Vrijeme povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave

Marčetić, Mato

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:721766

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Diplomski studij

VRIJEME POVRATA ULAGANJA U KUĆNE FOTONAPONSKE SUSTAVE

Diplomski rad

Mato Marčetić

Osijek, 2017.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek, 08.12.2017.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Mato Marčetić
Studij, smjer:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 944, 12.10.2015.
OIB studenta:	90747533855
Mentor:	Doc.dr.sc. Krešimir Fekete
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Goran Knežević
Član Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Danijel Topić
Naslov diplomskog rada:	Vrijeme povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave
Znanstvena grana rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak diplomskog rada:	U radu je potrebno opisati tehnologiju fotonaponskih sustava te dati teorijski pregled izračuna vremena povrata ulaganja. Na primjeru nekoliko fotonaponskih sustava izračunati vrijeme povrata ulaganja.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	08.12.2017.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 18.12.2017.

Ime i prezime studenta:	Mato Marčetić
Studij:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D 944, 12.10.2015.
Ephorus podudaranje [%]:	9%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Vrijeme povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Krešimir Fekete

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ:

1. UVOD 6

2. KUĆNI FOTONAPONSKI SUSTAVI 7

2.1. Fotonaponske ćelije 10

2.2. Proizvodni kapaciteti i potrošnja električne energije u Republici Hrvatskoj 12

3. EKONOMSKE METODE RAČUNANJA POVRATA ULAGANJA 20

3.1. Neto sadašnja vrijednost (NPV) 21

3.2. Aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije (LCOE) 22

3.3. Vrijeme povrata ulaganja (PBP) 23

4. PRIHODI I TROŠKOVI KUĆNIH FOTONAPONSKIH SUSTAVA 26

4.1. Prihodi kućnih fotonaponskih sustava 28

4.1.1. Tarifni sustav 2007. godine 31

4.1.2. Tarifni sustav 2012. godine 32

4.1.3. Tarifni sustav 2013. godine 32

4.1.4. Tarifni sustav 2016. godine 32

4.2. Troškovi kućnih fotonaponskih sustava 34

5. PRORAČUN ISPLATIVOSTI ULAGANJA U KUĆNE FOTONAPONSKE SUSTAVE. 41

5.1. Proračun pomoću aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije (LCOE) 45

5.2. Proračun pomoću vremena povrata ulaganja (BPB) 47

5.2.1. Vrijeme povrata ulaganja za 2012. godinu 47

5.2.2. Vrijeme povrata ulaganja za 2013. godinu 50

5.2.3. Vrijeme povrata ulaganja za 2014. godinu 54

5.2.4. Vrijeme povrata ulaganja za 2015. godinu 57

5.2.5. Vrijeme povrata ulaganja za 2016. godinu 59

5.2.6. Analiza dobivenih rezultata proračuna 62

6. ZAKLJUČAK 65

7. LITERATURA 67

SAŽETAK 70

ABSTRACT 71

ŽIVOTOPIS 72

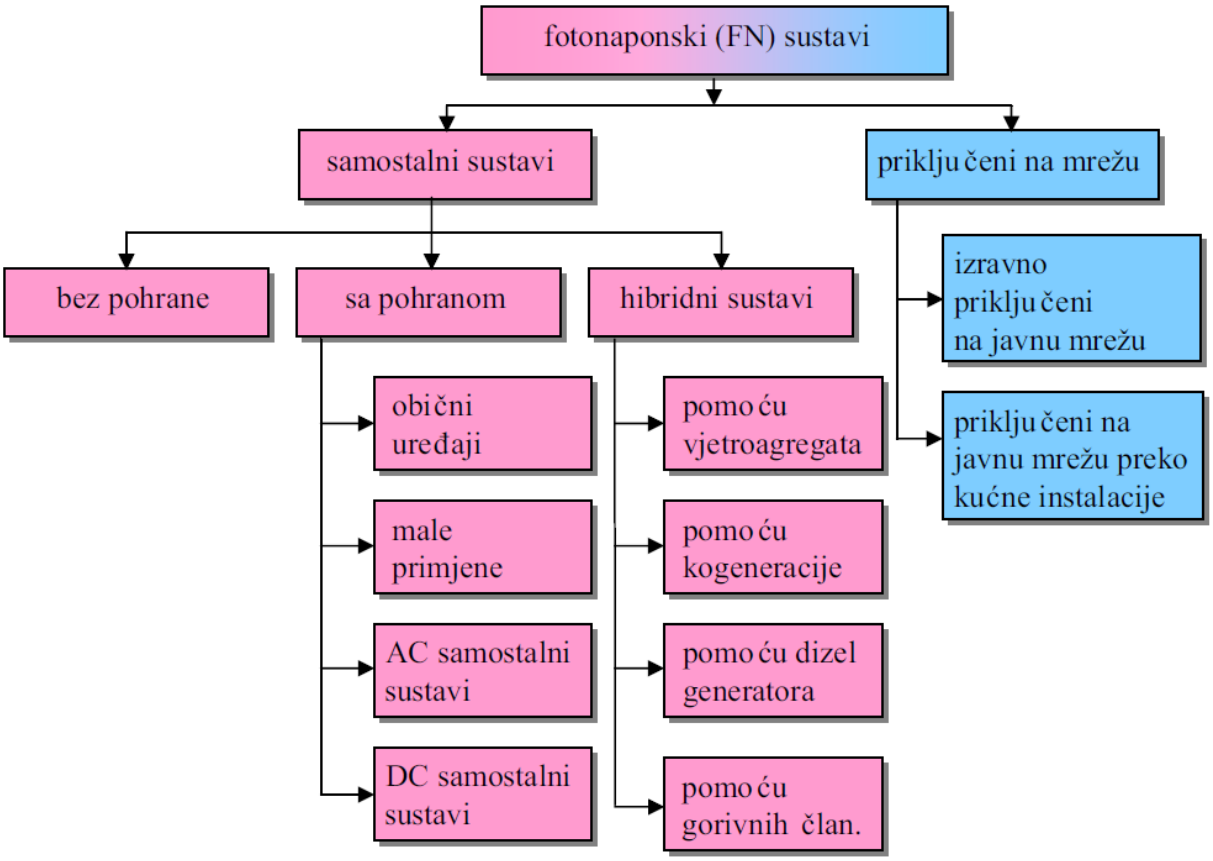
1. UVOD

U ovom diplomskom radu obrađena je tema u kojoj se analizira vrijeme povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave. Dakle, analizirano je koliki vremenski period je potreban za povrat uloženog kapitala u investiciju kućnog fotonaponskog sustava. Na početku rada opisani su kućni fotonaponski sustavi koji se dijele na samostalne (otočne) i one fotonaponske sustave koji energiju predaju u elektroenergetski sustav. Dakako, zbog tematike, rad je orijentiran na analizu fotonaponskih sustava koji proizvedenu energiju predaju u elektroenergetski sustav[1] preko kućne instalacije. U istom poglavlju se govori o fotonaponskim ćelijama, njihovom sastavu, vrstama i samoj fotonaponskoj tehnologiji. Također je spomenuta energija sunčevog zračenja, koja je vrlo bitna za proizvodnju električne energije iz fotonaponskih sustava. Zatim, rad je orijentiran na statističke podatke i analizu proizvodnje električne energije u Republici Hrvatskoj u nekoliko zadnjih godina, kako bi se stekao dojam o razvitku samih obnovljivih izvora, a samim time i fotonaponskih sustava.

[1] U nastavku rada, pri nekim navodima, elektroenergetski sustav bilježit će se kraticom EES.

2. KUĆNI FOTONAPONSKI SUSTAVI

Kućni fotonaponski sustavi mogu se podijeliti na samostalne sustave i sustave koji su priključeni na elektroenergetsku mrežu. Samostalni ili otočni sustavi (eng. *stand-alone systems*) mogu biti s pohranom energije, bez pohrane energije i hibridni sustavi. Fotonaponski sustavi koji su priključeni na mrežu (eng. *on-grid systems*) mogu biti izravno priključeni na javnu mrežu ili priključeni na javnu mrežu posredstvom kućne instalacije. Detaljnu podjelu kućnih fotonaponskih sustava možemo vidjeti na slici 2.1 [1].

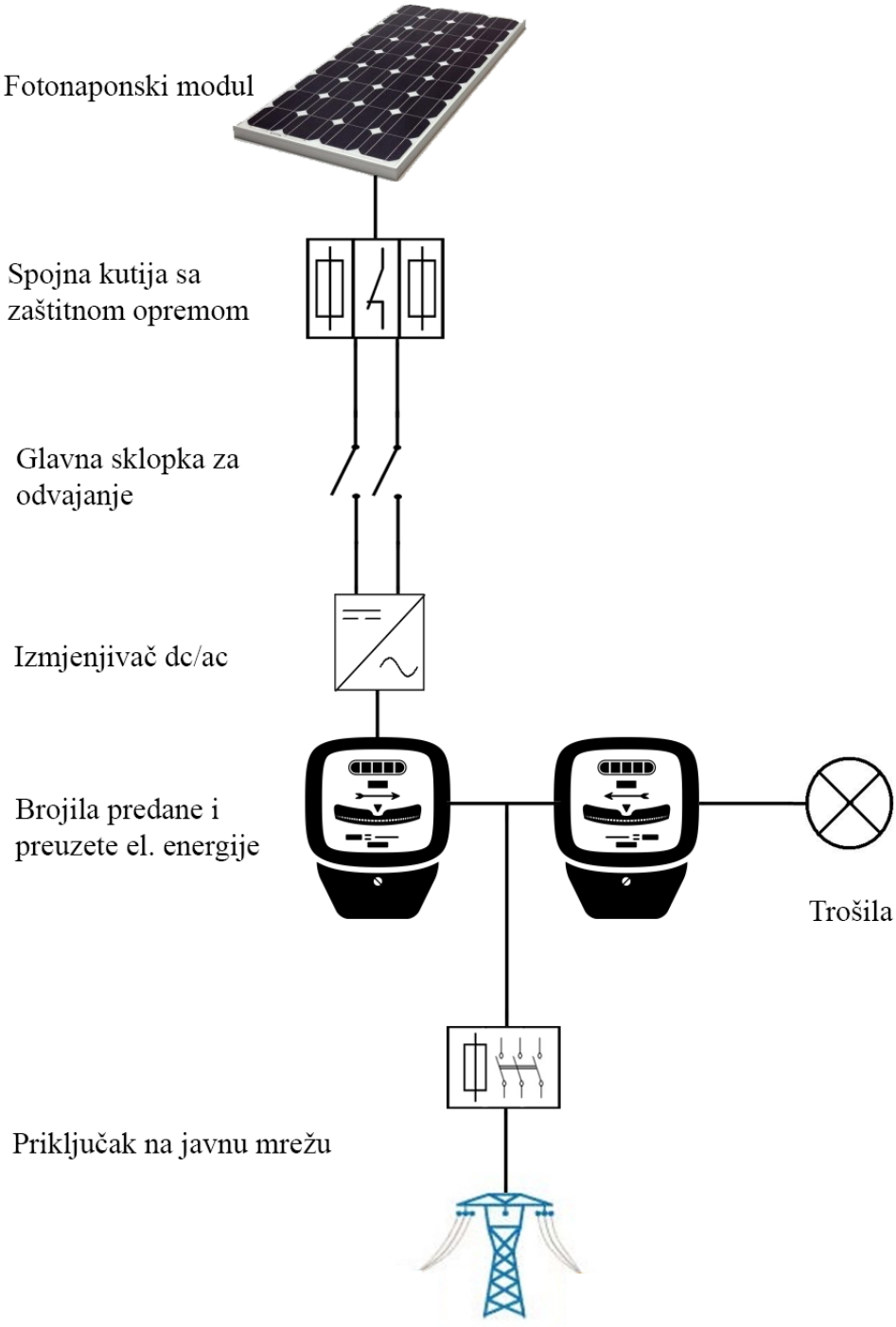


Sl 2.1. Osnovna podjela fotonaponskih sustava [1, str. 369].

Kao što je već ranije spomenuto, samostalni sustavi dijele se na sustave bez pohrane energije, s pohranom energije i hibridne sustave. Temeljni dijelovi samostalnog sustava su: fotonaponski moduli, regulator punjenja, akumulator, trošila i izmjenjivač (ako trošila zahtijevaju izmjeničnu struju). Važno je istaknuti samostalne hibridne sustave koji se dijele na: hibridne sustave s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivnim člancima ili najčešće generatorom na dizel ili biodizel. Kod takvih sustava se prvo napajaju trošila a zatim se višak energije skladišti u akumulatore.

Kod sustava koji su priključeni na elektroenergetsku mrežu bitno je istaknuti da su oni sustavi koji su direktno spojeni na mrežu obično oni s većim instaliranim snagama, dok sustavi koji su spojeni na elektroenergetsku mrežu posredstvom kućne instalacije oni s manjim instaliranim snagama. Moduli oba fotonaponska sustava, i samostalnog i priključenog na mrežu, mogu biti spojeni serijski i paralelno. Izvedba spoja modula oblikuje se po potrebama sustava.

U ovom radu ponajviše se obuhvaća obrada fotonaponskog sustava priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije. Tako spojeni fotonaponski sustavi pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije. Prvenstvena namjena sustava koji je priključen na elektroenergetsku mrežu posredstvom kućne instalacije je za napajanje električnom energijom svih trošila u kući, dok se višak energije predaje elektrodistribucijskoj mreži. Dakle, može se uvidjeti da takvi sustavi omogućuju spajanje distribuiranih sustava na centralizirane sustave. Glavni dijelovi sustava koji je spojen na elektroenergetsku mrežu posredstvom kućne instalacije su sljedeći: fotonaponski moduli, spojna kutija sa zaštitnom opremom, kablovi istosmjernog razvoda, glavna sklopka za odvajanje, izmjenjivač dc/ac, kablovi izmjeničnog razvoda i brojila predane i preuzete električne energije. Tijekom hladnih zima, kiše, noći, odnosno svih prigoda kada postoji manjak sunčevog zračenja, tada moduli ne proizvode dovoljno električne energije i u tim slučajevima kućanstvo napajanje nadopunjuje uzimanjem energije iz mreže. Jedna od pozitivnih karakteristika ovakvih sustava je da oni rasterećuju javnu mrežu tokom dana jer podmiruju vlastite potrebe, što može biti od velike važnosti u područjima gdje je slaba elektroenergetska mreža. Fotonaponski sustavi priključeni na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije imaju niz prednosti: proizvodnja ekološki čiste energije bez onečišćenja okoliša, mali gubici energije u prijenosu i distribuciji, pouzdanost i sigurnost opskrbe, mali troškovi održavanja, jednostavna i brza instalacija, jednostavno puštanje u pogon, itd. Na slici 2.2. prikazana je shema kućnog fotonaponskog sustava priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu sa svim svojim glavnim dijelovima. Takva instalacija je učinkovita i djelotvorna za samog vlasnika jer se proizvedenom energijom podmiruju vlastite potrebe, a višak daje elektroenergetskoj mreži, dok u slučajevima nedostatka energije, ona se može preuzeti iz mreže (npr. noću, kišna razdoblja, zimi ili u bilo kojim trenutcima kada postoji period smanjenog sunčevog zračenja).



Sl. 2.2. Shema kućnog fotonaponskog sustava priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije.

