

Projekt povećanja energetske učinkovitosti na obiteljskoj kući primjenom solarnih kolektora

Puljić, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:146958>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown

POLITEHNIKA PULA

Visoka tehničko – poslovna škola s p.j.

ZAVRŠNI RAD

**PROJEKT POVEĆANJA ENERGETSKE
UČINKOVITOSTI NA OBITELJSKOJ KUĆI
PRIMJENOM SOLARNIH KOLEKTORA**

Marin Puljić

Pula, svibanj 2016.

POLITEHNIKA PULA

Visoka tehničko – poslovna škola s p.j.

ZAVRŠNI RAD

**PROJEKT POVEĆANJA ENERGETSKE
UČINKOVITOSTI NA OBITELJSKOJ KUĆI
PRIMJENOM SOLARNIH KOLEKTORA**

Kolegij: Elektrotehnika

Student: Marin Puljić

Mentor: mr. sc. Radovan Jokić

Pula, svibanj 2016.

Izjava o samostalnosti izrade završnog rada

Izjavljujem da sam završni rad na temu „**Projekt povećanja energetske učinkovitosti na obiteljskoj kući primjenom solarnih kolektora**“ samostalno izradio uz pomoć mentora mr. sc. Radovana Jokića, koristeći navedenu stručnu literaturu i znanje stečeno tijekom studiranja. Završni rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Student: Marin Puljić

Potpis: _____

Sažetak

Svakim danom potrošnja energije biva sve većom, zato se obnovljivi izvori energije sve više nude kao jedno od najvažnijih rješenja u borbi protiv klimatskih promjena i energetske krize. Upravo jedan od takvih oblika je Sunčeva energija. Sunčevo zračenje se izravno pretvara u toplinsku ili električnu energiju. Pretvaranje se vrši pomoću različitih uređaja, a neki od njih su solarni kolektori za stvaranje toplinske energije ili fotonaponske ćelije za stvaranje električne energije.

Kroz ovaj rad je prikazano kako povećati energetske učinkovitost na obiteljskoj kući primjenom solarnih kolektora i fotonaponskih ćelija. Navedeni su i opisani materijali za izradu istih te su objašnjeni principi rada fotonaponskih sustava i solarnih sustava za pripremu potrošne tople vode. Napravljen je proračun za postavljanje male solarne elektrane od 10 kW, te proračun solarnog sustava za zagrijavanje potrošne tople vode na obiteljskoj kući.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, Sunčeva energija, solarni kolektori, fotonaponske ćelije

Abstract

Everyday the consumption of energy has been bigger and for that reason the renewable energy sources are being offered as one of the most important solutions against climate changes and energy crisis. Exactly the sunlight may be considered as that. Sunlight is directly converted to thermal or electrical energy. This conversion is made through various devices, some of them being solar collectors for making a thermal energy or photovoltaic cells for making an electrical energy.

In this work it is showed how to increase energy efficiency on the family house by using photovoltaic cells and solar collectors. Moreover, there are listed and described materials, from which are photovoltaic cells and solar collectors made of, and explained the principles of operation of photovoltaic and solar systems for DHW. The calculation is made for setting up a small 10 kW solar power plant, and the calculation of solar system for DHW on small family house.

Keywords: energy efficiency, sunlight, solar collectors, photovoltaic cells

Sadržaj

Sažetak	II
Abstract	II
Popis oznaka i kratica.....	V
1. UVOD	1
1.1. Opis i definicija problema	1
1.2. Cilj i svrha rada.....	1
1.3. Polazna hipoteza	1
1.4. Metode rada	2
1.5. Struktura završnog rada	2
2. PRIMARNI OBLICI ENERGIJE	3
2.1. Energetske pretvorbe primarnih oblika energije	6
2.2. Obnovljivi izvori energije.....	8
2.3. Ušteda i racionalna potrošnja energije.....	10
3. UPOTREBA SOLARNE ENERGIJE	12
3.1. Fotonaponske ćelije	13
3.1.1. Povijest fotonaponskih ćelija	13
3.1.2. Materijali izrade fotonaponskih ćelija.....	14
3.1.3. Pretvorba sunčeva zračenja u električnu energiju	17
3.2. Fotonaponski sustavi	18
3.2.1. Samostalni sustavi ili otočni sustavi.....	19
3.2.2. Mrežno spojeni kućni fotonaponski sustavi	22
3.3. Solarni kolektori	24
3.3.1. Pločasti kolektori.....	24
3.3.2. Vakumski kolektori	25
3.4. Solarni sustavi za pripremu potrošne tople vode.....	25
3.4.1. Termosifonski sustavi	25
3.4.2. Kolektorski sustavi s prisilnom cirkulacijom.....	27
4. EKONOMSKA ANALIZA.....	29
4.1. Proračun za postavljanje male solarne elektrane od 10 kW	30
4.2. Proračun solarnog sustava za zagrijavanje PTV – a za obiteljsku kuću.....	32
4.3. Primjer projekta izgrađenog na obiteljskoj kući u Španskom – Zagreb	34

5. VAŽNOST ENERGETSKE UČINKOVITOSTI.....	36
6. ZAKLJUČAK.....	37
Literatura	38
Popis slika	40
Popis tablica i grafikona	41

Popis oznaka i kratica

Oznaka	Opis	Jedinica
f	frekvencija	Hz
U	napon	V
P	snaga	W
A _m	površina modula	m ²
E _z	upadna energija sunčeva zračenja na module	kWh/m ²
E _{stv}	stvarno dobivena en. iz fotonaponskog sustava	kWh
E _{FN}	dobivena en. iz fotonaponskog modula	kWh
η _m	stupanj djelovanja modula	/

Kratica	Opis
°C	stupanj celzijus
CO ₂	ugljični dioksid
Si	silicij
CIS	bakar – indij – diselenid
CdTe	kamdij – telurid
GsAs	galij – arsenid
dc/ac	istosmjerna / izmjenična struja
en.	energija
engl.	engleski
EU	Europska Unija
RH	Republika Hrvatska
PR	omjer učinkovitosti modula
HEP	Hrvatska elektro privreda
HERA	Hrvatska energetska regulatorna agencija
HROTE	Hrvatski operator tržišta energije
PDV	porez na dodanu vrijednost
PV	fotonaponska ćelija (<i>engl. photovoltaic</i>)
PTV	potrošna topla voda
OIEKPP	obnovljivi izvori en. i kogeneracija te povlašteni proizvođači
Kyoto	dodatak međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama

1. UVOD

Obnovljivi izvori energije su dugoročno održiva opcija za opskrbu energijom. U ovom radu posebnu pažnju se stavlja na Sunčevu energiju, odnosno kako primjenom solarnih kolektora i fotonaponskih ćelija povećati energetske učinkovitost na obiteljskoj kući. Solarna energija je obnovljivi izvor energije i ne može se potrošiti kao fosilna goriva, također je vrlo čist izvor energije, te nakon instalacije nema štetnih emisija i zagađenja nastalih upotrebom solarnih kolektora ili fotonaponskih ćelija.

1.1. Opis i definicija problema

S obzirom na povećanje populacije, raste i potreba za energijom. Razlog tome je gradnja novih kuća, stambenih zgrada te poslovnih objekata koji moraju biti opremljeni raznim uređajima koji koriste električnu energiju. Problem je što su neobnovljivi izvori energije iscrpni te je potrebno obratiti pozornost na obnovljive izvore energije. Upravo jedan od takvih oblika energije je Sunčeva energija.

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj rada je upotrebom obnovljivih izvora energije, tj. primjenom fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora povećati energetske učinkovitost na obiteljskoj kući, te tako pridonijeti zaštiti okoliša, ali i uštedi koja je u današnjem svijetu od velikog značaja za samog korisnika.

Svrha rada je grafičkim i matematičkim putem prikazati kako povećati energetske učinkovitost na obiteljskoj kući primjenom fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora.

1.3. Polazna hipoteza

Primjenom fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora povećati će se energetska učinkovitost na obiteljskoj kući te će se smanjiti zagađenje okoliša što je u ekološkom smislu prihvatljivo.

1.4. Metode rada

Kod izrade ovoga rada koristiti će se nekoliko različitih znanstvenih metoda. Metodom kompilacije biti će razrađen teorijski dio rada na način da će se prikupljanjem adekvatne literature, odnosno njezinom analizom i sintezom, stvoriti ključna poglavlja u završnom radu. Prilikom odabira glavnih naslova unutar literature koristiti će se deduktivna i induktivna metoda. Još jedna znanstvena metoda koja će biti upotrijebljena prilikom izrade rada je metoda deskripcije. Ona će se upotrijebiti za samu interpretaciju ponuđenih podataka koji su dobiveni istraživanjem.

1.5. Struktura završnog rada

Završni rad se sastoji od šest glavnih tematskih jedinica, odnosno poglavlja. U radu se nalaze još popis oznaka i kratica, te popis literature, slika, tablica i grafikona.

U prvom dijelu rada nalaze se opis i definicija problema, cilj i svrha rada, polazna hipoteza, te znanstvene metode koje su korištene pri izradi rada.

U drugom poglavlju pojašnjeni su primarni oblici energije i energetske pretvorbe istih. Posebnu pažnju se stavlja na obnovljive izvore energije, odnosno Sunčevu energiju te uštedu i racionalnu potrošnju energije.

Sunčeva energija, kao obnovljivi izvor energije, svakako ima potencijal svoju zastupljenost u proizvodnji energije realizirati na veću razinu. Jedan od načina je postavljanje fotonaponskih sustava i sustava za zagrijavanje PTV – a na obiteljskoj kući, a njihov način rada, tehničke karakteristike i materijali od kojih su izrađeni objašnjeni su u trećem poglavlju.

U četvrtom poglavlju izrađeni su proračuni za postavljanje male solarne elektrane od 10 kW, te proračuni sustava za zagrijavanje PTV – a na obiteljskoj kući. Iz proračuna se vide cijene investicija te povrat uloženog novca.

Važnost energetske učinkovitosti i zaključci do kojih se došlo razradom teme izneseni su u petom i šestom poglavlju.

2. PRIMARNI OBLICI ENERGIJE

Izvori energije ili energenti su sredstva koja služe za pretvorbu energije, odnosno koja su sama neki oblik energije, kao što su primjerice ugljen, prirodni plin, uran, električna energija, Sunce, vjetar...

Rastuća potražnja za energijom vitalan je čimbenik gospodarskoga razvoja i zato je ona jedan od problema koji čovječanstvo očekuje u budućnosti.

Energija je sposobnost obavljanja rada. U svemiru ne postoje tijela i sustavi koji ne posjeduju energiju. Značajno za energiju je to što ona ne može nestati već samo prelaziti iz jednog oblika u drugi oblik. Uz pojam energije se često koristi i pojam snage. To je veličina koja pokazuje koliko je energije pretvoreno u druge oblike, tj. koliko je rada obavljeno u određenom vremenu.

Energetski resursi su svi na zemlji dostupni izvori energije koji mogu biti:¹

- neobnovljivi ili iscrpivi i
- obnovljivi ili neiscrpivi.

Energetske rezerve su samo oni izvori energije koji se geološki mogu točno odrediti i koji se uz postojeće uvijete i stanje tehnike mogu učinkovito iskoristiti. Energetske rezerve obuhvaćaju postojeće, do sada otkrivene i većim dijelom već iskorištavane izvore, dok resursi obuhvaćaju sveukupne, na Zemlji raspoložive izvore.²

Energiju možemo podijeliti na primarne, transformirane i korisne oblike. Primarni oblici predstavljaju one oblike energije kakvi se susreću u prirodi. Oni se dijele na konvencionalne i nekonvencionalne izvore. U konvencionalne izvore spadaju ogrjevno drvo, ugljen, sirova nafta, prirodni plin, vodene snage, te nuklearna fisijska goriva. U nekonvencionalne izvore spadaju uljni škriljavac, bituminozni pijesak, tzv. nekonvencionalni plin i nafta, energija plime i oseke, energija vjetra te Sunčeva energija. Možemo uočiti da se u grupi nekonvencionalnih izvora nalaze i obnovljivi izvori energije poput energije Sunca, vjetra, plime i oseke, dok ogrjevno drvo i vodene snage, iako obnovljivi, pripadaju grupi konvencionalnih izvora energije (tablica 1).

¹ Sutlović, I. (2011.): „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1

² Kolundžić, S. (2014.): „Trendovi u energetici upućuju na traženje novih paradigmi“, Nafta, Vol. 65, No. 2, str. 128

Svakako je potrebno naglasiti još jednu uobičajenu podjelu primarnih oblika energije, a to je na neobnovljive i obnovljive izvore energije.

„Neobnovljive izvore predstavljaju oni izvori čije su zalihe u prirodi konačne, a to se prvenstveno odnosi na fosilna goriva i nuklearnu energiju.“³

U prošlosti se nije vodilo računa o ograničenosti zaliha neobnovljivih izvora energije. Zato su u novije vrijeme postali sve skuplji i sve ih je manje. Danas se takvim izvorima energije često dodjeljuje epitet nečistih i opasnih izvora. Ugljen je opasan za okoliš jer u atmosferu uz ugljikov dioksid ispušta i sumpor koji se spaja s vodenom parom i tvori sumpornu kiselinu, koja pada na tlo u obliku kiselih kiša. Iako nuklearne elektrane u vrijeme proizvodnje ne ispuštaju štetne tvari u okoliš, kao negativnu posljedicu treba navesti veliku radioaktivnost nuklearnog goriva nakon upotrebe. No unatoč tome, neobnovljivi izvori energije su temelj i prošle i suvremene energetike. Znatno su utjecali na tehnički razvoj svijeta. Osnovne prednosti ovakvih izvora energije su njihovo skladištenje i stabilan rad postrojenja koji proizvode energiju iz tih izvora. Na maloj površini se dobiva velika količina energije iz jednog izvora. Elektrani na plin je potrebno maksimalno 2 ha površine, dok vjetroelektrane trebaju 1 600 ha za istu proizvodnju energije. Potrebno je 20 000 km² površine solarnih fotonaponskih ćelija ukoliko bismo htjeli zamijeniti fosilna goriva.

