

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jakob IVANUŠA

**MOŽNOSTI IZGRADNJE IN UPORABE SONČNIH  
ELEKTRARN NA KMETIJAH V OBČINI SVETI  
TOMAŽ**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Jakob IVANUŠA

**MOŽNOSTI IZGRADNJE IN UPORABE SONČNIH ELEKTRARN NA  
KMETIJAH V OBČINI SVETI TOMAŽ**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**THE CAPACITY FOR CONSTRUCTION AND USE OF  
PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ON THE FARMS IN MUNICIPALITY  
SVETI TOMAŽ**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, Oddelku za agronomijo, Katedri za kmetijsko mehanizacijo.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za agronomijo je dne 7. 5. 2009 za mentorja imenovala dr. Rajka Bernika.

Komisija za zagovor:

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

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

Članica: doc. dr. Zalika ČREPINŠEK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem besedilu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jakob IVANUŠA

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

- ŠD Dn
- DK UDK 631.1.017.3:620.92:502.21:523.9(497.4 Sv. Tomaž)(043,2)
- KG Kmetije/sončna energija/elektrika/možnosti/občina/Slovenija
- KK AGRIS PO5/N01
- AV IVANUŠA, Jakob
- SA BERNIK, Rajko (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2010
- IN MOŽNOSTI IZGRADNJE IN UPORABE SONČNIH ELEKTRARN NA KMETIJAH V OBČINI SVETI TOMAŽ
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
- OP IX, 40, [1] str., 9 pregl., 11 sl., 21 vir.
- IJ SI
- JI sl/en
- AI Diplomaska naloga obravnava možnosti postavitve sončnih elektrarn na strehe objektov na kmetijah v občini Sveti Tomaž. Zaradi svoje majhnosti kmetije pogosto ne zagotavljajo primerne dohodka, zato njihovi lastniki iščejo možnosti dodatnega zaslužka. Kot ena od možnosti se ponuja izgradnja sončnih elektrarn in prodaja električne energije. Od 273 kmetij sem izbral vzorec 78 kmetij, na katerih je kmetijstvo osnovna dejavnost vsaj enemu družinskemu članu. S pomočjo orodij na spletu sem izmeril orientacijo in velikost strešnih površin. Ugotavljam, da ima primerne strešne površine le 41 kmetij. Zaradi relativno majhnih strešnih površin, je smiselna uporaba sončnih celic z izkoristki vsaj 15–18 %. Povprečna moč sončne elektrarne, ki bi jih lahko namestili na te površine, bi bila 23 kWp imenske moči. Za postavitev sončnih elektrarn na strehe stavb gradbeni predpisi ne zahtevajo posebnih dovoljenj. Za priključitev na električno omrežje pa moramo izpolnjevati pogoje, ki jih predpiše dobavitelj električne energije, na katerega omrežje se priključimo. Zaradi visokih cen opreme za postavitev sončnih elektrarn je proizvodnja elektrike iz tega vira trenutno še nekonkurenčna energiji iz nekaterih drugih virov, zato država podpira izgradnjo teh naprav na kmetijah z nepovratnimi sredstvi in podporami odkupu električne energije, proizvedene iz teh naprav. Ob zagotovljenih podporah odkupu električne energije se nam lastna sredstva, vložena v izgradnjo sončne elektrarne, povrnejo v 8 do 10 letih.

### KEY WORD DOCUMENTATION (KWD)

- DN Dn
- DC UDC 631.1.017.3:620.92:502.21:523.9(497.4 Sv. Tomaž)(043,2)
- CX Farms/solar energy/electricity/possibilities/community/Slovenia
- CC AGRIS PO5/N01
- AU IVANUŠA, Jakob
- AA BERNIK, Rajko (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2010
- TI THE CAPACITY FOR CONSTRUCTION AND USE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS ON THE FARMS IN MUNICIPALITY SVETI TOMAŽ
- DT Graduation Thesis (University studies)
- NO IX, 40, [1] p., 9 tab., 11 fig., 21 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The aim of my thesis is to show the capacity for construction of photovoltaic systems on the farm roofs in municipality Sveti Tomaž. Due to their small size, the farms often don't make profit. Therefore, the farm owners search for other opportunities for additional income. One of such opportunities is to construct photovoltaic systems on rooftops and sell electrical power. I have selected 78 out of 273 farms in which farming is the primary professional activity for at least one family member. Using the Internet tools, I measured the orientations and the size of roof areas of buildings in selected farms. The analysis shows that only 41 farms meet the conditions of constructing photovoltaic systems on their roofs. Because the roof areas are relatively small, I believe it is best to use solar cells which transform solar energy into electricity with efficiency of at least 15 – 18%. The average power of the photovoltaic system which could be constructed on such roof area is 23 kWp. There are no special building permits for the construction of photovoltaic systems on rooftops. However, there are certain conditions to be met as regards the connection to the electrical network, which are prescribed by the supplier of electrical energy. Due to high costs of the equipment for the construction of photovoltaic systems, the production of electrical power from this source remains non-competitive to the production of electrical power from other sources. The construction of photovoltaic systems is therefore state subsidised by non-refundable investment funds and later by buying off the electrical energy produced by photovoltaic systems. Due to such support by the state, the financial investment in the construction of photovoltaic systems is repaid in 8 to 10 years.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	IX
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO .....	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA .....	2
1.3 NAMEN RAZISKAVE .....	2
<b>2 PREGLED STANJA</b> .....	<b>3</b>
2.1 ELEKTRIČNA ENERGIJA .....	3
2.1.1 Raba električne energije v Sloveniji .....	3
2.1.2 Proizvodnja električne energije v Sloveniji po gorivih .....	4
2.1.3 Obnovljivi viri za proizvodnjo električne energije .....	5
2.2 SONČNA ENERGIJA .....	7
2.2.1 Sončna energija – razlaga strokovnih izrazov .....	7
2.2.2 Trajanje sončnega obsevanja v Sloveniji .....	8
2.2.3 Izmerjen neposredni in razpršeni sončni obsev v Sloveniji .....	9
2.3 IZKORISTLJIVOST SONČNE ENERGIJE .....	11
2.3.1 Pretvorba sončne energije v električno – zgodovina razvoja .....	11
2.3.2 Sončne celice .....	11
2.3.3 Fotonapetostni modul .....	13
2.3.4 Sončne elektrarne – fotonapetostni sistemi .....	13
2.3.5 Postavitev sončnih elektrarn .....	15
<b>3 MATERIAL IN METODE DE LA</b> .....	<b>16</b>
3.1 MATERIAL .....	16
3.1.1 Izbira vzorca .....	16
3.2 METODE DE LA .....	16
3.2.1 Izbira primernih stavb na kmetiji .....	16
3.2.2 Določitev orientacije stavb .....	17
3.2.3 Določitev naklonskega kota ostrešij .....	18
3.2.4 Izmera površine primernih ostrešij .....	18
3.2.5 Izračun prejetega sončnega obseva .....	19
3.2.6 Izračun potencialno proizvedene električne energije .....	21
<b>4 REZULTATI</b> .....	<b>23</b>
4.1 KMETIJE, PRIMERNE STREŠNE POVRŠINE, PREJET SONČNI OBSEV POVRŠIN IN MOŽNA LETNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	23
4.1.1 Primerne strešne površine na kmetijah za postavitev sončnih elektrarn in njihova potencialna proizvodnja .....	23

4.1.2 Število kmetij s primernimi strešnimi površinami za namestitev sončnih elektrarn .....	24
4.1.3 Velikost in orientacija primernih strešnih površin na kmetijah.....	25
4.1.4 Možna vgrajena moč sončnih elektrarn na obravnavanih kmetijah.....	25
4.1.5 Prejet sončni obsev na danih površinah .....	26
4.1.6 Proizvedena električna energija na danih strešnih površinah .....	26
<b>5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....</b>	<b>27</b>
5.1 RAZPRAVA O TRENUTNEM STANJU IN PREDLOGI .....	27
5.1.1 Orientacija sprejemnih površin .....	27
5.1.2 Naklon sprejemnih površin .....	28
5.1.3 Proizvodnja električne energije.....	28
5.2 ALI SE SPLAČA ZGRADITI SONČNO ELEKTRARNO?.....	28
5.2.1 Podpore države investicijam v izgradnjo sončnih elektrarn .....	29
5.2.2 Podpora odkupu električne energije.....	29
5.2.3 Zagotovljen odkup električne energije .....	31
5.3 DONOSNOST INVESTICIJE .....	31
5.3.1 Ekonomski parametri izračuna RSEE .....	32
5.3.2 Vračilo investicijskih vlaganj .....	32
5.4 POSTOPKI IN DOKUMENTI, POTREBNI ZA IZGRADNJO SONČNE ELEKTRARNE .....	33
5.4.1 Dovoljenja za gradnjo .....	34
5.4.2 Potrebni dokumenti in postopki za priključitev sončne elektrarne.....	34
5.5 DAVČNI VIDIK INVESTICIJE IN PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE	35
5.5.1 Investitor kot zavezanec za davek na dodano vrednost .....	35
5.5.2 Investitor in proizvajalec električne energije kot fizična oseba .....	36
5.5.3 Investitor in proizvajalec električne energije kot pravna oseba .....	36
5.5.4 Proizvodnja električne energije na kmetiji kot dopolnilna dejavnost.....	36
5.6 SKLEPI.....	36
<b>6 POVZETEK.....</b>	<b>38</b>
<b>7 VIRI .....</b>	<b>39</b>
<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Proizvodnja električne energije po gorivih v obdobju 1992–2007 (Kazalci ..., 2008).....	4
Preglednica 2: Povprečna trajanja sončnega obsevanja v obdobju 1971–2000 za nekatere merilne postaje po mesecih in skupaj za leto, v urah (Agencija RS za okolje, 2008).....	8
Preglednica 3: Smeri, nakloni, mesečni in letni obsevi tistih površin, za katere so dnevni obsevi največji, in povečanje obsevov, glede na globalni obsev vodoravne površine (Rakovec in Zakšek, 2008).....	12
Preglednica 4: Primerjava izmerjenega povprečnega prejetega mesečnega in skupnega letnega obseva pri optimalnih naklonskih kotih in orientaciji sprejemne površine (Rakovec in Zakšek, 2008) in izračunanega z uporabljenim orodjem (IES, 2009) za merilno postajo Murska Sobota.....	20
Preglednica 5: Primer izračuna potencialno proizvedene električne energije in prejetega sončnega obseva (IES, 2009).....	21
Preglednica 6: Kmetije s primernimi strešnimi površinami, velikost teh površin, njihova usmeritev glede na strani neba, skupen prejet letni sončni obsev na njih in možna letna proizvodnja električne energije na njih.....	23
Preglednica 7: Vhodni podatki za določitev RSEE sončnih elektrarn na stavbah ali gradbenih konstrukcijah (Metodologija določanja Referenčnih stroškov električne energije (RSEE), proizvedene iz obnovljivih virov (2009).....	30
Preglednica 8: Cena zagotovljenega odkupa oziroma obratovalne podpore za odkup električne energije iz proizvodnih naprav OVE na sončno energijo, ki so postavljene na stavbah ali gradbenih konstrukcijah (2009).....	30
Preglednica 9: Primerjava vračila investicijskih vlaganj in donosov v 15-letnem obdobju za elektrarno, ki je zgrajena z lastnimi sredstvi in elektrarno zgrajeno s 50% podporo iz javnih sredstev.....	33



## KAZALO SLIK

Slika 1: Proizvodnja električne energije iz OVE ter cilj za leto 2010 po ReNEP in rast proizvodnje električne energije iz OVE ter bruto rabe električne energije v obdobju 2000–2007 (Kazalci ..., 2008).....	2
Slika 2: Gibanje proizvodnje električne energije po obnovljivih virih (Kazalci ..., 2008).....	6
Slika 3: Silicijeva sončna celica in njena zgradba (Topič in sod..., 2009).....	12
Slika 4: Prerez zgradbe modula (Topič in sod..., 2009).....	13
Slika 5: Zaporedna in vzporedna vezava celic (Topič in sod..., 2009).....	13
Slika 6: Skica osnovnega PV-sistema za napajanje enosmernih porabnikov (Topič in sod..., 2009).....	14
Slika 7: Skica omrežnega PV-sistema (Topič in sod..., 2009).....	15
Slika 8: Določitev orientacije stavbe s pomočjo slike in kotomera (foto: Jakob Ivanuša).....	17
Slika 9: Enostaven instrument za izmero naklona ostrešja (foto: Jakob Ivanuša).....	18
Slika 10: Primer izmere strešne površine usmerjene proti jugu (Ministrstvo za kmetijstvo..., 2009).....	19
Slika 11: Povečanje oziroma zmanjšanje dnevnih obsevov ( $\Delta H$ ) za površine, ki so orientirane v neko smer in nagnjene za nek kot glede na globalni dnevni obsev ( $H_g$ ) za Mursko soboto (Rakovec in Zakšek, 2008).....	20

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Okrajšava	Pomen
SGŠ	Severna geografska širina
VGD	Vzhodna geografska dolžina
RS	Republika Slovenija
GWh	Gigavatna ura
ES	Evropska skupnost
ReNEP	Resolucija o nacionalnem energetskega programu
OVE	Obnovljivi viri energije
Wp	Wat peak – enota za moč sončnih celic ali modulov
PV	Fotovoltaika
GERK	Grafična enota rabe katastra
KMG MID	Identifikacijska številka kmetijskega gospodarstva pri Ministrstvu za kmetijstvo
IES	Institute for Environment and Sustainability
GIS	Geografski informacijski sistem
SE	Sončna elektrarna
PZI	Projekt za izvedbo del
PID	Projekt izvedenih del
DDV	Davek na dodano vrednost

## 1 UVOD

Občina Sveti Tomaž leži severozahodno od Ormoža. Geografsko je približno omejena s koordinatami: na severu  $46^{\circ} 30' 30''$  SGŠ (severne geografske širine), na jugu s  $46^{\circ} 27' 00''$  SGŠ, na vzhodu s koordinato  $16^{\circ} 07' 00''$  VGD (vzhodne geografske dolžine) in na zahodu s koordinato  $16^{\circ} 00' 30''$  VGD. Območje občine je rahlo gričevnato in se razprostira na nadmorski višini od 250 do 350 m.

Je manjša podeželska občina s površino  $38,1 \text{ km}^2$  in ima 2110 prebivalcev (Statistični urad RS, 2009).

V občini ni nobene industrijske proizvodnje, obrt je slabo razvita. Velik del prebivalstva se ukvarja s kmetijstvom ali pa je zaposlen izven občine.

Kmetije so v povprečju majhne, tako da v glavnem lahko ustvarijo skromen dohodek le za enega zaposlenega, zato predvsem mlajši nosilci kmetijske dejavnosti iščejo možnosti za dodaten dohodek v dopolnilnih dejavnostih na kmetijah ali izven kmetij.

### 1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Pri iskanju možnosti za pridobivanje dodatnega dohodka na kmetiji nosilci tehtajo možnosti, ki so jim na razpolago. Kot ena izmed možnosti, ki jo z določenim deležem finančnih sredstev podpira tudi država, je proizvodnja energije iz obnovljivih virov, za prodajo.

Proizvodnja toplotne energije iz lesne biomase za te kmetije ni smiselna, saj je na tem območju le 1329 ha gozdov (Ministrstvo za kmetijstvo ..., 2009), kar pri 680 gospodinjstvih (Statistični urad RS, 2007) pomeni povprečno le 1,95 ha gozda na gospodinjstvo. Tudi proizvodnja toplotne ali električne energije iz bioplina je za večino kmetij neizvedljiva, saj so črede majhne, na njivskih površinah pa pridelajo komaj dovolj osnovne krme. Tudi energije vetra na tem območju ni dovolj za racionalno rabo.