2.1. Fotonaponske ćelije

Izrazito je bitno pojasniti način funkcioniranja i dijelove fotonaponskih ćelija kako bi se shvatio sam proces dobivanja električne energije iz kućnog fotonaponskog sustava. Fotonaponska ćelija poluvodički je uređaj koji pretvara energiju sunčevog zračenja izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta [2]. Grupe fotonaponskih ćelija tvore fotonaponske module, poznate kao i solarni ili fotonaponski paneli.[2]

Kako bi se ilustriralo napredovanje tehnologije fotonapona, uvest će se nekoliko povijesnih činjenica. Prema literaturi [1]: „Prva fotonaponska ćelija je nastala 1941. godine koju je otkrio Russel Ohl, no njezina djelotvornost je bila ispod 1%. Zatim je 1954. godine izrađen prvi fotonaponski modul sa djelotvornošću od 6% od strane Bell Laboratories. U to vrijeme cijena takve tehnologije bila je podosta skupa te su prvu svrhu takvi moduli imali na svemirskim postajama. Tek 70-tih godina prošlog stoljeća pojavom naftne krize, cijena fotonaponskih modula počinje opadati.“ Iako je fotonaponskim panelima znatno pala cijena tokom povijesti, ona još uvijek nije toliko pristupačna „običnom“ čovjeku. Upravo iz tih razloga se prilikom investiranja u kućne fotonaponske sustave traže dodatna subvencioniranja i pomoći od raznih izvora. O cijeni fotonaponskih panela i investiranju u kućne fotonaponske sustave bit će više govora kroz iduća poglavlja.

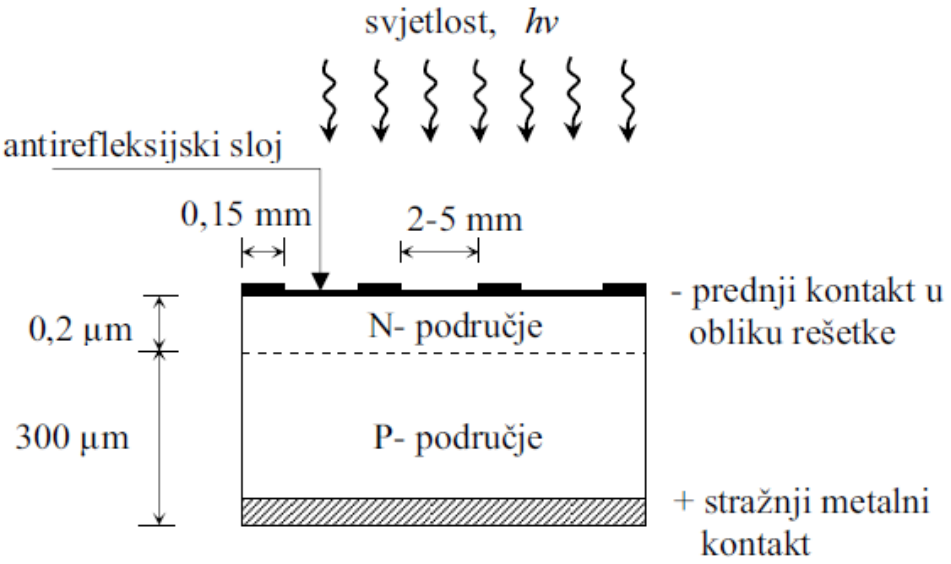
Pretvorba energije sunčeva zračenja u električnu energiju temeljni je proces funkcioniranja fotonaponskih ćelija te je nužno razumjeti ga. Dakle, taj proces govori da za vrijeme kada fotonaponska ćelija apsorbira sunčevo zračenje, fotonaponskim se efektom na njezinim krajevima pojavljuje napon i tako sama ćelija postaje izvorom električne energije. Važno je poznavati i razumjeti cijeli spektar sunčeva zračenja koji pada na fotonaponsku ćeliju. Inače, zračenje možemo razlikovati samo po frekvenciji.[3]

Glavni materijal za izradu fotonaponskih ćelija je silicij. Presjek jedne obične silicijske fotonaponske ćelije će se prikazati na slici 2.3. Kao što je vidljivo na slici 2.3., fotonaponska ćelija sastoji se od P-područja i N-područja te zaključujemo da je to PN-spoj. Prema literaturi [1]: „Na površini pločice se nalazi P-tip silicija difundirane primjese, npr. fosfor, tako da na

[2] Više fotonaponskih ćelija koje su međusobno električki spojene u određenoj kombinaciji (serijsko/paralelno ili kombinirano) oblikuju fotonaponski modul, a više fotonaponskih modula koji također mogu biti serijski i/ili paralelno povezani oblikuju tzv. fotonaponski generator [1, str. 410].

[3] Cjelokupni raspon zračenja koje nastaje u svemiru nazivamo elektromagnetskim spektrom. Svjetlost manje energije ima manju frekvenciju ili učestalost, no veću valnu duljinu, a ona s više energije ima veću frekvenciju ali manju valnu duljinu [1, str. 378].

tankom površinskom sloju nastane područje N-tipa poluvodiča. Fotonaponska ćelija također sadrži i prednji kontakt u obliku rešetke koji ne pokriva više od 5% površine, te je bitno naglasiti da on gotovo ne utječe na apsorpciju sunčeva zračenja. Stražnja strana ćelije prekrivena je metalnim kontaktom. Da bi se povećala djelotvornost ćelije, prednja površina ćelije može biti prekrivena prozirnim protureflekSnim slojem koji smanjuje refleksiju sunčeve svjetlosti. Tako fotonaponska ćelija postaje poluvodička dioda, tj. PN-spoj, i ponaša se kao ispravljački uređaj koji propušta struju samo u jednom smjeru.“



Sl 2.3. Silicijeva fotonaponska ćelija [1, str. 378].

Kao što je već ranije spomenuto, glavni materijal pri izradi fotonaponskih ćelija je silicij. Tehnologija proizvodnje ćelija je u znatno ubrzanom napretku, kao i sama tehnologija dobivanja električne energije iz obnovljivih izvora. Dakle, postoje mnoge tehnologije proizvodnje fotonaponskih ćelija od silicija, a najzastupljenija je od monokristalnog silicija. Postoje još neke tehnologije proizvodnje fotonaponskih ćelija, a to su pomoću: polikristalnog silicija, trakastog silicija, fotonaponske ćelije tankog filma (amorfni silicij, CdTe, CIS, CIGSS). Različite tehnologije proizvodnje zahtijevaju različite metode i postupke pri obradi silicija pa su tako i neke tehnologije skuplje od drugih. Dakako, one tehnologije čija je izrada skuplja, ujedno su i kvalitetnije, a samim time imaju i veću učinkovitost.

Na samom kraju ovog odjeljka može se zaključiti da tehnologija proizvodnje električne energije iz fotonaponskih ćelija i nije tako komplicirana kako se čini u početku. Utvrdilo se da fotonaponske ćelije funkcioniraju pomoću PN-spoja te se fotonaponska ćelija ponaša kao

poluvodička dioda što znači da struju propušta samo u jednom smjeru. Ono što ju čini vrijednom je materijal same izrade fotonaponske ćelije, koji će apsorbirati svjetlost, a to je silicij. Upravo zbog toga je velika cijena fotonaponskih panela, koji su poprilično skupi kada bi se uzelo u obzir investiranje u jedan „privatni“ kućni fotonaponski sustav. U idućim poglavljima više će se govoriti o cijenama, investiranju i povratu uloženog novca za fotonaponske sustave te će se tada dobiti kompletan uvid o isplativosti izgradnje takvog jednog sustava.

2.2. Proizvodni kapaciteti i potrošnja električne energije u Republici Hrvatskoj

U ovom poglavlju analizirat će se statistički podatci proizvodnih kapaciteta te potrošnja električne energije u Republici Hrvatskoj od 2010. do 2015. godine. Također će se usporediti proizvodni kapaciteti klasičnih elektrana (hidroelektrane, termoelektrane, itd.) u odnosu na proizvodne kapacitete elektrana na obnovljive izvore. Međutim, najbitniji zaključak iz ovog poglavlja bit će istaknuti proizvodnju fotonaponskih sustava u odnosu na ostalu proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj kako bi se stekao dojam o njihovom razvitku i udjelu na tržištu. Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj obuhvaćaju hidroelektrane i termoelektrane u sastavu HEP grupe, sve veći broj vjetroelektrana i drugih elektrana na obnovljive izvore energije u privatnom vlasništvu te određeni broj industrijskih termoelektrana.

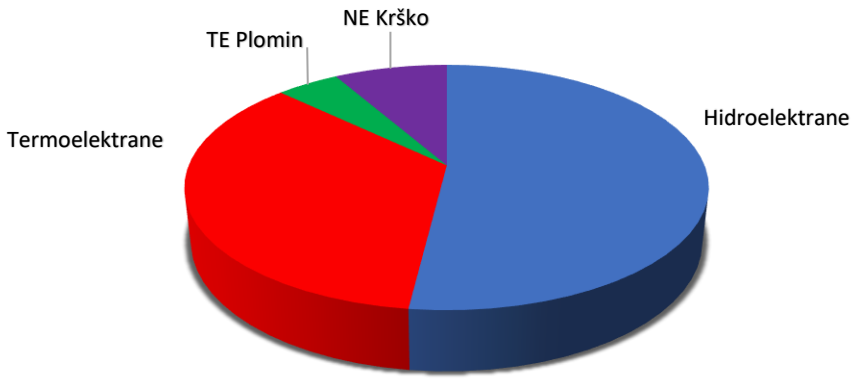
Tab. 2.1. Raspoloživa snaga elektrana i proizvedena električna energija elektrana u Republici Hrvatskoj u periodu od 2010. do 2015. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“ [3][4][5][6][7][8].

	Godina	Klasične elektrane u RH	NE Krško (50%)	Ukupno Klasične elektrane	Fotonaponski sustavi	Ukupno Obnovljivi izvori
Raspoloživa snaga [MW]	2010.	3817,6	348,0	4165,6	0,16	92,63
	2011.	3817,8	348,0	4165,8	0,31	145,32
	2012.	3817,8	348,0	4165,8	3,95	206,90
	2013.	3857,7	348,0	4205,7	19,50	302,60
	2014.	4054,2	348,0	4402,2	30,19	365,55
	2015.	4107,5	348,0	4455,5	47,80	525,70
Proizvedena električna energija [GWh]	2010.	13094,0	2690,0	15784,0	0,04	173,08
	2011.	9725,0	2951,0	12676,0	0,14	230,37
	2012.	9209,0	2621,0	11830,0	2,34	417,97
	2013.	12130,0	2518,0	14648,0	11,10	528,61
	2014.	10976,0	2968,0	13944,0	35,10	765,20
	2015.	8829,9	2684,9	11514,8	57,10	1135,80

Prema podatcima iz tablice 2.1. zaključujemo da je na području Republike Hrvatske došlo do drastičnog povećanja udjela raspoložive snage obnovljivih izvora u razdoblju od 2010. do 2015. godine. Također je došlo i do izgradnje novih klasičnih elektrana (u koje pretežito ubrajamo hidroelektrane i termoelektrane koje su u vlasništvu HEP grupe), ali u usporedbi s napretkom elektrana na obnovljive izvore, to je sasvim neznatan porast. Klasične elektrane i 50% udjela nuklearne elektrane Krško su u vlasništvu HEP grupe, i one čine većinu proizvodnih kapaciteta Republike Hrvatske. Primjerice, u 2015. godini, proizvodni kapaciteti elektrana u vlasništvu HEP grupe obuhvatili su 16 hidroelektrana, 7 termoelektrana te 50% udjela proizvodnje NE Krško. Također u te proizvodne kapacitete u 2015. godini ubrajamo i elektrane na obnovljive izvore koje su većinom u privatnom vlasništvu. To su pretežito novoizgrađene vjetroelektrane i fotonaponski sustavi. Dakle, ono čemu se daje naglasak u ovom radu je razvoj fotonaponskih sustava tokom zadnjih godina. Možemo uočiti da je 2010. godine u Republici Hrvatskoj postojao tek neznatan udio proizvodnje iz fotonaponskih sustava, svega 0,16 MW, dok u roku pet godina se događa promjena i proizvodni kapaciteti rastu do 47,8 MW. Dakle, došlo je do drastičnog porasta proizvodnih kapaciteta u roku samo nekoliko zadnjih godina i može se

slobodno doći do zaključka da se sve više oslanja na proizvodnju energije iz elektrana na obnovljive izvore.

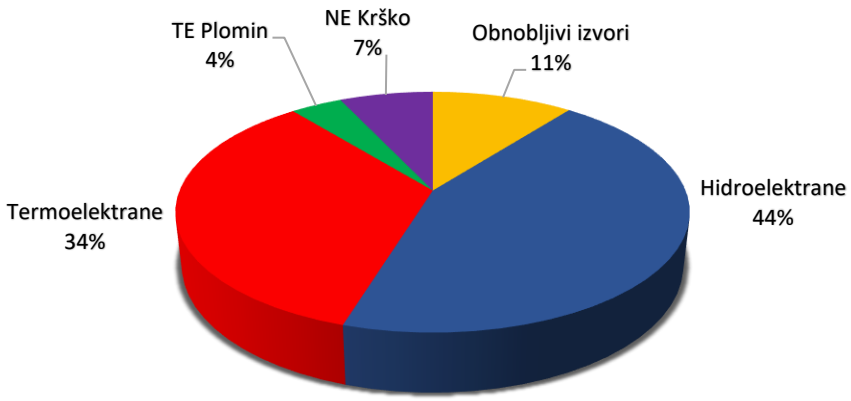
Na slici 2.4. može se vidjeti podjela raspoložive snage HEP grupe na teritoriju Republike Hrvatske u 2015. godini. Snaga svih hidroelektrana iznosi 2201,5 MW, termoelektrana 1906 MW (uključujući i termoelektranu Plomin čija je raspoloživa snaga 192MW), nuklearna elektrana Krško (50%) 348MW. Važno je naglasiti da u ovu ukupnu snagu nisu uračunati proizvodni kapaciteti koji su na teritoriju drugih zemalja, a elektroenergetski sustav Republike Hrvatske ima na njih pravo, odnosno udio u vlasništvu. Također nisu uračunati i proizvodni kapaciteti elektrana u privatnom vlasništvu a to su većinom elektrane na obnovljive izvore.[4]



Sl 2.4. Raspoloživa snaga proizvodnih kapaciteta Republike Hrvatske u sastavu HEP grupe u 2015. godini prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj 2015.“ [3, str. 152].