„Za razliku od neobnovljivih, za obnovljive izvore karakteristična je promjenjiva proizvodnja energije jer su sami izvori takvi po svojoj prirodi, vjetar puše različitom brzinom, Sunce ne zrači istim intenzitetom itd.“⁴

Osnovna prednost obnovljivih izvora je to što se oni u kružnim ciklusima obnavljaju u prirodi, kao posljedica aktivnosti Sunca. Imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu. Danas zauzimaju značajno mjesto u svjetskoj energetici. Jedna od većih kritika upućenih obnovljivim izvorima energije je kako su nedovoljno učinkoviti, odnosno kako su potrebne velike površine za njihovo korištenje s obzirom koliko energije mogu proizvesti. Također mjesta instalacije mogu predstavljati opterećenje okoliša i oduzimanje prostora za drugu upotrebu. To se odnosi kod postrojenja za pretvorbu velikih snaga. Za solarnu energiju u ovom trenutku je više nego dovoljno prostora u samim urbanim područjima na krovovima i terasama, gdje je energija i potrebna te bi tako bili manji gubici.

³Sutlović, I. (2011.): „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 3.

⁴Sutlović, I. (2011.): „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 3.

Procjenjuje se da bi obnovljivi izvori energije mogli zadovoljiti današnje potrebe u stanogradnji. Iako je Sunčeva energija još uvijek ograničena, a postupci upotrebe su nedovoljno ispitani napredovanjem znanosti, tehnologije i tehnike, iskorištavanje i tih izvora će se usavršiti.

Tablica 1. Oblici primarne energije prema obnovljivosti i konvencionalnosti primjene

OBLIK PRIMARNE ENERGIJE	OBNOVLJIVOST		KONVENCIONALNOST	
	NEOBNOVLJIV	OBNOVLJIV	KONVENC.	NEKONV.
Ugljen	X		X	
Sirova nafta	X		X	
Prirodni plin	X		X	
Nuklearno fisijsko gorivo	X		X	
Ogrjevno drvo		X	X	
Vodene snage (velike HE)		X	X	
Vodene snage (male HE)		X		X
Vrući izvori (geotermalna energija)		X		X
Biomasa i otpad		X		X
Vjetar		X		X
Sunčeva energija		X		X
Toplina okoline		X		X
Plima i oseka		X		X
Morski valovi		X		X
Nuklearno fuzijsko gorivo*	X			X

Izvor: Kalea, M.: „Nekonvencionalni izvori energije – svemogući ili nemogući“, str.2.

U tablici 1 prikazani su primarni oblici energije koji se dijele prema obnovljivosti (obnovljivi i neobnovljivi) i konvencionalnosti (konvencionalni i nekonvencionalni).

*Još ni jedan uređaj nije napravljen koji bi na komercijalnoj bazi proizvodio energiju iz nuklearne fuzije za tržište.

2.1. Energetske pretvorbe primarnih oblika energije

Primarni oblici predstavljaju oblik energije kakav nalazimo u prirodi i koji ako govorimo o konvencionalnim izvorima u tom obliku mogu ostati pohranjeni ili neiskorišteni. S nekim vrstama nekonvencionalnih oblika, situacija je društva, jer na primjer energiju Sunca ili vjetra možemo osjetiti. Obnovljivi izvori energije u modernoj energetici zauzimaju značajan udio koji će se u budućnosti i dalje povećavati.⁵

„Da bismo iz tih primarnih oblika dobili tehnički iskoristive oblike energije moramo ih podvrgnuti transformacijama. Za svaki oblik primarne energije postoji odgovarajuća transformacija koja ovisi o tome koje je vrste energije pojedini oblik nositelj, ili jednostavno rečeno zašto nešto predstavlja izvor energije.“⁶

Fosilna goriva i drvo su nositelji kemijske energije jer posjeduju gorive elemente koji će kroz kemijsku reakciju dati drugi oblik energije.

Uran i torij su nositelji nuklearne energije koji će kroz reakciju fisije dati energiju.

Vodene snage, plima i oseka te valovi nositelji su potencijalne energije koji će se u odgovarajućim strojevima – turbinama pretvoriti u mehanički rad.

Primjerice Sunce je nositelj energije zračenja koja će se u solarnom kolektoru pretvoriti u toplinu ili u fotonaponskoj ćeliji u električnu energiju.

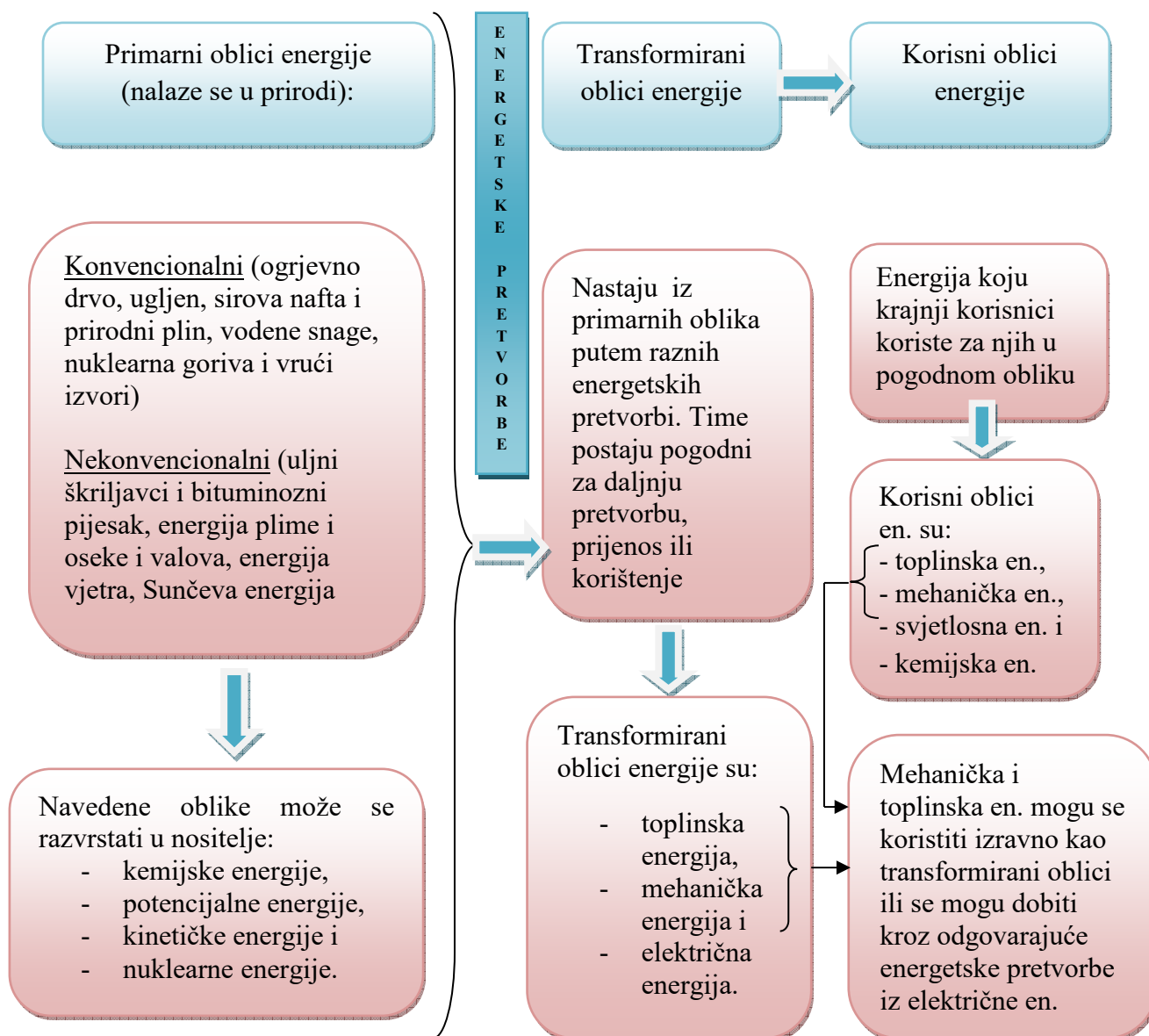
Vjetar je nositelj kinetičke en. koja će se u rotoru vjetroturbine pretvoriti u mehanički rad.

Iz ovoga vidimo da kroz odgovarajuće energetske pretvorbe, jedne ili više u nizu, iz primarnih oblika energije nastat će transformirani oblici energije kao što su primjerice: mehanička, toplinska i električna energija. To su oblici energije koji se mogu koristiti odmah ili su pogodni za transport na veće ili manje udaljenosti.

Korisni oblici energije su oni oblici koji su pogodni za korištenje krajnjim korisnicima. To su mehanička, toplinska, svjetlosna i kemijska energija.

⁵ Obnovljivi izvori energije, [online], Dostupno na: http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html [26.01.2016.]

⁶ Sutlović, I. (2011.): „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1.



Slika 1. Oblici energije

Izvor: Sutlović, I.: „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 2.

Na slici 1 prikazani primarni su oblici energije i smjerovi energetskih transformacija. Ovdje dolazimo do važne činjenice poznate iz fizike da su sve energetske pretvorbe popraćene energetskim gubicima uslijed nepovrativosti procesa.⁷

⁷Sutlović, I. (2011.): „Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 2.

2.2. Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije su oni izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili pak djelomično. Većina obnovljivih izvora energije potječe, direktno ili indirektno, od Sunca. Posebno su istaknuti:

- Sunčeva energija,
- energija vodotoka,
- energija vjetra,
- biogoriva,
- biomasa,
- bioplin,
- geotermalna energija,
- energija morskih mijena i
- energija morskih valova.

„Obnovljivi izvori energije su prošli dug put od omalovažavanja ili u boljem slučaju etiketiranja alternativnim epitetima do danas kada predstavljaju jednu od najbrže rastućih grana industrije.“⁸



Slika 2. Obnovljivi izvori energije

Izvor: <http://www.mingo.hr/public/galerije/oie.jpg> (11.03.2016.)

⁸ Šimleša, D. (2010.): „Uloga države u razvoju obnovljivih izvora energije“, Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol. 19, No. 2, str. 110

Iz perspektive zaštite okoliša i zaštite zdravlja građana, obnovljivi izvori energije su manje štetni za okoliš nego konvencionalni izvori, posebno u smislu ispuštanja stakleničkih plinova, krutih čestica, teških metala, plinova uzročnika kiselih kiša i plinova uzročnika prizemnog ozona. Takve onečišćujuće tvari i njihovi derivati dovode do uništavanja ekosustava, usjeva i šuma, a kod ljudi uzrokuju probleme dišnih organa te razne bolesti.⁹

Zaštita prirode područje je zaštite kojemu je zadaća očuvanje ugroženih ekoloških sustava, njihovih staništa i živog svijeta koji u njima živi. S druge strane, zaštita okoliša je pojam koji se uvriježio za ono strukovno područje zaštite kojemu je zadaća očuvanje čovjekova zdravog životnog okruženja.

U tom se području određuju granice raznih vrsta opterećenja, predlažu zakonski propisi, uvode mjere za održavanje potrebne kakvoće zraka, vode, tla, hrane, nadzire zbrinjavanje otpada, potiče primjena štedljivih, „ekoloških“ tehnologija, uporaba obnovljivih izvora energije (slika 3) itd. Zaštita prirode i zaštita okoliša usko su povezane. Prva je više biološke, a druga tehničke prirode.¹⁰



Slika 3. Prikaz solarnih panela i nuklearne elektrane

„Obnovljivi izvori energije sve se više nude kao jedno od najvažnijih rješenja u borbi protiv klimatskih promjena i energetske krize, a opet ih se često karakterizira kao tek pomoćne izvore energije koji mogu funkcionirati jedino kao nadomjestak konvencionalnim izvorima energije.“¹¹

⁹ Obnovljivi izvori energije, [online], Dostupno na:

http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html [26.01.2016.]

¹⁰Fanuko, N. (2005.): „Ekologija“, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, str. 13

¹¹ Šimleša, D. (2010.): „Uloga države u razvoju obnovljivih izvora energije“, Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol. 19, No. 2, str. 109

2.3. Ušteda i racionalna potrošnja energije

Svakim danom potrošnja energije biva sve većom. Razlog tome je povećanje broja ljudi na zemlji, a samim time i njihovih aktivnosti, kao što su primjerice gradnja stambenih zgrada, kuća, poslovnih objekata te opremanje istih brojnim uređajima koji troše sve više energije.¹²

„Racionalna potrošnja energije je skup smišljenih mjera i postupaka koje treba primijeniti pri potrošnji energije u stvarno potrebnim količinama za nesmetano obavljanje djelatnosti i uz normalne uvjete smanjivanjem gubitaka energije na realno moguće količine.“¹³

S obzirom da je potrošnja energije, kako je već spomenuto svakim danom sve veća, pri samom planiranju svake nove vrste iskorištavanja energije potrebno je poduzeti mjere o načinu potrošnje, a naročito o uštedi.