Tako po kratki analizi razpoložljivih virov pridemo do vira, ki je brezplačen in neizčrpen, njegovo izkoriščanje pa tudi ne zahteva dosti vloženega dela. To je izkoriščanje energije sonca za proizvodnjo električne energije.

Ker je ta dejavnost v splošni praksi še precejšnja neznanka, potencialni investitorji običajno ne vedo, kako priti do objektivnih informacij o možnostih za koriščenje tega energetskega vira. Običajno se najprej obrnejo na ponudnike za izgradnjo teh sistemov, ki jim, odvisno od okoliščin, ponudijo bolj ali manj objektivne podatke o predvidenih donosih sistema, ki ga bodo zgradili na njihovi kmetiji, ob tem pa jim zaradi bojazni, da ne bi izgubili stranke, zamolčijo pomanjkljivosti določene lokacije ali načina umestitve v razpoložljiv prostor.

V razpoložljivi literaturi, predvsem na spletu, je obilica objektivnih informacij o razpoložljivi energiji sonca, o tem kakšen delež je lahko izkoristimo za proizvodnjo električne energije in optimalnih postavitvah sistemov za to izkoriščanje. Vendar običajen uporabnik le težka poveže vse razpoložljive podatke in jih uporabi na svojem konkretnem primeru.

## 1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Ljudje so že od davnine gradili stavbe predvsem na bolj osončenih mestih, da so čimbolj izkoristili energijo sonca za ogrevanje. Zaradi tega predpostavljamo, da imajo kmetije veliko razpoložljivih strešnih površin, ki so primerne za postavitve pretvornikov sončne energije v električno.

Glede na stroške postavitve in donose električne energije predvidevamo, da je trenutno smiselna samo postavitve stabilnih (negibljivih) sončnih elektrarn na obstoječa ostrešja. Z njimi izkoristimo obstoječi prostor, poseg v okolje je minimalen in skoraj neopazen, za njihovo izgradnjo pa ni potrebno pridobiti gradbenih dovoljenj.

Gibljivi (sledilni) sistemi sicer pridelajo nekaj več električne energije, vendar ta dodatni pridelek ne opraviči bistveno večjih stroškov izgradnje sistema.

## 1.3 NAMEN RAZISKAVE

Namen dela je, da iz razpoložljivih virov ugotovimo količino energije sonca, ki nam je na voljo, in kakšen delež le-te lahko izkoristimo. Iz različnih virov bomo poiskali podatke o optimalni usmeritvi pretvornikov sončne energije v električno, glede na strani neba in naklonski kot teh pretvornikov. Na osnovi predvidenega pridelka električne energije in trenutne odkupne cene za to energijo bomo izračunali prihodek in dobo vračila investicijskih vlaganj.

Iz vzorca kmetij pa bomo ugotovili delež kmetij, ki imajo primerne strešne površine za namestitev sončnih elektrarn in razpoložljivo velikost strešnih površin za te elektrarne.

V razpravi bomo tudi raziskali zakonski okvir za postavitve in delovanje teh sistemov.

## 2 PREGLED STANJA

### 2.1 ELEKTRIČNA ENERGIJA

Električna energija je energija, ki se kot električno delo prenaša z električnim tokom v tokokrogu. Je med najbolj uporabnimi oblikami energije. V vsakdanji praksi vzpostavimo tokokrog za prejetje električne energije tako, da napravo, ki porablja električno energijo, priključimo v vtičnico električne napeljave. Električno omrežje, s katerim je povezana vtičnica, mora imeti dovolj virov električne energije, da pokrije vse trenutne zahteve po električni energiji. Viri električne energije so stroji, ki različne oblike primarne energije (energija vodnega padca, goriv, jedrska energija) pretvorijo v energijo električnega toka. V javnih električnih omrežjih so viri električne energije elektrarne različnih vrst in velikosti.

Z električno energijo napajamo električne aparate, ki so vse bolj razširjeni pripomočki za življenje, delo in zabavo. Z električnimi stroji električno energijo pretvarjamo v mehansko delo skoraj brez izgub. Prav tako se brez ostanka v termičnih aparatih lahko pretvori v toploto. Električna energija je potrebna za nekatere kemijske in metalurške procese, na primer pridobivanje klora in aluminija. Električna energija je postala nepogrešljiva za razsvetljavo.

Električno energijo je z daljnovodi razmeroma gospodarno prenašati tudi na večjih razdaljah. Zaradi splošne uporabnosti električne energije je električno omrežje zelo razvejano.

Slaba stran električne energije je, da je neposredno ne moremo skladiščiti. Gre za prehodno obliko energije. Skladiščimo jo v obliki kemične energije v akumulatorjih, manj pogosto kot mehansko kinetično energijo (vztrajniki) in na druge načine. Problemi gospodarnosti naprav za skladičenje električne energije so majhen izkoristek, visoka cena, velika masa. Kljub temu so akumulatorji pogost sestavni del električnih aparatov (zlasti prenosnih) in vozil.

#### 2.1.1 Raba električne energije v Sloveniji

Raba električne energije zajema energijo, ki je dostavljena porabniku. V prikazanih podatkih ni zajeta lastna raba električne energije v elektrarnah in izgube v distribuciji električne energije. Zaradi vsesplošne uporabnosti električne energije njena poraba še vedno narašča. V obdobju 1992–2007 je njena raba rasla s povprečno letno stopnjo 3,0 %, v zadnjih šestih letih pa s stopnjo 3,9 %. V Sloveniji smo je v letu 2007 porabili 13.196 GWh. Največ je bilo porabljenih v predelovalnih dejavnostih in gradbeništvu (56 %), v gospodinjstvih 23 % in v ostalih dejavnostih 19 %. 2 % električne energije je bilo porabljenih v prometu. Od skupne rabe energije je električna energija predstavljala 23 %.

Slovenija nima cilja za rabo električne energije, ima pa cilj 9 % prihranka končne energije do leta 2016, zapisan v Direktivi 2006/32/ES o učinkovitosti rabe končne energije in o energetskih storitvah. Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (ReNEP) (2004) predvideva v obdobju 2000–2010 1,9% povprečno letno rast rabe električne energije (Kazalci ..., 2008).

## 2.1.2 Proizvodnja električne energije v Sloveniji po gorivih

Celotna proizvodnja električne energije v letu 2007 je znašala 15.043 GWh in je bila glede na leto 1992 večja za 24 %, glede na leto 2000 pa za 10 %.

Električno energijo pridobivamo iz trdih goriv (lignit in rjavi premog), tekočih goriv (ekstra lahko kurilno olje, mazut), plinastih goriv (zemeljski plin), jedrske energije, obnovljivih virov (biomasa in odpadki, energija vode, energija vetra, energija sonca, geotermalna energija) in ostalih goriv (Kazalci ..., 2008).

Preglednica 1: Proizvodnja električne energije po gorivih v obdobju 1992–2007 (Kazalci ..., 2008).

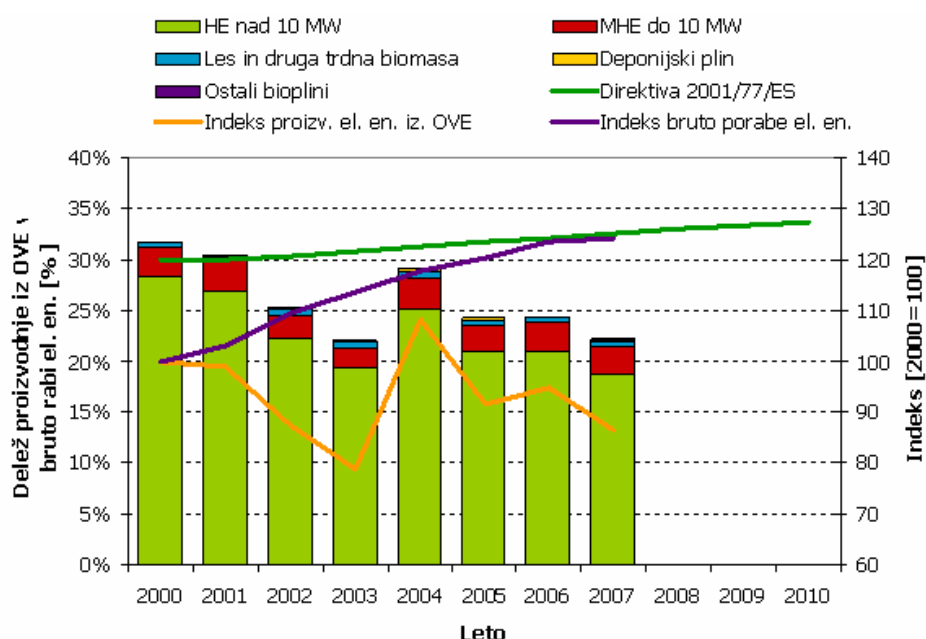
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Premog in lignit	[GWh]	4370	4432	4336	4343	4237	4710	4988	4480	4611	4919
Tekoča goriva	[GWh]	307	259	269	261	261	345	140	142	55	126
Plinasta goriva	[GWh]	25	23	18	30	8	10	109	172	293	296
Jedrska energija	[GWh]	3971	3956	4609	4779	4562	5019	5019	4696	4761	5257
OVE (HE, les, biogoriva)	[GWh]	3413	3022	3399	3241	3667	3092	3449	3772	3904	3868
SKUPAJ	[GWh]	12086	11692	12631	12654	12735	13176	13705	13262	13624	14466
		<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>				
Premog in lignit	[GWh]	5303	5108	5192	5275	5460	5485				
Tekoča goriva	[GWh]	66	50	43	37	45	29				
Plinasta goriva	[GWh]	289	370	358	340	373	452				
Jedrska energija	[GWh]	5528	5207	5459	5884	5548	5695				
OVE (HE, les, biogoriva)	[GWh]	3414	3086	4221	3581	3688	3382				
SKUPAJ	[GWh]	14600	13821	15273	15117	15114	15043				

Največ električne energije proizvedemo v jedrski elektrarni, vendar je ob upoštevanju dejstva, da polovica te energije pripada Hrvaški, največ električne energije za porabo v Sloveniji, proizvedeno iz trdih goriv. Zaradi tega je proizvodnja električne energije leta 2005 prispevala tretjino vseh emisij toplogrednih plinov ter vseh emisij prašnih delcev. Najbolj obremenjuje okolje proizvodnja iz fosilnih goriv, od tega še posebej trda goriva. Tekoča fosilna goriva proizvedejo približno enkrat manj emisij kot trdna, plinasta pa dvakrat manj. Raba jedrske energije ne povzroča emisij, je pa problematično kopičenje jedrskih odpadkov in možnost jedrskih nesreč. Tudi proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov ni povsem brez vplivov na okolje, vendar so ti zanemarljivo majhni v primerjavi z drugimi viri (Kazalci ..., 2008).

### 2.1.3 Obnovljivi viri za proizvodnjo električne energije

Obnovljivi viri energije (OVE) so biomasa (les, bioplin, biogoriva), energija odpadkov, geotermalna energija, energija vode, energija vetra in energija sonca.

Raba obnovljivih virov energije ima tudi določen vpliv na okolje, ki pa je zelo odvisen od samega vira. Postavitev hidroelektrarne zahteva velik poseg v prostor in ima lahko velik vpliv na ekosistem. Tudi vetrne elektrarne nekateri naravovarstveniki prikazujejo kot moteč dejavnik v okolju. Sežigalnice odpadkov, v katerih se proizvaja tudi električna energija, so sporne z vidika emisij, proizvodnja biogoriv iz poljščin pa ima lahko negativne vplive na okolje zaradi uporabe pesticidov.



Slika 1: Proizvodnja električne energije iz OVE ter cilj za leto 2010 po ReNEP in rast proizvodnje električne energije iz OVE ter bruto rabe električne energije v obdobju 2000–2007 (Kazalci ..., 2008).

Lesna biomasa in druga trdna goriva predstavljajo s 60 % najpomembnejši obnovljiv vir energije v Sloveniji. Večino te energije (76 %) se porabi v gospodinjstvih. Raba lesne mase je z vidika CO<sub>2</sub> nevtralno gorivo (ne vpliva negativno na okolje), z vidika ostalih emisij pa ni okoljsko nevtralno.

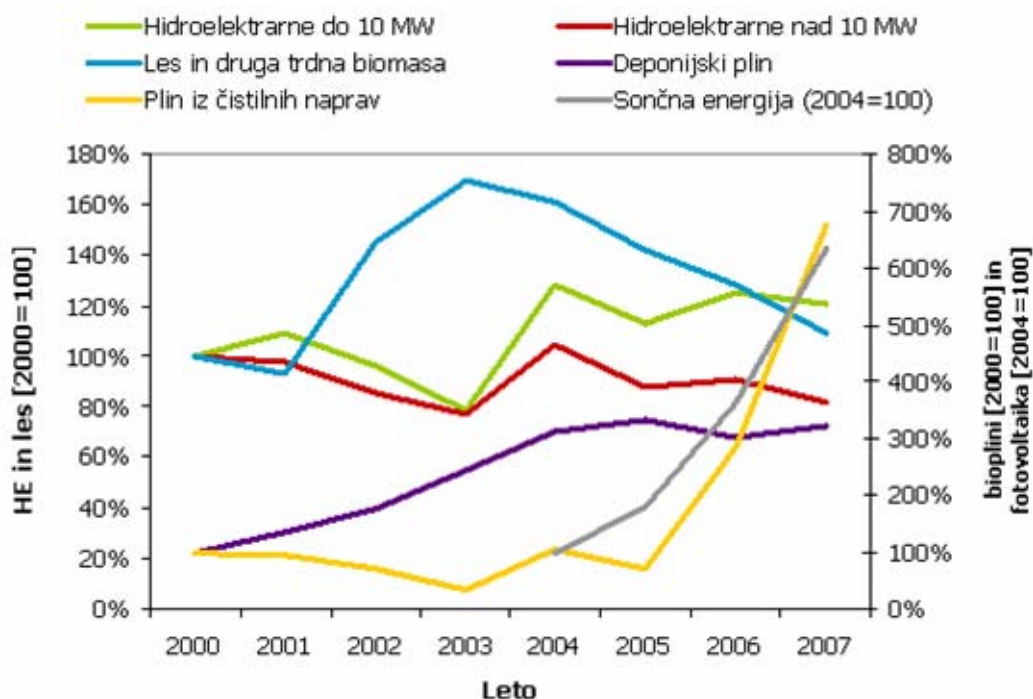
Hidroenergija je drugi najpomembnejši obnovljiv vir energije. Proizvodne kapacitete v Sloveniji so se v obdobju 2000–2007 povečale za 18 % na račun obnove obstoječih elektrarn, izgradnje ene nove večje elektrarne in več malih hidroelektrarn.

Ostali obnovljivi viri energije nimajo pomembnejšega deleža v proizvodnji energije. Raba bioplina se je v zadnjih letih močno povečala zaradi spremenjenih predpisov o obveznem zajemu plina na odlagališčih odpadkov in izgradnje nekaj bioplinskih elektrarn v kmetijstvu.

Tudi uporaba biogoriv v prometu se povečuje, saj je s predpisi ES določeno, da bi leta 2020 morala goriva za pogon motornih vozil vsebovati 10% delež biogoriv.

Raba geotermalne energije je po oceni v letu 2007 znašala okrog 2 % celotne rabe obnovljivih virov, uporablja pa se v največji meri za proizvodnjo toplote v zdraviliščih in njihovi neposredni bližini.

Energija sonca se v največji meri uporablja za ogrevanje sanitarne vode, vse hitreje pa narašča tudi proizvodnja električne energije neposredno iz sončne.



Slika 2: Gibanje proizvodnje električne energije po obnovljivih virih (Kazalci ..., 2008).