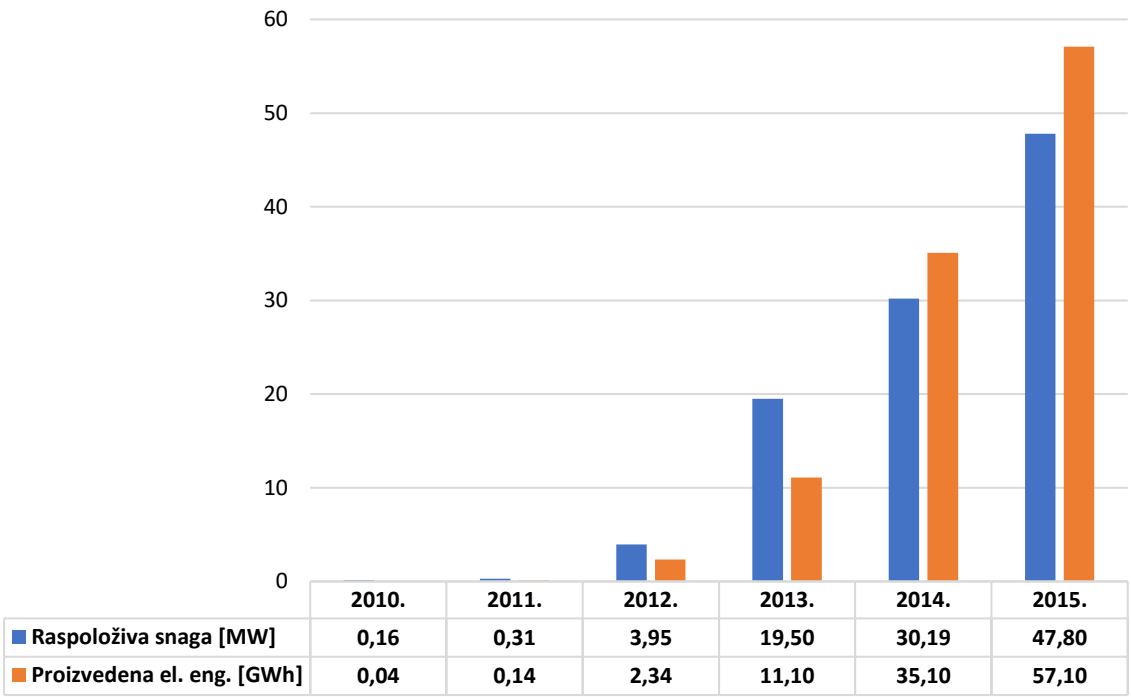
Slika 2.5. prikazuje cjelokupni proizvodni kapacitet elektrana Republike Hrvatske u 2015. godini, uključujući i elektrane na obnovljive izvore. U Republici Hrvatskoj postoji oko 520 MW instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije koje nisu u sastavu HEP grupe [3]. Treba istaknuti da je u 2015. godini proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora činila oko 11% ukupne proizvodnje, uz izuzetak velikih hidroelektrana.

[4] U ovu ukupnu snagu nisu uračunati proizvodni kapaciteti na teritoriju drugih zemalja iz koji EES Republike Hrvatske ima pravo isporuke električne energije na temelju zakupa snage i energije ili udjela u vlasništvu (pr. TE Gacko, TE Obrenovac). Snaga i električna energija iz navedenih objekata nije raspoloživa jer još uvijek nije riješen njihov status [3, str. 150-151].



Sl 2.5. Raspoloživa snaga proizvodnih kapaciteta Republike Hrvatske uključujući i obnovljive izvore u 2015. godini prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj 2015.“ [3].

Ono što je za rad izrazito bitno, razvitak fotonaponskih tehnologija na području Republike Hrvatske, predočit će se na idućem grafičkom prikazu. Dakle, prema slici 2.6. možemo zaključiti kolikom brzinom se razvijaju proizvodni kapaciteti fotonaponskih sustava na području Hrvatske.



	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
Raspoloživa snaga [MW]	0,16	0,31	3,95	19,50	30,19	47,80
Proizvedena el. eng. [GWh]	0,04	0,14	2,34	11,10	35,10	57,10

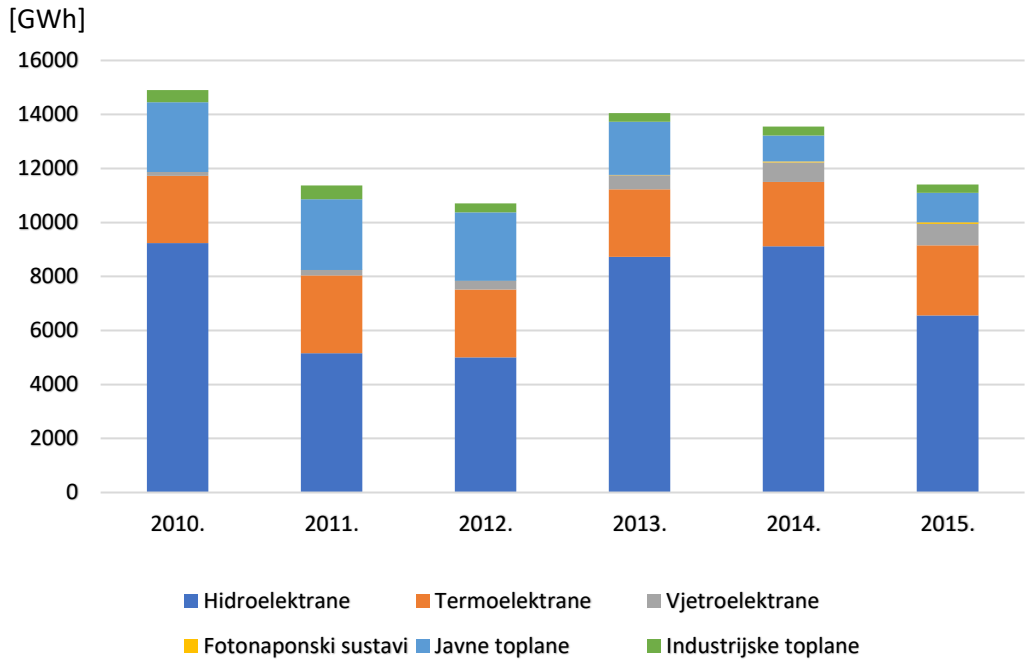
Sl. 2.6. Razvitak kapaciteta proizvodnje i proizvedena električna energija fotonaponskih sustava u Republici Hrvatskoj od 2010. do 2015. godine prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“ [3][4][5][6][7][8].

Tab. 2.2. Energetska bilanca električne energije u Republici Hrvatskoj prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“ [3][4][5][6][7][8].

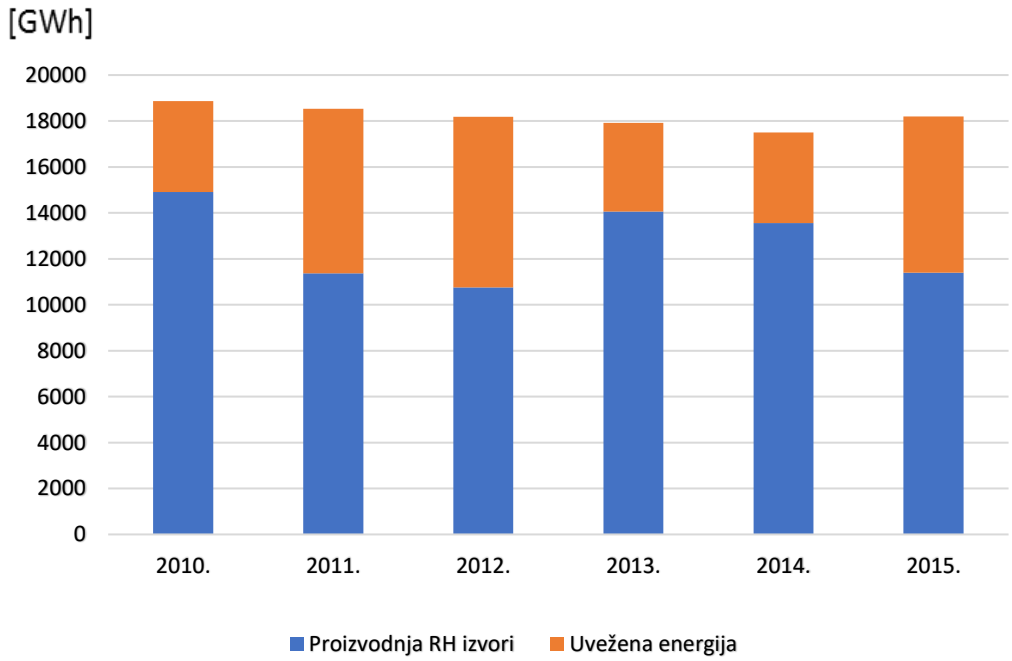
	GWh					
Godina	**2010.**	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**
Proizvodnja	14902,1	11372,0	10755,3	14052,2	13553,8	11402,0
Hidroelektrane	9232,3	5161,7	4999,1	8727,0	9124,3	6555,4
Termoelektrane	2494,8	2876,6	2513,1	2501,2	2374,3	2595,9
Vjetroelektrane	139,1	201,0	328,7	517,3	730,0	796,3
Fotonaponski sustavi	0,1	0,1	2,4	11,3	35,2	57,3
Javne toplane	2589,0	2620,7	2529,2	1968,8	951,8	1087,6
Industrijske toplane	446,8	511,9	328,8	326,6	338,2	309,5
Uvoz	6682,4	8729,9	9230,8	6845,3	6777,1	8868,5
Izvoz	2714,5	1574,3	1799,7	2975,9	2824,2	2080,1
Gubitci prijenosa i distribucije	2021,9	1830,7	1886,8	1944,1	1763,5	1801,5
Ukupna potrošnja	18870,0	18527,6	18186,4	17921,6	17506,7	18190,4

Tablica 2.2. pokazuje kompletno stanje s proizvodnjom i potrošnjom električne energije u Republici Hrvatskoj od 2010. do 2015. godine. Dakle, navedena je sama proizvodnja od izvora koji pripadaju Republici Hrvatskoj, a ujedno tako i potrošnja energije. Tu se vidi da je potrošnja podosta veća od proizvedene energije te da je nužno uvoziti energiju iz stranih izvora. Također su navedeni podatci upravo tog uvoza energije, ali i dijela izvoza energije koja se prodaje stranim distribucijama. Osim navedenih kategorija, spomenuli su se i gubitci prijenosa i distribucije koji se pojavljuju pri prijenosu električne energije. Naravno, uz sve navedeno još jednom su se navele pojedinačne elektrane te njihova proizvodnja, kako bi se sada dobio kompletan uvid u stanje proizvodnih kapaciteta u Republici Hrvatskoj. Proizvodnja po različitim tipovima elektrana prikazat će se na slici 2.7.

Prema tome, na idućoj slici, 2.8., prikazat će se ukupna potrošnja energije Republike Hrvatske, ali na taj način da će se odvojiti prikaz proizvodnje energije u vlasništvu Republike Hrvatske i energije koja se mora uvesti odnosno kupiti od stranih izvora. Naravno, u takvoj podjeli nije se uzelo u obzir da dio energije proizvedene u Hrvatskoj i izvozi, već je podjela napravljena „ugrubo“ kako bi se stekao dojam koliko energije je još potrebno dovesti kako bi se upotpunili svi kapaciteti koji su potrebni Republici Hrvatskoj.



Sl. 2.7. Proizvodnja električne energije u Republici Hrvatskoj po pojedinim vrstama elektrana prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“ [3][4][5][6][7][8].

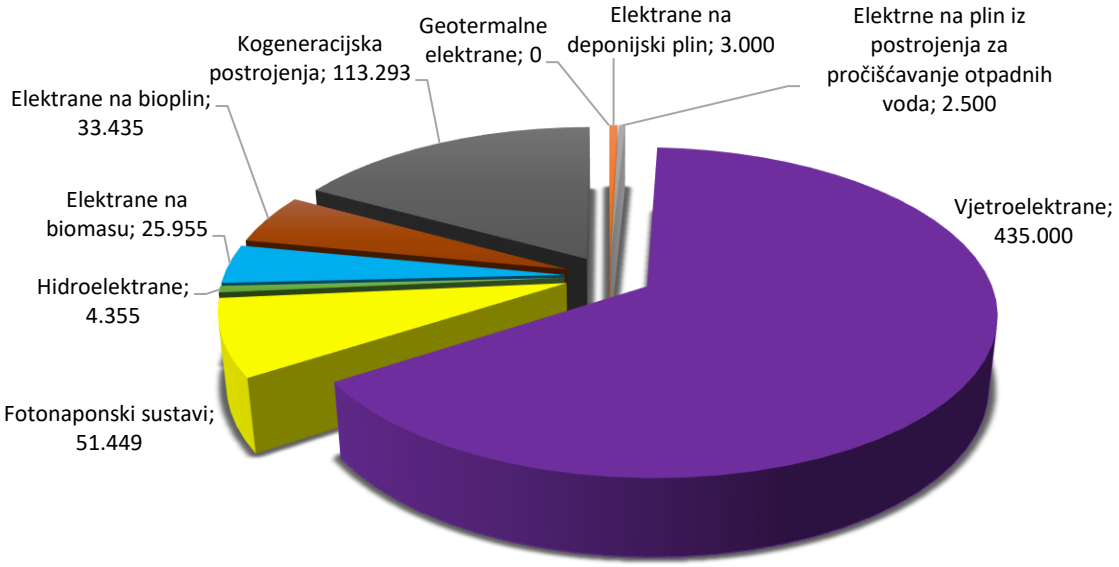


Sl. 2.8. Ukupna potrošnja električne energije Republike Hrvatske prikazana prema proizvedenoj vlastitoj energiji i količini energije koja se treba uvesti iz stranih izvora prema podatcima iz literature „Energija u Hrvatskoj“ [3][4][5][6][7][8].

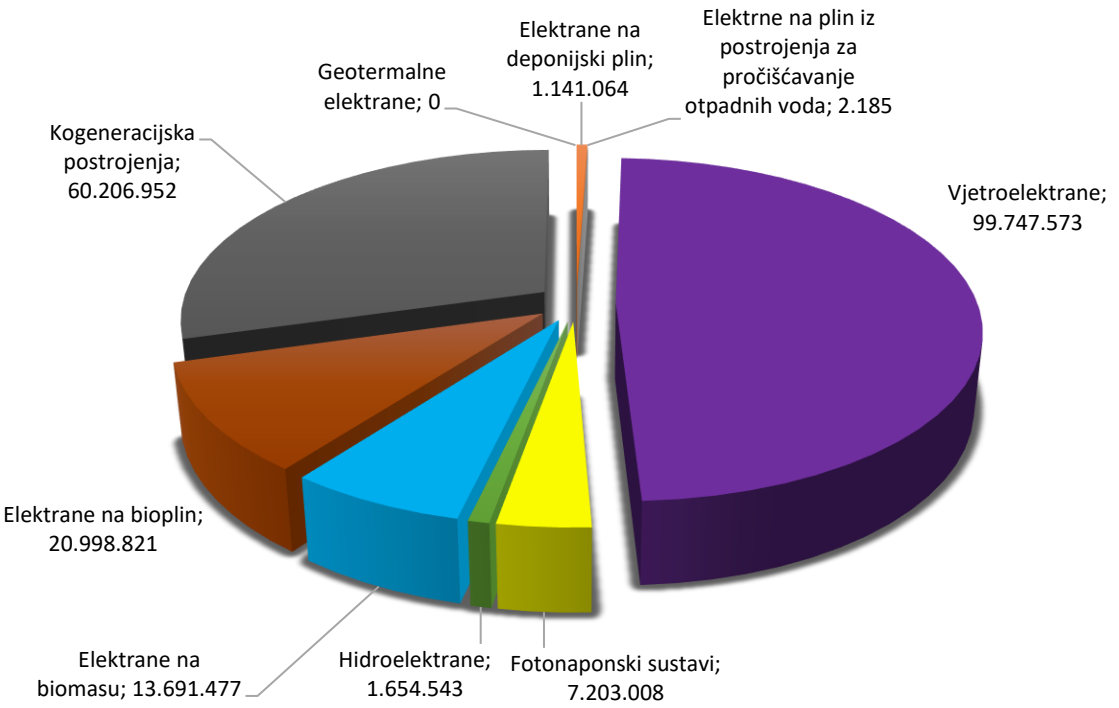
Najkasniji izvještaji o proizvodnji i potrošnji električne energije za Republiku Hrvatsku dostupni su tek za 2015. godinu, tako da u radu nisu obrađeni rezultati za prošlu, 2016., te tekuću 2017. godinu. Međutim, na stranicama iz literature [4], pronađeni su i izneseni podatci o instaliranoj snazi i potrošnji povlaštenih proizvođača u Republici Hrvatskoj za mjesec travanj 2017. godine koje možemo vidjeti na slikama 2.9. i 2.10. Ono što je za temu rada neizbježno i zanimljivo, bez obzira na nedostatak podataka i prema priloženom, može se zaključiti u kojem smjeru se razvijaju tehnologije elektrana na obnovljive izvore.[5]

Kao zaključak ovog poglavlja, treba iznijeti činjenicu o naglom porastu kapaciteta fotonaponskih sustava i ostalih elektrana na obnovljive izvore. U to se uvidjelo nizom grafičkih i tabličnih podataka, koji detaljno pokazuju stanje proizvodnje i potrošnje u Republici Hrvatskoj. Ako se sada uzmu u obzir ti podatci s onim što je bitno za rad, a to je investiranje u jedan kućni fotonaponski sustav, može se govoriti o isplativosti s „tehničke“ strane izgradnje. Međutim, postoji još jedna strana koju je bitno proučiti, a to je „pravna“. Mora se naglasiti i taj dio zbog financijskih i subvencioniranih pomoći za izgradnju jednog fotonaponskog sustava. Do sada su postojale mnoge subvencije i financijske pomoći kako bi se potakla izgradnja elektrana, ali u zadnje vrijeme su te pomoći sve manje. Dakle, može se pretpostaviti da će se povećanjem kapaciteta i širenjem takvih elektrana povećati i njihova „zastupljenost“ pa neće biti potrebe izdvajati sredstva za pomoć pri izgradnji takvih objekata.

