno glavnih smernic okoljske in energetske politike Evropske unije in Slovenije. Najpomembnejša pravna vira s tega področja v Sloveniji sta Energetski zakon in Resolucija o nacionalnem energetskem programu. Hkrati so v diplomskem delu predstavljeni tudi ostali pomembnejši pravni viri, ki urejajo področje energetike v Republiki Sloveniji in Evropski uniji. Države članice EU so se zavezale, da bodo do leta 2020 uresničile cilje v zvezi z doseganjem deleža obnovljivih virov energije v končni porabi energije.

Napredek tehnike in znanosti je prinesel novosti v pridobivanju električne energije tako v načinu kot virih energije, ki so potrebni za obratovanje elektrarn. Eden izmed načinov pridobivanja električne energije je »ujeta« energija sonca. Sončno energijo sprejemajo paneli, ki preko razsmernikov pošiljajo elektriko v električno omrežje. Ravno ta način izkoriščanja obnovljivega vira energije s fotonapetostnimi celicami je predstavljen v diplomskem delu.

7 VIRI

Advantages of solar energy - benefits of solar energy

<http://www.solarpowernotes.com/solar-energy-advantages.html#.USz7zIY7o5Y>
(15.11.2012)

ApE - Agencija za prestrukturiranje energetike d.o.o.

<http://www.ape.si/> (10. 9. 2012)

Biotherm, nekaj o sončnih kolektorjih.

<http://www.biotherm.si/cms/node/100> (15.10.2012)

Canadian Solar - luxium fotovoltaika, sončne elektrarne, sončne celice, solarna elektrarna, sončne energije, solarni moduli, razsmerniki, inverterji:

<http://www.luxim.si/Proizvodi/moduli/canadian-solar> (15. 11. 2012)

Fotovoltaika - Alu Solar.

<http://www.alu-solar.si/fotovoltaika.html> (15. 11. 2012)

Guštin M. 2011. Električna iz sonca bo konkurenčna po letu 2020. Delo in dom.

<http://www.deloindom.si/elektrika-iz-sonca-bo-konkurencna-po-letu-2020> (10.9.2012)

Javna agencija Republike Slovenije za energijo - Zakonodaja

http://www.agen-rs.si/sl/informacija.asp?id_meta_type=34&id_informacija=839
(5.1.2013)

Lenardič, D. 2009. Fotonapetostni sistemi - priročnik: gradniki, načrtovanje, inštalacija, vzdrževanje. Ljubljana, Agencija Poti: 690 str.

Meteo.si - Državna meteorološka služba RS - Preglednice:

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/>

Obnovljivi viri energije 2011.

<http://obnovljivivirienergije.net> (10. 9. 2012)

OVE - obnovljivi viri energije.

<http://www.ove.si> (12. 9. 2012)

Priključitev sončne elektrarne.

<http://www.sol-navitas.si/soncne-elektrarne/prikljucitev-soncne-elektrarne> (15.10.2012)

Projektiranje: enersis.si

<http://www.enersis.si/projektiranje> (15. 11. 2012)

Power one.

<http://www.power-one.com/renewable-energy/products/solar/string-inverters/aurora-trio> (15. 10. 2012)

Prihodnost je obnovljiva! Obnovljivi viri energije, priročnik. 2005. Zreče. Fokus društvo za sonaraven razvoj. 16 str.

PV portal.

<http://pv.fe.uni-lj.si/SEvSLO.aspx> (8. 10. 2012)

Solarni moduli, sončna energija, fotovoltaika, solarni sistemi, sončne celice, solarni panel - Velog d.o.o. Ljubljana.

<http://www.energija-solar.si> (15. 10. 2012)

Sončna energija, 2000.

http://kid.kibla.org/~gverila/vegansvet/predal/soncna_energija.htm (8.10.2012)

Sončna energija, ogrevanje ter topla voda - Uporaba sončne energije za ogrevanje ter toplo vodo.

<http://montazne-hise-on.net/uporaba-soncne-energije-za-ogrevanje-in-toplo-vodo.html> (15. 10. 2012)

Sončne celice, 2011. Energetski inženiring.

http://www.e-bajt.si/soncne_celice.html (8.10.2012)

Tersus d.o.o.

<http://www.soncna-elektrarna.net> (10. 9. 2012)

Zbirka informacijskih listov »ZA UČINKOVITO RABO ENERGIJE. ApE - Agencija za prestrukturiranje energetike d.o.o.

<http://www.ape.si/> (10. 9. 2012)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Rajku Berniku za mentorstvo in pomoč pri nastajanju diplomskega dela, mag. Karmen Stopar in prof. dr. Lučki Kajfež-Bogataj za vsestransko pomoč in strokovne nasvete pri izdelovanju in oblikovanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi družini Novak za vse informacije in pomoč pri zbiranju podatkov za nalogo.

Hvala tudi družini in prijateljem za spodbudo in pomoč pri študiju.