Glede na hitro rast proizvodnje elektrike iz energije sonca, predvsem v obdobju 2004–2007, lahko pričakujemo, da bo ta vir energije v prihodnosti igral pomembnejšo vlogo. K temu lahko veliko pripomore država z instrumenti subvencionirane cene iz tega vira in s podporami investicijam v izgradnjo naprav (Kazalci ..., 2008).



## 2.2 SONČNA ENERGIJA

Sonce je vir skoraj vse energije, ki jo prejema Zemlja. Sonce seva približno kot črno telo s temperaturo okoli 6000 K. Gostota toka energije sevanja sonca na vrhu Zemljine atmosfere je okrog  $1367 \text{ W/m}^2$ . To vrednost imenujemo solarna konstanta.

Pri prehodu skozi atmosfero moč sončnega sevanja slabi zaradi sipanja (razprševanja) in absorpcije. Sipanje razpršuje sončno energijo na vse strani in s tem zmanjšuje gostoto energijskega toka direktnega sončnega obsevanja. Sončno sevanje se siplje tako »naprej« kot »nazaj«. Delež ki se siplje nazaj, se vrne v vesolje in je za Zemljo izgubljen, delež, ki pa se siplje naprej, pa pride na Zemljo v obliki difuznega (razpršenega) sevanja.

Kadar je sonce v zenitu, se direktno sončno sevanje pri prehodu navpično navzdol skozi čisto, brezoblačno ozračje, oslabi približno za 10 % zaradi sipanja in približno 10 % zaradi absorpcije. Ker pa pri nas sonce seveda ni nikoli v zenitu, pozimi na primer je opoldne le  $21,5^\circ$  visoko, je slabitev zaradi daljše poti sončnih žarkov lahko tudi dosti močnejša (Kastelec in sod..., 2007).

### 2.2.1 Sončna energija – razlaga strokovnih izrazov

Moč in energijo sončnega obsevanja na Zemlji opredeljujemo z dvema strokovnima terminoma, in sicer obsevanost in obsev. Navedena izraza je uvedel standard ISO 31-6, 2002.

**Obsevanost E** (angl. irradiance) je energijski tok v točki na površini, ki vpada na element te površine, deljen s ploščino tega elementa z enotami v SI-sistemu  $\text{W/m}^2$ . V meteorologiji je za obsevanost vodoravne površine s sončnim sevanjem tradicionalno uveljavljeno poimenovanje globalna sončna obsevanost (vsota direktne in difuzne obsevanosti).

**Obsev H** (angl. radiance exposure) pa označuje gostoto vpadle energije na površino v nekem časovnem obdobju z enotami  $\text{J/m}^2$ . V praksi večkrat uporabljamo tudi enoto  $\text{Wh/m}^2$  ( $1 \text{ Wh/m}^2 = 3600 \text{ J/m}^2$ ).

**Globalna osončenost  $E_g$**  je osončenost vodoravne sprejemne površine pri tleh (npr. osončenost vodoravnih tal).

**Kvaziglobalna osončenost  $E_{kg}$**  je osončenost poljubno orientirane površine pri tleh (npr. nagnjenih tal ali stene hiše).

**Direktna osončenost  $E_{dir}$**  je osončenost z direktnim sončnim sevanjem.

**Difuzna osončenost  $E_{dif}$**  je osončenost z difuznim (razpršenim) sončnim sevanjem.

**Globalni sončni obsev  $H_g$**  je obsev vodoravne sprejemne površine pri tleh z direktnim in difuznim sončnim sevanjem v časovni enoti.

**Kvaziglobalni sončni obsev  $H$**  pa je obsev poljubno orientirane sprejemne površine pri tleh z direktnim in difuznim sončnim sevanjem v časovni enoti.

**Trajanje sončnega obsevanja S** je čas, v katerem sonce direktno obseva vodoravno sprejemno površino. Izražamo ga z enoto ura (h) (Kastelec in sod..., 2007).

## 2.2.2 Trajanje sončnega obsevanja v Sloveniji

V Sloveniji imamo obdelane podatke za tridesetletna povprečja meritev trajanja sončnega obsevanja na 45 opazovalnih postajah. Referenčno obdobje je 1971–2000.

Prostorska spremenljivost trajanja sončnega sevanja je velika, območja prostorskih minimumov in maksimumov se iz zime v poletje lahko celo zamenjajo, zato je smiseln prikaz prostorske porazdelitve trajanja sončnega obsevanja za posamezne mesece ali vsaj za vsak letni čas posebej.

Na trajanje sončnega obsevanja poleg vremena vplivajo:

- astronomski dejavniki,
- geografski dejavniki: geografska širina in relief,
- pokrovnost: vegetacija, poselitev.

Letni čas in geografska širina na neki poziciji na Zemlji določata maksimalen možen čas sončnega obsevanja. Običajno je ta čas krajši zaradi oblačnosti in različnih ovir v okolici te točke. V poseljenih območjih skrajšujejo čas obsevanja neke točke visoke stavbe. Tudi visoka drevesa skrajšujejo čas obsevanja. V globokih dolinah in kotlinah je lahko čas sončnega obsevanja močno skrajšan zaradi okoliških hribov in gora, ki zvišajo horizont tudi za več ločnih stopinj (Agencija RS za okolje, 2008).

V naslednji preglednici prikazujemo izmerjene vrednosti trajanja sončnega obsevanja za nekatere merilne postaje.

Preglednica 2: Povprečno trajanje sončnega obsevanja v obdobju 1997–2000 za nekatere merilne postaje po mesecih in skupaj za leto, v urah (Agencija RS za okolje, 2008).

Merilna postaja	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETO
Jeruzalem	74	103	145	172	227	230	263	249	185	138	83	66	1935
Murska Sobota	65	103	143	177	233	236	265	250	182	130	72	57	1913
Novo Mesto	72	106	145	164	222	229	272	248	181	120	68	66	1890
Ljubljana	57	99	140	166	218	226	267	245	169	110	56	45	1798
Kredarica	119	127	138	130	161	161	190	176	152	140	109	111	1712
Bilje	104	127	162	167	213	230	279	271	188	154	112	96	2102
Portorož	101	132	172	195	255	273	315	297	223	167	110	94	2334

Merilno postajo Jeruzalem ( $46^{\circ} 29'$  SGŠ in  $16^{\circ} 12'$  VGD, 345 m. n. v.) bi lahko vzeli kot referenčno postajo tudi za naše obravnavano območje, saj je oddaljena le 5 km od centra obravnavanega območja. Kot vidimo iz podatkov, ima v primerjavi z nekaterimi deli Slovenije nekoliko daljše trajanje sončnega obsevanja, razen v primerjavi s primorsko-goriškim delom Slovenije, ki ima bistveno večje letne vsote.

### 2.2.3 Izmerjen neposredni in razpršeni sončni obsev v Sloveniji

Za aktivno izrabo sončne energije na tleh potrebujemo izmerjene in z računskimi modeli določene podatke o razpoložljivi energiji.

Dnevni sončni obsev je odvisen od tega, kako močno sije sonce in od tega, pod kakšnim kotom padajo žarki na sprejemno površino. Moč sonca na sprejemniku pa je odvisna od oblačnosti, višine sonca na nebu in čistosti ozračja. Ob pravokotnem vpadu sončnih žarkov je obsevanost največja, ko pa se kot spremeni, se obsevanost zmanjša. Ker pa sončna energija na površino ne vпада samo z neposrednimi sončnimi žarki, ampak je kar precej tudi razpršenega obseva, je za količino energije na sprejemniku pomembna tudi odbojnost pokrajine, ki je npr. za snežno odejo zelo velika, za smrekove gozdove pa majhna. Razpršeno (difuzno) sevanje je pomembno za uporabo sončne energije v osrednji Evropi, saj je delež razpršenega sevanja glede na celotno sevanje med 40 % (junija) in 80 % (decembra).

Da bi bili rezultati meritev klimatološko reprezentativni, je zaradi velike spremenljivosti vremena po meteoroloških standardih potreben vsaj tridesetletni neprekinjen niz meritev. V Sloveniji pa imamo na razpolago le desetletni niz (1994–2003) neprekinjenih meritev globalnega in difuznega obseva na šestih merilnih postajah (Ljubljana, Portorož, Bilje, Kredarica, Murska Sobota, Novo mesto). Meritve globalnega in difuznega obseva sicer izvajajo tudi v Mariboru, vendar za to merilno postajo rezultati niso reprezentativni, saj je bil merilni inštrument leta 2000 prestavljen iz središča mesta na letališče.

Za optimalen izkoristek sončne energije je pomembno, da sončni žarki padajo pravokotno na sprejemnik. Zaradi gibanja sonca bi bilo idealno, da bi sprejemnik sledil soncu – spreminjal naklon in orientacijo. V naslednji preglednici prikazujemo izmerjen letni in mesečni obsev optimalno nagnjenih in orientiranih površin za šest merilnih postaj v Sloveniji. Smer sprejemnika je izražena v stopinjah ( $0^{\circ}$  je proti severu,  $90^{\circ}$  proti vzhodu,  $180^{\circ}$  proti jugu in  $270^{\circ}$  proti zahodu). Naklon sprejemnika je izražen v kotu, ki ga sprejemnik tvori z vodoravno površino v stopinjah. Prav tako pa v preglednici prikazujemo povečanje obseva v % zaradi optimalnega nagiba in orientacije glede na vodoravno površino (Rakovec in Zakšek, 2008).

Preglednica 3: Smeri, nakloni, mesečni in letni obsevi tistih površin, za katere so dnevni obsevi največji, in povečanje obseвов, glede na globalni obsev vodoravne površine (Rakovec in Zakšek, 2008).

	Smer	Naklon	Letni in mesečni obsev H (kWh/m <sup>2</sup> )	Povečanje obseva H glede na vodoravno površ. (%)		Smer	Naklon	Letni in mesečni obsev H (kWh/m <sup>2</sup> )	Povečanje obseva H glede na vodoravno površ. (%)
Murska Sobota					Novo Mesto				
Leto	179	29	1372,3	7,6	Leto	181	28	1346,2	7,2
JAN	177	67	65,0	77,4	JAN	180	65	64,4	70,5
FEB	179	57	90,6	45,1	FEB	180	55	86,6	43,2
MAR	179	39	114,1	14,4	MAR	180	38	113,5	15
APR	173	22	136,4	4,1	APR	181	19	128,3	2,9
MAJ	173	11	178,2	1,1	MAJ	180	9	172,7	0,6
JUN	170	5	185,4	0,2	JUN	177	3	179,7	0,1
JUL	180	8	183,3	0,6	JUL	176	8	188,2	0,6
AVG	181	17	160,1	2,2	AVG	181	19	160,5	3,4
SEP	185	35	122,8	11,8	SEP	184	35	123,6	12,5
OKT	186	50	93,0	29,8	OKT	187	49	87,2	27,8
NOV	180	60	55,4	48,0	NOV	182	59	53,2	48,3
DEC	177	68	47,6	77,6	DEC	180	66	46,3	73,3
Ljubljana					Kredarica				
Leto	185	26	1309,2	6,5	Leto	154	44	1537,0	19,8
JAN	186	62	51,3	55,3	JAN	172	72	118,7	117,0
FEB	186	55	78,8	41,2	FEB	167	66	136,8	78,0
MAR	183	39	112,9	15,8	MAR	161	51	157,8	30,1
APR	183	21	129,1	3,8	APR	153	29	152,9	6,5
MAJ	180	10	170,6	0,8	MAJ	129	13	165,2	1,0
JUN	185	4	178,8	0,1	JUN	110	13	157,9	1,3
JUL	183	9	188,6	0,7	JUL	111	22	162,1	3,9
AVG	184	19	159,8	3,5	AVG	120	31	134,4	6,6
SEP	190	35	122,9	13,0	SEP	147	43	129,2	20,0
OKT	193	48	80,1	24,9	OKT	164	57	123,7	51,2
NOV	187	57	45,6	40,2	NOV	168	69	96,5	90,1
DEC	183	64	38,8	62,9	DEC	172	75	108,2	144,1
Bilje					Portorož				
Leto	179	32	1453,6	10,2	Leto	185	31	1558,3	10,3
JAN	179	66	73,8	92,6	JAN	182	66	76,6	86,9
FEB	179	57	90,2	53,4	FEB	183	57	93,6	52,1
MAR	179	41	117,0	18,9	MAR	184	41	132,5	20,2
APR	178	23	134,1	4,6	APR	184	23	147,5	5
MAJ	178	10	177,1	0,9	MAJ	186	11	188,0	1,1
JUN	173	5	195,5	0,2	JUN	189	5	202,7	0,3
JUL	181	9	200,2	0,8	JUL	189	10	213,8	1,1
AVG	183	20	171,4	4,0	AVG	186	21	182,2	4,4
SEP	179	36	135,7	15,3	SEP	185	37	146,7	16,1
OKT	179	51	91,8	32,5	OKT	182	51	108,7	34
NOV	181	63	70,9	69,9	NOV	183	62	71,9	63,3
DEC	179	70	70,3	116,5	DEC	181	68	69,0	105,4

Iz preglednice je razvidno, da so v Sloveniji najbolj obsevane površine, ki so nagnjene za kakih 26 do 31<sup>o</sup> in orientirane za nekaj stopinj od juga proti zahodu, proti azimutom od 179 do 185<sup>o</sup> (izjema je Kredarica, kjer je zaradi večjega odklona proti vzhodu več obseva, ker

je popoldne v senci Triglava). Prav tako je razvidno, da pozimi dobimo večji obsev z večjimi nagibi, poleti pa lahko z nagibom in nepravilno orientacijo sprejemnika pridelamo celo manj kot z vodoravno položenim sprejemnikom.

## 2.3 IZKORISTLJIVOST SONČNE ENERGIJE

Iz predhodno navedenih podatkov je razvidno, da je sončne energije veliko na razpolago. Izkoriščamo jo lahko aktivno s sončnimi kolektorji ali sončnimi elektrarnami (fotovoltaičnimi sistemi) ali pasivno prek priraščanja biomase, lahko pa tudi z umeščanjem naselij, vinogradov in sadovnjakov v bolj ali manj prisojne lege.

### 2.3.1 Pretvorba sončne energije v električno – zgodovina razvoja

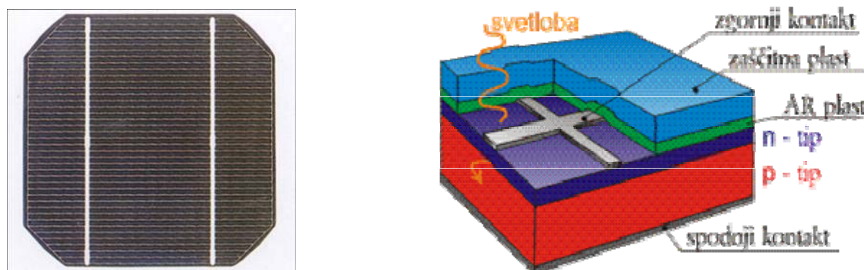
Beseda fotovoltaika izvira iz grške besede »phos«, ki pomeni svetlobo in besede »volt«. Fotovoltaika je veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe, natančneje energije fotonov, v električno. Pod pojmom fotovoltaična pretvorba razumemo direktno pretvarjanje svetlobne energije sončnega sevanja v električno energijo. Pri tem sodelujeta tako direktno kot difuzno sončno sevanje.