Uštedom i racionalnom potrošnjom energije postižu se dva temeljna cilja, a to su:¹⁴

- očuvanje prirodnih bogatstava (resursi) i
- zaštita okoliša.

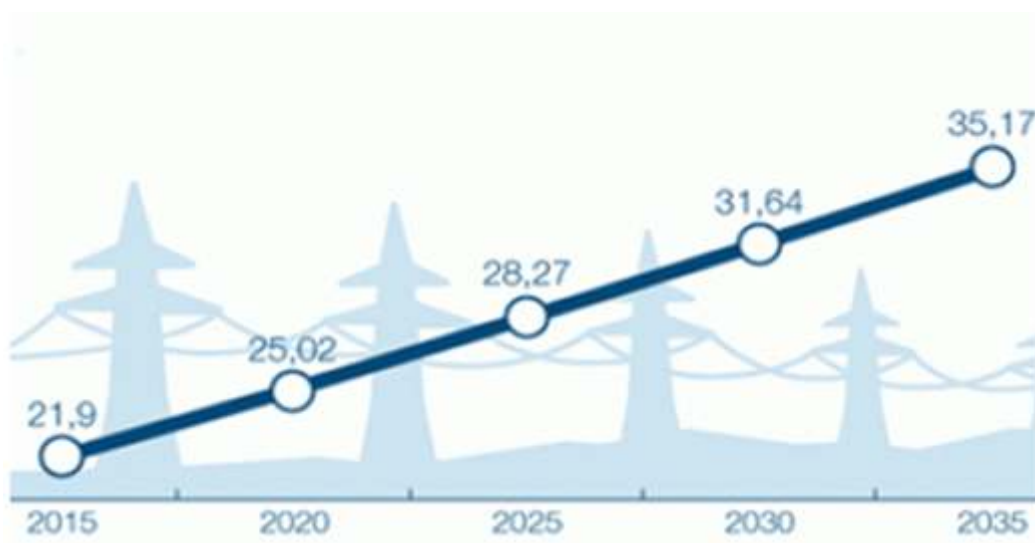
U Hrvatskoj se 85% ukupne potrošene energije pokriva korištenjem fosilnih goriva, a obnovljivi izvori energije zauzimaju 10%. Slično kao i u drugim zemljama zanemarivo je korištenje novih generacija obnovljivih izvora energije, pa u tom postotku većinu zauzimaju velike hidroelektrane (58,4%) te energija biomase (41,4%). Kućanstva u Hrvatskoj najviše troše energiju za toplinske namjere. Više od 70% potrošnje odnosi se na grijanje i hlađenje prostora te pripremu potrošne tople vode. Stoga je u tom području neophodno povećanje energetske učinkovitosti. Potrebno je ulagati u energetske učinkovite sustave poput solarnih kolektora za toplu vodu i fotonaponske ćelije za proizvodnju električne energije. Također treba obratiti pažnju na arhitektonsko – građevinske mjere za uštedu energije u kućama, a to su izolacije zidova, krovišta, podova, promjena prozora itd. U dogovoru s lokalnom ili regionalnom samoupravom moguće je ostvariti pravo na sufinanciranje takvih projekata.

¹² Zagorec, M., Josipović, D., Majer, J. (2008.): „Mjere uštede toplinske energije u zgradama“, Građevinar, Vol. 60, No. 05, str. 413

¹³ Cvitan, I., Fijala, M., Horžić, M., Paškalin, V. (1982.): „Štednja i racionalna potrošnja energije“, Savez energetičara Hrvatske, Društvo energetičara sisačko-banijske regije, Sisak, str. 7

¹⁴ Zagorec, M., Josipović, D., Majer, J. (2008.): „Mjere uštede toplinske energije u zgradama“, Građevinar, Vol. 60, No. 05, str. 414

Općenito, svijet je nezasitan u potrošnji električne energije. Predviđanja govore kako bi do 2035. godine mogao biti ostvaren dvostruki porast potrošnje (slika 4), a do 2050. nevjerojatnih 84%.



Slika 4. Predviđeni porast potrošnje energije

S obzirom na sadašnju potrošnju energije, posebno u ekonomski razvijenim društvima, nemamo niti jedan od obnovljivih izvora energije koji istu takvu rastrošnost i neracionalnu potrošnju može nadoknaditi i zamijeniti. Veliki je nesrazmjer između trenutne iskoristivosti obnovljivih izvora energije i nezasitnosti potreba društva. Rast iskoristivosti i učinkovitosti obnovljivih izvora energije išao je sporije od rasta energetske potrošnje, zato obnovljivi izvori stalno zaostaju za potrošnjom. Društvo se mora suočiti s potrebom smanjenja energetske potrošnje utemeljene na fosilnim gorivima. Naša civilizacija je energetska neodrživa i što se prije s tim suoči, povećavaju se šanse za održivu budućnost jer društvo koje najvažnije resurse koristi neodrživo mora propasti.

Najveći dio potrošnje odnosi se na industrijsku potrošnju. Cilj je koristeći današnju tehnologiju smanjiti potrošnju električne energije. Novi zakon Europske unije za učinkovitost ubrzat će donošenje mjera za uštedu, što bi moglo rezultirati s 135 milijuna uštedenih kWh do 2035. godine.¹⁵

¹⁵ [online], Dostupno na: <http://www.abb.com/product/ap/db0003db004052/ced766241e316af5c12578b00051d2d9.aspx/> [06.05.2016.]

3. UPOTREBA SOLARNE ENERGIJE

Kada govorimo o energiji, cilj je osigurati dovoljne količine jeftine energije i zaštititi okoliš. Upravo vezano uz navedeno dotičemo se tematike solarne energije. Potencijalno najveći izvor obnovljive energije je Sunce, odnosno užarena plinovita kugla čije zračenje dolazi na Zemlju.

„Više milijuna godina Sunce daje energiju koja je sastavni dio svih suvremenih oblika energije. Na Sunce se danas gleda kao na spasioca čovječanstva od posljedica povezanih s energetsom krizom i zagađenjem okoliša, a koje je čovjek sam sebi stvorio.“¹⁶

Solarna energija je tip sigurne energije koja je neprekidna te najmanje štetna za okoliš. Krenuvši od toga da je Sunce temelj života na zemlji i stalni pratilac ljudskog razvoja, dolazi se do spoznaje da je upravo ovaj izvor energije korišten od strane ljudi najprije instinktivno, a potom i svjesno.¹⁷

Uostalom, Sunce nam već daje toplinu i svjetlo, tako da ima smisla iskoristiti tu moć i stvoriti električnu energiju. To možemo učiniti preko fotonaponskih ćelija koji se najčešće postavljaju na krovovima kuća. Energija dobivena od sunčevih zraka može se pretvoriti u struju, ali se također može koristiti za zagrijavanje vode. Napredak tehnologije omogućuje nam da pohranimo energiju stvorenu na Suncu. Današnja tehnologija energiju Sunca primjenjuje u najrazličitijim oblicima, krenuvši od solarne vrtne rasvjete pa sve do automobila na solarni pogon. Sukladno tome važno je što je suvremeno društvo prepoznalo brojne pogodnosti upotrebe energije Sunca jer upravo ovaj oblik energije dovodi do smanjenja ovisnosti o fosilnim gorivima, poboljšanja kakvoće zraka te smanjenja emisija stakleničkih plinova.

Ukoliko pojam solarne energije vežemo uz graditeljstvo, energija Sunca upotrebljava se na dva načina i to aktivno te pasivno. Kada se govori o aktivnom korištenju Sunčevog zračenja podrazumijeva se njegovo izravno pretvaranje u toplinsku ili pak električnu energiju. Ovdje se pretvaranje vrši pomoću različitih uređaja, a neki od njih su solarni kolektori za stvaranje toplinske energije ili pak fotonaponske ćelije za stvaranje električne energije.

¹⁶ Čehajić, N. (2013.): „Pasivno korištenje Sunčeve energije u zgradarstvu – Trombov zid“, Tehnički glasnik, Vol. 7, No.4., str. 364

¹⁷ Koški, Ž., Zorić, G. (2010.): „Akumulacija Sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama“, e-GFOS, Vol. 1, No. 1, str. 81

Korištenje Sunčeve energije na pasivan način ne traži nikakve nove tehnologije. Sam sustav funkcionira na način da se pomoću dobro ukomponiranih tradicionalnih materijala za građenje, kao što su beton, kamen, staklo, drvo i metal, maksimalno iskoristi snaga vječnog izvora topline Sunca.¹⁸

3.1. Fotonaponske ćelije

Ključni dio fotonaponskih sustava je fotonaponska ćelija (*photovoltaic*, PV). To je poluvodički uređaj koji pretvara Sunčevu energiju izravno u električnu. Da bi dobili fotonaponski modul potrebno je povezati serijski ili paralelno više fotonaponskih ćelija radi postizanja puno veće izlazne snage u odnosu na snagu koju bi omogućila pojedina ćelija.

3.1.1. Povijest fotonaponskih ćelija

Razvoj fotonaponskih ćelija počinje 1839. godine istraživanjima francuskog fizičara Edmonda Becquerela. On je primijetio fotoelektrični efekt dok je eksperimentirao sa elektrodama u otopini elektrolita prilikom čega se stvorio napon kada su elektrode bile izložene svjetlu.

Tvorac prve solarne ćelije je Charles Fritts koji je 1883. godine poluvodič selen prekrrio izrazito tankim slojem zlata.

1918. godine poljski znanstvenik Jan Czochralski otkrio je način proizvodnje čistog silicija (Si), ali tek 1941. Russell Ohl patentirao je prvu solarnu (silicijevu) ćeliju, no njezina djelotvornost pretvorbe bila je ispod 1%.

Jedna od prvih modernih fotonaponskih ćelija proizvedena je u Bellovom laboratoriju 1954. godine.¹⁹ Skupina istraživača u Bell Laboratories u New Yorku (Daryl Chapin, Calvin Souther Fuller te Gerald Pearson) izradila je silicijevu solarnu ćeliju s djelotvornošću od 6% i to koristeći p-n spoj difundiranog silicija.²⁰

¹⁸ Koški, Ž., Zorić, G. (2010.): „Akumulacija Sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama“, e-GFOS, Vol. 1, No. 1, str. 81

¹⁹ Tsokos, K.A. (2008.): „*Physics for the IB Diploma*“, Fifth edition, Cambridge University Press, Cambridge

²⁰ Perlin, J. (2004.): „*The Silicon Solar Cell Turns 50*“, National Renewable Energy Laboratory

Kako je cijena prvih solarnih ćelija bila vrlo visoka, one svoju prvu komercijalnu primjenu 1958. godine nisu našle na Zemlji, nego u svemirskim istraživanjima na satelitima (slika 5). Tu je njihova cijena bila prihvatljiva, u odnosu na sve ostale visoke troškove. U početku je postojao skepticizam, no fotonaponske ćelije su se pokazale uspjehom, te su na taj način spašene od zaborava. Dakle, početkom 60-tih godina prošlog stoljeća počinje razvoj fotonaponske tehnologije, što je dovelo do komercijalne primjene kakvu danas poznajemo.



Slika 5. Svemirski satelit opremljen solarnih ćelijama

3.1.2. Materijali izrade fotonaponskih ćelija

Fotonaponske ćelije mogu biti izrađene od različitih tipova poluvodičkih materijala, koji mogu biti složeni u različite strukture s ciljem postizanja što bolje učinkovitosti pretvorbe.

Prema samom materijalu od kojeg se proizvode dijele se na:

- silicij (Si) – monokristalni, polikristalni i amforni silicij,
- polikristalni tankoslojni materijali – CIS (Bakar – Indij – Diselenid), CdTe (Kadmij – Teurid),
- monokristalni tankoslojni materijali GaAs (Galij – Arsenid) i
- *multijunction* strukture materijala – razne kombinacije poluvodičkih materijala

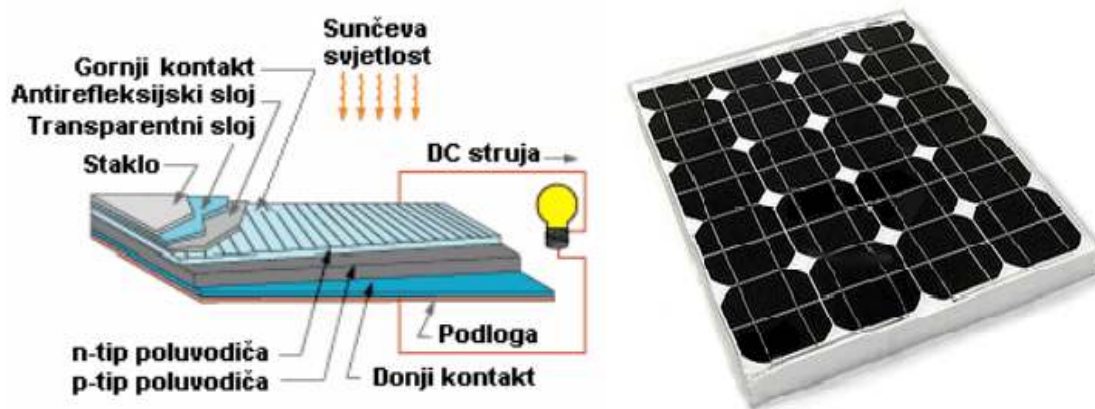
Silicij (Si), kao osnovni materijal za izradu solarnih ćelija dominira s udjelom od oko 98%, i to pretežito u tehnologiji kristalnog silicija. Uglavnom prevladava tehnologija

monokristalnog silicija čija je proizvodnja skuplja, no učinkovitost je veća. Nedostatak kristalnog silicija je svojstvo da je poluvodič s neizravnim zabranjenim pojasom, zbog čega su potrebne velike debljine aktivnog sloja kako bi se u najvećoj mjeri iskoristila energija sunčeva zračenja. Jedna od većih promjena kod ćelija je prelazak na polikristalni silicij. Navedeni materijal ima manju učinkovitost, ali je jeftiniji za masovnu proizvodnju.²¹

Ćelije iz silicija izvide se u više morfoloških oblika kao:

- monokristalne Si ćelije,
- polikristalne Si ćelije i
- amforne Si ćelije.