[5] Instalirana snaga fotonaponskih sustava iznesena u ovoj analizi razlikuje se od službenih podataka HROTE-a (podaci za travanj 2017.) jer uključuje i one sustave koji nisu u statusu povlaštenog proizvođača, a poznato je da proizvode električnu energiju. Isto se odnosi i na podatke o proizvedenoj energiji [3, str. 189].



Sl 2.9. Povlašteni proizvođači instalirana snaga [kW]; travanj 2017 [9].



Sl. 2.10. Povlašteni proizvođači proizvodnja [kWh]; travanj 2017 [9].

3. EKONOMSKE METODE RAČUNANJA POVRATA ULAGANJA

U današnje vrijeme postoje razni programi koji računaju i analiziraju isplativost projekta fotonaponskog sustava. Međutim, postoje i razne računske metode koje su brže i jednostavnije. S takvim računskim metodama, može se uz uvrštavanje svega nekoliko parametara fotonaponskog sustava doznati je li investicija isplativa ili ne. Dakle, u ovom poglavlju objasnit će se ekonomske metode povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave. Važno je razumijevanje takvih metoda kako bi se pomoću prihoda i troškova kućnih fotonaponskih sustava moglo doći do podataka o isplativosti takvih sustava.

Metode koje će se objasniti su:

- metoda neto sadašnje vrijednost (NPV - eng. *net present value*),
- metoda aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije (LCOE - eng. *levelized cost of electricity*)
- metoda vremena povrata ulaganja (PBP - eng. *payback period*)

Metoda neto sadašnje vrijednosti podrazumijeva se kao sadašnja vrijednost čistih novčanih tokova projekta umanjena za investicijske troškove. Metoda neto sadašnje vrijednosti uzima u obzir vremensku vrijednost novca, što znači da se u obzir uzimaju i godišnje kamatne stope koje utječu na konačnu vrijednost novca za određeni period. Metodu neto sadašnje vrijednosti važno je shvatiti jer je ona temelj metode aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije. Metoda vremena povrata ulaganja predstavlja se kao najjednostavniji kriterij financijskog odlučivanja o realnim investicijama. Dakle, definirana je kao period vremena (broj godina) u kojemu će tekući čisti novčani tokovi vratiti investicijske troškove. Za razliku od neto sadašnje vrijednosti, metoda vremena povrata ulaganja ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca. Također je važno istaknuti da kod metode vremena povrata ulaganja se ne razmatra cjelokupni vijek trajanja projekta kao kod npr. metode neto sadašnje vrijednosti.

Pri pokretanju projekta važno je razumjeti sve novčane tokove koji nastaju njegovim provođenjem. Dakako, na temelju novčanih tokova se upravo i određuje isplativost investicije. Osim novčanih tokova, prilikom investicije kućnog fotonaponskog sustava treba obratiti pažnju i na prikladnost, učinkovitost i djelotvornost projekta. Prihodi i troškovi kućnih fotonaponskih sustava će se obraditi u idućem poglavlju, a zatim pomoću prikazanih podataka analizirat će se sama isplativost.

3.1. Neto sadašnja vrijednost (NPV)

Neto financijske i ekonomske koristi te novčani tijek su temeljni pokazatelji je li projekt fotonaponskog sustava isplativ ili ne. Takvi podatci sadrže informacije primitaka i izdataka kroz određeno vremensko razdoblje te kada se projekt svede na takve podatke, jednostavnim oduzimanjem prihoda i rashoda može se utvrditi kakva je isplativost. Jedna od metoda gdje se analizira isplativost projekta a na koju će se obratiti pažnja je metoda neto sadašnje vrijednosti (NPV[6] - eng. *net present value*). Prema literaturi [11]: „Neto sadašnja vrijednost je sadašnja vrijednost neto novčanih tokova projekta ili investicije umanjena za investicijske troškove. To je jedna od tri temeljne metode financijskog odlučivanja. Uzima u obzir cjelokupni vijek trajanja projekta te vremensku vrijednost novca.“ Osnovna matematička jednadžba po kojoj se računa NPV metoda glasi [11]:

$$\mathrm{NPV} = \sum_{t=1}^{T} \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_t \tag{3-1}$$

gdje su:

I_t – troškovi ulaganja u godini t

V_t – neto novčani tok u godini t

t – godina u vijeku trajanja

r – diskontna stopa[7]

T – trajanje projekta

Prag prihvatljivosti nekog projekta je nulta čista sadašnja vrijednost ili, jednostavnije rečeno, da bi se projekt smatrao isplativim mora vrijediti [11]:

$$\mathrm{NPV} \geq 0 \tag{3-2}$$

Izrazito je važno razumjeti NPV metodu jer je ona temelj LCOE metode koja se koristi u analizi.

[6] NPV (Net Present Value) što u hrvatskom prijevodu znači: „Neto sadašnja vrijednost.“ U nastavku rada, pri nekim navodima, neto sadašnja vrijednost bilježit će se kraticom NPV.
[7] Diskontna stopa je svođenje budućeg novčanog iznosa ili primitka na sadašnju vrijednost.

3.2. Aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije (LCOE)

Metoda aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije (LCOE[8] - eng. *levelized cost of electricity*) je metoda pomoću koje se računa prosjek troškova fotonaponskog sustava kroz duži vremenski period. Dakle, LCOE je metoda kod koje se računaju prosječni troškovi proizvodnje električne energije od jednog kilovatsata (kWh) izraženih u NPV (neto sadašnjoj vrijednosti) kroz životni vijek fotonaponskog sustava [12]. Kako bi se pobliže shvatilo ova metodu, može se je opisati kao ekonomska procjena troškova fotonaponskog sustava uključujući sve troškove svog životnog vijeka. Neki od tih troškova su: početna ulaganja, troškovi pogona i održavanja i troškovi kapitala. Osim za fotonaponske sustave, metoda LCOE daje jedinstvenu „mjeru“ koja se može koristiti za usporedbu različitih tipova sustava i elektrana različitih generacija i struktura troškova. Na primjer, LCOE se može koristiti za usporedbu troškova električne energije proizvedene iz fotonaponskog sustava s jedinicom za proizvodnju fosilnih goriva ili drugom obnovljivom tehnologijom. Kod LCOE metode svaki budući trošak mora biti prilagođen sadašnjoj vrijednosti zbog inflacije. Osnovna matematička jednadžba za LCOE metodu izgleda ovako [10]:

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}} \tag{3-3}$$

gdje su:

I_t – troškovi ulaganja u godini t

M_t – troškovi rada i održavanja u godini t

F_t – troškovi goriva u godini t (fotonaponski sustavi ih nemaju)

E_t – proizvedena električna energija u godini t

r – diskontna stopa

n – životni vijek sustava

[8] LCOE (levelized cost of electricity) što u hrvatskom prijevodu znači: „Aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije).“ U nastavku rada, pri nekim navodima, aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije bilježit će se kraticom LCOE.

Pojednostavljeno:

$$\text{LCOE} = \frac{\text{Ukupni troškovi tijekom životnog vijeka}}{\text{Ukupna proizvedena el. energija tijekom životnog vijeka}} \qquad (3\text{-}4)$$

Kako LCOE može spajati različite generacije fotonaponskih sustava, pa tako i fotonaponske sustave s drugim sustavima, treba voditi računa o usporedbi različitih studija LCOE odnosno voditi računa o parametrima. Izvor informacija kao što je LCOE je ovisan o pretpostavkama, uvjetima financiranja i analizi tehnološkog raspoređivanja. Ključni uvjet za analizu metodom LCOE je primjenjivost koja se temelji na opravdanim pretpostavkama. LCOE ima mogućnosti dodavanja parametara, odnosno drugih dodatnih troškova. Tako npr. kod drugih vrsta elektrana može uključiti troškove proizvodnje CO_2 ili troškove dekomisije. S obzirom na činjenicu da se najveći dio ulaganja u proizvodnju električne energije kod fotonaponskih sustava treba obaviti na početku projekta jer su investicijski troškovi najveći, a troškova goriva nema, pojavljuje se prisiljeni trošak kapitala (WACC[9] - eng. *weighted cost of capital*) koji se često naziva i diskontna stopa te ima kritičan utjecaj na LCOE.

3.3. Vrijeme povrata ulaganja (PBP)

Vrijeme povrata ulaganja (PBP[10] - eng. *payback period*) je najmanji broj razdoblja (godina) u kojima će neto novčani tokovi biti veći od investicijskih troškova [11]. Pojednostavljeno, vrijeme povrata ulaganja je vrijeme potrebno da bi se vratilo investicijsko ulaganje. Prema tome, PBP metoda predstavlja najjednostavniji kriterij financijskog odlučivanja [11]. Za razliku od NPV metode, PBP metoda ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca. PBP metoda također ne uzima u obzir ni cijeli životni vijek projekta, nego samo vrijeme potrebno za povrat ulaganja [11]. Prednost metode vremena povrata ulaganja je u tome što teži brzom povratu uloženog kapitala, te tako pridonosi povećanoj likvidnosti projekta. Međutim, nedostatci metode vremena povrata ulaganja su moguće zanemarivanje drugih razvojnih ciljeva te prenaglašena likvidnost. Korištenje PBP metode preporučuje se za projekte s kraćim vijekom, u situacijama kad su troškovi u ekonomskom toku u početnim godinama veći od onih što se pojavljuju kasnije, te kada se u procesu razvoja veliko značenje pridaje što kraćem vremenu

[9] WACC (weighted cost of capital) što u hrvatskom prijevodu znači: „Prisiljeni trošak kapitala.“ U ovom slučaju se WACC može i odnositi na ROI (Return on Investment) odnosno povrat ulaganja.
[10] PBP (payback period) što u hrvatskom prijevodu znači: „Vrijeme povrata ulaganja.“ U nastavku rada, pri nekim navodima, vrijeme povrata ulaganja bilježit će se kraticom PBP.

povrata investicijskih ulaganja. Dakle, kod projekata sa što kraćim vremenom povrata investicijskih troškova smanjuje se rizik ulaganja. Osnovna matematička jednadžba za PBP metodu izgleda ovako [11]:

$$I_t = \sum_{t=1}^{t_p} Vt \tag{3-5}$$

gdje su:

I_t – troškovi ulaganja u godini t

V_t – neto novčani tok u godini t

t_p – razdoblje povrata

Projekt je prihvatljiv ako je vrijeme povrata ulaganja kraće od vremena životnog vijeka projekta. Dakle, vrijeme povrata ulaganja određuje se prema matematičkom obrascu i ne smije biti duže od vijeka projekta (uložena investicija se mora vratiti najkasnije potkraj vijeka projekta).

Karakteristike metode vremena povrata ulaganja su:

- jednostavna za upotrebu
- laka je za izračun i daje jasne rezultate
- favoriziranjem projekata s kraćim vremenom vraćanja investicijskih troškova smanjuje se rizik ulaganja
- povezanost s prosječnom računovodstvenom profitabilnošću
- ne razmatra cjelokupni vijek trajanja projekta
- ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca
- daje određenu sliku o likvidnosti i rizičnosti projekta

Nedostatci metode vremena povrata ulaganja su:

- nije pravi kriterij financijskog odlučivanja
- umjesto ukupne profitabilnosti forsira likvidnost i sigurnost (svojevrsna metoda ocjene rizika, svojevrsno izračunavanje stupnja sigurnosti vraćanja investicijskih troškova)
- ne uključuje standardne profitabilnosti
- zanemarivanje drugih razvojnih ciljeva

U proračunima isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave redovito je potrebno buduće novčane tijekove (prihode i troškove) preračunavati na sadašnje vrijednosti i obrnuto. Pri tome se koristi odgovarajuća diskontna (kamatna) stopa koja se određuje na različite načine, a obično se procjenjuje na osnovu cijene kapitala (vlastitog ili posuđenog) potrebnog za realizaciju investicije. Pozitivan saldo tijek novca (u bilo kojem smjeru) uz zadanu diskontnu stopu (MARR) indikacija je uspješne investicije.

Kod računanja isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave, koriste se dvije metode vremena povrata ulaganja: vrijeme povrata nediskontiranih vrijednosti i vrijeme povrata diskontiranih vrijednosti. Kod vremena povrata ulaganja nediskontiranih vrijednosti izračunava se potreban broj godina (t) da se ukupni prihodi izjednače s ukupnim troškovima. Kod ovog načina nije uračunat efekt vremenske vrijednosti novca. Međutim, kod vremena povrata ulaganja diskontiranih vrijednosti izračunava se potreban broj godina (t) da se ukupni prihodi izjednače s ukupnim troškovima uz uračunat efekt vremenske vrijednosti novca: budući tokovi i prihodi se svode na sadašnju vrijednost uz zadanu diskontnu stopu (MARR). Traži se najmanja vrijednost (t) koja zadovoljava nejednadžbu. Jednadžba koja će se koristiti u proračunu isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave je:

$$\sum_{i=1}^{t} (T_i - P_i) \cdot (1 + k)^{-i} \geq I_t \qquad (3\text{-}6)$$

gdje su:

I_t - troškovi ulaganja u godini t

T_i - trošak i-te godine

P_i - prihod i-te godine

k - interna stopa povrata

t – broj godina

U proračunu isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave pomoću metode vremena povrata ulaganja također je potrebno odrediti neto sadašnju vrijednost (NPV), godišnju vrijednost (PMT), Internu stopu povrata (IRR - eng. *internal rate of return*) i Buduću vrijednost (B). Sve te vrijednosti je moguće odrediti pomoću alata „Microsoft Excel“ koristeći funkcije. Da bi projekt bio isplativ, interna stopa povrata (IRR) mora biti veća od diskontne stope.

4. PRIHODI I TROŠKOVI KUĆNIH FOTONAPONSKIH SUSTAVA

U ovome poglavlju analizirat će se prihodi i troškovi s kojima se susreću investicije kućnih fotonaponskih sustava. Veliki fotonaponski sustavi zahtijevaju velike slobodne površine za njihovu instalaciju dok mali distribuirani izvori koriste sve raspoložive površine kao što su verande, krovovi kuća i pročelja. Bez obzira na instalaciju fotonaponskih modula, iskorištene površine će i dalje izvršavati svoju glavnu funkciju. Dakle, zaključuje se da je ovakav način proizvodnje električne energije pristupačniji i praktičniji „malim“ proizvođačima od drugih tehnologija proizvodnje. Kada je utvrđena površina instalacije kućnog fotonaponskog sustava, potrebno je poznati prihode i troškove koji bi pratili takav jedan sustav.