Fizikalni pojav, ki omogoča pretvorbo svetlobe v električno, je leta 1839 odkril francoski eksperimentalni fizik Alexandre Edmond Becquerel, ko je pri eksperimentu z dvema kovinskima elektrodama, potopljenima v elektrolit, odkril, da prevodnost narašča z osvetljenostjo. Leta 1877 so izdelali prve selenske sončne celice. Najbolj zaslužen za razlago fotonapetostnega pojava je Albert Einstein, ki je pojav teoretično opisal leta 1904. Leta 1932 so odkrili fotonapetostni pojav tudi v kadmijevem selenidu, ki danes poleg silicija sodi med pomembnejše polprevodniške materiale za izdelavo sončnih celic. Prvo silicijevo sončno celico so izdelali leta 1941. Leta 1951 so izdelali prve germanijeve monokristalne sončne celice. Izkoristki teh so bili od 4,5 do 6%. Močnejši razmah industrije sončnih celic se je začel z lansiranjem komunikacijskih satelitov, ki so se oskrbovali z energijo s pomočjo sončnih celic (Lenardič, 2009).

### 2.3.2 Sončne celice

So v osnovi polprevodniške diode velikih površin, zgrajene iz dveh različnih tipov polprevodniških plasti. Ena plast ima primesi donorjev, kar pomeni da ima presežek elektronov. To plast imenujemo polprevodnik tipa n. Druga plast je tipa p in vsebuje primesi akceptorjev, kar pomeni, da ji elektroni primanjkujejo, oziroma ima presežek vrzeli. Ko ta dva polprevodnika staknemo skupaj, pride do difuzije nabojev preko stične površine. Elektroni iz polprevodnika tipa n začnejo prodirati v polprevodnik tipa p, vrzeli pa v obratni smeri. Tako ob robu spoja v polprevodniku p nastane negativni prostorski naboj, v tipu n pa pozitiven. Ustvarjeni naboj povzroči električno polje, ki zavira nadaljnjo difuzijo delcev. Če nosilci ne bi imeli naboja in ne bi nastalo električno polje, bi delci prodirali tako dolgo, dokler ne bi bili enakomerno porazdeljeni po celotnem polprevodniku. Območje, kjer se poruši električna nevtralnost, imenujemo prehodno

(osiromašeno) področje ali območje prostorskega naboja. S priključitvijo zunanje napetosti se zaviralno električno polje v prehodnem področju spreminja in skozi diodo lahko teče električni tok le v eni smeri (Topič in sod..., 2009).



Slika 3: Silicijeva sončna celica in njena zgradba (Topič in sod..., 2009).

Danes je glavni element za izdelavo sončnih celic silicij. Silicij v obliki oksidov sestavlja 1/3 zemeljske skorje, zato so njegove zaloge velike. Je nestrupen, okolju prijazen, tudi njegovi odpadki ne predstavljajo težav. Lahko se tali, obdeluje in ga je sorazmerno enostavno oblikovati v monokristalno mrežo.

Glede na zgradbo ločimo amorfne, polikristalne in monokristalne silicijeve sončne celice. Razlikujejo se po načinu proizvodnje, ceni in izkoristku sočne energije. Tako dosegajo monokristalne silicijeve celice izkoristke od 15–18 %, polikristalne silicijeve od 13–15 %, celice iz amorfnega silicija pa izkoristke od 5–8 %. Z večanjem izkoristka se večja tudi proizvodna cena.

Za polikristalne in monokristalne sončne celice je značilno, da boljše izkoriščajo direktno osončenost, imajo slabši temperaturni koeficient (s pregrevanjem celice se manjša njihova proizvodnja) in se počasi starajo (proizvajalci jamčijo, da po 25 letih še vedno proizvajajo električno energijo z vsaj 80 % imenske moči). Tako imenovane HIT sončne celice (heterospoj amorfnega in monokristalnega silicija) imajo podobne lastnosti kot mono in polikristalne, imajo pa boljši temperaturni koeficient. Amorfnе sončne celice boljše izkoriščajo razpršeno sončno svetlobo, imajo manj izgub zaradi segrevanja, s staranjem pa njihova proizvodnja hitreje upada.

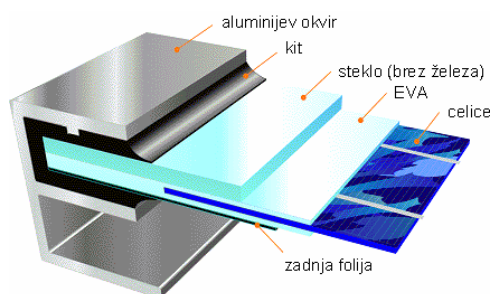
Sončne celice iz kadmijevega telurida (CdTe) imajo izkoristke od 6–9 %, celice iz bakrovo-indijevega diselenida (CIS) od 7,5–9,5 %, oboje pa se uporabljajo v manjši meri predvsem v laboratorijskih raziskavah. Celice iz galijevega arzenida (GaAs) se uporabljajo v sistemih, ki koncentrirajo sončno svetlobo, imajo učinkovitost 25–28 %, posebne izvedbe do 30 %. Vsi navedeni izkoristki veljajo za serijsko proizvodnjo, laboratorijski izkoristki so lahko za kakšen odstotek večji (Lenardič, 2009).

Največja (vršna) moč sončne celice je označena z enoto  $W_p$  (peak Wat). Izmerjena je pri idealnih vrednostih sončnega sevanja ( $1000 \text{ W/m}^2$ ), temperaturi okolice  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  in  $AM=1,5$  (air mass=spektralna gostota standardiziranega sevanja na zemeljski površini). V tej obratovalni točki ima celica tudi največji izkoristek. Z naraščanjem temperature se

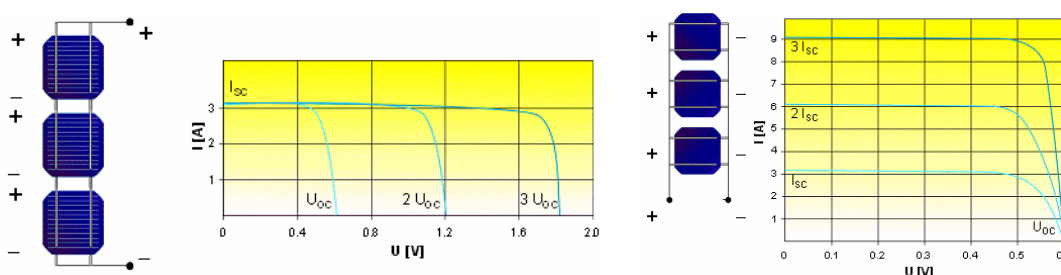
izkoristek celice zmanjšuje. Pri temperaturi celice 60 °C je izkoristek manjši za 20 % glede na imensko vrednost (Topič in sod..., 2009).

### 2.3.3 Fotonapetostni modul

Ena silicijeva sončna celica pri dobri osvetlitvi proizvede le 0,4 V napetosti, zato celice serijsko povezujemo v module. Modul je večje število povezanih sončnih celic hermetično zaprtih pod stekleno ploščo. Večina komercialnih modulov je zgrajena iz 36 do 72 sončnih celic. Celice v modulu lahko vežemo zaporedno ali vzporedno, da povečujemo napetost oziroma tok modula.



Slika 4: Prerez zgradbe modula (Topič in sod..., 2009).



Slika 5: Zaporedna in vzporedna vezava celic (Topič in sod..., 2009).

Fotonapetostni moduli morajo biti dolgoročno odporni proti vplivom okolja, kot so ekstremne temperature, nevihte in toča. Predvidena življenjska doba modulov presega garancijsko dobo, ki je 20 do 25 let. Vso življenjsko dobo mora zagotavljati popolno električno varnost, prav tako pa mora do konca življenjske dobe obdržati vsaj 80 % imenske moči (Topič in sod..., 2009).

### 2.3.4 Sončne elektrarne – fotonapetostni sistemi

Sončne elektrarne delimo na samostojne sisteme (otočne) in omrežne sisteme. Imenujemo jih tudi fotonapetostni ali krajše PV-sistemi.

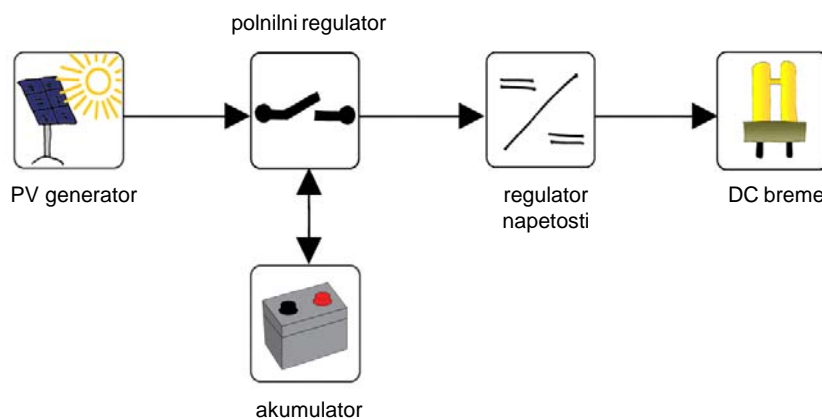
Samostojni sistemi oskrbujejo porabnike z električno energijo znotraj lokalnega električnega omrežja. Ti sistemi so lahko z ali brez hranilnika (akumulatorja) električne energije. Porabniki v tem sistemu so lahko enosmerni ali izmenični. Prav tako so lahko ti sistemi čisti ali v kombinaciji z drugimi generatorji električne energije (vetrni, motorni generator ipd.). Samostojne sončne elektrarne za napajanje naprav ali majhnih porabnikov so v splošnem sestavljene iz fotonapetostnega generatorja, polnilnega regulatorja, akumulatorja in regulatorja napetosti.

Fotonapetostni generator je sestavljen iz ustreznega števila medsebojno povezanih fotonapetostnih modulov.

Polnilni regulator prilagaja vhodno točko maksimalni moči generatorja in regulira polnjenje ter ščiti akumulator pred izpraznitvijo skozi generator čez noč.

Regulator napetosti pretvarja in prilagaja spreminjajočo se napetost fotonapetostnega generatorja (napetost pri trenutni maksimalni moči) na napetost porabnika. Običajno je del polnilnega regulatorja.

Akumulator shranjuje energijo, ki jo proizvede fotonapetostni generator, in deluje kot generator ob slabem vremenu ali ponoči. Običajno uporabljamo nikelj-kadmijeve, nikelj-metalhidridne, svinčeve ali litij-ionske akumulatorje. Slabost vseh akumulatorjev je predvsem njihova velika teža, relativno kratka življenjska doba in določene izgube shranjene električne energije.



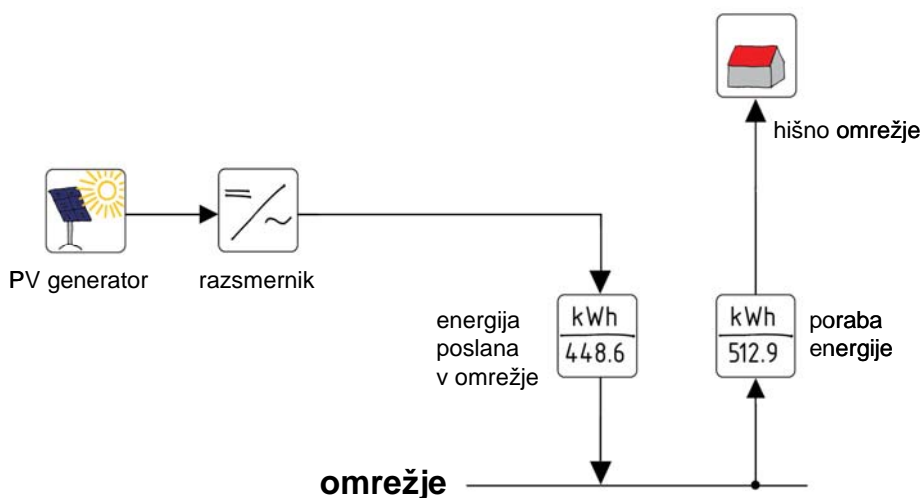
Slika 6: Skica osnovnega PV-sistema za napajanje enosmernih porabnikov (Topič in sod..., 2009).

Omrežne PV-sisteme pa delimo na razpršene sisteme (hišne sončne elektrarne) in centralne sisteme (velike sončne elektrarne z močjo nad 100 kWp). Vsi omrežni sistemi poleg PV-generatorja potrebujejo še razsmernik in omrežje. Trenutno so med PV-sistemi najbolj perspektivni razpršeni omrežni sistemi, ki zahtevajo le PV-generator, razsmernik, dodatni števec električne energije in zaščitne komponente.

Prednost omrežnih sistemov je, da ne potrebujejo akumulatorjev za shranjevanje energije, pridobljena energija pa se lahko uporablja kjerkoli na območju omrežja (Topič in sod..., 2009).



Možnost postavitve teh sistemov je tudi predmet nadaljnje obdelave v tej nalogi.



Slika 7: Skica omrežnega PV-sistema (Topič in sod..., 2009).

Razsmernik pretvarja enosmerno električno moč, ki jo dobimo iz fotonapetostnega generatorja, v izmenično, ki jo lahko pošiljamo v javno omrežje.

Z dodatnim števcem izmerimo količino oddane električne energije v omrežje in je osnova za plačilo električne energije s strani distributerja.

Zaščitne komponente sestojijo iz strelododa in preobremenitvenih varovalk. Strelodod v povezavi s fotonapetostnim generatorjem je nujno potreben, saj gre za velike nosilne kovinske konstrukcije, ki so zelo izpostavljene udaru strele (Topič in sod..., 2009).

### 2.3.5 Postavitev sončnih elektrarn

Sprejemnike sončne energije za pretvorbo v električno lahko postavimo na negibljivo ali gibljivo podlago.

Pri negibljivi podlagi mora biti postavitev takšna, da optimalno izkoristimo čas sončnega obseva in da v tem času sončni žarki vpadajo na sprejemno površino čim bolj pravokotno.

Pri postavitvi sprejemnika na gibljivo podlago pa omogočimo, da sprejemnik sledi gibanju sonca in sončni žarki ves čas padajo pravokotno na sprejemnik.

### **3 MATERIAL IN METODE DELA**

#### **3.1 MATERIAL**

Pri pripravi diplomskega dela sem v vzorec izbral kmetije na območju občine Sveti Tomaž, na katerih sem analiziral prostorske možnosti postavitve omrežnih sončnih elektrarn in predvideno količino pridelane elektrike.

##### **3.1.1 Izbira vzorca**

Vzorec kmetij sem izbral s seznama vseh kmetijskih gospodarstev v občini, ki uveljavljajo podpore za kmetovanje oziroma so v letu 2008 oddala subvencijsko vlogo. Seznam sem pridobil na Kmetijsko gozdarskem zavodu Ptuj oziroma pri enoti Kmetijske svetovalne službe v Ormožu. Vseh kmetij na seznamu je 273.

Ker pa zbirno vlogo za podpore kmetovanju oddajajo tudi zelo majhna kmetijska gospodarstva, katerim je kmetijstvo le postranska dejavnost in imajo zato običajno na razpolago manj primernih strešnih površin, sem v vzorcu obdržal le kmetije, na katerih je kmetijstvo osnovna dejavnost vsaj enemu ali več družinskim članom. Predvidevam namreč, da so kmetije, na katerih se vsaj en član poklicno ukvarja s kmetovanjem, praviloma večje in imajo zato tudi na razpolago več primernih stavb za namestitve PV-generatorjev. Določitev teh kmetij sem opravil na osnovi seznama zavarovancev iz kmetijske dejavnosti in lastnega poznavanja območja. Ker sem predvidel, da za izbiro vzorca ne bom potreboval vseh kmetij s seznama, sem jih razvrstil po priimkih po abecednem redu in začel izbiro s črko a. Tako sem dobil 78 kmetij, na katerih je kmetijstvo osnovna dejavnost vsaj enemu družinskemu članu ali bi mu glede na proizvodne potencialne kmetije lahko bila. Po ugotovljenem številu kmetij sem se odločil, da na vseh 78 naredim analizo.