Monokristalne ćelije su tip ćelija koji može pretvoriti 1000 W/m^2 sunčevog zračenja u 140 W električne energije s površinom ćelija od 1 m^2 . Za proizvodnju navedenih ćelija potreban je apsolutno čisti poluvodički materijal. Monokristalni štapići se izvade iz rastaljenog silicija te se režu na tanke pločice. Dobivene pločice se prvo dopiraju kako bi dobili p – tip, odnosno n – tip poluvodiča, potom se presvlače antirefleksijskim sredstvom te im se dodaju električni kontakti. Ovakav način izrade omogućuje relativno visok stupanj iskoristivosti. Struktura monokristalne ćelije i krajnji izgled proizvoda prikazani su na slici 6.

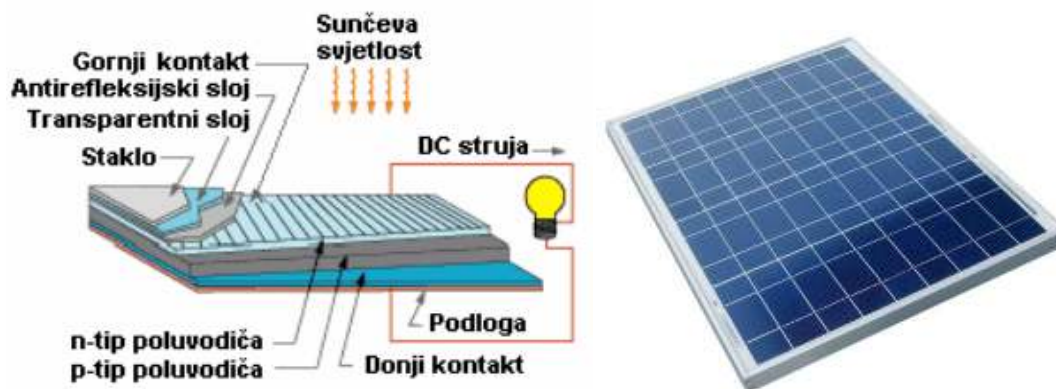


Slika 6. Struktura monokristalne Si ćelije i stvarni izgled

Polikristalne ćelije mogu pretvoriti 1000 W/m^2 sunčevog zračenja u 130 W električne energije s površinom ćelija od 1 m^2 . Polikristalni silicij moguće je proizvesti na više načina. Najraširenija metoda proizvodnje je da se tekući silicij ulijeva u kalupe koji se potom režu u ploče. Tijekom samog skrućivanja materijala stvaraju se kristalne strukture različitih veličina,

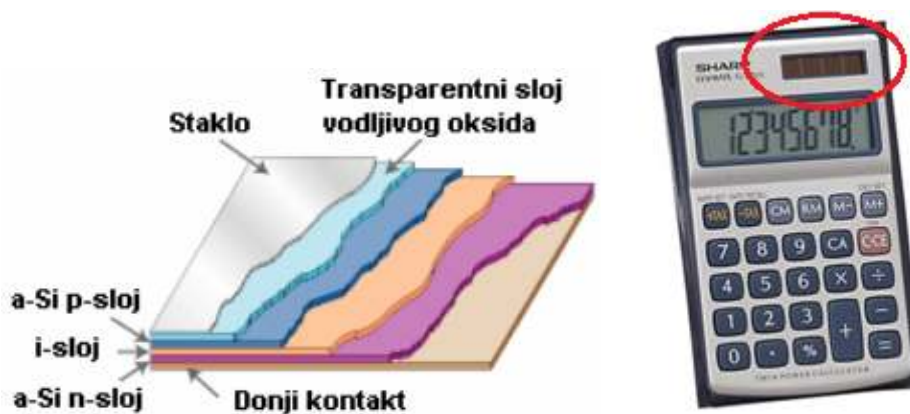
²¹ Perlin, J. (2002.): „From Space to Earth: The Story of Solar Electricity“, Hardward University Press, str. 54

a na njihovim granicama se pojavljuju greške te iz tog razloga sunčeva fotonaponska ćelija ima manji stupanj iskoristivosti. Presjek polikristalne ćelije je identičan presjeku monokristalne ćelije, jedina razlika je u obliku kao što je prikazano na slici 7.²²



Slika 7. Struktura polikristalne Si ćelije i stvarni izgled

Amorfne ćelije mogu pretvoriti 1000 W/m^2 sunčevog zračenja u 50 W električne energije s površinom ćelije od 1 m^2 . Ukoliko se tanki sloj silicija stavi na staklo ili neku drugu podlogu, navedeno se naziva amorfna ili tankoslojna ćelija. Troškovi proizvodnje su manji, a iskorištenost je također manja u odnosu na ostale tipove ćelija. Ovakve ćelije se upotrebljavaju na mjestima gdje je potrebna mala snaga, poput džepnih računala ili satova.



Slika 8. Struktura amforne Si ćelije te praktična primjena na džepnom kalkulatoru

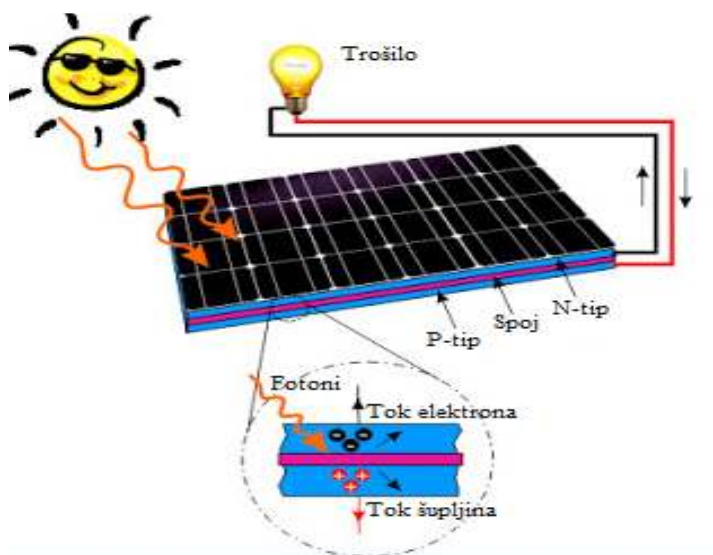
²² Dović, D. (2009.): „Energija sunčevog zračenja za grijanje“, Sunce kao izvor energije, Zagrebački savez klubova mladih tehničara

Polikristalni tankoslojni materijali – CIS (Bakar – Indij – Diselenid) kod ovakvih ćelija teorijska učinkovitost je oko 15%, a stvarna je puno manja. CdTe (Kadmij – Telurid) pogodan je za upotrebu u tankim fotonaponskim modulima zbog fizikalnih svojstava i jeftinih tehnologija izrade, ali zbog kadmijeve otrovnosti i sumnje na kancerogenost nije u širokoj upotrebi.

Monokristalni tankoslojni materijali – GaAs (Galij – Arsenid) je poluvodič napravljen od mješavine galija i arsena. Ovaj tip ćelije može pretvoriti 1000 W/m^2 sunčevog zračenja u 300 W električne energije sa površinom ćelija od 1 m^2 . Zbog visoke cijene koristi se u svemirskim programima.

Multijunction strukture materijala – Ovakvom strukturom ćelije postiže se visoka učinkovitost pretvorbe budući da se obuhvaća veći dio solarnog spektra. Pri „slaganju“ *multijunction* strukture ćelije se mogu spajati mehaničkim putem ili se prilikom proizvodnje polažu u slojevima i na kraju spajaju u kaskadnu strukturu. Ćelije sa takvom strukturom uglavnom su sačinjene od Galij – Arsenida.

3.1.3. Pretvorba sunčeva zračenja u električnu energiju



Slika 9. Fotonaponska ćelija kao izvor električne energije

PN – spoj je granica između dva različito dopirana sloja poluvodiča, jedan sloj je P – tipa (višak šupljina), a drugi N – tipa (višak elektrona). Na granici između P i N područja javlja se spontano električno polje, koje djeluje na generirane elektrone i šupljine i određuje

smjer struje. Da bi dobili električnu energiju fotoelektričnim efektom trebamo imati usmjereno gibanje fotoelektrona, odnosno struju. Sve nabijene čestice, a tako i fotoelektroni gibaju se usmjereno pod utjecajem električnog polja. Električno polje koje je ugrađeno u sam materijal nalazi se u poluvodičima i to u osiromašenom području PN – spoja. Za poluvodiče je naglašeno da uz slobodne elektrone u njima postoje i šupljine kao nosioci naboja koje su svojevrsan nusprodukt pri nastanku slobodnih elektrona. Šupljina nastaje svaki put kada od valentnog elektrona nastane slobodni elektron i taj proces naziva se generacija, dok se obrnuti proces, kada slobodni elektron popuni prazno mjesto – šupljinu, zove rekombinacija. Ako parovi elektron – šupljina nastanu daleko od osiromašenog područja moguće je da rekombiniraju, prije nego što ih razdvoji električno polje. Parovi koji nastanu uz osiromašeno područje ili u njemu bivaju privučeni, i to šupljine prema P – strani poluvodiča, te elektroni prema N – strani poluvodiča. Zbog toga se fotoelektroni i šupljine u poluvodičima, nagomilavaju na suprotnim krajevima i na taj način stvaraju elektromotornu silu. Ako na takav sustav spojimo trošilo, poteći će struja i dobiti ćemo električnu energiju (slika 9).

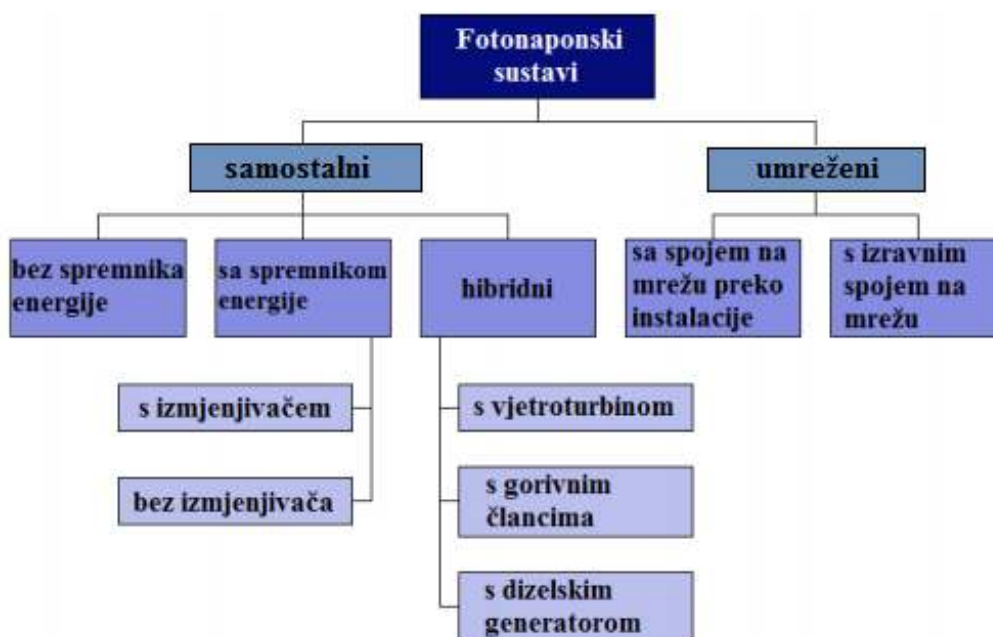
3.2. Fotonaponski sustavi

Solarni fotonaponski sustavi mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine: (slika 10)

- fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. *off – grid*), a često se nazivaju i samostalnim ili otočnim sustavima (engl. *stand – alone systems*) i
- fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (engl. *on – grid*).

Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu, odnosno samostalni ili otočni sustavi koriste se u ruralnim područjima gdje ne postoji električna mreža i pripadajuća infrastruktura.

Kod sustava priključenih na javnu mrežu korisnik može prodati cjelokupnu proizvedenu energiju lokalnom distributeru, isporukom preko brojila električne energije ili može koristiti električnu energiju proizvedenu iz sunčevih fotonaponskih modula za zadovoljavanje aktualnih potreba kućanstva i prodaju eventualnih viškova u električnu mrežu.