Prihodi kućnih fotonaponskih sustava predstavljaju dobit za proizvedenu električnu energiju. Prodaja električne energije kod kućnih fotonaponskih sustava se obavlja putem posebnih dvosmjernih brojila po poticajnoj cijeni. Takvu poticajnu cijenu povlaštenih proizvođača električne energije određuju nadležni državni organi. U ovom poglavlju će se detaljnije opisati sustav povlaštenih proizvođača u Republici Hrvatskoj, cijene električne energije od povlaštenih proizvođača, sklapanja ugovora povlaštenih proizvođača s operatorom tržišta, poticanja zajamčenim otkupnim cijenama (feed-in tarife) i poticanja tržišnim premijama.

Općenita podjela troškova bila bi na investicijske troškove te troškove rada i održavanja. Na investicijske troškove se odnosi planiranje, projektiranje i izgradnja dok se troškovi rada i održavanja podrazumijevaju kao materijalni troškovi i popravci. Kod fotonaponskih sustava troškovi rada i održavanja su minimalni ili ih uopće nema. Međutim, investicijski troškovi su nešto viši te je potrebno i više godina kako bi se otplatili.

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava se dijele na:

- Investicijski troškovi za fotonaponske module
- Investicijski troškovi za izmjenjivače
- Investicijski troškovi za regulatore napona i punjenje baterija (otočni sustav)
- Investicijski troškovi za akumulatore (otočni sustav)
- Ostali investicijski troškovi
- Troškovi projektantsko-konzultantskih usluga
- Troškovi montaže opreme

Troškovi rada i održavanja fotonaponskog sustava dijele se na:

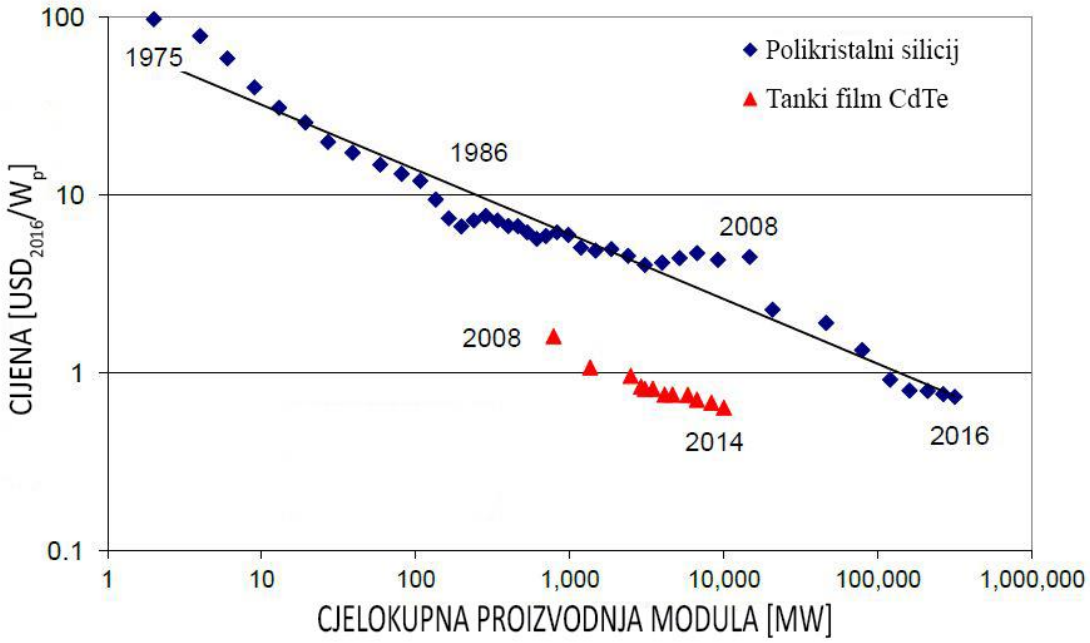
- Fiksne troškove (troškovi administracije, planirano i neplanirano održavanje, porez na imovinu, anuiteti i kamate na zajmove, premije osiguranja itd.)
- Varijabilne troškove (uključuje potrošnju pomoćnih materijala te također uključuje troškove popravka i održavanja koji nisu pokriveni osiguranjem i jamstvima)

Investicijski troškovi otočnih sustava znatno su veći od troškova fotonaponskih sustava koji su spojeni na mrežu. Razlog je taj što kod otočnog sustava su potrebne komponente kao što su regulator punjenja i pražnjenja, akumulatorske baterije i regulator istosmjernog napona. Također, kod fotonaponskog sustava koji je spojen na mrežu koristi se mrežni pretvarač koji je manje snage i mnogo jednostavniji nego kod otočnog sustava. Što se tiče troškova rada i održavanja, ti troškovi su također viši kod otočnih sustava jer oni zahtijevaju mijenjanje i održavanje akumulatorske baterije. U ostale investicijske troškove ubrajaju se komponente kao što su brojila, sklopke za odvajanje, zaštitnu opremu i sl.

Tematika idućeg dijela poglavlja bazirat će se na analizi i uspoređivanju troškova i cijena kućnih fotonaponskih sustava. Dakle, detaljno će se pojasniti pojedini troškovi te njihov ukupan zbroj po pojedinom vremenskom razdoblju. Već je utvrđeno da se fotonaponski sustavi dijele na tri generacije, a razlikujemo kućne fotonaponske sustave i fotonaponske sustave velikih snaga. Prva generacija fotonaponskih sustava temelji se na tehnologiji proizvodnje ćelija pomoću monokristalnog i polikristalnog silicija, a druga generacija podrazumijeva proizvodnju ćelija pomoću tankog filma CdTe (kadmijeva telurida). Treća generacija proizvodnje ćelija fotonaponskih sustava je još u razvoju te njezin udio na tržištu je zanemariv. Prva generacija još uvijek dominira tržištem i još uvijek je najzastupljenija u proizvodnji fotonaponskih ćelija. Zna se da je tokom zadnjih desetljeća cijena fotonaponskih modula drastično pala, dok se prosječna prodajna cijena fotonaponskih modula smanjila za 20% za svako udvostručenje obujma proizvodnje. Zanimljivo je napomenuti da je cijena fotonaponskih modula između 2004. i druge polovice 2008. godine ostala poprilično konstantna. Ta cijena je iznosila otprilike USD_{2016} po 4 do 4.5 Wp[11] [10]. Taj konstantan iznos cijene je usko povezan s privremenim nedostatkom polikristalnog silicija što je omogućilo razvitak tehnologija proizvodnje fotonaponskih ćelija pomoću tankog filma CdTe (kadmijeva telurida). Između 2008. i kraja 2012. godine došlo je do

[11] USD_{2016} po 4 do 4.5 Wp – što u hrvatskom prijevodu znači: „jedan američki dolar (tečaj 2016. godine) po 4 do 4.5 (watt peak) vata vršne snage.“

ogromnog pada cijena modula do čak 80% što je dovodilo do ozbiljnih financijskih problema za sve tvrtke [10]. Na slici 4.1. može se vidjeti taj drastičan pad cijena koji je posljedica velikih ulaganja u tehnologije fotonaponskih sustava i širenje njihovih kapaciteta. Osim navedenih investicijskih troškova fotonaponskog modula obradit će se i ostali troškovi te iznijeti kompletni statistički podatci za nekoliko godina kako bi se stekao kompletan dojam investiranja u fotonaponski sustav.



Sl. 4.1. Krivulja cijene za fotonaponske module (prosječna prodajna cijena) [10, str. 44].

Važno je napomenuti kako kod fotonaponskih sustava nemamo troškove emisije CO_2 i troškove dekomisije kao kod nekih ostalih elektrana, ali valja izraziti zabrinutost kod proizvodnog procesa fotonaponskih ćelija gdje postoji štetan utjecaj na okoliš. Dakle, zabrinutost je prisutna iz razloga što proces proizvodnje fotonaponskih ćelija zahtijeva otrovne metale poput žive, olova i kadmija, a uz to proces proizvodnje rezultira i stvaranjem ugljikovog dioksida koji je stakleнički plin i uglavnom odgovoran za učinak globalnog zatopljenja [1].

4.1. Prihodi kućnih fotonaponskih sustava

Kućni fotonaponski sustavi pripadaju u obnovljive izvore energije pa samim time i u kategoriju povlaštenih proizvođača električne energije. Povlašteni proizvođač je energetski subjekt koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je

usklađen sa zaštitom okoliša [9]. Posljedica uvođenja cijena za povlaštene proizvođače je težnja smanjenju zagađenja i smanjenju uvoza električne energije, odnosno poticanje proizvodnje vlastite električne energije. Proizvedena električna energija ovisi o više čimbenika kao što su: osunčanost, zasjenjenje, nagib, orijentacija, unutarnji gubici sustava itd. Prihodi od prodaje lako se izračunaju na temelju proizvedene električne energije i otkupne cijene. Cijena proizvedene električne energije može biti sklopljena ugovorom, veleprodajna cijena ili cijena koja se određuje za dan unaprijed. U Europi, pa tako i u Republici Hrvatskoj najčešća opcija je sklapanje ugovora na duži vremenski period (tzv. feed-in tarifa). Feed-in tarifa ili sustav poticanja zajamčenom otkupnom cijenom oblik je poticanja proizvodnje električne energije iz proizvodnih postrojenja ili proizvodnih jedinica koje koriste obnovljive izvore energije i visokoučinkovite kogeneracije priključne snage do uključujući 30 kW, kojim se nositelju projekta izgradnje proizvodnog postrojenja ili proizvodne jedinice za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije omogućava sklapanje ugovora o otkupu električne energije zajamčenom otkupnom cijenom s operatorom tržišta električne energije [19]. Feed-in model sadrži dva oblika poticaja, a to su minimalna cijena otkupa i premija povrh tržišne cijene. Minimalna cijena otkupa se postavlja pomoću određene metodologije koju propisuje vlada neke države, a provodi je operator tržišta. Premija povrh tržišne cijene je naknada (dodatak) koja se također isplaćuje proizvođaču električne energije iz obnovljivih izvora. Dakle, može se zaključiti da ovim načinom postavljanja cijena električne energije proizvođači iz kućnih fotonaponskih elektrana dobivaju fiksnu zajamčenu tarifu tijekom određenog broja godina. Opskrbljivač električne energije koji je kasnije prosljeđuje kupcu ima obvezu plaćati proizvođaču obnovljive energije cijenu koja je unaprijed određena [1]. Cijena se obično ugovara na dulji niz godina kako bi proizvođač obnovljive energije imao siguran prihod i ona obično varira ovisno o vrsti obnovljivog izvora, jer su investicijski troškovi za pojedine obnovljive izvore znatno veći od drugih ili primjerice država želi poticati točno određeni obnovljivi izvor [1]. Prednost ovakvog modela određivanja cijena električne energije je što proizvođač unaprijed ima zajamčenu cijenu po kojoj prodaje električnu energiju. Međutim, nedostatak ovakvog modela je prikazan time što u zadnjih nekoliko godina su cijene fotonaponskih modula drastično padale (drastičan porast proizvodnih kapaciteta), a samim time su i naknade za povlaštene proizvođače iz kućnih fotonaponskih sustava manje i stoga će u budućnosti biti potrebno osmisliti drugi model.

Hrvatski operator tržišta električne energije (HROTE) je regulacijski organ koji obavlja djelatnost organiziranja tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj pod nadzorom Hrvatske energetske regulatorne agencije [9]. Također, temeljne djelatnosti HROTE-a su i poticanje

proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije pa tako i iz kućnih fotonaponskih sustava. Osnovne zadaće HROTE-a na tržištu električne energije su sljedeće: donošenje pravila djelovanja tržišta električne energije, vođenje evidencije subjekata na tržištu električne energije, evidentiranje ugovornih obveza između subjekata na tržištu električne energije, izrada tržišnog plana za dan unaprijed, obračun električne energije uravnoteženja, analiziranje tržišta električne energije i predlaganje mjera za njegovo unapređenje [9].

Vezano za povlaštene proizvođače, HROTE ima slijedeće zadaće [9]:

- sklapanje ugovora o otkupu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije s povlaštenim proizvođačima koji imaju pravo na poticajnu cijenu
- sklapanje ugovora sa svim opskrbljivačima radi provođenja uredbe o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije koji su proizveli povlašteni proizvođači s pravom na poticajnu cijenu
- prikuplja sredstva s naslova naknade za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije od opskrbljivača
- prikuplja sredstva s naslova prodaje električne energije proizvedene u postrojenjima obnovljivih izvora energije i kogeneracije
- obračunava i raspodjeljuje poticajnu cijenu na povlaštene proizvođače temeljem sklopljenih ugovora

Tab. 4.1. Tarifni modeli za povlaštene proizvođače kućnih fotonaponskih sustava doneseni na snagu po pojedinim godinama u Republici Hrvatskoj prema podatcima iz literature „Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [22][23][24].

		Tarifni modeli doneseni na snagu pojedine godine		
		2007.	**2012.**	**2013.**
Fotonaponski sustavi instalirane snage do uključivo 10 kW	*[kn/kWh]*	3,40	2,63	1,91
Fotonaponski sustavi instalirane snage veće od 10 do uključivo 30 kW	*[kn/kWh]*	3,00	2,23	1,70

U tablici 4.1. mogu se vidjeti tarifni sustave za povlaštene proizvođače, odnosno poticajne cijene električne energije koje HROTE plaća povlaštenim proizvođačima za

isporučenu električnu energiju sukladno tarifnim sustavima koje je donijela Vlada Republike Hrvatske. Dakle, u tablici 4.1. su se prikazale cijene za povlaštene proizvođače koje je donijela Vlada Republike Hrvatske te po kojima su sklapani ugovori sa proizvođačima. Tarifni model koji je određen 2013. godine je trajao sve do novog zakona koji je donesen 10. rujna 2015. godine (stupa na snagu od 1.1.2016.) te koji će se detaljnije objasniti u nastavku. Dakako, ugovori sklopljeni po određenom tarifnom modelu mogu biti korigirani od strane HROTE-a. Pojednostavljeno, HROTE ima mogućnost korekcija poticajnih cijena za sklopljene ugovore za određeni tarifni model.

4.1.1. Tarifni sustav 2007. godine

Prvi tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivh izvora energije i kogeneracije došao je na snagu 2007. godine. Cijena proizvedene električne energije povlaštenih proizvođača za kućne fotonaponske sustave, odnosno sustave snage do 10 kW je iznosila 3,40 kn/kWh. Smanjenje troškova fotonaponskih sustava dovodi do smanjenja poticajnih cijena, pa su samim time na snagu došli i noviji tarifni sustavi.

Tab. 4.2. Korigirane cijene za tarifni model 2007. godine prema podatcima iz literature „HROTE“ [9].