#### **3.2 METODE DELA**

Na kmetijah, izbranih v vzorec, sem s pomočjo orodij na spletu izbral primerne stavbe, jim določil orientacijo glede na strani neba, izmeril primerno velikost orientiranih površin, določil naklon strešnih površin in s pomočjo dobljenih podatkov izračunal potencialno proizvodnjo električne energije. Podatke sem obdelal z računalniškim orodjem Microsoft Excel.

##### **3.2.1 Izbira primernih stavb na kmetiji**

Vzorec izbrane kmetije sem obdelal s pomočjo aplikacije GERK VIEVER, ki je na voljo na spletni strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS. Aplikacija ponuja letalske digitalne foto posnetke v ločljivosti, kjer 1 točka (piksel) v naravi pomeni 0,5 x 0,5

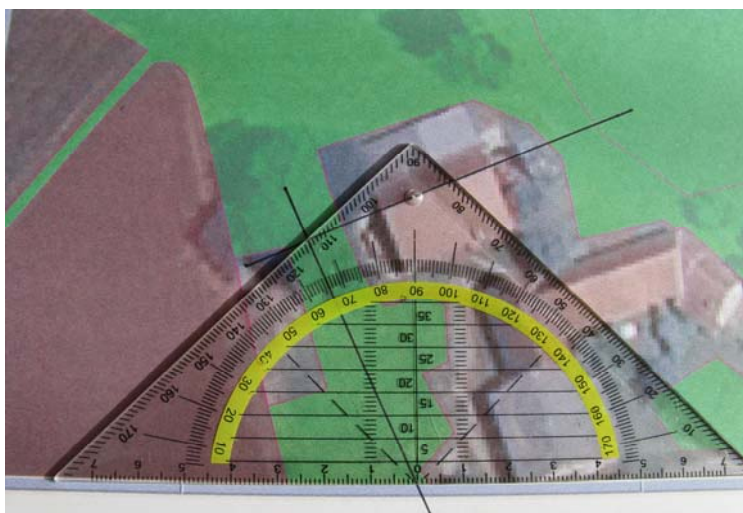
m. Posnetki so iz leta 2006. Ločljivost omogoča določitev orientacije stavbe in izmero strešne površine z natančnostjo okrog 1 m.

Z vpisom indentifikacijske številke kmetije (KMG MID), se odprejo vse kmetijske površine določene kmetije. Ker je iz poimenovanja določenih površin na kmetiji (DOMA, OKOLI HIŠE, ZA HLEVOM ipd.) običajno razvidno, katere površine ležijo v neposredni bližini gospodarskih in stanovanjskih poslopij na kmetiji, odpremo pogled na tako površino in poiščemo poslopja na kmetiji. S prvim pregledom poslopij na kmetiji že lahko vidimo, ali ima kmetija glede na orientacijo sploh primerne površine. Iz pregleda literature je namreč razvidno, da je optimalna orientacija PV-generatorja točno proti jugu ali z majhnim zamikom od juga proti zahodu. Ker pa je stavb z optimalno orientacijo relativno malo, sem kot primerne vzel tudi stavbe, ki imajo odkim do  $30^{\circ}$  od juga proti vzhodu ali zahodu. Večina avtorjev raziskav namreč ugotavlja, da odkimi od optimalne orientacije do  $30^{\circ}$  pomenijo le do največ 5 % izgub. S prvim pregledom sem izločil tudi stavbe, ki so v bližini gozda, za večjimi drevesi, v senci drugih stavb ali v senci večjih hribov.

### 3.2.2 Določitev orientacije stavb

Večina stavb na kmetiji je klasičnih dvokapnic. Iz posnetkov sem določil, kateri deli ostrejši so vsaj približno orientirani v zeleno smer, nato pa izmeril orientacijo stavbe.

Za določitev natančnejše orientacije sem v aplikacijah, s katerimi sem delal, iskal primerna orodja, vendar jih nisem našel. Zato sem enostavno natisnil sliko stavbe, na sliki narisal premico po slemenu stavbe, nato pa nanjo narisal pravokotnico. Potem pa sem s pomočjo kotomera izmeril kot, ki ga pravokotnica oklepa s spodnjim delom slike.



Slika 8: Določitev orientacije stavbe s pomočjo slike in kotomera (foto: Jakob Ivanuša).

### 3.2.3 Določitev naklonskega kota ostrešij

Ker iz uporabljenih posnetkov naklonskega kota ostrešij, primernih za postavitev sončnih elektrarn, ni možno določiti, sem se odločil za pregled predpisov o graditvi objektov, ki določajo največji in najmanjši možen naklon ostrešja v nekem območju. Predvideval sem namreč, da graditelji vsaj v večini primerov upoštevajo predpise o gradnji.

Odlok o prostorskih ureditvenih pogojih za zahodni gričevnat del občine Ormož (Občina Ormož, 2000) v 43. členu določa, da je na tem območju pri gradnji ostrešij potrebno upoštevati naklonski kot od 33 do 45<sup>0</sup>. Na osnovi tega sem za izračune predvidel povprečen naklonski kot ostrešij 39<sup>0</sup>.

Navedene vrednosti sem tudi preveril na nekaj primerih in ugotovil, da se nakloni ostrešij gibljejo znotraj s predpisi določenih mer. Za izmero naklona ostrešja sem uporabil zelo enostaven, doma izdelan instrument.



Slika 9: Enostaven instrument za izmero naklona ostrešja (foto: Jakob Ivanuša).

Gornji rob instrumenta sem s primerne oddaljenosti poravnal s čelno stranjo nagnjenega dela strehe, nato pa na skali odčital naklonski kot.

### 3.2.4 Izmera površine primernih ostrešij

Aplikacija, s katero sem pregledoval primerne stavbe na kmetiji, nam omogoča tudi približno izmero primernih strešnih površin, na katere bi lahko namestili PV-generatorje. V nekaj primerih sem tudi v naravi preveril natančnost izmere in ugotovil, da so napake pri izmeri z aplikacijo zanemarljive in da je natančnost za naš namen zadovoljiva.

Pri izmeri površin nam aplikacija ponudi tudi nadmorsko višino terena (višina v m) na katerem stavba stoji, povprečen nagib terena (v stopinjah in %) in smer naklona terena (azimut v stopinjah). Od teh podatkov bi mogoče lahko bil uporaben le podatek o

nadmorski višini, saj se v dolinah v jesenskem in spomladanskem času lahko nekoliko daljši čas zadržuje megla. Ker pa gre za majhne razlike (minimum 240 m. n. v., maksimum 355 m. n. v), lahko ta podatek zanemarimo.



Slika 10: Primer izmere strešne površine usmerjene proti jugu (Ministrstvo za kmetijstvo..., 2009).

### 3.2.5 Izračun prejetega sončnega obseva

Za izbrane površine sem želel izračunati sprejeto količino sončnega obseva. Za ta izračun sem uporabil orodje PV Potential estimation utility (Ovrednotenje potenciala sončnega obsevanja), ki se nahaja na spletnih straneh Institute for Environment and Sustainability (IES) (Institut za okolje in trajnostni razvoj). Podatki v tem orodju temeljijo na bazah Geografskega informacijskega sistema (GIS).

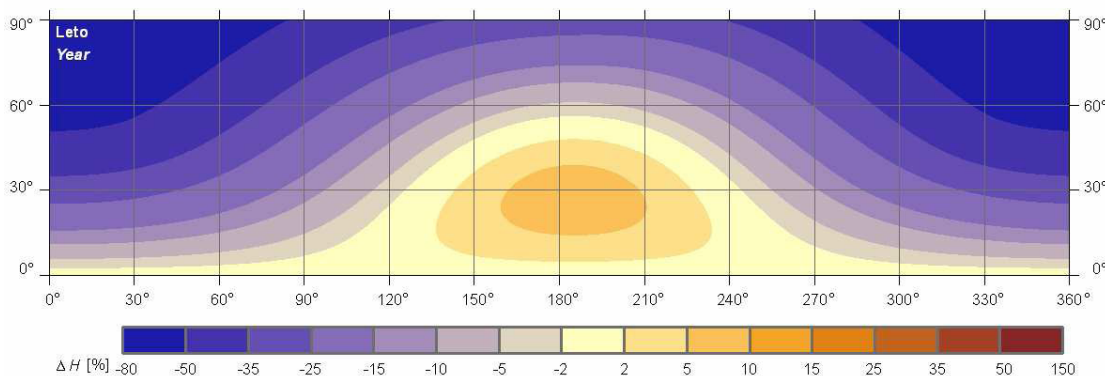
Z navedenim orodjem lahko dobimo podatke o količini sončnega obseva, ki vpade na horizontalno površino, na površino pri danem naklonu in usmeritvi, količini, ki vpade na enoosni ali dvoosni sledilni sistem in količini sončnega obseva, ki lahko vpade na optimalno nagnjeno in usmerjeno negibljivo sprejemno površino. Orodje nam tudi omogoča določitev optimalnega kota in usmeritve sprejemne površine za izbrano lokacijo. Podatki so podani za povprečen obsev na dan, mesec ali leto, izraženi pa so v kWh/m<sup>2</sup>. Podatke sem primerjal s podatki nekaterih naših avtorjev (Rakovec in Zakšek, 2008) in ugotovil, da je izmerjen obsev le za dobre 3 % večji od izračunanega in je natančnost orodja za naš namen sprejemljiva. V orodju je usmeritev proti jugu označena z 0<sup>0</sup>, odkloni proti vzhodu z -<sup>0</sup> (npr. vzhod je -90<sup>0</sup>), odkloni proti zahodu pa s +<sup>0</sup> (zahod je +90<sup>0</sup>), naši avtorji pa uporabljajo za označitev orientacije 0<sup>0</sup> za sever, 90<sup>0</sup> za vzhod, 180<sup>0</sup> za jug in 270<sup>0</sup> za zahod.

Preglednica 4: Primerjava izmerjenega povprečnega prejetega mesečnega in skupnega letnega obseva pri optimalnih naklonskih kotih in orientaciji sprejemne površine (Rakovec in Zakšek, 2008) in izračunanega z uporabljenim orodjem (IES, 2009) za merilno postajo Murska Sobota.

Meseci	RAKOVEC IN ZAKŠEK			IES		
	Opt. naklon (stopinje)	Opt. orientacija (stopinje)	Obsev (kWh/m <sup>2</sup> )	Opt. naklon (stopinje)	Opt. orientacija (stopinje)	Obsev (kWh/m <sup>2</sup> )
JAN	67	177	65,0	64	177	59,7
FEB	57	179	90,6	57	179	77,5
MAR	39	179	114,1	44	179	109,0
APR	22	173	136,4	30	173	134,0
MAJ	11	173	178,2	17	173	158,0
JUN	5	170	185,4	11	170	162,0
JUL	8	180	183,3	15	180	178,0
AVG	17	181	160,1	26	181	162,0
SEP	35	185	122,8	41	185	132,0
OKT	50	186	93,0	53	186	101,0
NOV	60	180	55,4	61	180	60,6
DEC	68	177	47,6	63	177	42,8
Leto	29	179	1372	34	179	1330

Vira navajata za nekaj stopinj različne optimalne naklonske kote sprejemne površine za največji prejet obsev, tudi prejet obsev po mesecih je nekoliko večji pri naših avtorjih. Ker pri orodju IES ni možno dobiti optimalne orientacije za posamezne mesece, sem za izračun uporabil mesečne orientacije naših avtorjev. Oba uporabljena vira navajata kot optimalno letno orientacijo 179<sup>0</sup>, kot optimalen naklon sprejemne površine pa naši avtorji ugotavljajo kot 29<sup>0</sup>, IES pa 34<sup>0</sup>. Količina prejetega obseva na celoletno optimalno orientirano in nagnjeno površino pa je pri naših avtorjih malenkost večja.

Odvisnost prejetega obseva od orientacije in naklona sprejemne površine najboljše prikazuje naslednja slika:



Slika 11: Povečanje oz. zmanjšanje dnevnih obsevov ( $\Delta H$ ) za površine, ki so orientirane v neko smer in nagnjene za nek kot glede na globalni dnevni obsev ( $H_g$ ) za Mursko soboto (Rakovec in Zakšek, 2008).

Do 10% povečanje prejetega obseva na letni ravni dosežemo s površinami, ki imajo orientacijo približno med 160<sup>0</sup> in 210<sup>0</sup>, naklon pa med 15<sup>0</sup> in 40<sup>0</sup>.

### 3.2.6 Izračun potencialno proizvedene električne energije

Isto orodje, kot sem ga uporabil za izračun sprejetega sončnega obseva, sem uporabil tudi za izračun potencialno pridelane električne energije.

Izračun upošteva sprejet sončni obsev na dani lokaciji, pri danem nagibu in orientaciji sprejemne površine, izkoristek sončnih celic, izgube zaradi segrevanja sončnih celic in odboja svetlobe od sprejemne površine, izgube v pretvornikih (inverterjih), kabljih, oziroma skupne izgube celotnega sistema.

Preglednica 5: Primer izračuna potencialno proizvedene električne energije in prejetega sončnega obseva (IES, 2009).

Lokacija: 46°28'59" SGŠ, 16°4'47", 291 m. n. v.

Imenska moč PV sistema: 1 kW (kristalno silicijeve celice)

Ocena izgub zaradi temperature: 8,2 % (uporaba lokalnih temperaturnih podatkov)

Ocena izgub zaradi kotne refleksije: 2,9 %

Ostale izgube (žice, pretvorniki ipd.): 14,0 %

Skupne izgube sistema: 23,3 %

<b>Negibljivi sistem</b>				
<b>Nagib = 34° (optimalen)</b>				
<b>Orientacija = -1° (optimalna)</b>				
Mesec	$E_d$	$E_m$	$O_d$	$O_m$
JAN	1,48	45,8	1,76	54,6
FEB	2,19	61,3	2,66	74,5
MAR	2,76	85,8	3,49	108
APR	3,41	102	4,44	133
MAJ	3,67	114	4,92	153
JUN	3,74	112	5,10	153
JUL	4,04	125	5,51	171
AVG	3,78	117	5,16	160
SEP	3,32	99,6	4,37	131
OKT	2,42	75,1	3,11	96,
NOV	1,53	45,9	1,87	56,0
DEC	1,07	33,2	1,27	39,3
<b>Letno povpr.</b>	<b>2,79</b>	<b>84,8</b>	<b>3,64</b>	<b>111</b>
<b>Skupaj/leto</b>	<b>1020</b>		<b>1330</b>	

$E_d$ : Povprečna dnevna proizvodnja električne energije danega sistema (kWh)

$E_m$ : Povprečna mesečna proizvodnja električne energije danega sistema (kWh)

$O_d$ : Povprečna dnevna vsota globalnega obseva na  $m^2$  danega sistema (kWh/m<sup>2</sup>)

$O_m$ : Povprečna mesečna vsota globalnega obseva na  $m^2$  danega sistema (kWh/m<sup>2</sup>)

Izračun je narejen na osnovi imenske moči generatorja (podane od proizvajalca) pri standardnih pogojih (obsev 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura celice 25°C in standardizirani spekter svetlobe AM 1,5). V navedenem primeru je narejen izračun za kristalno silicijeve celice, možen pa je izračun tudi za CIS in CdTe sončne celice, kjer so v izračunu uporabljene nekaj drugačne izgube zaradi segrevanja celic. Pri drugih vrstah sončnih celic, pri katerih

izgube proizvodnje zaradi segrevanja celic niso podane, so v orodju upoštevane povprečno 8% izgube.

S tem orodjem je možen tudi izračun potencialno proizvedene električne energije z gibljivim (sledilnim) eno- ali dvoosnim sistemom.