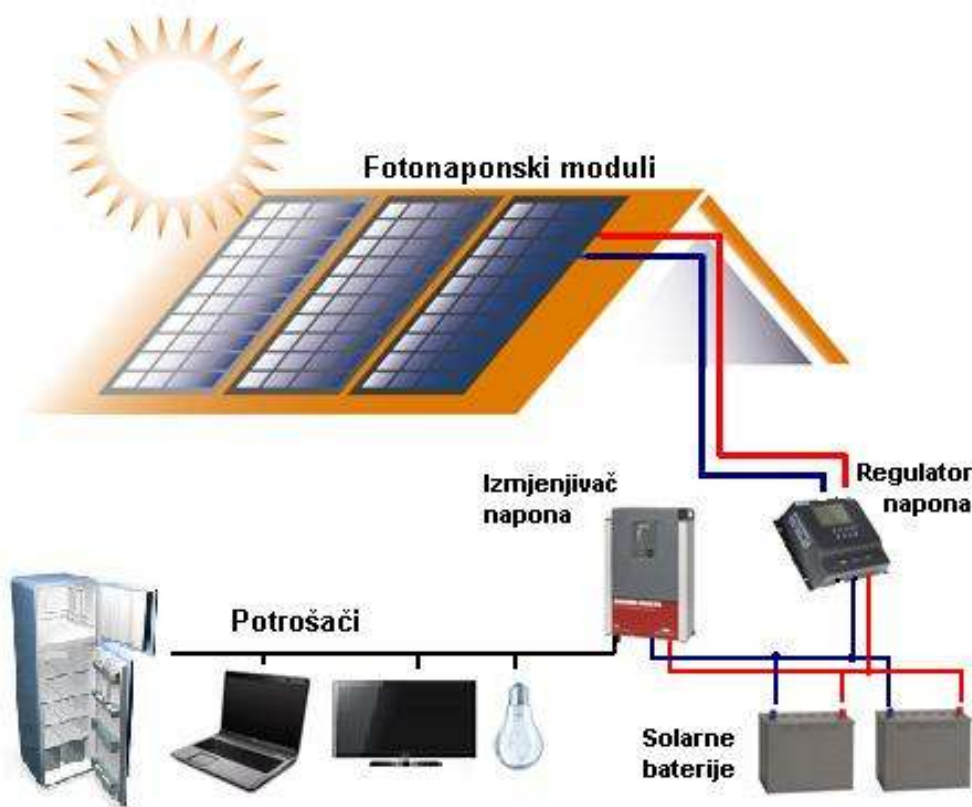
Slika 10. Fotonaponski sustavi

3.2.1. Samostalni sustavi ili otočni sustavi

Samostalni ili otočni fotonaponski sustavi (engl. *off-grid*) za svoj rad nemaju potrebu spajanja na električnu mrežu. Koriste se u ruralnim područjima gdje ne postoji električna mreža i pripadajuća infrastruktura (vikendice, kampovi, izolirani objekti na otocima ili planinama itd.). Mogu biti sa ili bez pohrane energije, a kada Sunčevo zračenje nije dostatno za proizvodnju električne energije može se koristiti neki pomoćni ili dodatni izvor napajanja kao npr. dizelski generatori, vjetroturbine i sl., a takvi se sustavi onda nazivaju hibridni. Ako trošila rade na izmjeničnu struju potrebni su dc/ac izmjenjivači.

Temeljne komponente samostalnog fotonaponskog sustava su:

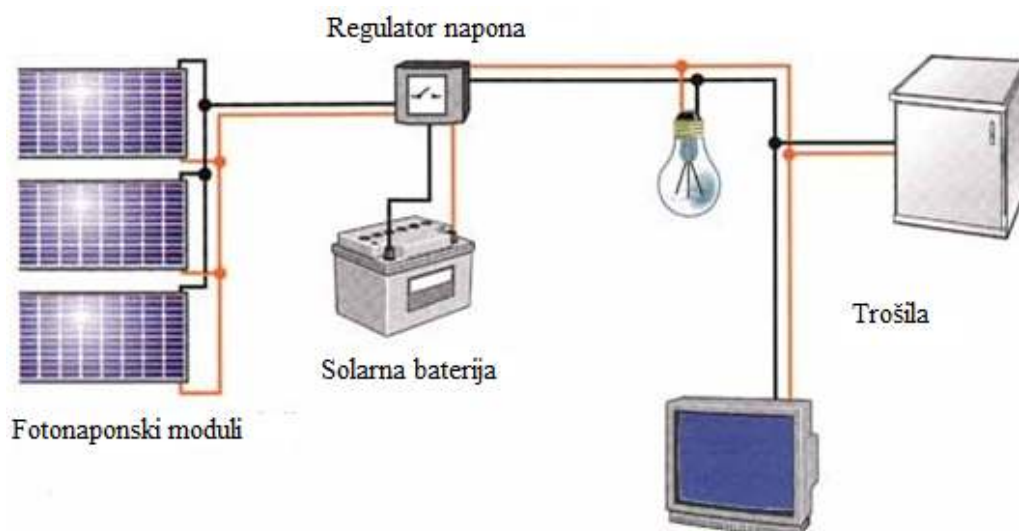
- fotonaponske ćelije,
- regulator napona,
- solarne baterije,
- izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju) i
- trošila.



Slika 11. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na izmjeničnu struju

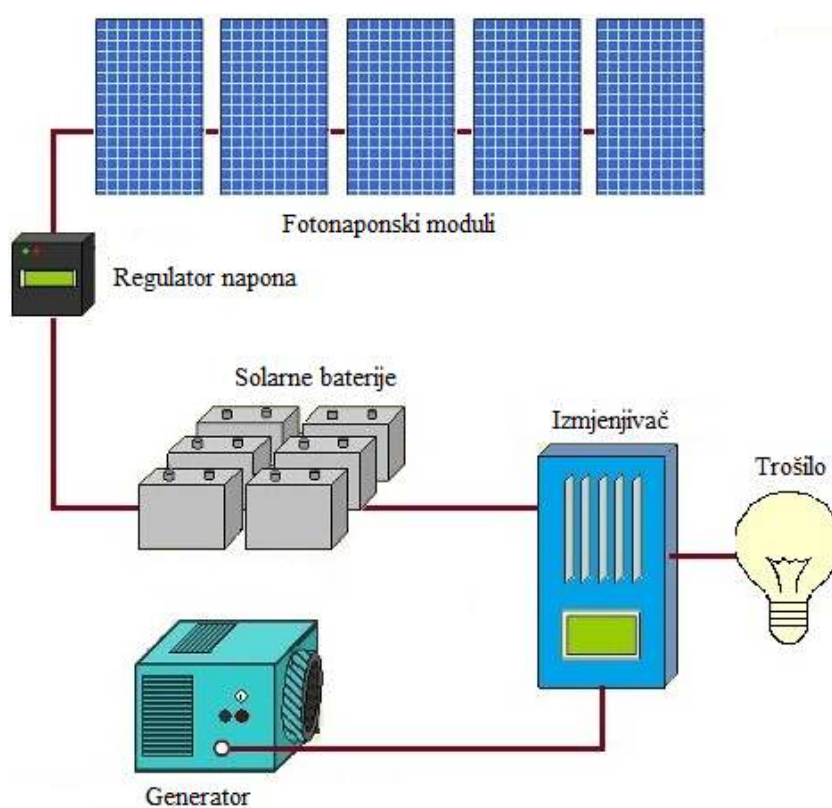
U fotonaponskoj ćeliji odvija se pretvorba energije sunčeva zračenja u električnu. Regulator napona se postavlja između fotonaponskih ćelija i baterija. Osnovni zadatak mu je da promjenjivi napon iz fotonaponskih ćelija pretvara u precizno kontrolirani napon kojim se pune i održavaju baterije. Istodobno regulator štiti baterije od prenapunjenosti i od dubokog pražnjenja. Solarne baterije spremaju neiskorištenu energiju koju fotonaponske ćelije proizvedu tijekom sunčanog vremena te služe kao izvor energije tokom noći i uslijed nepovoljnih vremenskih uvjeta. Fotonaponske ćelije zbog svojih električkih svojstava proizvode istosmjernu struju. Istosmjerni napon fotonaponskih modula ne odgovara većini današnjih trošila koje zahtijevaju izmjenični napon 230 V, uz frekvenciju 50 Hz. Da bi iz istosmjernog napona, odnosno struje dobili izmjeničnu mrežu konstantnog iznosa napona i konstantne frekvencije na kakvu smo naučili u našim domovima koriste se izmjenjivači (engl. *inverter*).²³

²³ Srpak, D., Stijačić, S., Šumiga, I. (2014.): „Izgradnja sunčane elektrane na studentskom restoranu u Varaždinu“; Tehnički glasnik, Vol. 8, No. 4, str. 433



Slika 12. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju

Izvor: <http://flamtron.hr/solar/images/solar/autonomni.jpg> (13.04.2016.)



Slika 13. Samostalni hibridni fotonaponski sustav s generatorom

Izvor: <http://pureenergycentre.com/wp-content/uploads/2013/09/Solar-off-grid-Pure-Energy-Centre.jpg> (13.04.2016.)

3.2.2. Mrežno spojeni kućni fotonaponski sustavi

Spajanje s mrežom može se napraviti na dva načina. Prvi način se gotovo ne primjenjuje u praksi jer se dobivena električna energija prvo koristi u objektu u kojem se nalazi, a višak se isporučuje u mrežu. Drugi način, zastupljen u EU i Hrvatskoj, je isporuka cjelokupne proizvedene električne energije preko brojila u mrežu (pogotovo ako postoji poticajna cijena električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora).



Slika 14. Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije

Izvor: http://www.optiterm.hr/slider/umrezeni_sustav.jpg (13.04.2016.)

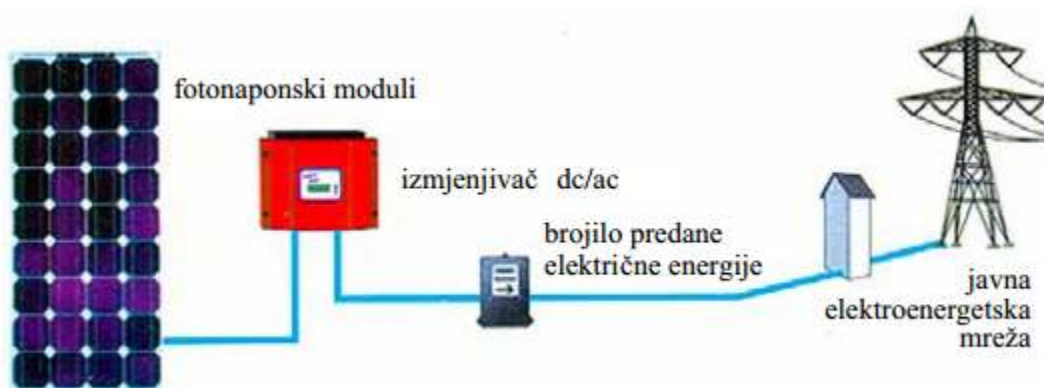
Temeljne komponente fotonaponskog sustava priključenog na javnu mrežu preko kućne instalacije su:

- A – fotonaponski moduli,
- B – izmjenjivač dc/ac,
- C – brojilo isporučene struje,
- D – brojilo preuzete struje i
- E – javna mreža.

Fotonaponski moduli pretvaraju sunčevu energiju u električnu istosmjernog oblika, a fotonaponski izmjenjivač koristi se za pretvorbu istosmjerne struje (dc) proizvedene u fotonaponskim modulima u izmjeničnu struju (ac) koja se nalazi u električnoj mreži i koja se koristi za pogon svih kućanskih električnih uređaja. Mrežni izmjenjivači moraju osigurati da će napon koji isporučuju biti u fazi s mrežnim naponom. Brojila električne energije registriraju proizvedenu energiju predanu u mrežu i potrošenu energiju preuzetu iz mreže.

Prednosti fotonaponskih sustava spojenih na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su:

- proizvodi se ekološki čista energija bez onečišćenja okoliša,
- pretvorba energije obavlja se u blizini mjesta potrošnje,
- nema gubitaka u prijenosu i distribuciji,
- troškovi održavanja postrojenja znatno su niži od održavanja centraliziranih proizvodnih objekata i
- jednostavna i brza instalacija te puštanje u pogon.



Slika 15. Fotonaponski sustavi izravno priključeni na javnu mrežu

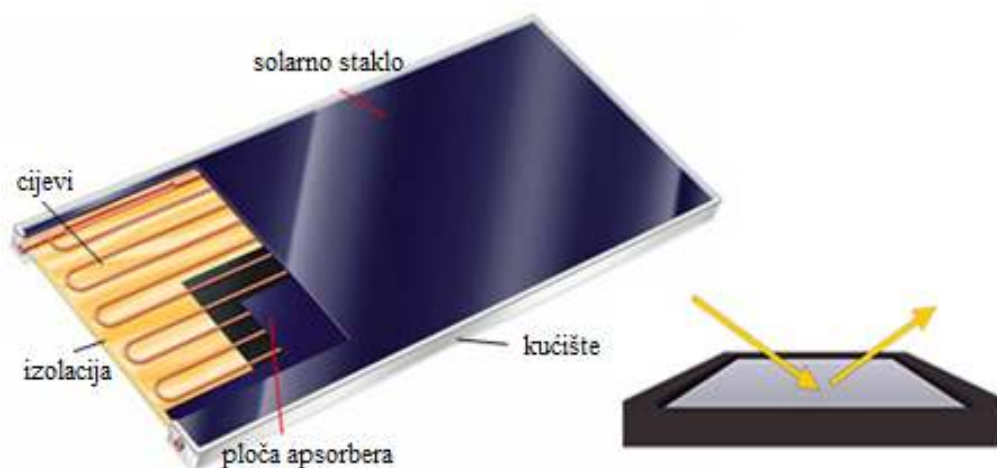
Izvor: Majdandžić Lj.: „Fotonaponski sustavi“, str. 23

Razvojem tržišta fotonaponske tehnologije, fotonaponski sustavi se počinju ugrađivati i na slobodnim površinama. Takvi sustavi izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu svu proizvedenu električnu energiju predaju u elektroenergetski sustav (slika 15). Za ove sustave je karakteristična veća snaga i uglavnom se instaliraju na većim površinama. Obično zahtijevaju od 30 – 40 m² površine za 1 kW snage, što je oko 3 – 4 puta više u odnosu na kristalne module instalirane na kosim krovovima.