	Indeks potrošačkih cijena za 2012.g.	**Visina tarifne stavke u 2013.g.**	**Indeks potrošačkih cijena za 2013.g.**	**Visina tarifne stavke u 2014.g.**	**Indeks potrošačkih cijena za 2014.g.**	**Visina tarifne stavke u 2015.g.**	**Indeks potrošačkih cijena za 2015.g.**	**Visina tarifne stavke u 2016.g.**	**Indeks potrošačkih cijena za 2016.g.**	**Visina tarifne stavke u 2017.g.**
	4,7%	*[kn/kWh]*	*2,2%*	*[kn/kWh]*	*-0,2%*	*[kn/kWh]*	*-0,5%*	*[kn/kWh]*	*-1,1%*	*[kn/kWh]*
Fotonaponski sustavi instalirane snage do uključivo 10 kW	1,047	4,1046	1,022	4,1949	0,998	4,1865	0,995	4,1656	0,989	4,1198
Fotonaponski sustavi instalirane snage veće od 10 do uključivo 30 kW	1,047	3,6217	1,022	3,7014	0,998	3,694	0,995	3,6755	0,989	3,6351

Novi tarifni sustav iz 2016. godine značajno utječe na cijene elektirčne energije povlaštenih proizvođača koji imaju sklopljene ugovore prema tarifnom sustavu 2007. godine. Dakle, novi tarifni sustav poticajnu cijenu tarifnog sustava iz 2007. godine korigira pomoću indeksa potrošačkih cijena. Tako za npr. ugovor koji je HROTE sklopio s povlaštenim proizvođačem 2007. godine, cijena proizvedene električne energije može se korigirati pomoću

indeksa potrošačkih cijena za tekuću godinu što se može i vidjeti prema podatcima u tablici 4.2. Hrvatski operator prijenosnog sustava i HEP-Operater distribucijskog sustava dužni su od povlaštenog proizvođača preuzeti njegovu ukupno proizvedenu električnu energiju, dok je svaki opskrbljivač dužan, prema propisanim uvjetima, preuzeti minimalni udio električne energije koju su proizveli povlašteni proizvođači u sustavu poticanja [22].

4.1.2. Tarifni sustav 2012. godine

Smanjenjem cijene fotonaponskih modula, a samim time i svih troškova fotonaponskog sustava, dolazi se do smanjenja poticajnih cijena povlaštenih proizvođača električne energije. Tako je nakon 2007. godine na snagu došao novi tarifni sustav s izmjenama poticajnih cijena za proizvedenu električnu energiju. Cijena kućnih fotonaponskih sustava, odnosno integriranih sustava snage do 10 kW je iznosila 2,63 kn/kWh [23].

4.1.3. Tarifni sustav 2013. godine

Izmjena tarifnog sustava 2012. godine se desila vrlo brzo. Već nakon godinu dana, na snagu dolazi novi tarifni sustav koji povlaštenim proizvođačima za proizvedenu električnu energiju nudi cijenu od 1,91 kn/kWh [24]. Ako se cijena tarifnog sustava iz 2013. godine usporedi s cijenom tarifnog sustava iz 2007. godine, dolazi se do zaključka da je smanjenje poticajne cijene električne energije drastično. Tarifni sustav 2013. godine je na snazi do 1.1.2016.

4.1.4. Tarifni sustav 2016. godine

Republika Hrvatska je 10. rujna 2015 godine donijela zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji koji stupa na snagu od 1.1.2016. godine. Prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i viskoučinkovitoj kogeneraciji [25]: „Pomoću zakona se u potpunosti uređuje planiranje i poticanje proizvodnje i potrošnje električne energije proizvedene u proizvodnim postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije, utvrđuju se mjere poticanja, uređuje se provedba sustava poticanja, uređuju se pitanja izgradnje sustava i dr. Također, nastoji se smanjiti štetan utjecaj fosilnih goriva na okoliš, smanjiti uvoz električne energije iz drugih zemalja, povećati vlastitu proizvodnju električne energije i potaknuti razvoj novih tehnologija. Dakle, svrha ovog zakona je ujedno i stvaranje pretpostavki za izgradnju novih proizvodnjih postrojenja iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije kako bi se ostvario nacionalni cij korištenja energije u obnovljivim izvorima energije (minimalno 20% obnovljivih

izvora energije u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije do 2020. godine). Uredbom se utvrđuju kvote proizvodnih postrojenja iz obnovljivih izvora energije za razdoblje od 2016. do 2020. godine za koje će se moći sklopiti ugovor o tržišnoj premiji i ugovori o otkupu električne energije zajamčenom otkupnom cijenom s najpovoljnijim ponudžačima, pri čemu se u ispunjenju kvote ubrajaju i već dosad sklopljeni ugovori o otkupu električne energije te uvjeti natječaja, rokovi, način provedbe natječaja za prikupljanje ponuda.“ Dakle, pomoću ovog zakona donesena su dva modela poticanja povlaštenih proizvođača iz obnovljivih izvora, a to su: poticanje pomoću zajamčene otkupne cijene (feed-in model) za povlaštene proizvođače s postojećim ugovorima i poticanje tržišnom premijom. Feed-in tarifa se zakonom ograničila na maksimalnu instaliranu snagu od 30 kW. Kod zajamčene otkupne cijene povlašteni proizvođači imaju sklopljene ugovore s operatorom tržišta električne energije (HROTE). Međutim, cijena nije više konstantna po određenim tarifnim sustavima nego se ona korigira primjenom „Prosječnog godišnjeg indeksa potrošačkih cijena“ kojeg objavljuje Državni zavod za statistiku. Prema novom zakonu, HROTE provodi javnu nabavu kroz koju se odabiru povlašteni proizvođači električne energije i na taj način sklapaju ugovore o tržišnoj premiji. Poticanje tržišnom premijom dolazi na snagu zbog iscrpljenih novčanih resursa za povlaštene proizvođače. Prema tome, može se reći da je ovaj tarifni model „prijelazni period“ kako bi se napunili novčani resursi za povlaštene proizvođače. Prema ovom zakonu, investitora se obvezuje da dio proizvedene energije putem dvosmjernih brojila i sam troši po određenoj cijeni, te takvom kompenzacijom se mogu steći određene benificije. Tržišna premija je jednaka razlici između vrijednosti električne energije koja je određena ugovorom i tržišne cijene električne energije u određenom obračunskom razdoblju (obično je to jedan mjesec). Tržišna premija se računa prema [25]:

$$\mathrm{TP_i} = \mathrm{RV} - \mathrm{TC_i} \tag{4-1}$$

gdje je:

TP_i - tržišna premija za svako pojedino proizvodno postrojenje ili proizvdnu jedinicu u obračunskom razdoblju

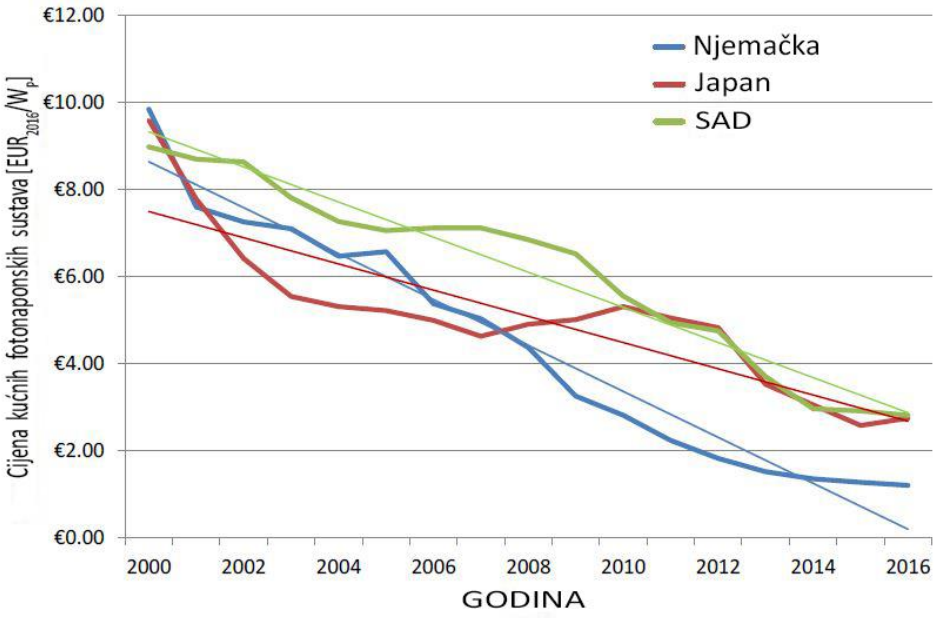
RV- referentna vrijednost električne energije utvrđena ugovorom o tržišnoj premiji iskazana u kn/kWh

TC_i – referentna tržišna cijena električne energije u obračunskom razdoblju iskazana u kn/kWh

Tržišna premija je jednaka nuli ukoliko je tržišna cijena veća od ugovorenog iznosa premije. Ovim zakonom je također donesena odluka da svi krajnji kupci električne energije plaćaju naknadu od 0,105 kn/kWh za obnovljive izvore energije i kogeneracije [25]. Dakle, prilikom investiranja u kućni fotonaponski sustav izrazito je važno informirati se o uvjetima trenutačne cijene električne energije za povlaštenog proizvođača i o uvjetima ugovora koji bi se trebao sklopiti s tržišnim operatorom.

4.2. Troškovi kućnih fotonaponskih sustava

Kako je već utvrđeno, pomoću LCOE (aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije) metode obrađuju se podatci i računa prosjek troškova fotonaponskih sustava kroz određeni vremenski period. Dakle, u ovom poglavlju predstavit će se podatci o troškovima i cijene za fotonaponske sustave u svijetu, a ti podatci se dobivaju upravo pomoću LCOE metode i računanja prosjeka troškova fotonaponskog sustava. Na slici 4.2. može se vidjeti način kretanja cijena fotonaponskih sustava u zadnjih 16 godina u Njemačkoj, Japanu i SAD-u. Razlikuje se fiksni i varijabilni dio cijena. Fiksni dio čine investicijski troškovi, troškovi rada i održavanja i ostali troškovi (mogu varirati između različitih država). Varijabilni dio cijena čine porez, kamate i ostali čimbenici kao što su razne subvencije i poticaji za države u kojima je slabije sunčevo zračenje, poticaji za razvoj fotonaponskih tehnologija i sl. Ukratko rečeno, varijabilni dio cijena je različit za sve države te se on nastoji izbaciti iz analize zbog velikih varijacija.



Sl. 4.2. Razvoj cijena kućnih fotonaponskih sustava od 2000. do 2016. godine [10, str. 50].

U rujnu 2016. godine prosječna cijena kućnog fotonaponskog sustava bez poreza u svijetu iznosila je 1,67 USD/W_p (1,49 EUR/W_p) što je 25% više nego u Europi s 1,21 EUR/W_p ili Australiji. Europska cijena za fotonaponski sustav je 1350 EUR/kWp bez financiranja i PDV-a za 2016. godinu [10]. U sve većem broju zemalja, proizvodnja električne energije iz kućnih fotonaponskih sustava može biti jeftinija od varijabilnog dijela cijena električne energije. Vlastita potrošnja kućnih fotonaponskih sustava u prosjeku iznosi oko 25-30% kapaciteta, dok se ostatak energije daje mreži. Naravno, tu postoji pitanje kakva bi cijena električne energije koja se predaje mreži trebala biti, no to isto ovisi o pojedinoj državi, da li je ta cijena sklopljena ugovorom, veleprodajna cijena ili je to cijena za dan unaprijed. Prosječna cijena električne energije u 2016. godini iznosi od 2,9 do 3,5 EURcent/kWh[12] za procijenjeni vijek trajanja fotonaponskog sustava od 20 godina (nakon tog vremena se očekuje pad kapaciteta fotonaponskog sustava) [10].

Kod analize kućnih fotonaponskih sustava, troškovi rada i održavanja uzimaju vrijednost od 2% godišnje što je nešto više nego u drugim analizama (2% za 2016 godinu, a za većinu prijašnjih godina se uzimala vrijednost od 1.5%). Razlog ovakvoj vrijednosti troškova rada i održavanja fotonaponskog sustava je uzimanje u obzir predvidive popravke i troškove zamjene komponenata poput izmjenjivača (kojemu je vijek trajanja oko 10 godina), kao i godišnje degradacije fotonaponskih modula.

Tab. 4.3. Prosjek troškova električne energije proizvedene za kućne fotonaponske sustave s cijenom od 1350 EUR/kWp (bez PDV-a, jer su varijacije u različitim zemljama velike), 2% troškova rada i održavanja, godišnja proizvodnja od 1000 kWh/kWp/godišnje i financijske životne dobi od 20 godina prema podatcima iz literature „PV Status Report 2016“ [10].

	Cijena	**LCOE**	**LCOE**			**LCOE**	**LCOE**		
	[EUR/kWp]	*Proizvod*	*Kapital*			*Rad i održavanje*	*Ukupno*		
Povrat ulaganja		0%	3%	5%	10%		3%	5%	10%
		[EURcent/kWh]							
Oprema FN sustava	910	4,55	1,39	2,40	5,17	1,82	7,76	8,77	11,54
Instalacija FN sustava	300	1,50	0,46	0,79	1,70	0,60	2,56	2,89	3,80
Ostalo (osiguranja, dozvole itd.)	140	0,70	0,21	0,37	0,79	0,28	1,19	1,35	1,77
Ukupno	1350	6,75	2,06	3,56	7,66	2,70	11,51	13,02	17,12

[12] EURcent/kWh – Novčana valuta cent (100 cent = 1 EUR) po kilovat-satu proizvedene energije.

Tab. 4.4. Prosjek troškova električne energije proizvedene za kućne fotonaponske sustave s cijenom od 1350 EUR/kWp (bez PDV-a, jer su varijacije u različitim zemljama velike), 2% troškova rada i održavanja, godišnja proizvodnja od 1300 kWh/kWp/godišnje i financijske životne dobi od 20 godina prema podatcima iz literature „PV Status Report 2016“ [10].

	Cijena	**LCOE**	**LCOE**			**LCOE**	**LCOE**		
	[EUR/kWp]	*Proizvod*	*Kapital*			*Rad i održavanje*	*Ukupno*		
Povrat ulaganja		0%	3%	5%	10%		3%	5%	10%
		[EURcent/kWh]							
Oprema FN sustava	910	3,50	1,07	1,85	3,97	1,40	5,97	6,75	8,87
Instalacija FN sustava	300	1,15	0,36	0,61	1,31	0,47	1,97	2,23	2,93
Ostalo (osiguranja, dozvole itd.)	140	0,54	0,16	0,28	0,61	0,22	0,92	1,04	1,37
Ukupno	1350	5,19	1,59	2,75	5,90	2,08	8,85	10,01	13,17

U tablici 4.3. i 4.4. prikazali su se kompletni procijenjeni podatci troškova i cijena kućnih fotonaponskih sustava u 2016. godini za sustav od 1000 kWh/kWp/godišnje i za sustav od 1300 kWh/kWp/godišnje. Najzanimljiviji podatak je prosječan trošak ukupne instalacije fotonaponskih sustava čija bi cijena iznosila 1350 eura po kilovatu vršne vrijednosti snage (EUR/kWp). Također su se naveli i podatci o povratu ulaganja za slučaj od 3%,5% i 10% izraženih u centima po kilovat-satu. Prosječna cijena proizvedene električne energije krajem 2015. godine u Europi je iznosila 0,211 EUR/kWh, uključujući fiksne troškove [10]. Važna je napomena kako je to prosječna cijena i uzimaju se obzir fotonaponski sustavi većih i manjih snaga (različite cijene električne energije za različite fotonaponske sustave). Fiksni troškovi mogu varirati čak od 20 do 170 EUR, ovisno o državi članici i pružatelju električne energije, a isto vrijedi i za varijabilni dio cijene električne energije koji može varirati od 0,075 do 0,26 EUR/kWh [10]. Električna energija proizvedena iz fotonaponskih sustava za opcije financiranja manjih povrata ulaganja već je jeftinija za velik broj građana Europske unije. Bez podrške, profitabilnost fotonaponskog sustava prvenstveno ovisi o samostalnoj potrošnji vlasnika, jer ukoliko vlasnik troši ekonomično proizvedenu električnu energiju, manje je mora kupiti od drugih izvora. U slučaju većeg fotonaponskog sustava koji proizvodi električnu energiju cijele godine za vlastitu potrošnju vlasnika, stvarna potrošnja takvog sustava iznosi samo oko 30% ako se ne primjenjuje promjena potražnje ili lokalna pohrana. Stoga je 70% proizvedene električne energije potrebno prodati na mrežu. Kod prodaje proizvedene energije postoje također varijacije, jer treba odlučiti da li se električna energija prodaje po ugovoru, veleprodajnoj cijeni ili se cijena