## 4 REZULTATI

### 4.1 KMETIJE, PRIMERNE STREŠNE POVRŠINE, PREJET SONČNI OBSEV POVRŠIN IN MOŽNA LETNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

#### 4.1.1 Primerne strešne površine na kmetijah za postavitve sončnih elektrarn in njihova potencialna proizvodnja

V preglednici so prikazane kmetije, ki imajo najmanj 50 m<sup>2</sup> strešnih površin z orientacijo proti jugu ali z odklonom od juga do največ 30<sup>0</sup> proti vzhodu ali zahodu.

Preglednica 6: Kmetije s primernimi strešnimi površinami, velikost teh površin, njihova usmeritev glede na strani neba, skupen prejet letni sončni obsev na njih in možna letna proizvodnja električne energije na njih.

Kmetija števil.	Orientacija stavbe (stopinje)	Površina strehe (m <sup>2</sup> )	Možna vgraj. moč (kWp/kmet.)	Prejet obsev (kWh/m <sup>2</sup> )	Skupaj proizv. elektr. energija (kWh/leto)
2	197	169	21,1	1.330	21.400
4	180	106	13,3	1.330	13.500
4	163	125	15,6	1.320	15.700
6	180	117	14,6	1.330	14.800
8	185	84	10,5	1.330	10.600
8	196	64	8,0	1.320	8.050
17	172	59	7,4	1.320	7.450
18	158	67	8,4	1.310	8.420
18	153	98	12,3	1.300	12.200
20	182	36	4,5	1.330	4.570
20	164	83	10,4	1.320	10.500
21	206	235	29,4	1.300	29.200
22	161	116	14,5	1.320	14.600
22	156	114	14,3	1.310	14.300
23	178	364	45,5	1.320	46.000
24	168	102	12,8	1.320	12.900
26	173	144	18,0	1.330	18.300
26	179	113	14,1	1.330	14.300
29	160	71	8,9	1.310	8.940
30	153	117	14,6	1.300	14.500
30	156	288	36,0	1.310	36.000
31	155	162	20,3	1.300	20.300
33	180	65	8,1	1.330	8.220
35	188	427	53,4	1.320	54.100
39	203	174	21,8	1.310	21.800
41	180	268	33,5	1.330	34.000
43	198	79	9,9	1.320	9.940
44	179	127	15,9	1.330	16.100

se nadaljuje

nadaljevanje

Kmetija štev.	Orientacija stavbe (stopinje)	Površina strehe (m <sup>2</sup> )	Možna vgraj. moč (kWp/kmet.)	Prejet obsev (kWh/m <sup>2</sup> )	Skupaj proizv. elektr. energija (kWh/leto)
45	183	283	35,4	1.330	35.900
46	170	219	27,4	1.320	27.800
46	182	59	7,4	1.330	7.510
49	171	308	38,5	1.320	39.000
49	179	31	3,9	1.330	3.960
50	190	298	37,3	1.320	38.100
52	168	123	15,4	1.320	15.600
53	167	64	8,0	1.320	8.090
55	166	92	11,5	1.320	11.600
60	197	66	8,3	1.320	8.340
61	180	53	6,6	1.330	6.700
63	202	117	14,6	1.310	14.600
63	172	74	9,3	1.320	9.430
64	190	396	49,5	1.320	50.100
65	205	190	23,8	1.300	23.700
67	190	82	10,3	1.320	10.400
68	180	207	25,9	1.330	26.300
69	165	103	12,9	1.320	13.000
70	200	194	24,3	1.310	24.300
73	195	117	14,6	1.320	14.700
74	169	90	11,3	1.320	11.400
76	173	187	23,4	1.330	23.700
76	169	98	12,3	1.320	12.500
76	183	42	5,3	1.330	5.380
78	162	55	6,9	1.320	6.950
Povprečje	178	183	23	1.320	23.165
Skupaj	41	7522	941		949.750

#### 4.1.2 Število kmetij s primernimi strešnimi površinami za namestitev sončnih elektrarn

Po obdelavi celotnega vzorca izbranih kmetij sem ob upoštevanju najmanjše še primerne velikosti strešne površine in ustrezne usmeritve (orientacije) dobil 41 kmetij, na katerih bi bilo možno namestiti sončne elektrarne. Pri obdelavi sem upošteval vse stavbe na kmetiji (stanovanjske hiše in gospodarska poslopja).

Od obravnavanih kmetij bi lahko pri 19 kmetijah PV-module namestili samo na eno stavbo (ena streha), pri 17 kmetijah bi lahko uporabili 2 stavbi, v 5 primerih pa ima kmetija celo tri stavbe s primerno velikostjo in orientacijo.

Pri obdelavi sem kot eno stavbo vzela eno celovito streho brez prekinitev, ne glede na to, če je pod njo več objektov z različnimi nameni uporabe (npr. stanovanjska hiša, hlev, skedenj ...).

Najpogostejši razlog za izločitev kmetij kot neprimernih za namestitvev PV-modulov na obstoječa ostrešja je orientacija. S tem razlogom sem izločil 31 kmetij. Te kmetije praktično nimajo površin s primerno orientacijo.

4 kmetije so imele skupnih površin s primerno orientacijo manj kot 50 m<sup>2</sup>. Manj pogost razlog za izločitev je bližina gozda (2 kmetiji), od teh dveh pa je pri eni istočasno ovira še hrib nad hišo, poraščen z gozdom.

Pri nekaterih kmetijah sem izločil dele streh zaradi morebitnega senčenja (predvsem zjutraj ali pozno popoldne s strani sosednjih stavb). Na kmetiji so predvsem starejše stavbe pogosto grajene v obliki črke L ali U, zato teh površin v stiku streh ne moremo v celoti izkoristiti.

Nekaj kmetij ima kot primerne zajete tudi stavbe z manj kot 50 m<sup>2</sup>, vendar imajo le-te še druge primerne stavbe in tako v seštevku dobimo skupaj več kot 50 m<sup>2</sup> na kmetijo.

Pri nekaterih kmetijah bi lahko ugotovili celo več zavrnitvenih razlogov, vendar po ugotovitvi prvega (orientacija stavb) ostalih več nisem ugotavljal.

#### **4.1.3 Velikost in orientacija primernih strešnih površin na kmetijah**

Vsota vseh primernih površin na obravnavanih kmetijah znaša 7522 m<sup>2</sup>. Povprečna primerna strešna površina na kmetijo je 183 m<sup>2</sup>.

Ker sem kot stavbe s primerno orientacijo vzel vse stavbe z odklonom od južne lege do 30<sup>0</sup> proti vzhodu ali zahodu, je povprečna orientiranost stavb temu primerna (okrog 178<sup>0</sup>).

Kmetija z največ razpoložljivimi površinami bi lahko namestila PV-module na 427 m<sup>2</sup> na treh stavbah, ki imajo vse orientacijo strešne površine 188<sup>0</sup>.

#### **4.1.4 Možna vgrajena moč sončnih elektrarn na obravnavanih kmetijah**

Za postavitev generatorja imenske moči 1 kWp (peak kilowat) sem predvidel potrebnih 8 m<sup>2</sup> strešne površine. Pri določitvi te površine sem izhajal iz izkoristka sončnih modulov okrog 16–17 %, za kar bi potrebovali okrog 6 m<sup>2</sup>. Ker pa zaradi različnih dimenzij modulov in njihove različne postavitve strehe običajno ne moremo popolnoma izkoristiti, sem predvidel 2 m<sup>2</sup>/kWp dodatne strešne površine.

Seveda bi ob namestitvi PV modulov s slabšimi izkoristki (npr. moduli s celicami iz amorfnega silicija z izkoristki okrog 8 %) potrebovali več kot 8 m<sup>2</sup> površine za 1 kWp, vendar menim, da za večino obravnavanih kmetij zaradi omejenosti površin, namestitvev teh modulov ni smiselna.

Ob izkoristku vseh razpoložljivih primernih površin bi bilo možno namestiti elektrarne z imensko močjo 941 kWp. Glede na povprečno primerno strešno površino bi povprečna moč sončne elektrarne lahko znašala 23 kWp.

Kmetija z največ primernimi strešnimi površinami bi lahko namestila PV-generatorje s skupno močjo 53,4 kWp. Kmetija z minimalno še sprejemljivo predvideno površino 50 m<sup>2</sup> bi lahko namestila PV-generator z močjo 6,3 kWp.

#### **4.1.5 Prejet sončni obsev na danih površinah**

Za učinkovito proizvodnjo električne energije je seveda potreben čim večji obsev sprejemne površine PV-generatorjev. Z uporabljenim orodjem sem izračunal prejet sončni obsev na obravnavane površine ob upoštevanju povprečnega naklonskega kota strešne površine (39<sup>0</sup>) in izmerjene orientacije za posamezne stavbe.

Ker sem za vse površine uporabil enoten naklonski kot, pa tudi odklon od idealne južne orientacije sem omejil do 30<sup>0</sup> proti vzhodu ali zahodu, so razlike v izračunanem sončnem obsevu majhne. Tako prejmejo površine z najboljšo orientacijo okrog 1330 kWh/m<sup>2</sup>/leto sončne energije, površine z najslabšo še sprejemljivo orientacijo pa 1300 kWh/m<sup>2</sup>. Povprečen prejet obsev je 1320 kWh/m<sup>2</sup> sprejemne površine na leto.

S simulacijo nadaljnjega večanja odklona od južne lege nam izračun pokaže, da pri 30<sup>0</sup> odklonu od južne lege prejet letni obsev znaša le še 1290 kWh/m<sup>2</sup>.

#### **4.1.6 Proizvedena električna energija na danih strešnih površinah**

Po izračunih bi bilo z namestitvijo PV-generatorjev na vse primerne strešne površine letno možno proizvesti 949750 kWh električne energije. Povprečna proizvodnja na kmetijo bi znašala dobrih 23000 kWh ali natančneje 1009 kWh/leto na kWp vgrajenih generatorjev. V Metodologiji določanja referenčnih stroškov električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije (Ministrstvo za gospodarstvo ..., 2009) je za izračun uporabljeno 1050 obratovalnih ur.

Kmetija z največ primernimi površinami bi ob izkoristku vseh površin letno lahko proizvedla 54100 kWh električne energije, kmetija z minimalno površino generatorjev 50 m<sup>2</sup> pa okrog 6300 kWh na leto.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Kot je razvidno iz mojih ugotovitev, ima več kot polovica obravnavanih kmetij primerne površine za namestitve sončnih elektrarn, če upoštevamo pogoj največjega še sprejemljivega odklona od idealne južne lege do  $30^{\circ}$  proti vzhodu ali zahodu. Navedena dejstva le delno potrjujejo mojo hipotezo, da ima večina kmetij primerne površine.

Tudi naklonski kot strešnih površin ni idealen. Pri obdelavi podatkov o kmetijah sem izhajal iz povprečnega naklonskega kota strešnih površin  $39^{\circ}$ , ki ga določa gradbena zakonodaja za to področje.

Prejet obsev na sprejemno površino in proizvedena električna energija pa sta na eni strani odvisna od meteoroloških parametrov, na katere ne moremo vplivati (količina sončne energije v časovni enoti, trajanje obsevanja) in orientacije ter naklonskega kota sprejemne površine na drugi strani, na katera pa lahko vplivamo.

### 5.1 RAZPRAVA O TRENUTNEM STANJU IN PREDLOGI

#### 5.1.1 Orientacija sprejemnih površin

Iz uporabljenih virov je razvidno, da imajo na našem obravnavanem območju najboljšo orientacijo sprejemne površine, ki so za  $1^{\circ}$  zamaknjene od juga proti vzhodu ( $179^{\circ}$ ). Navedeni pogoj sem z ustrezno izbiro pogojev praktično dosegel.

Z nadaljnjim večanjem odklona od južne lege se število primernih stavb seveda večja, večajo pa se tudi izgube prejetega obseva.

Nekateri graditelji SE prevelik odklik od idealne orientacije nadomeščajo z namestitvijo ustreznih nosilnih konstrukcij, ki običajno vsak modul obrnejo k idealni legi. Ta rešitev v večini primerov podraži gradnjo, pa tudi izgled, stavbe, na kateri so tako nameščeni sprejemniki sončne energije, je običajno skažen.

Zanimivo rešitev za izboljšanje stanja na tem področju ponujajo avtorji Akcijskega načrta za sončne elektrarne (Nemac in sod., 2007), ki predlagajo sprejem Uredbe o obvezni presoji uporabe OVE. Na njeni osnovi bi arhitekti in gradbeniki morali pri vseh rekonstrukcijah stavb in novogradnjah v poročilu dokazati, da so proučili možnosti uporabe OVE. Zahteve v tej smeri bi bilo smiselno vključiti v predpise, ki zadevajo urejanje prostora. Ti predpisi naj bi lajšali možnosti za uporabo lokalnih obnovljivih energetskih virov, ne pa da jih ovirajo. Sončna energija je na razpolago povsod v Sloveniji, zato naj bi bili novi objekti tako postavljeni v prostor, da je maksimalna izraba sončne energije eden od pomembnejših zazidalno ureditvenih pogojev (usmerjenost objektov, maksimalna razpoložljivost površin za SE, minimalno senčenje itd.)

### 5.1.2 Naklon sprejemnih površin

Kot vidimo iz dobljenih podatkov in ugotovljenih optimalnih naklonov iz literature, stanje v našem primeru ni optimalno. Tudi naši lokalni gradbeni predpisi zahtevajo večji naklonski kot strešnih površin, kot je optimalen.

Simulacija odklonov naklonskega kota od optimalnega nam v izračunu prejetega obseva sicer ne pokaže bistvenega zmanjšanja prejetega obseva, je pa količina obseva časovno čez leto drugače razporejena. Pri večjih naklonih površine je prejet obsev večji v jesensko zimskem času, pri manjših pa v poletnem času. Je pa proizvodnja električne energije v jesensko zimskem času na tem območju bolj tvegana zaradi možne megle.

Možne rešitve za izboljšanje stanja so podobne kot v prejšnji točki. Dodatno prilagajanje nosilnih konstrukcij, da dobimo optimalen naklonski kot, ne opraviči dodatnega stroška. Rešitev je v predlogih Akcijskega načrta za sončne elektrarne glede sprememb prostorske zakonodaje. Tudi graditelji na tem območju ugotavljajo, da je predpisan naklonski kot za ostrejša prevelik, saj novejša gospodarska poslopja z večjimi razponi širine, ob upoštevanju predpisanega kota, dosežejo ekstremne višine.

### 5.1.3 Proizvodnja električne energije

Ker so razpoložljive strešne površine za namestitev SE omejene, je za primerno proizvodnjo električne energije verjetno smiselno uporabljati samo module z večjimi izkoristki (15–18 %). Le v posameznih primerih, ko imamo na razpolago večje površine ali pa želimo izkoristiti tudi slabše osončene površine, je smiselno uporabiti module s slabšimi izkoristki. Taki moduli se pogosto uporabijo tudi za vgradnjo neposredno v kritino ali fasadne obloge stavbe. Njihova prednost je v nižji ceni, boljšem izkoristku razpršene svetlobe in manjših izgubah proizvodnje zaradi segrevanja celic.

Kot smo ugotovili v analizi kmetij, bi bilo možno pridelati dobrih 1000 kWh električne energije na 1 kWp imenske moči SE. Nekateri ponudniki izgradnje SE v prikazu ekonomike računajo z 1100 do 1150 kWh na leto. V Analizi obratovalnih parametrov sončnih elektrarn (Papler, 2008) vidimo, da so delujoče SE na Gorenjskem z negiblivo sprejemno površino v letu 2007 proizvedle povprečno 1122 kWh/kWp imenske moči. Pri primerjavi obsevov naše lokacije in lokacij teh elektrarn ugotovimo, da so prejeti obsevi približno enaki, enoletni boljši rezultat elektrarn na Gorenjskem pa je lahko posledica boljših meteoroloških razmer v obravnavanem letu.