3.3. Solarni kolektori

Osim pretvorbe sunčeve energije u električnu, moguća je pretvorba sunčeve energije u toplinsku. Solarni kolektor je direktni pretvarač sunčevog zračenja u toplinu. U 80% slučajeva solarni kolektori sudjeluju za zagrijavanje sanitarne vode. Također se mogu koristiti kao podrška sustavu grijanja bazena ili kao podrška centralnom grijanju u kombinaciji sa nekim konvencionalnim izvorom energije. Kada je sunčano vrijeme voda može biti grijana samo kolektorima, a ako je vrijeme oblačno, kolektori pomažu u grijanju vode i time smanjuju potrošnju struje ili nekog drugog izvora s kojim su spojeni.

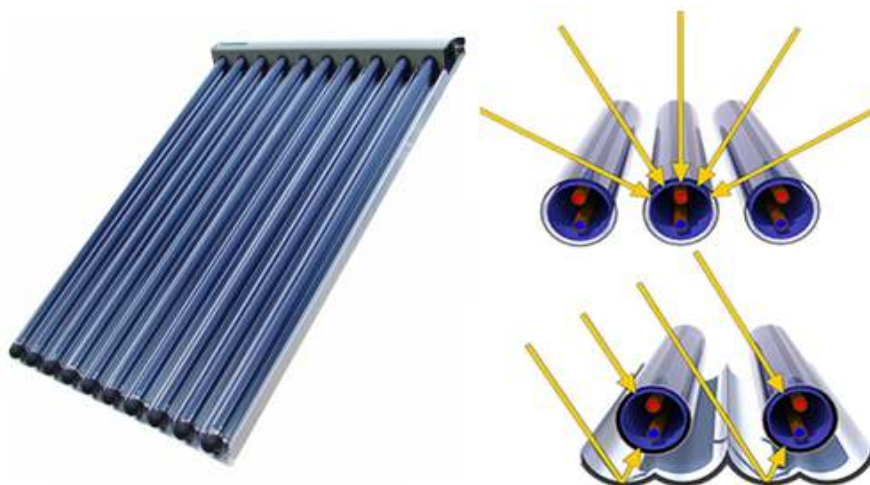
3.3.1. Pločasti kolektori



Slika 16. Solarni pločasti kolektor

Pločasti kolektor je osnovni dio sunčevog toplovodnog sustava. Izrađuje se od kvalitetnih materijala što mu omogućuje dugi vijek eksploatacije u svim vremenskim uvjetima. Konstrukcijski je napravljen kao ravna ploča, te se uglavnom koristi za zagrijavanje potrošne tople vode. Kućište kolektora izrađeno je od aluminija. Registar cijevi je pričvršćen za apsorbersku ploču koja je premazana visokoučinskim selektivnim premazom čime postiže efekt termičke ploče. Solarno staklo debljine cca. 4 mm je zabrtvljeno pomoću gumenog obruča. Apsorberska ploča sa registrom cijevi leži na cca. 50 mm debelom sloju izolacije od kamene vune. Kolektori se najčešće montiraju na krov pomoću jednostavnih metalnih nosača. Da bi sakupili najviše sunčevog zračenja kolektor treba okrenuti prema jugu pod kutom od 45°.

3.3.2. Vakumski kolektori



Slika 17. Solarni vakumski kolektor

Vakumski kolektori imaju odličnu toplinsku izolaciju te su funkcionalni čak i kod nepovoljnih vremenskih uvjeta. Cijevi kolektora su vakumirane čime se sprječava gubitak energije, a ispod cijevi su postavljena reflektirajuća parabolna ogledala koja usmjeravaju zračenje na cijelu površinu apsorbera čime se povećava učinkovitost kolektora. U odnosu na pločaste kolektore kvalitetnije apsorbiraju sunčevo zračenje te su učinkovitiji preko 35%. Vakumski kolektori su znatno skuplji od pločastih, pa je jedini optimalan izbor pločasti kolektor za područje Jugoistočne Europe, koje ima relativno toplu klimu.

3.4. Solarni sustavi za pripremu potrošne tople vode

Solarni sustavi za pripremu potrošne tople vode mogu biti otvoreni i zatvoreni. Kod otvorenih sustava voda koja se zagrijava direktno prolazi kroz kolektor na krovu, a kod zatvorenih sustava kolektori su popunjeni solarnom tekućinom koja se ne smrzava npr. glikol i mogu se koristiti kod vanjskih temperatura ispod 0 °C.

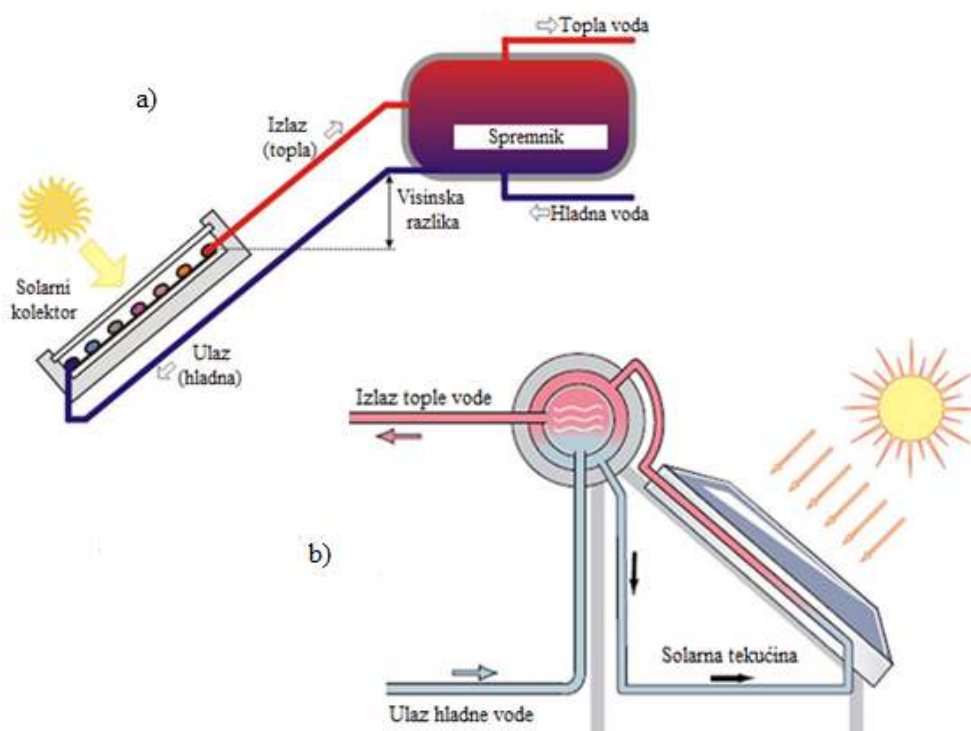
3.4.1. Termosifonski sustavi

Najjednostavniji solarni toplinski sustav je tzv. termosifonski sustav. Rade na principu pasivnog sistema bez pumpi ili drugih pokretnih dijelova. Za rad termosifonskog sustava nije

potreban dodatni izvor energije što ga čini vrlo dobrim rješenjem na mjestima gdje je dostupna opskrba vodom, ali ne i pristup elektroenergetskoj mreži.

Postoje dva tipa solarnog termosifonskog sistema:

- otvoreni ili direktni sistem (a) i
- zatvoreni ili indirektni sistem (b).



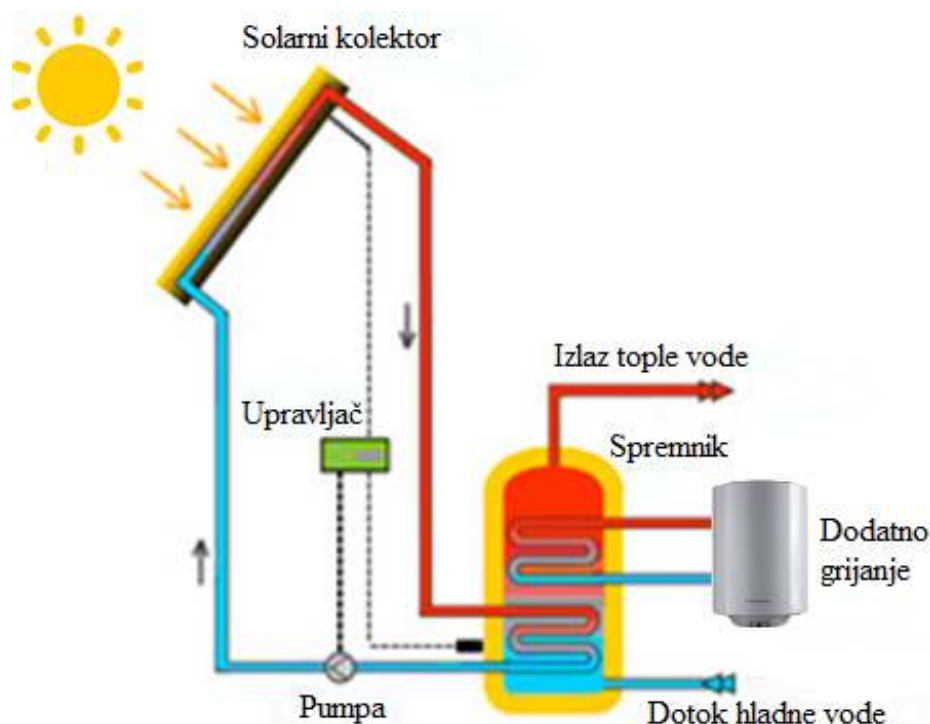
Slika 18. Otvoreni i zatvoreni termosifonski sistemi

Izvor: <http://moj-dom.me/wp-content/uploads/2012/11/248.jpg> (17.04.2016.)

Kod otvorenog ili direktnog sistema (slika 18 a) teža hladna voda se iz spremnika spušta do solarnog kolektora, gdje se postepeno grije, uslijed čega joj se smanjuje gustoća te postaje lakša polako se podižući prema gore, dok istovremeno na njeno mjesto dolazi hladna voda iz spremnika. Zbog razlike u gustoći, najtoplija voda se nalazi na vrhu, dok se najhladnija voda nalazi na dnu. U slučaju zatvorenog sistema (slika 18 b), jedina razlika je u tome što se u solarnom krugu nalazi solarna tekućina, koja se zagrijana u kolektoru diže do spremnika, gdje preko izmjenjivača predaje toplinu vodi, pri čemu se hladi i ponovno vraća u kolektor. Kao solarna tekućina koristi se glikol, koji je otporan na smrzavanje, te kod zatvorenih sistema nema rizika od nakupljanja kamenca ili koroziije u kolektoru. Zatvoreni sistemi su skuplji, prvenstveno zbog kompliciranije izvedbe spremnika s izmjenjivačem.

3.4.2. Kolektorski sustavi s prisilnom cirkulacijom

Solarni sustav s prisilnom cirkulacijom je sustav u kome se cirkulacija vrši prisilno pomoću pumpe. Sastoji se od četiri glavne komponente: vakumskih ili pločastih kolektora, automatske regulacije, solarne stanice (ekspanzijska posuda, cirkulacijska pumpa) i solarnog spremnika.



Slika 19. Solarno zagrijavanje vode uz podršku dodatnog grijača

Izvor: <http://www.eoling.net/Portals/0/Images/solarni-kolektor.jpg> (16.04.2016.)