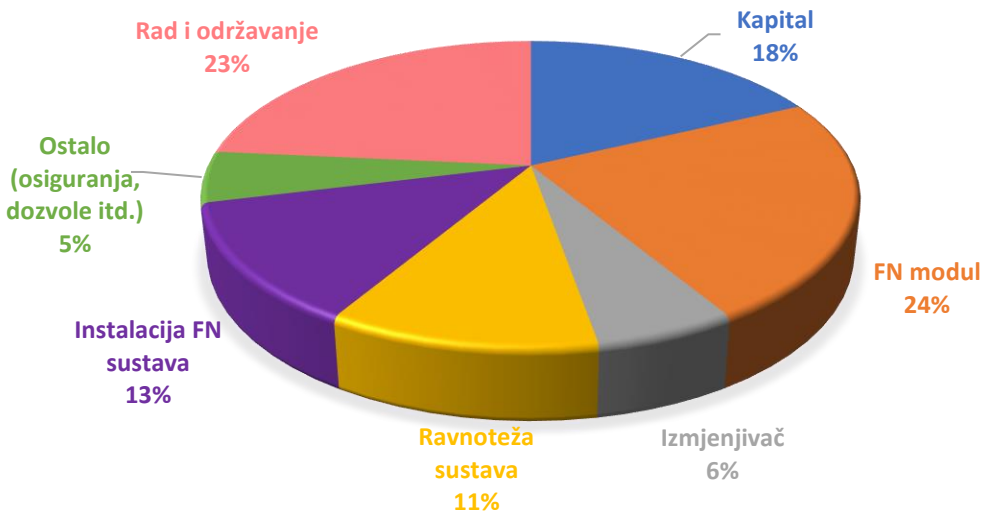
utvrđuje za dan unaprijed. Prva opcija za poboljšanje profitabilnosti je povećanje vlastite potrošnje, odnosno korištenje električnih aparata poput perilice, perilice posuđa, bojlera tijekom dana dok je prisutno sunčevo zračenje. Takva profitabilnost je vrlo bitna u ovakvim sustavima, jer ukoliko se vlastita potrošnja energije dešava preko noći, tada ne postoji sunčevo zračenje što znači da fotonaponski sustav ne proizvodi energiju te je vlasnik primoran kupovati energiju iz stranog izvora. Druga opcija je korištenje elemenata za skladištenje energije. Dakle, navele su se sve varijacije troškova i cijena koje su moguće od jednog fotonaponskog sustava do drugog te se zaključuje da je to poprilično velik spektar varijacija. Stoga, prije početka projekta jednog fotonaponskog sustava trebaju se uzeti u obzir sve ove činjenice.

Tab .4.5. Prosjek troškova električne energije proizvedene za kućne fotonaponske sustave s cijenom od 1400 EUR/kWp (bez PDV-a, jer su varijacije u različitim zemljama velike), 1,5% troškova rada i održavanja, godišnja proizvodnja od 1000 kWh/kWp/godišnje i financijske životne dobi od 20 godina prema podatcima iz literature „PV Status Report 2014“ [15].

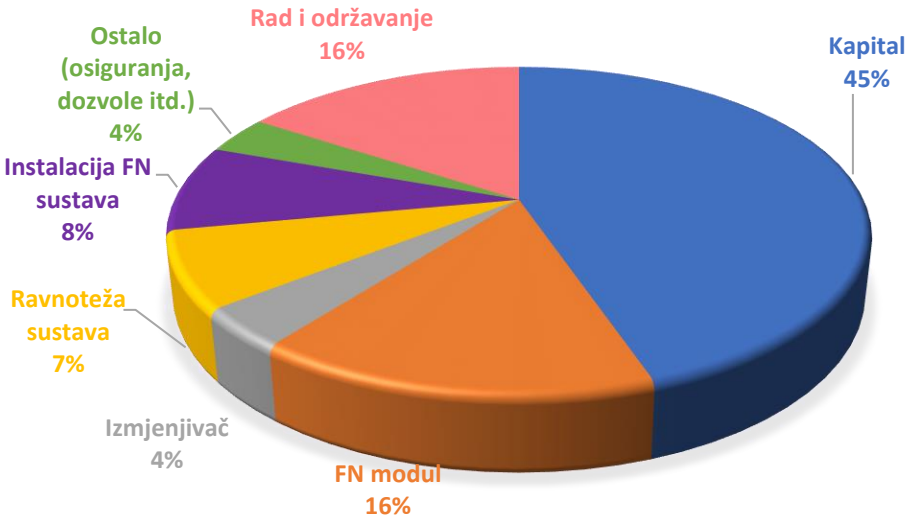
	Cijena	**LCOE**	**LCOE**			**LCOE**	**LCOE**		
	[EUR/kWp]	*Proizvod*	*Kapital*			*Rad i održavanje*	*Ukupno*		
Povrat ulaganja		0%	3%	5%	10%		3%	5%	10%
		[EURcent/kWh]							
Fotonaponski modul	560	2,80	0,85	1,48	3,18	1,12	4,77	5,40	7,10
Izmjenjivač	140	0,70	0,21	0,37	0,79	0,28	1,19	1,35	1,77
Ravnoteža sustava	270	1,35	0,41	0,71	1,53	0,54	2,30	2,60	3,42
Instalacija FN sustava	300	1,50	0,46	0,79	1,70	0,60	2,56	2,89	3,80
Ostalo (osiguranja, dozvole itd.)	130	0,65	0,20	0,34	0,74	0,26	1,11	1,25	1,65
Ukupno	1400	7,00	2,14	3,70	7,95	2,80	11,94	13,50	17,70

U tablici 4.5. nalaze se podatci za 2014. godinu koji su izneseni da se dobije uvid u troškove i cijene fotonaponskih sustava prijašnjih godina. Ova podjela sadrži troškove ravnoteže sustava (eng. *balance of system*). Troškovi ravnoteže sustava sastoje se od svih komponenti fotonaponskog sustava (osim fotonaponskih modula). Dakle, oni sadrže: ožičenja (koja moraju biti odvojena za izmjenične i istosmjerne dijelove sustava), sklopke, sustave za montažu, troškove konstrukcijskog sustava (stalci, strukture, priprema mjesta i podloge), baterije i punjače baterija kod otočnih sustava. Također mogu sadržavati ostale neobavezne komponente kao što su: GPS za praćenje sunčeva zračenja, softver za upravljanje energijom, koncentratore, senzore

sunčevog zračenja itd. Očito da cijena fotonaponskih modula je drastično padala s godinama te je došla na tu razinu da se ne očekuje njezino daljnje naglo smanjenje. Stoga se u fotonaponskoj tehnologiji sve više okreće smanjenju troškova ravnoteže sustava kako bi se smanjio kompletan LCOE fotonaponskih sustava. Trošak ravnoteže sustava također varira između različitih država. Od 2008. do 2012. godine trošak ravnoteže sustava je za kućne fotonaponske sustave pao i do 26% [15]. Na slikama 4.3. i 4.4. vidi se točna podjela pojedinih troškova kod fotonaponskog sustava za vrijednosti povrata ulaganja od 3% i 10%. Dakle, očito se može ukazati na važnost početnog kapitala pri sustavima gdje je poželjan veći postotak povrata ulaganja.



Sl. 4.3. Prosječni troškovi za povrat ulaganja od 3% prema podatcima iz literature „PV Status Report 2014“ [15].



Sl. 4.4. Prosječni troškovi za povrat ulaganja od 10% prema podatcima iz literature „PV Status Report 2014“ [15].

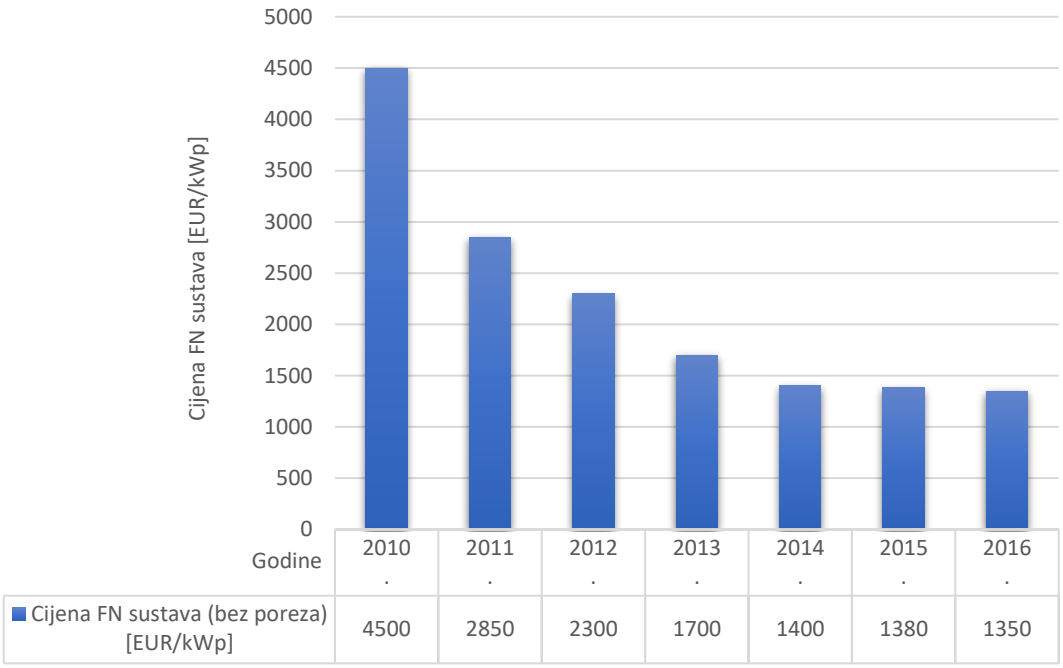
Tab. 4.6. Kretanje cijena kućnih fotonaponskih sustava i cijene proizvedene električne energije kroz različite godine prema podatcima iz literatura „Solarni sustavi, PV Status Report 2016, PV Status Report 2014, PV Status Report 2013, PV Status Report 2012, PV Status Report 2011, Eurostat - statistički ured Europske Unije i Current and Future Cost of Photovoltaics“ [1][10][13][14][15][16][17][18].

		1980.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.
Cijena FN sustava (bez poreza)	*[EUR/kWp]*	> 30000	4500	2850	2300	1700	1400	1380	1350
Prosječne cijene proizvedene el. Energije [EU]	*[EUR/kWh]*	> 2	0,270	0,203	0,197	0,201	0,208	0,211	0,205

Kao zaključak ovog poglavlja, u tablici 4.6. prikazali su se podatci cijena kućnih fotonaponskih sustava i cijene proizvedene električne energije (prema podatcima iz „Eurostat – statističkog ureda Europske Unije“ te treba naglasiti da su to prosječne cijene električne energije u Europi) kroz različite godine. Dakako, cijene u Republici Hrvatskoj nešto odstupaju od prosječnih Europskih cijena. Prema HROTE-u, tarifni model je sadržavao cijenu od 1,91 kn/kWh za povlaštene proizvođače iz kućnih fotonaponskih sustava, dok je od 2016. godine pa nadalje stupio na snagu novi zakon prema kojemu se cijena nešto smanjila. U razdoblju od 2010. do 2016. godine vlada očiti pad cijene kućnih fotonaponskih sustava što se može vidjeti i na grafičkom prikazu na slici 4.5. Kad bi se usporedile cijene fotonaponskih sustava instaliranih 1980. godine s današnjim cijenama, vidi se smanjenje i to za više od tridesetak puta. S obzirom na prvotnu proizvodnju fotonaponskih modula, koja se uglavnom vodila ručno i u malim serijama, današnja je proizvodnja fotonaponskih modula visoko tehnološki razvijena. Fotonaponske ćelije i moduli se danas rade automatizirano i u velikim serijama te upravo zbog toga im cijene stalno padaju [1]. Pri tome im temeljne bitne tehničke karakteristike ostaju iste, a s vremenom se i poboljšavaju uz očit postupan pad cijena na fotonaponskom tržištu [1]. Pošto je u sadašnjosti cijena fotonaponskih modula relativno niska za razliku od prijašnjih godina, očekuje se njezin daljnji pad ali i pad cijena ostalih troškova vezanih za instalaciju fotonaponskih sustava. Naravno, padom cijena fotonaponskih sustava, očekuje se povećanje tržišta tih tehnologija kao i povećanje proizvodnje energije iz fotonaponskih izvora.

Prema Hrvatskom operatoru tržišta energije (HROTE), krajem lipnja 2016. instalirano je 44,98 MW fotonaponskih sustava a s još 12 projekata za izgradnju od 9,39 MW su već potpisani ugovori [10]. O brzini razvijanja kućnih fotonaponskih sustava u Hrvatskoj govori podatak da je

na kraju 2013. godine bilo instalirano 18.6 MW, a u rujnu 2014. godine 30.2 MW kapaciteta te po tome se zaključuje u kojem smjeru fotonaponska tehnologija napreduje i kod nas [15].



Sl. 4.5. Kretanje cijena kućnih fotonaponskih sustava od 2010. do 2016. godine.

Cijene proizvedene električne energije iz kućnih fotonaponskih sustava se kreću od 0.19 EUR/kWh do 0.27 EUR/kWh ovisno o godini. Treba naglasiti kako su to prosječne cijene za Europsko tržište koje ima većinski udio instaliranih fotonaponskih sustava. Dakako, cijene električne energije za Aziju i SAD mogu se poprilično razlikovati od ovih cijena.

5. PRORAČUN ISPLATIVOSTI ULAGANJA U KUĆNE FOTONAPONSKE SUSTAVE

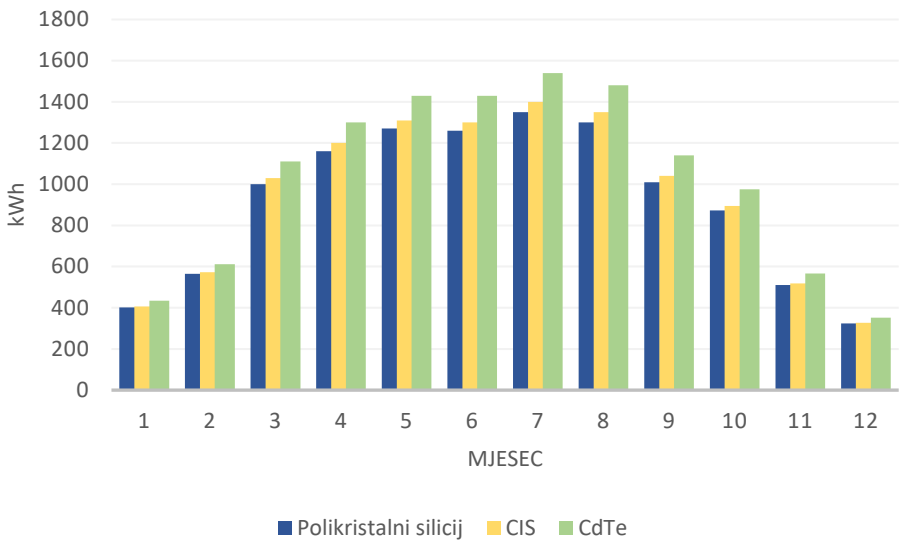
U ovom poglavlju obrađen je proračun isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave. Proračun isplativosti obrađen je pomoću dvije metode koje su se prikazale u prethodnim poglavljima, a to su metoda aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije (LCOE) i metoda vremena povrata ulaganja (PBP). Svi novčani tokovi (prihodi i troškovi kućnih fotonaponskih sustava) potrebni za proračun su se također predstavili u prethodnim poglavljima. Proračun o isplativosti se analizira za pet zadnjih godina kako bi se stekao kompletan uvid u stanje fotonaponskih sustava kroz različita razdoblja te kako bi se došlo do određenih zaključaka. Iako je prosječan životni vijek fotonaponskog sustava znatno veći, u proračunu se uzima prvih 20 godina u obzir zbog njegove maksimalne učinkovitosti (iskoristivost fotonaponskog sustava znatno opada nakon 20-tak godina). Za obje metode proračuna isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave je potrebno izraditi algoritam u alatu „Microsoft Excel“.