## 5.2 ALI SE SPLAČA ZGRADITI SONČNO ELEKTRARNO?

Ob ugotovitvah, da imamo sončne energije dovolj na razpolago in da je del te energije možno pretvoriti v električno energijo, je potrebno ugotoviti, ali je investicija v sončno elektrarno ekonomsko upravičena.

Naša država se je v Resoluciji o nacionalnem energetskega programu zavezala, da bo pospeševala uporabo obnovljivih virov energije in da bo leta 2010 zagotavljala 33,6 % energije iz obnovljivih virov, med katerimi ima pomembno mesto tudi sončna energija, zato je sprejela različne ukrepe za pospeševanje izgradnje sončnih elektrarn. Tako prek različnih razpisov ponuja podporo izgradnji sončnih elektrarn, subvencionira odkupno ceno za proizvedeno energijo in zagotavlja odkup vse proizvedene energije po subvencionirani ceni.

### **5.2.1 Podpore države investicijam v izgradnjo sončnih elektrarn**

Izgradnja sončnih elektrarn zahteva velika investicijska sredstva. Trenutno je strošek izgradnje okrog 4.000 EUR/kWp instalirane moči. V Metodologiji določanja Referenčnih stroškov električne energije (RSEE), proizvedene iz obnovljivih virov, je za sončne elektrarne nazivne moči do 50 kW, postavljene na objekte v letu 2009, predviden strošek investicije 3.860 EUR/kWp imenske moči.

V letu 2009 je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano z Javnim razpisom za ukrep 311 – Diverzifikacija v nekmetijski dejavnosti (2009) kmečkim gospodarstvom ponudilo možnost, da jim sofinancira izgradnjo naprav za pridobivanje energije za prodajo na kmetiji iz obnovljivih virov v višini 50 % v obliki nepovratnih sredstev. Razpis je bil konec leta 2009 še vedno odprt. Po porabi sredstev oziroma zaprtju tega razpisa lahko pričakujemo podobne razpise tudi v prihodnje, po priporočilih komisije ES pa lahko pričakujemo še večji delež nepovratnih sredstev.

Kmet se lahko prijavi na razpis kot kmetija z dopolnilno dejavnostjo, kot samostojni podjetnik posameznik, lahko ustanovi gospodarsko družbo, ki se prijavi na razpis, ali pa kandidira na sredstva več kmetov kot zadruga. Prejemnik sredstev lahko pridobi največ 200.000 evrov v obdobju zadnjih treh proračunskih let.

Za izvedbo investicije je možno najeti tudi ugoden kredit, ki ga v Javnem pozivu za kreditiranje okoljskih naložb občanov ponuja Ekološki sklad RS (2009). V tem razpisu je možno zaprositi za kredit za izgradnjo naprav za rabo obnovljivih virov energije za pridobivanje električne energije. Zaprostiti je možno za največ 40.000 evrov, za največ 10 let po nominalni obrestni meri 3,9 %. Pridobitev nepovratnih sredstev in najetje kredita sklada za isti namen se ne izključujeta.

### **5.2.2 Podpora odkupu električne energije**

Cena energije iz obnovljivih virov običajno presega ceno energije iz konvencionalnih virov, zato država subvencionira odkup električne energije iz obnovljivih virov. Višino podpor je objavila v Uredbi o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije (2009).

Za izračun višine podpor za električno energijo iz posameznih virov je Ministrstvo za gospodarstvo naročilo izračun Referenčnih stroškov električne energije (RSEE). Za izračun

proizvodne cene električne energije iz sončnih elektrarn so uporabili naslednje vhodne podatke:

Preglednica 7: Vhodni podatki za določitev RSEE sončnih elektrarn na stavbah ali gradbenih konstrukcijah (Metodologija določanja Referenčnih stroškov električne energije (RSEE), proizvedene iz obnovljivih virov (2009)).

Velikostni razred	Velikost MW	Obratov. ure h/leto	Specif. investicija €/kW	Vzdrževanje % inv	Obratovanje % inv	Zavarovanje % inv	Delo idr. št.oseb
do 50 kW	0,05	1050	3.860	0,1 %	0,04 %	0,4 %	0,015
do 1 MW	0,5	1050	3.525	0,1 %	0,04 %	0,4 %	0,15
do 10 MW	2	1050	2.925	0,1 %	0,04 %	0,4 %	0,5
do 125 MW	20	1050	2.630	0,1 %	0,04 %	0,4 %	4

Letni stroški elektrarne so izraženi v EUR/MWh in so seštevki letnih investicijskih stroškov, izraženih v EUR/kW imenske moči in stroškov vzdrževanja, obratovanja, zavarovanja, ki so vsi izraženi v % od vrednosti investicije ter stroškov dela, ki so izraženi v potrebni delovni sili. Letni investicijski strošek pa je zmnožek celotnih investicijskih stroškov in anuitetnega faktorja (A), katerega izračun prikazujemo v nadaljevanju.

$$A = \frac{1}{\left( \frac{1}{r} * \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) \right)} \quad \dots(1)$$

r - diskontna stopnja (za SE določena v metodologiji določanja RSEE v višini 6,4 %)  
 n - ekonomska doba projekta (za SE določena v metodologiji RSEE v vrednosti 15 let)

Po izračunu v tej metodologiji znašajo letni stroški investicije, ob upoštevanju stroškov kapitala, 388 €/MWh, ostali stroški pa le 27 €/MWh za elektrarne do 50 kW imenske moči.

Na osnovi teh podatkov je država izračunala višine podpor odkupu električne energije.

Preglednica 8: Cena zagotovljenega odkupa oziroma obratovalne podpore za odkup električne energije iz proizvodnih naprav OVE na sončno energijo, ki so postavljene na stavbah ali gradbenih konstrukcijah (Ministrstvo za gospodarstvo, 2009)

Velikostni razred proizvodne naprave	Cena zagotovljenega odkupa (EUR/MWh)		Obratovalna podpora (EUR/MWh)	
	Na stavbah ali gradbenih konstrukcijah	Sestavni del ovoja zgradbe oz. elementov zgradbe	Na stavbah ali gradbenih konstrukcijah	Sestavni del ovoja zgradbe oz. elementov zgradbe
Mikro (< 50kW)	415,46	477,78	358,26	420,58
Mala (< 1 MW)	380,02	437,03	322,82	379,83
Srednja (do 5 MW)	315,36	362,67	256,21	303,52
Velika (do 125 MW)	-	-	215,71	257,82

Izračunana odkupna cena oz. podpora velja za naprave, ki so začele obratovati v letu 2009. Naprave, ki pa začnejo obratovati v letu 2010 ali pozneje, pa imajo določeno zmanjšanje odkupne cene za 7 % za vsako poznejše leto začetka obratovanja do leta 2013.



Za sončne elektrarne, katerih sprejemniki so sestavni element ovoja stavbe (npr. strehe ali fasade), je predvidena za 15 % večja odkupna cena oziroma podpora zaradi predpostavke, da z vgradnjo sprejemnikov sončne energije v ovoj stavbe ali v streho, običajno slabše izkoristimo razmere za proizvodnjo elektrike iz sonca (neugoden naklonski kot ali orientacija sprejemnika, slabše hlajenje celic, ipd.)

Lastniki SE do moči 5 MW se lahko odločijo za prodajo proizvedene električne energije po zagotovljeni ceni ali pa prosto prodajajo energijo po tržni ceni in uveljavljajo podporo, lastniki večjih SE pa lahko uveljavljajo samo podporo, energijo pa morajo prodajati sami.

V primeru, da investitor prejme kakršnakoli javna sredstva za postavitev elektrarne na OVE, mu država za ustrezen znesek zmanjša odkupno ceno ali podporo. Zmanjšanje se izračuna iz prejetega zneska pomoči, anuitetnega faktorja, nazivne moči elektrarne in števila obratovalnih ur v enem letu. Zmanjšanje je izraženo v EUR/MWh in velja vseh 15 let zagotovljenega odkupa.

$$(znesek\ prejete\ pomoči\ [EUR] \times A) / (nazivna\ električna\ moč\ [MW] \times H\ [h]) \quad \dots(2)$$

A - anuitetni faktor pri 15-letni ekonomski dobi naložbe in splošni diskontni stopnji, objavljeni v proračunskem memorandumu Republike Slovenije. Za SE se splošna diskontna stopnja zniža za 5 odstotnih točk. Če je splošna diskontna stopnja višja od uporabljene diskontne stopnje v izračunu referenčnih stroškov, se uporabi diskontna stopnja iz izračuna referenčnih stroškov (Splošna diskontna stopnja določena v Proračunskem memorandumu RS za leti 2008 in 2009 je 7%, za SE pa jo znižamo na 2 %). A izračunamo po formuli 1.

H – število obratovalnih ur SE na leto (1050 ur iz metodologije določanja RSEE).

### 5.2.3 Zagotovljen odkup električne energije

Proizvajalcem električne energije iz OVE, ki pridobijo status kvalificiranega proizvajalca električne energije, center za podpore zagotavlja odkup vse proizvedene električne energije iz obnovljivih virov po ceni, ki je veljala na dan začetka obratovanja proizvodne naprave, ne glede na ceno električne energije na trgu, za obdobje 15 let od začetka obratovanja.

### 5.3 DONOSNOST INVESTICIJE

Vlagatelje, ki vlagajo denar v ekonomske projekte, seveda zanima, koliko bodo s tem denarjem zaslužili oziroma, kako hitro bodo dobili vrnjenega. Z Metodologijo izračuna RSEE iz OVE so bili postavljeni ekonomski parametri, s pomočjo katerih so bile določene takšne podpore odkupu električne energije, da bi bile naložbe v te vire ekonomsko zanimive. Ker je naložba v sončne elektrarne relativno visoka, proizvodnja na enoto pa majhna, so bili za sončne elektrarne uporabljeni nekateri nekoliko drugačni ekonomski parametri kot za ostale naprave na OVE.

### 5.3.1 Ekonomski parametri izračuna RSEE

Z izračunom RSEE je država želela vzpodbuditi gradnjo elektrarn na OVE, istočasno pa jo zadržati na nekem primernem nivoju, da ne bi cene opreme za te elektrarne zrasle v nedogled zaradi prevelikega povpraševanja. S postavljenimi ekonomskimi parametri želi celo postopno znižati cene opreme.

Ob upoštevanju zahtevanih donosov na lastna sredstva in obresti kreditov je skupni zahtevani donos pri SE 6,4 %, kar je uporabljeno kot diskontna stopnja pri ekonomskih izračunih delovanja elektrarne in določanju višine podpore (pri ostalih elektrarnah na OVE je ta stopnja 12 %). Diskontna stopnja je izračunana na osnovi izračuna tehtanega povprečja stroškov kapitala (ang. WACC) po formuli

$$WACC = w_{LS} * r_{LS} + w_{KR} * r_{KR} = 0,2 * 6 \% + 0,8 * 6,5 \% = 6,4 \% \quad \dots(3)$$

Kjer je:

$w_{LS}$  – delež lastnih sredstev (20 %)

$r_{LS}$  – zahtevan donos na lastna sredstva (6 %)

$w_{KR}$  – delež kredita (80 %)

$r_{KR}$  – obrestna mera na kredit (6,5 %)

### 5.3.2 Vračilo investicijskih vlaganj

Pri SE moči 10–20 kWp je že težko najti izvajalca, ki bi nam postavil elektrarno s kvalitetno opremo priznanih proizvajalcev, za 3.860 evrov/kWp, kolikor je predvideno v izračunu RSEE. Pri večanju nazivne moči proti 50 kWp pa se že lahko približamo navedeni vrednosti.

V izračunu smo primerjali vračilo lastnih investicijskih sredstev v primeru, če gradimo elektrarno z lastnimi sredstvi oziroma s pomočjo podpore države pri izgradnji v višini 50 % investicije.

Preglednica 9: Primerjava vračila investicijskih vlaganj in donosov v 15-letnem obdobju za elektrarno, ki je zgrajena z lastnimi sredstvi, in elektrarno, zgrajeno s 50% podporo iz javnih sredstev.

način izgradnje		brez podpore		50% podpora	
obratovalne ure	(h)	1050		1050	
nazivna moč	kWp	20		20	
cena (leto 2009)	EUR/kWh	0,41546		0,27241	
padec proizvodnje	%/leto	0,8		0,8	
vložena lastna sredstva	EUR/kWp	3860		1930	
vložena lastna sredstva	EUR/kos	77200		38600	
vzdrževanje (0,1% inv.)	EUR/leto	77,2		77,2	
obratovanje (0,04% inv.)	EUR/leto	30,88		30,88	
zavarovanje (0,4% inv.)	EUR/leto	308,8		308,8	
delo (0,015 oseb*25000 EUR)	EUR/leto	375		375	

leto obratovanja	količina (kWh/leto)	energija		energija	
		vrednost (EUR/leto)	lastna sredstva (EUR)	vrednost (EUR/leto)	lastna sredstva (EUR)
1.	21000	7933	-69267	4929	-33671
2.	20832	7863	-61404	4883	-28788
3.	20665	7794	-53610	4838	-23951
4.	20500	7725	-45885	4793	-19158
5.	20336	7657	-38229	4748	-14410
6.	20173	7589	-30639	4704	-9707
7.	20012	7522	-23117	4660	-5047
8.	19852	7456	-15661	4616	-431
9.	19693	7390	-8271	4573	4141
10.	19535	7324	-947	4530	8671
11.	19379	7259	6312	4487	13158
12.	19224	7195	13507	4445	17603
13.	19070	7131	20638	4403	22006
14.	18918	7068	27706	4362	26368
15.	18766	7005	34711	4320	30688

Iz izračuna je razvidno, da dobimo v primeru gradnje brez podpore vrnjena lastna investicijska sredstva v dobrih 10 letih, s 50% podporo pa v dobrih 8 letih. Nastopi pa razlika v zaslužku v naslednjih letih, in sicer v korist gradnje z lastnimi sredstvi, seveda ob predpostavki, da odkupna cena energije v obeh primerih ostane ista. Seveda pa zaslužek po 15 letih ni dokončen, saj proizvajalci sončnih celic jamčijo, da bodo delovale tudi po 25 letih še vedno z najmanj 80 % imenske moči, njihova življenjska doba pa je lahko tudi čez 30 let.

#### 5.4 POSTOPKI IN DOKUMENTI, POTREBNI ZA IZGRADNJO SONČNE ELEKTRARNE

Če same problematike izgradnje SE dobro ne poznamo, se je smiselno z izvajalcem dogovoriti za postavitve »na ključ« vključno s pridobivanjem potrebne dokumentacije.

Izvedbo postopkov in pridobitev potrebnih dokumentov za gradnjo bi lahko razdelili v izvedbo postopkov za pridobivanje dokumentov po Zakonu o graditvi objektov in postopke za izgradnjo in priključitev elektrarne na javno omrežje.

#### **5.4.1 Dovoljenja za gradnjo**

Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči (2003), v 26. in 27. členu opredeljuje namestitev sončnih celic, namenjenih za proizvodnjo električne energije, na streho ali fasado stavbe, kot dela za lastne potrebe, za katera ni potrebno pridobiti gradbenega dovoljenja in s katerimi se lahko prične brez pridobitve lokacijske informacije. Torej za postavitve sončnih elektrarn na strehi stavb, katerih obravnava je premet naše naloge, po trenutno veljavni gradbeni zakonodaji ni potrebno pridobiti nobenih dovoljenj, če se s postavitvijo bistveno ne spremeni izgled stavbe.

#### **5.4.2 Potrebni dokumenti in postopki za priključitev sončne elektrarne**

Če za izgradnjo elektrarne na stavbi ni potrebno nobenih dovoljenj, je pa pozneje za priključitev naprave na javno elektro omrežje potrebno nekaj več papirjev, ki jih je smiselno začeti pridobivati že pred začetkom izgradnje naprave.