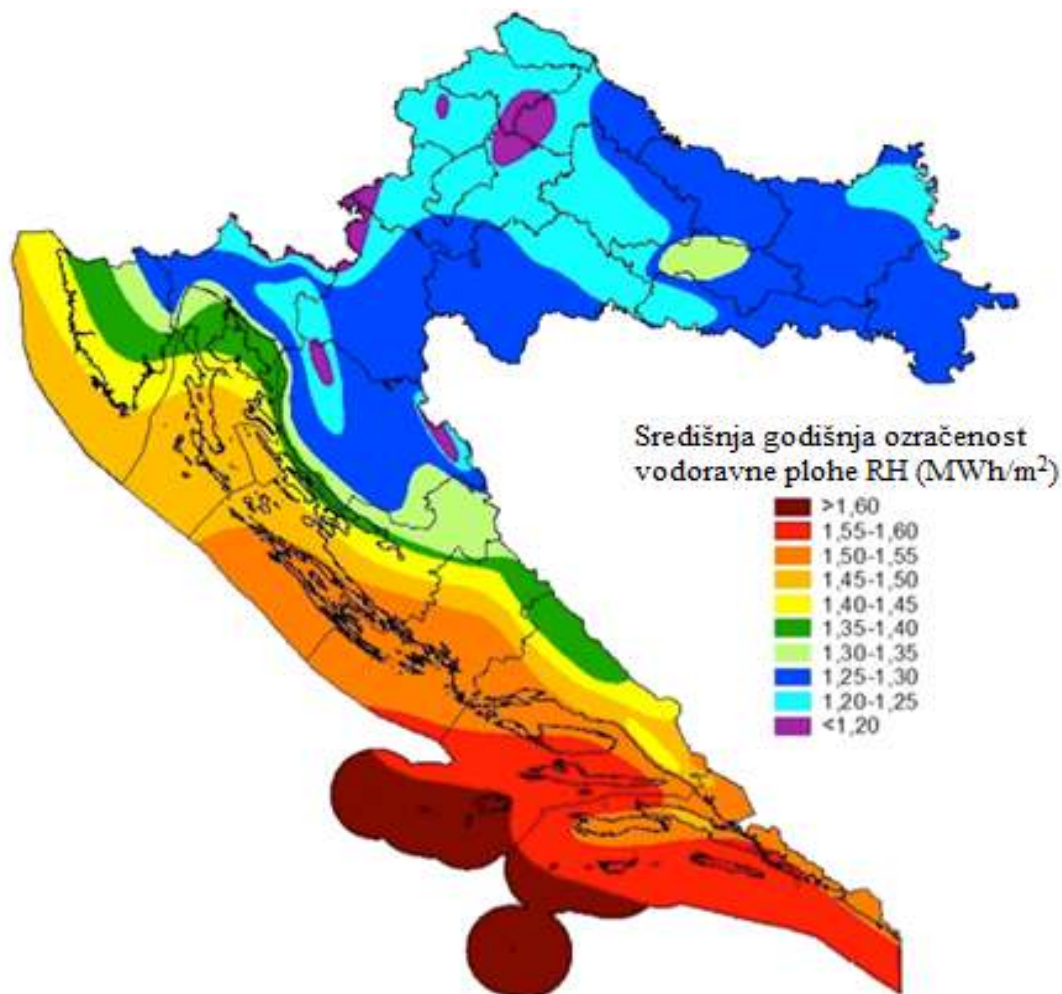
Princip rada solarnog sustava prikazanog na slici 19 je vrlo jednostavan. Solarni kolektori montiraju se na krov kuće, broj solarnih kolektora se proračunom prije određuje. Zagrijanu solarnu tekućinu u kolektorima pumpa potiskuje kroz cjevovod do spremnika tople vode koji preko svog izmjenjivača zagrijava sanitarnu vodu. Pumpa se uključuje kada je temperatura u kolektoru veća od one u donjem dijelu spremnika. Razlika temperature se utvrđuje pomoću temperaturnog osjetnika na kolektoru i u solarnom spremniku. Spremnici su najčešće izvedeni kao bivalentni, odnosno sa dva izmjenjivača. Jedan služi za zagrijavanje vode solarnim kolektorima, a drugi za zagrijavanje nekim drugim izvorom topline koji se koristi kad energija dobivena solarnim putem nije dovoljna za cjelokupno zagrijavanje vode. Ekspanzijska posuda služi za preuzimanje volumnih rastezanja solarne tekućine pri promjenama temperature, dimenzionira se prema najvišoj temperaturi koja može nastati u sustavu. Da bi to sve

besprijeckorno funkcioniralo potrebno je imati pripadajuću automatsku regulaciju koja vodi računa o sigurnom pogonu cijelog sustava.

Potrebe potrošača i karakteristike objekta direktno utječu na sastav sustava. Sustav je optimalno dimenzioniran ako je godišnji udio iskorištene Sunčeve energije u ukupno potrebnoj energiji za pripremu tople potrošne vode kod manjih solarnih sustava 55 – 60%. Nije potrebno praviti veliki sustav za obiteljsku kuću jer bi bio predimenzioniran (naročito ljeti), tj. bio bi nesrazmjern odnos investicijskih troškova i energetske dobitaka. Određivanje spremnika na osnovu potrošnje vode prvi je korak u dimenzioniranju solarnog sustava. Prosjek potrošnje tople vode u kućanstvu iznosi 50 litara po osobi dnevno, stoga je potrebno uzeti u obzir broj osoba koje borave u kućanstvu. U drugom koraku na osnovu veličine spremnika određuje se potreban broj kolektora. Također broj kolektora ovisi od pozicije objekta, nagiba krova, kvalitete i karakteristika samog solarnog kolektora. Tako da spremnik od 300 litara može zagrijati sustav od 4 – 6 m² solarnih kolektora.

4. EKONOMSKA ANALIZA

Vrijeme energetske amortizacije je ovisno o lokaciji na kojima se sustav nalazi, pa je tako na lokacijama s velikim količinama dozračene sunčeve energije ono puno kraće od svog životnog vijeka. U odnosu na jug Istre, amortizacija recimo u gradu Zagrebu je za oko 20 % duža, a južnoj Dalmaciji je 10 do 15 % kraća u odnosu Istru, što odgovara intenzitetu sunčevog zračenja - karta osunčanosti, slika 19.



Slika 20. Vrijednosti srednje godišnje ozračenosti za područje RH

Izvor: Majdandžić, Lj., „Fotonaponski sustavi“ priručnik str. 43

Kada je riječ o korištenju Sunčeve energije, Republika Hrvatska ima ogroman potencijal u dozračenosti Sunčevoj energiji, odnosno u broju sunčanih dana te s velikom pouzdanošću možemo primijeniti sve tehnologije za pretvorbu energije Sunčeva zračenja u toplinsku i električnu.

4.1. Proračun za postavljanje male solarne elektrane od 10 kW

Proračunom ću prikazati koliko će godišnje dati električne energije fotonaponski sustav nazivne snage 10 kW instaliran u Puli, ako su na krovu postavljeni fotonaponski moduli pod kutom od 30° i azimutom 0° . Površina fotonaponskih modula je 80 m^2 , a stupanj djelovanja modula je $\eta_m = 0,13$. Omjer učinkovitosti PR kreće se između 70 % i 85 % ovisno o kvaliteti sustava. U ovom slučaju ću uzeti da PR iznosi 80 %.

- Omjer učinkovitosti PR:

$$PR = E_{st} / E_{FN}$$

gdje je:

E_{st} – stvarno dobivena energija iz fotonaponskog sustava, kWh

E_{FN} – dobivena energija iz fotonaponskih modula, kWh

- Dobivena energija iz fotonaponskih modula:

$$E_{FN} = E_Z \cdot \eta_m \cdot A_m \text{ kWh}$$

gdje je:

E_Z – upadna energija sunčeva zračenja na module, kWh/m²

η_m – stupanj djelovanja modula

A_m – površina modula, m²

Grubo možemo uzeti upadnu energiju sunčeva zračenja E_Z sa karte srednje godišnje ozračenosti vodoravne plohe u Republici Hrvatskoj prikazane na slici 19.

$$E_{FN} = E_Z \cdot \eta_m \cdot A_m$$

$$E_{FN} = 1\,580 \cdot 0,13 \cdot 80$$

$$E_{FN} = 16\,432 \text{ kWh}$$

$$E_{st} = E_{FN} \cdot PR$$

$$E_{st} = 16\,432 \cdot 80\%$$

$$E_{st} = 13\,146 \text{ kWh}$$

Povrat investicije u fotonaponski sustav instaliran u Puli

Cijena sustava se kreće od 3,5 – 5 € po W instalirane snage. Ako pretvorimo u kune iznosi 26,25 – 37,5 kn po W instalirane snage.

Za sustav od 30 kn po W instalirane snage, procjena investicije je:

$$1 \text{ W} = 30 \text{ kn};$$

$$10 \text{ kW} = 300\,000 \text{ kn}$$

Poticajna cijena otkupa električne energije iz fotonaponskog sustava uz korištenje tople vode za elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW u 2016. godini iznosi 3,16 kn.

Godišnja naknada za isporučenu električnu energiju u elektroenergetsku mrežu:

$$13\,146 \text{ kWh/god.} \cdot 3,16 \text{ kn/kWh}^* = 41\,542 \text{ kn/god.}$$

Vrijeme otplate fotonaponskog sustava:

$$300\,000 \text{ kn} / 41\,542 \text{ kn/god.} = 7,3 \text{ godina}$$

Ovo vrijeme otplate vrijedi u slučaju da su uložena vlastita financijska sredstva, a ako su sredstva dobivena od banke, vrijeme otplate fotonaponskog sustava u tom slučaju se produžuje ovisno o dogovorenim kamatama.

*Ugovor o otkupu električne energije po poticajnoj cijeni sklapa se na razdoblje od 14 godina. Tako će u ostalom periodu od 6,4 godine biti ostvarena dobit od:

$$41\,542 \text{ kn/god.} \cdot 6,4 \text{ god.} = 265\,869 \text{ kn}$$

Nakon 14 godina, investitor i dalje prodaje proizvedenu električnu energiju, ali po znatno nižoj cijeni od 1,1 kn/kWh. Životni vijek fotonaponskog sustava je duži od 25 godina. Recimo da proizvodimo električnu energiju narednih 14 godina ostvarit ćemo dobit od:

$$13\,146 \text{ kWh/god.} \cdot 1,1 \text{ kn/kWh} = 14\,460 \text{ kn/god.}$$

$$14\,460 \text{ kn/god.} \cdot 14 \text{ god.} = 202\,440 \text{ kn}$$

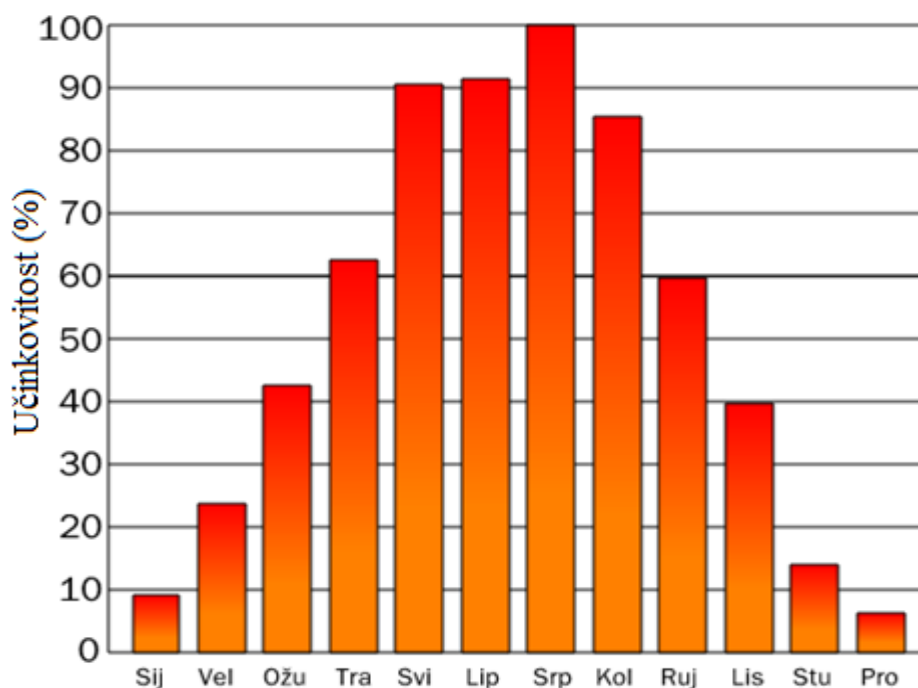
Proizvodnja iz godine u godinu pada za 0,75 % zbog starosti fotonaponskih modula i, drugo, na ostvarenu dobit se mora državi platiti porez. Naime, prodajom struje mogu se baviti samo obrti, tvrtke ili fizičke osobe upisane u registar poreznih obveznika.

U cijenu sustava uz fotonaponske ćelije, prednaponsku zaštitu, noseću konstrukciju i montažu trebala bi biti uključena: projektna dokumentacija, troškovnik, takse i pristojbe koje idu državi, priključak HEP-a (samo on košta 12 000 kuna bez PDV-a), papirologija za Ministarstvo gospodarstava, Hrvatsku energetska regulatornu agenciju (HERA) i za Hrvatskog operatora tržišta energije (HROTE).

4.2. Proračun solarnog sustava za zagrijavanje PTV – a za obiteljsku kuću

U ovom primjeru uzima se uobičajena dnevna potrošnja od 50 litara po osobi dnevno. Za peteročlanu obitelj u Puli, dakle 5 x 50 litara/osobi, potreban je spremnik od 300 litara. Električni grijač u spremniku je postavljen kao dodatni izvor energije za dogrijavanje vode. Solarni sustav se sastoji od dva pločasta kolektora bruto površine 2,31 m², ukupno 4,62 m².

Grafikon 1. Učinkovitosti solarnih kolektora



Ovaj grafikon pokazuje učinkovitost solarnih pločastih kolektora u Puli tijekom godine. Solarni sustav je optimiziran da pokriva 100% potreba za potrošnom toplom vodom u srpnju. To znači da za pripremu tople vode nije potreban dodatni izvor energije. Prosječna ušteda tijekom cijele godine procijenjena je na 60 %, a u ljetnim mjesecima 94 %.

Povrat investicije u sustav za pripremu potrošne tople vode instaliran u Puli

Cijena investicije solarnog sustava iznosi 30 000 kuna. Solarni sustav se sastoji od solarnih pločastih kolektora, solarnog spremnika, automatske regulacije, solarne pumpe, ekspanzijske posude, elemenata armature i izoliranih cijevi te ostalih potrebnih komponenti. U cijenu je također uračunata montaža sustava i PDV (tablica 3.)

Tablica 2. Cijene sustava za grijanje PTV – a

OPREMA	CIJENA
Pločasti kolektori 2 kom., efektivne površine 2,05m ² s premazom: apsorpcija 95%, emisija 5%	7 300 kn
Spremnik 300 litara	7 200 kn
Automatska regulacija	2 200 kn
Set s pumpom	2 800 kn
Set ulazne vode	3 000 kn
Regulacija izlazne temperature vode	1 000 kn
Montaža	4 800 kn
Cijevi	1 700 kn
Ukupno	30 000 kn

Na krovu su postavljeni solarni kolektori pod kutom od 30° i azimutom 0°. Takav solarni sustav instaliran u Puli uštedi 800 kWh godišnje po 1 m². Za navedeni primjer godišnja ušteda iznosi:

$$800 \text{ kWh/god.} \cdot 4,62 \text{ m}^2 = 3\,680 \text{ kWh/god.}$$

Tablica 3. Uštede sustava za zagrijavanje PTV – a u životnom vijeku

	PULA
Godišnje uštede	3 680 kWh 3 533 kn
Uštede na zakupljenoj snazi	300 kn
Investicija	30 000 kn
Rok povrata investicije	8,5 godina
Životni vijek	25 godina
Uštede u životnom vijeku	88 325 kn

4.3. Primjer projekta izgrađenog na obiteljskoj kući u Španskom – Zagreb

Solarni krov Špansko je prva fotonaponska elektrana priključena na elektroenergetsku mrežu u Hrvatskoj, a koja se kao takva našla i u sustavu poticanja prema pravilniku OIEKPP, te zaslužila titulu povlaštenog proizvođača električne energije. Originalan i jedinstven projekt u Republici Hrvatskoj na kojem se sustavno provode mjerenja i na temelju kojih se mogu izvući zaključci da se korištenjem sunčeve energije, kao jednog od obnovljivih izvora energije, mogu osigurati diverzifikacija energenata i izvora, sigurna dobava i opskrba energijom te zaštita okoliša kao temeljne odrednice energetske politike u Europskoj uniji.



Slika 21. Projekt fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora na kući u Španskom

Izvor: http://www.gold-nekretnine.com/upload/story/12042010-3a-1_1.jpg (21.04.2016.)

Na južnom dijelu krova kuće, u naselju Špansko u Zagrebu, pod kutom 30° i azimutom 0° postavljeni su solarni fotonaponski moduli, snage 9,59 kW za dobivanje električne energije i 10 m^2 pločastih kolektora za pripremu potrošne tople vode. Ovaj je solarni fotonaponski sustav, kao Pilot postrojenje, pušteno u probni pogon 4. srpnja 2003. godine sa snagom 7,14 kW, a koncem 2008. godine nadograđen sa snagom od 2,45 kW.

Fotonaponski sustav prikazan na slici 20. se sastoji od 56 modula postavljenih na krov kuće u četiri reda. U svakom redu se nalazi po 14 modula. Nazivna snaga svakog modula u prva tri reda iznosi 170 W, a u zadnjem redu snaga svakog modula iznosi 175 W. Karakteristike ugrađenih modula prikazane su u tablici 2.

Tablica 4. Karakteristike ugrađenih modula prikazanih na slici 20

Moduli BP Solar, SAD		BP 5170S	BP 4175S	-
Max. snaga	$P_{\max}$	170	175	W
Napon pri max. snazi	U_{mp}	36,0	35,4	V
Struja pri max. Snazi	I_{mp}	4,72	4,9	A
Struja kratkog spoja	I_{sc}	5,0	5,5	A
Napon otvorenog kruga	U_{oc}	44,2	44,3	V
Max. napon sustava	-	600	600	V
Dimenzije 1593 x 790 x 50	-	-	-	mm
Težina	-	15,4	15,4	kg
Broj modula	-	42	14	kom.

Izvor: <http://oie.mingo.hr/UserDocsImages/SE%20Solarni%20krov%20Spansko-Zagreb.pdf>
(21.04.2016.)

Solarni pločasti kolektori površine 10 m², prikazani na slici 20. pretvaraju energiju sunčeva zračenja u toplinsku energiju. Korisna toplina predaje se radnom mediju koji struji kroz sustav i tako je odvodi do dobro izoliranog kombiniranog spremnika od 750 litara koji pohranjuje toplinsku energiju za grijanje i pripremu potrošne tople vode. Sustav zadovoljava oko 75 % za pripremu potrošne tople vode i oko 25 % za grijanje prostora. Kada kolektori ne proizvode dovoljno toplinske energije kao dodatni izvor energije u sustavu grijanja i potrošnje tople vode koristi se plin. Važno je spomenuti da su na kući poduzete i građevinske mjere, postavljena je vanjska izolacija kamenom vunom debljine 20 cm te su zamijenjeni vanjski prozori koji imaju četiri sloja stakla.

5. VAŽNOST ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Energetska učinkovitost nije štednja energije. Štednja podrazumijeva određena odricanja, dok učinkovita uporaba energije ne narušava uvjete rada i življenja. Energetska učinkovitost zapravo znači zadržavanje toplinske ugodnosti, unutarnjih klimatskih uvjeta, razine rasvjete i slično, uz korištenje manje količine energije. Podrazumijeva poticanje primjene energetske isplativih i učinkovitih tehnologija, kao i materijala i usluga, smanjenje emisija stakleničkih plinova, podizanje svijesti građana o učinkovitoj potrošnje energije i u krajnjoj liniji uštedu novca.



Slika 22. Energetska učinkovitost

Izvor: <http://www.dooleygroup.ie/Content/main-photo-3.jpg> (05.05.2016.)

„Područje energetske učinkovitosti prepoznato je u EU kao područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije, čime direktno utječemo na obveze iz Kyoto protokola i smanjenje emisije štetnih plinova u okoliš.“²⁴

Energetska učinkovitost danas je u svijetu prepoznata kao najjeftiniji i najbrži način postizanja ciljeva održivog razvoja. Poboljšanja energetske učinkovitosti doprinose smanjenju štetnih emisija u okoliš, većoj industrijskoj konkurentnosti, otvaranju novih radnih mjesta i povećanju sigurnosti opskrbe energijom. Nimalo nije manje važna ni činjenica da se postižu značajne financijske uštede. Upravo je zbog toga energetska učinkovitost okosnica jedinstvene energetske politike Europske unije, čiji je cilj smanjiti potrošnju energije za 20% do 2020. godine.

²⁴ Tokić, S. (2014.): „Energetska učinkovitost i energetska certificiranje zgrada“, Sigurnost, Vol. 56, No. 3, str. 271

6. ZAKLJUČAK

Razradom teme došlo se do sljedećih zaključaka:

- povećana potrošnja energenata i prekomjerna eksploatacija uzrokovali su smanjenje raspoloživih resursa, te veliki utjecaj na okoliš,
- zalihe neobnovljivih izvora energije su u prirodi konačne te se takvim izvorima energije često dodjeljuje epitet nečistih i opasnih izvora,
- obnovljivi izvori energije sve se više nude kao jedno od najvažnijih rješenja u borbi protiv klimatskih promjena,
- veliki je nesrazmjer između trenutne iskoristivosti obnovljivih izvora energije i nezasićenosti potreba društva,
- Republika Hrvatska ima ogroman potencijal u dozračenju sunčevoj energiji, odnosno u broju sunčanih dana te s velikom pouzdanošću možemo primijeniti sve tehnologije za pretvorbu energije sunčeva zračenja u toplinsku i električnu,
- Potrebno je ulagati u energetske učinkovite sustave poput solarnih kolektora za toplu vodu i fotonaponske ćelije za proizvodnju električne energije,
- za postavljanje male solarne elektrane od 10 kW potrebno je uložiti 300 000 kuna. Povrat uloženog novca u takav sustav instaliran u Puli je za 7,3 godine. Do kraja životnog vijeka sustav zaradi dodatnih 468 309 kuna,
- za ugradnju 4,62 m² pločastih kolektora za zagrijavanje PTV – a sa kombiniranim spremnikom od 300 litara i ostalom potrebnom opremom potrebno je uložiti 30 000 kuna. Takav sustav instaliran u Puli prosječno uštedi 60% energije potrebe za grijanje PTV – a. Ušteda u životnom vijeku iznosi 58 325 kuna,
- korištenjem sunčeve energije mogu se osigurati diverzifikacija energenata i izvora, sigurna dobava i opskrba energijom te zaštita okoliša i
- svijet se sve više okreće održivom razvoju, a energetska učinkovitost je danas u svijetu prepoznata kao najjeftiniji i najbrži način postizanja ciljeva održivog razvoja.

Dobiveni rezultati u ovom radu su potvrdili hipotezu postavljenu u uvodu koja tvrdi da će se primjenom fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora povećati energetska učinkovitost na obiteljskoj kući te će se smanjiti zagađenje okoliša što je u ekološkom smislu prihvatljivo.

Literatura

Knjige i priručnici:

- [1] Cvitan, I., Fijala, M., Horžić, M., Paškalin, V. (1982.): *„Štednja i racionalna potrošnja energije“*, Savez energetičara Hrvatske, Društvo energetičara sisačko-banijske regije, Sisak
- [2] Čehajić, N. (2013.): *„Pasivno korištenje Sunčeve energije u zgradarstvu – Trombov zid“*, Tehnički glasnik, Vol. 7, No.4.
- [3] Dović, D. (2009.): *„Energija sunčevog zračenja za grijanje“*, Sunce kao izvor energije, Zagrebački savez klubova mladih tehničara
- [4] Fanuko, N. (2005.): *„Ekologija“*, Veleučilište u Rijeci, Rijeka
- [5] Kavedžija, I. (2009.): *„Energija i odgovornost – model obrazovanja za demokratsko građanstvo i obnovljivi izvori energije“*, Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol. 18, No. 1
- [6] Kolundžić, S. (2014.): *„Trendovi u energetici upućuju na traženje novih paradigmi“*; Nafta, Vol. 65, No. 2
- [7] Koški, Ž., Zorić, G. (2010.): *„Akumulacija Sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama“*, e-GFOS, Vol. 1, No. 1
- [8] Majdandžić, Lj. (2010.): *„Solarni sustavi – Teorijske osnove, projektiranje, ugradnja i primjeri izvedenih projekata“* Elektrotehnički fakultet u Osijeku, Osijek
- [9] Perlin, J. (2004.): *„The Silicon Solar Cell Turns 50“*, National Renewable Energy Laboratory
- [10] Smee, A. (1849.): *„Elements of electro-biology: or the voltaic mechanism of man: of electro-pathology, especially of the nervous system, and electro-therapeutics“*, London: Longman, Brown, Green and Longmans
- [11] Srpak, D., Stijačić, S., Šumiga, I. (2014.): *„Izgradnja sunčane elektrane na studentskom restoranu u Varaždinu“*; Tehnički glasnik, Vol. 8, No. 4
- [12] Sutlović, I. (2011.): *„Oblici energije: Potrošnja energije u Svijetu“*, Energetika, fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

- [13] Šimleša, D. (2010.): „Uloga države u razvoju obnovljivih izvora energije“, Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline, Vol. 19, No. 2
- [14] Tokić, S. (2014.): „Energetska učinkovitost i energetska certificiranje zgrada“, Sigurnost, Vol. 56, No. 3
- [15] Tsokos, K.A. (2008.): „Physics for the IB Diploma“, Fifth edition, Cambridge University Press, Cambridge
- [16] Zagorec, M., Josipović, D., Majer, J. (2008.): „Mjere uštede toplinske energije u zgradama“, Građevinar, Vol. 60, No. 05

Internet izvori:

(1) *Obnovljivi izvori energije*, [online], Dostupno na:

http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html [26.01.2016.]

(2) [online], Dostupno na:

<http://www.abb.com/product/ap/db0003db004052/ced766241e316af5c12578b00051d2d9.aspx> [06.05.2016.]

Popis slika

Slika 1. Oblici energije	7
Slika 2. Obnovljivi izvori energije.....	8
Slika 3. Prikaz solarnih panela i nuklearne elektrane	9
Slika 4. Predviđeni porast potrošnje energije	11
Slika 5. Svemirski satelit opremljen solarnih ćelijama.....	14
Slika 6. Struktura monokristalne Si ćelije i stvarni izgled.....	15
Slika 7. Struktura polikristalne Si ćelije i stvarni izgled.....	16
Slika 8. Struktura amforne Si ćelije te praktična primjena na džepnom kalkulatoru	16
Slika 9. Fotonaponska ćelija kao izvor električne energije	17
Slika 10. Fotonaponski sustavi	19
Slika 11. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na izmjeničnu struju	20
Slika 12. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju.....	21
Slika 13. Samostalni hibridni fotonaponski sustav s generatorom	21
Slika 14. Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije.....	22
Slika 15. Fotonaponski sustavi izravno priključeni na javnu mrežu	23
Slika 16. Solarni pločasti kolektor	24
Slika 17. Solarni vakumski kolektor.....	25
Slika 18. Otvoreni i zatvoreni termosifonski sistemi.....	26
Slika 19. Solarno zagrijavanje vode uz podršku dodatnog grijača	27
Slika 20. Vrijednosti srednje godišnje ozračenosti za područje RH.....	29
Slika 21. Projekt fotonaponskih ćelija i solarnih kolektora na kući u Španjolskoj.....	34
Slika 22. Energetska učinkovitost.....	36

Popis tablica i grafikona

Tablica 1. Oblici primarne energije prema obnovljivosti i konvencionalnosti primjene	5
Tablica 2. Cijene sustava za grijanje PTV – a	33
Tablica 3. Uštede sustava za zagrijavanje PTV – a u životnom vijeku	33
Tablica 4. Karakteristike ugrađenih modula prikazanih na slici 20	35
Grafikon 1. Učinkovitosti solarnih kolektora	32