Po ugotovitvi, da imamo primerne površine in denarna sredstva, si naredimo idejno zasnovano postavitve (velikost, zunanji videz ...).

Za pridobitev Soglasja za priključitev elektrarne na električno omrežje podamo vlogo na pristojno enoto dobavitelja električne energije. Za izpolnitev vloge je dobro, da imamo že izbranega izvajalca del s pripravljenim projektom, saj je v sami vlogi potrebno natančno opredeliti moč elektrarne, vrsto in količino opreme in način priključitve na omrežje. Po izdaji soglasja moramo najpozneje v dveh letih elektrarno dokončati, sicer soglasje preneha veljati.

Po pridobitvi soglasja za priključitev pristopimo k pripravi Projekta za izvedbo del (PZI). Pripravi ga izvajalec del in v njem natančno opredeli vse detajle naprave.

Sedaj postavimo našo elektrarno. Da bo naša investicija cenovno ugodna in kvalitetno izvedena, je pomembno, da smo pri tehtanju ponudb primerjali ceno/kWp in tudi kakovost opreme. Kljub temu, da je vsa oprema preizkušena šele kratek čas, verjetno lahko pričakujemo večje jamstvo kakovosti pri bolj znanih proizvajalcih.

Ko je elektrarna postavljena, nam izvajalec postavitve naprave pripravi Projekt izvedenih del (PID) in izdela Navodila za obratovanje.

S pristojnim elektro podjetjem sklenemo Pogodbo o priključitvi, v kateri določimo lastništvo priključka, vzdrževanje, dostop do merilnih mest ipd.

S Centrom za podpore Borzen d.o.o. sklenemo pogodbo o odkupu električne energije po zagotovljeni ceni ali izplačilu podpor, če bomo sami prodajali električno energijo na trgu.

Priključitev sončne elektrarne na električno omrežje nam izvede pristojna območna enota elektro podjetja. Pred priključitvijo preverijo izpolnitev pogojev iz soglasja za priključitev, merilne naprave in izvedejo ustrezne merilne preizkuse.

Javna agencija RS za energijo na osnovi naše vloge vpiše napravo v register deklaracij za proizvodne naprave električne energije iz obnovljivih virov in soproizvodnje z velikim izkoristkom.

Pridobiti moramo še status kvalificiranega proizvajalca električne energije. Vlogo podamo na Ministrstvo za gospodarstvo RS, Direktorat za energijo, po pridobitvi statusa pa začnemo prodajati proizvedeno energijo.

V nadaljevanju sonce proizvaja električno energijo, mi pa vsak mesec izstavimo Centru za podpore račun za dejansko prodano energijo. Ta center za nas opravlja tudi ostala administrativna dela, kot so napovedi proizvodnje in bilančne izravnave med napovedano in dejansko proizvedeno energijo.

## 5.5 DAVČNI VIDIK INVESTICIJE IN PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Za optimalen finančni učinek naše investicije v sončno elektrarno je potrebno investicijo in proizvodnjo ustrezno umestiti v obstoječi davčni sistem.

### 5.5.1 Investitor kot zavezanec za davek na dodano vrednost

Vsi stroški izgradnje sončne elektrarne v tej nalogi so navedeni brez davka na dodano vrednost (DDV). Tako lahko kmetje, ki so zavezanci za DDV, računajo z navedenimi vrednostmi, saj bodo po izgradnji dobili vrnjen vstopni davek. V sistem DDV lahko vstopijo tudi samo z dopolnilno dejavnostjo, če električno energijo proizvajajo v okviru le-te.

Investitorji, ki pa niso zavezanci oz. ne želijo stopiti v sistem samo zaradi te investicije, pa morajo računati z večjo vrednostjo investicije, saj ne morejo dobiti povrnjenega davka. Proizvajalec električne energije, katerega letni prihodek iz te dejavnosti presega 25.000 evrov, pa mora obvezno postati zavezanec za DDV.

Ker je večina naših kmetij majhna in jih večina ni zavezancev za DDV, ne pričakujemo, da bi samo zaradi investicije množično vstopale v sistem. Večina nosilcev dejavnosti namreč ni večča vodenja poslovnih knjig za potrebe DDV, zato pomeni opredelitev za zavezanca za DDV dodaten letni strošek.

### **5.5.2 Investitor in proizvajalec električne energije kot fizična oseba**

Kmetu, ki proizvaja električno energijo kot fizična oseba, se prihodek od prodane energije všteva v dohodninsko osnovo skupaj z ostalimi osebnimi prejemki in dohodki in obračunava davek po veljavni dohodninski lestvici. Za izgradnjo sončne elektrarne tudi ni možno uveljavljati investicijske olajšave.

### **5.5.3 Investitor in proizvajalec električne energije kot pravna oseba**

Lastnik sončne elektrarne lahko nastopa tudi kot pravna oseba. V tem primeru lahko v poslovnem rezultatu izkazuje kot odhodek strošek amortizacije elektrarne. Predvidena amortizacijska doba vseh naprav za proizvodnjo energije iz OVE je 15 let.

### **5.5.4 Proizvodnja električne energije na kmetiji kot dopolnilna dejavnost**

Uredba o vrsti, obsegu in pogojih za opravljanje dopolnilnih dejavnosti na kmetiji (2009) opredeljuje kot dopolnilno dejavnost tudi pridobivanje in prodajo energije iz obnovljivih virov do 1 MW moči generatorja.

V primeru registrirane dopolnilne dejavnosti lahko kmetija izbere ugotavljanje dohodninske osnove po normiranih stroških. V tem primeru se ji od celotnega prihodka iz dopolnilne dejavnosti priznajo normirani stroški v višini 70 %, od ostalih 30 % pa že med letom plačuje akontacijo dohodnine v višini 25 %. Dokončen obračun dohodnine se ob upoštevanju normiranih stroškov izvede z informativnim izračunom dohodnine.

V kolikor prihodki iz dopolnilne dejavnosti na kmetiji presegajo 42.000 evrov/leto, mora kmetija preiti iz obdavčitve po normiranih stroških v obdavčitev po dejanskih prihodkih in vodenje ustreznih poslovnih knjig. V tem primeru pa lahko strošek amortizacije spet upošteva kot odhodek (Zakon o dohodnini, 2006).

## **5.6 SKLEPI**

Sončna energija za proizvodnjo električne je na razpolago na območju celotne Slovenije. Nekaj več je lahko izkoristimo na primorskem delu, vendar je tudi na našem obravnavanem območju na voljo zadostna količina za racionalno izrabo.

Največ sončnega obseva bi sprejeli, če bi sprejemna površina cel dan sledila gibanju sonca. Ker pa je izgradnja takega sistema zahtevna in draga, danes najpogosteje postavljamo sončne elektrarne z negibljivo sprejemno površino na obstoječa ostrešja stavb. Iz raziskav in meritev sončnega obseva je razvidno, da mora biti za optimalen izkoristek obseva negibljiva sprejemna površina obrnjena proti jugu in dvignjena za 29–35<sup>0</sup> od vodoravne lege. S tako lego najboljše izkoristimo sonce predvsem v pomladno-poletnem času, saj v tem obdobju leta proizvedemo okrog 70 % letne količine električne energije.

Trenutno lahko z današnjimi tehnologijami pretvorimo 15–18 % sončne energije neposredno v električno. Iz dobljenih podatkov je razvidno, da vzorec obravnavanih kmetij razpolaga z relativno majhnimi primernimi površinami za postavitev sončnih elektrarn, zato je smiselno za gradnjo elektrarn uporabiti sončne celice s čim večjimi izkoristki – mono ali polikristalne silicijeve celice.

Na območju občine Sveti Tomaž bi lahko ob upoštevanju kriterija, da kot primerne površine za sončne elektrarne uporabimo strehe, ki so obrnjene proti jugu, ali z odklonom od juga za  $30^{\circ}$  proti vzhodu ali zahodu, namestili sončne elektrarne na dobri polovici kmetij. Z 1 kWp nazivne moči generatorja lahko letno proizvedemo dobrih 1000 kWh električne energije.

Investicija v napravo sončne elektrarne je relativno visoka, cena energije pa nizka, zato država z raznimi vzpodbudami podpira izgradnjo in delovanje teh naprav. Kmet investitor lahko za gradnjo pridobi sredstva v višini 50 %. Ker država tudi subvencionira proizvodnjo električne energije, ki jo proizvajalec oddaja v javno omrežje, v obliki podpore ali zagotovljene odkupne cene, je naložba v te naprave varna in ekonomsko upravičena, saj zagotavlja vračilo vloženi sredstev in celo nekaj zaslužka v svoji obratovalni dobi.

Da bo finančni izplen proizvodnje elektrike čim boljši, je pomembno, da že pred investicijo razmislimo, ali bomo v izgradnji in proizvodnji nastopali kot fizična oseba - kot kmet z dopolnilno dejavnostjo - ali bomo registrirali pravno osebo za to dejavnost. Odločitev za posamezno obliko je odvisna od velikosti proizvodnje in konkretnih izračunov za posamezen primer. Pogosto nam lahko dodaten strošek vodenja poslovnih knjig izniči pozitiven učinek na davčnem ali dohodninskem delu.

Pri proizvodnji elektrike iz obnovljivih virov pa ne smemo gledati samo na ekonomski vidik. Zagovorniki uporabe teh vrst energije zelo poudarjajo okoljski vidik teh naložb z izračuni zmanjšanja izpustov toplogrednih plinov v ozračje. Poudarjanje okoljskega vidika bi lahko tudi v promocijske namene izkoristile predvsem turistične kmetije, ki bi se odločile za tovrstne naložbe. Ker pa je skrb za naš planet naloga nas vseh, pa je tudi občutek, da smo za to nekaj storili, nekaj vreden.

## 6 POVZETEK

V nalogi sem obdelal možnosti za postavitve negibljivih sončnih elektrarn na gospodarska poslopja in stanovanjske hiše na kmetijah v občini Sveti Tomaž.

Iz vzorca vseh kmetij sem izbral kmetije, na katerih je kmetijstvo vsaj enemu družinskemu članu osnovna dejavnost, in tako dobil 78 kmetij. Predvideval sem namreč, da so na teh kmetijah na voljo večje strešne površine, ki so primerne za postavitve elektrarn.

Z uporabo aplikacije Spletni pregledovalnik GERK/RABA, ki je na voljo na spletni strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, sem izmerili orientacijo strešnih površin glede na strani neba in njihovo velikost. Kot primerne sem vzel površine, orientirane proti jugu, ali z odklonom za največ  $30^{\circ}$  proti vzhodu ali zahodu. Za izračune prejetega obseva sem uporabil povprečen naklonski kot ostrejšij  $39^{\circ}$ , katerega sem dobil iz lokalnih gradbenih predpisov, ki urejajo naklon in obliko streh na tem območju. Z upoštevanjem navedenih kriterijev in izločitvijo kmetij, ki so imele skupno manj kot  $50 \text{ m}^2$  primernih površin, sem dobil 41 kmetij s primernimi površinami.

Iz dobljenih podatkov sem z uporabo aplikacije PV Potential estimation utility na spletni strani Inštituta za energijo pri Evropski komisiji izračunal prejete obseve na danih površinah in možno letno proizvodnjo električne energije. Ugotovil sem, da imamo približno  $7500 \text{ m}^2$  primernih površin, ki lahko prejmejo od 1300 do 1330 oz. povprečno  $1320 \text{ kWh/m}^2$  letnega obseva. Če bi uporabili sončne celice s 15–18% izkoristki in bi v povprečju porabili  $8 \text{ m}^2$  strešne površine za 1 kWp nameščene moči generatorja, bi lahko namestili skupaj za 941 kWp generatorjev oz. povprečno 23 kWp/kmetijo. Skupna letna proizvodnja teh naprav bi lahko znašala okrog 950 MWh oz. dobrih 23 MWh/kmetijo.



## 7 VIRI

- Agencija RS za okolje. Sončno obsevanje. Klimatološka povprečja 1971 - 2000  
<http://meteo.arso.gov.si> (20. jul. 2009)
- Institute for Environment and Sustainability, PV potential estimation utility  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> (1.okt. – 30. nov. 2009)
- Javni poziv za kreditiranje okoljskih naložb občanov 41OB09. Ur.l. RS št 21/09
- Javni razpis za ukrep 311 – Diverzifikacija v nekmetijske dejavnosti. Ur.l. RS št. 23/09
- Kastelec D., Rakovec J., Zakšek K. 2007. Sončna energija v Sloveniji. Ljubljana, ZRC SAZU: 136 str.
- Kazalci okolja v Sloveniji. Agencija RS za okolje. Raba električne energije. Proizvodnja električne energije po gorivih. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov (28. okt. 2008)  
<http://kazalci.arso.gov.si> (30. jul. 2009)
- Lenardič D. Pvrresources.com. Sprehod skozi čas. (24. feb. 2008)  
<http://www.pvrresources.com/si/zgodovina.php> (1. avg. 2009)
- Ministrstvo za gospodarstvo RS. 2009. Metodologija določanja referenčnih stroškov električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije. Sklep MG - št. 360-81/2009-1 (19. maj 2009).  
[http://www.mg.gov.si/si/zakonodaja\\_in\\_dokumenti/energetika/veljavni\\_predpisi/](http://www.mg.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/energetika/veljavni_predpisi/) (15. okt. 2009)
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS. Dejanska raba kmetijskih zemljišč. 2009.  
<http://rkg.gov.si/GERK/> (15. nov. 2009)
- Nemac F., Jan A., Andrejašič T., Vertin K., Lambergar N., Grmek M., Topič M., Merc U., Škarja G., Novak I. 2007. Akcijski načrt za sončne elektrarne. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarstvo RS: 45 str.
- Občina Ormož. 2000. Odlok o prostorskih ureditvenih pogojih za zahodni gričevnat del občine Ormož. Uradni vestnik občine Ormož 8/00
- Papler D. 2008. Analiza obratovalnih parametrov sončnih elektrarn.  
<http://www.gorenjske-elektrarne.si> (25. okt. 2009)
- Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči. Ur.l. RS, št. 114-4980/03

Rakovec J., Zakšek K. 2008. Sončni obsevi različno nagnjenih in različno orientiranih sprejemnih površin. EGES, 12, 2-3:93-65

Resolucija o nacionalnem energetskega programu (ReNEP). Ur.l. RS št. 74-2669/04

Statistični urad RS. 2007. Družinska in nedružinska gospodinjstva po številu članov, Slovenija, Popis 2002, preračun na občine, veljavne dne 1.1.2007.  
<http://www.stat.si> (30. jul. 2009)

Statistični urad RS. 2009. Prebivalstvo po nekaterih skupinah in spolu, občine, Slovenija, 30. junij 2009.  
<http://www.stat.si> (30. jul. 2009)

Topič M., Brecl K., Krč J., Vukadinović M., Opara Krašovec U., Smole F. Električna iz sonca. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za fotovoltaike in optoelektroniko.  
[http://lpvo.fe.uni-lj.si/El\\_iz\\_sonca/el\\_iz\\_sonca.htm](http://lpvo.fe.uni-lj.si/El_iz_sonca/el_iz_sonca.htm) (10. avg. 2009)

Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije.  
Ur.l. RS št. 37-1780/09

Uredba o vrsti, obsegu in pogojih za opravljanje dopolnilnih dejavnosti na kmetiji.  
Ur.l. RS št. 61-2665/05)

Zakon o dohodnini. 2006. Ur.l. RS št. 117-5013/06

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju dr. Rajku Berniku za strokovne nasvete pri pripravi zasnove naloge in pomoč pri njeni izdelavi.

Hvala tudi recenzentki doc. dr. Zaliki Črepinšek za strokovni pregled naloge in predlagane popravke.