Proračun o godišnjoj proizvedenoj električnoj energiji moguće je dobiti iz alata „PVGIS“ za grad Osijek [21]. PVGIS je alat koji za zadanu geografsku duljinu i širinu, instaliranu snagu sustava, kut upada sunčevog zračenja i orijentaciju fotonaponskih modula daje podatke o proizvedenoj električnoj energiji određenog područja za određeno razdoblje.

Tab. 5.1. Proračun godišnje proizvedene električne energije za grad Osijek za tri različita materijala proizvodnje fotonaponskih modula prema podatcima iz literature „PVGIS“ [21].

Polikristalni silicij	*[kWh]*	11000
CIS	*[kWh]*	11300
CdTe	*[kWh]*	12400

U tablici 5.1. izneseni su podatci o godišnjoj proizvodnji električne energije za tri materijala izrade fotonaponskih modula. Kao što se navelo u ranijim poglavljima, 2008. godine se desio privremeni nedostatak materijala silicija, ali bez obzira na tu krizu, upravo taj materijal je još uvijek najzastupljeniji u proizvodnji fotonaponskih modula. Prema tome, u proračunu se koristi podatak o proizvodnji energije iz fotonaponskih modula koji su načinjeni od polikristalnog silicija. Također, pri proračunu je korišteno: integrirani kućni fotonaponski sustav vršne snage 10 kWp, kut nagiba fotonaponskih modula od 33º, fotonaponski moduli orijentirani prema jugu, a gubici u sustavu su odabrani na 14%. Prema slici 5.1. može se grafički uočiti razlika pri proizvodnji električne energije za pojedini tip fotonaponskog modula.



Sl. 5.1. Godišnja proizvodnja električne energije za različiti tip fotonaponskih modula.

Zbog novog tarifnog sustava koji je stupio na snagu 2016. godine, te novog načina poticanja povlaštenih proizvođača električne energije u proračunu povrata ulaganja u kućne fotonaponske sustave u obzir će se uzeti nešto drugačije pretpostavke nego kod preostalih proračuna. Pretpostavit će se da investitor koristi pogodnosti novog tarinfnog sustava, odnsno sustav s dvosmjernim brojilom koji prati proizvodnju i potrošnju sustava te višak proizvedene energije predaje opskrbljivačima. Dakle, u ovom proračunu se u obzir uzima kućni fotonaponski sustav sustav snage 5 kW. Također, u proračunu se koristi prosječna potrošnja električne energije u Republici Hrvatskoj koja iznosi 3500 kW godišnje. Pri potrošnji električne energije, u obzir se uzela visoka tarifa od 66% u odnosu na nisku tarifu za kategoriju kućanstvo [26]. Naravno, valja istaknuti kako pri proračunu za 2016. godinu zbog novog zakona i tarifnog sustava, postoji više pretpostavki a samim time i varijacija na koje se može utjecati. Jedna od tih varijacija se spomenula u poglavlju o prihodima gdje se naveo način poticanja tržišnom premijom. Potrošena električna energija također može imati značajne varijacije između različitih kućanstava. Primjećuju se odstupanja čak i na mjesečnoj bazi, što znači da bi za period od 20 godina bila značajno i veća. Naravno, pri proračunu se uzima najoptimalniji podatak.

Da bi se uspješno obavio navedeni proračun, potrebno je objasniti status kupca s vlastitom proizvodnjom. Prema literaturi [27]: Kupac s vlastitom proizvodnjom je postojeći ili korisnik mreže koji unutar svoje instalacije ima priključenu elektranu koju koristi za vlastite potrebe, a višak električne energije predaje u elektroenergetsku mrežu. Također, kupac s vlastitom proizvodnjom je korisnik mreže koji na istom obračunskom mjernom mjestu ima

odobrenu priključnu snagu u smjeru kupca i priključnu snagu u smjeru proizvodnje. Naknada za priključenje kupca s vlastitom proizvodnjom na mrežu se izračunava prema naknadi za priključenje kupca i naknadi za priključenje proizvođača, a kupac je dužan platiti samo jednu veću naknadu. Preuzimanje električne energije od kupca s vlastitom proizvodnjom se uređuje ugovorom o opskrbi krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.“ Prema zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji opskrbljivači električne energije su dužni preuzimati viškove električne energije kupaca s vlastitom proizvodnjom koji zadovoljavaju slijedeće uvjete [27]:

- imaju status povlaštenog proizvođača električne energije
- ostvarili su pravo na trajno priključenje na elektroenergetsku mrežu
- ukupna priključna snaga svih proizvodnih postrojenja na jednom obračunskom mjernom mjestu ne prelazi 500 kW
- priključna snaga krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom kao proizvođača ne prelazi priključnu snagu kupca

Za preuzetu električnu energiju od strane opskrbljivača električne energije iz stavka utvrđuje se minimalna vrijednost električne energije preuzete od krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom Ci u obračunskom razdoblju na slijedeći način [27]:

$$\mathrm{Ci} = 0{,}9 \cdot \mathrm{PKCi} \tag{5-1}$$

ako za obračunsko razdoblje vrijedi $E_p \geq E_i$

$$\mathrm{Ci} = 0{,}9 \cdot \mathrm{PKCi} \cdot \frac{\mathrm{Ep}}{\mathrm{Ei}} \tag{5-2}$$

ako za obračunsko razdoblje vrijedi $E_p < E_i$

gdje je:

E_p - ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja

E_i - ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu kupca, unutar obračunskog razdoblja

PKC_i – prosječna jedinična cijena električne energije koju kupac plaća opskrbljivaču za prodanu električnu energiju, bez naknada za korištenje mreže te drugih naknada i poreza, unutar obračunskog razdoblja

Opskrbljivač električne energije može ponuditi krajnjem kupcu s vlastitom proizvodnjom povoljnije uvjete otkupa u odnosu na minimalno propisane uvjete zakonom o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji [27].

Tab. 5.2. Godišnji podatci koji su potrebni za proračun prema tarifnom sustavu 2016. godine prema literaturama: „PVGIS, Tarifne stavke električne energije, HEP, Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][25][26].

Mjesec	**Proizvodnja**	**Potrošnja**	**Vt i Nt**	**Razlika**	**Ci**	**Višak proizvedene energije**
	kWh	*kWh*	*66%*	*kWh*	*kn/kWh*	
1.	212	400	277,52 kn	-188	0,76	0,00 kn
2.	299	375	259,96 kn	-76	0,76	0,00 kn
3.	532	300	208,14 kn	232	0,43	98,91 kn
4.	614	300	208,14 kn	314	0,37	115,99 kn
5.	667	250	173,45 kn	417	0,28	118,16 kn
6.	661	225	155,89 kn	436	0,26	112,20 kn
7.	710	225	155,89 kn	485	0,24	116,20 kn
8.	687	225	155,89 kn	462	0,25	114,39 kn
9.	533	250	173,45 kn	283	0,35	100,35 kn
10.	462	300	208,14 kn	162	0,49	79,53 kn
11.	269	300	208,14 kn	-31	0,76	0,00 kn
12.	170	350	242,83 kn	-180	0,76	0,00 kn
Ukupno:	5816	3500	2.427,44 kn		**Prosjek**: 0,48	855,71 kn
					Ukupna prosječna cijena:	0,56 kn/kWh

U tablici 5.2. se nalaze godišnji podatci potrebni za proračun u 2016. godini. Navodi se proizvodnja i potrošnja električne energije za svaki mjesec, razlika između proizvodnje i potrošnje električne energije te preuzeti višak električne energije od investitora. Nastavak proračuna se obavlja u idućim dijelovima poglavlja. Valja istaknuti kako za navedene cijene u proračunu se nije uzimala u obzir vrijednost PDV-a.

5.1. Proračun pomoću aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije (LCOE)

U ovom dijelu poglavlja obavlja se proračun metodom aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije. U obzir se uzimaju podatci za zadnjih pet godina. Investicijski troškovi, troškovi rada i održavanja i troškovi izmjenjivača nakon 10 godina rada sustava su se smanjivali od 2012. do 2016. godine. Za materijal polikristalnog silicija, prosječna godišnja proizvodnja električne energije u gradu Osijeku iznosi 11000 kWh. Dakako, u obzir se uzima period od 20 godina trajanja sustava, ali se također uzima u obzir i degradacija sustava od 0,5% po godini. Općenito, degradacija znači pogoršavanje ili gubljenje svojstava. Upravo tako i fotonaponski paneli gube svoja svojstva tokom godina rada te ne pružaju maksimalnu učinkovitost kao prve godine od instalacije sustava. Tvrtke koje proizvode fotonaponske module obično daju garancije od 20 do 25 godina te tokom njih garantiraju učinkovitost modula od 80%.

Opću jednadžbu za aktualizirane troškove proizvodnje električne energije je potrebno modificirati za fotonaponske sustave te ona glasi:

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\mathrm{I_t} + \sum_{t=1}^{n} \frac{\mathrm{M_t}}{(1+\mathrm{r})^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{\mathrm{E_t}}{(1+\mathrm{r})^t}} \tag{5-3}$$

gdje su:

I_t – troškovi ulaganja u godini t

M_t – troškovi rada i održavanja u godini t

E_t – proizvedena električna energija u godini t

r – diskontna stopa

n – životni vijek sustava

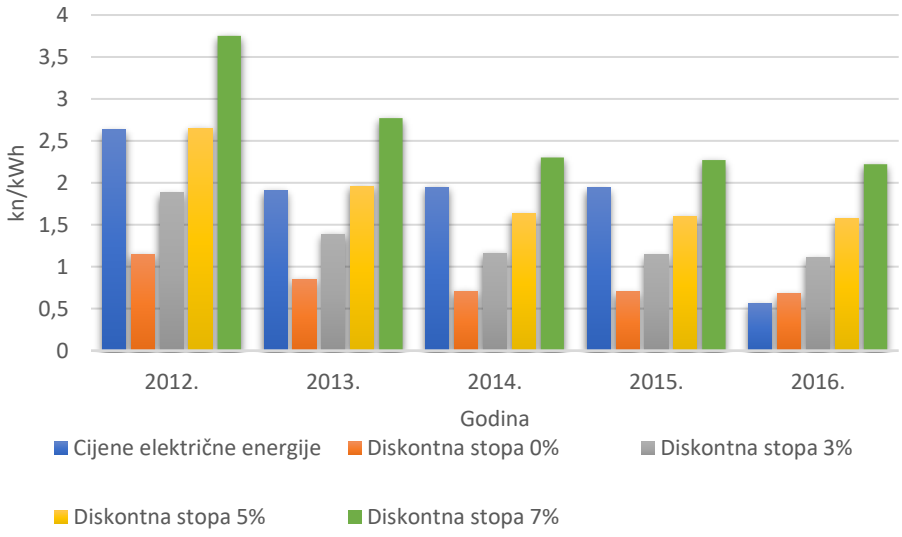
Tab. 5.3. Proračun metodom aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije za sustav snage 10 kWp u periodu od 20 godina prema podatcima iz literatura „PV Status Report 2016, PV Status Report 2014, PV Status Report 2013, PV Status Report 2012, PV Status Report 2011, PVGIS, Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [10][15][16][17][18][21][23][24][25].

Godina		2012.	2013.	2014.	2015.	2016.
Investicijski trošak	*kn*	173.996,61	128.606,19	105.910,98	104.397,97	102.128,45
Troškovi rada i održavanja	*kn*	52.199,00	38.581,80	31.773,20	31.319,40	30.638,60
Izmjenjivač	*kn*	15.352,65	11.347,61	10.591,10	10.439,79	10.212,84
Proizvodnja el. eng. za grad Osijek za cijeli vijek trajanja sustava	*kWh*	209550	209550	209550	209550	209550
Cijene električne energije	*kn/kWh*	2,63	1,91	1,95	1,94	0,56
LCOE						
Diskontna stopa 0%	*kn/kWh*	1,15	0,85	0,71	0,70	0,68
Diskontna stopa 3%	*kn/kWh*	1,88	1,39	1,16	1,14	1,11
Diskontna stopa 5%	*kn/kWh*	2,65	1,96	1,63	1,60	1,57
Diskontna stopa 7%	*kn/kWh*	3,75	2,77	2,30	2,27	2,22

U tablici 5.3. su izneseni svi aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije za pojedine godine. Također, izneseni su i podatci za različite diskontne stope, i to u vrijednosti od 3%, 5% i 7%. Zaključuje se da su aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije drastično pali od 2012. do 2016 godine, što se može vidjeti i na grafičkom prikazu na slici 5.2. Dakako, takav scenarij je i logičan zbog pada samih troškova fotonaponskih sustava. Pomoću dobivenih prosječnih vrijednosti aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije se sada lako može doći do podataka o isplativosti jednog kućnog fotonaponskog sustava. Dakle, aktualizirani troškovi proizvodnje električne energije predstavljaju trošak, a investitoru je ulaganje u sustav isplativo ukoliko je cijena električne energije koja se može dobiti proizvodnjom veća od troška i tada investitor ostvaruje prihod. Međutim, u slučaju da je cijena proizvodnje električne energije manja od troška, investitor ostvaruje gubitke te mu takva investicija nije isplativa.

Kada se uzmu u obzir rezultati dobiveni pomoću metode aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije te kada se uzmu u obzir sve okolnosti i svi parametri u obzir, dolazi se do zaključka da su projekti kućnih fotonaponskih sustava od 2012. godine do 2015. godine isplativi za investitore koji ulažu cjelokupni vlastiti kapital jer je cijena električne energije koja se proizvodi u svakoj godini veća od predstavljenog troška. Međutim, za 2016. godinu i novi tarifni model isplativost je upitna. Povratak ulaganja u takvu investiciju u 2016.

godini je upitan upravo zbog novog tarifnog sustava i cijene koju bi povlašteni proizvođač dobio za proizvedenu električnu energiju. Kao što se u uvodu poglavlja navelo, postoji puno pretpostavki koje mogu utjecati na cijenu koju proizvođač dobije za proizvedenu električnu energiju. Također, tarifni sustav donosi poticanje tržišnom premijom koja može osigurati određene benificije te tako varirati u prihodima od proizvodnje. Stoga se može zaključiti da za 2016. godinu, investitoru mnogo ovisi o dogovorenoj cijeni koju će prihvatiti za proizvedenu električnu energiju.



Sl. 5.2. Kretanje vrijednosti aktualiziranih troškova proizvodnje uz određene diskontne stope uspoređeno s kretanjem cijena električne energije od 2012. do 2016. godine.

5.2. Proračun pomoću vremena povrata ulaganja (BPB)

Za proračun isplativosti projekta u ovom dijelu poglavlja koristiti se metoda vremena povrata ulaganja (PBP). Ako je vrijeme povrata investicije unutar vremena životnog vijeka projekta, projekt je isplativ. Proračun isplativosti ulaganja u kućne fotonaponske sustave pomoću metode vremena povrata ulaganja će se prikazati za pet zadnjih godina. Također, u obzir se uzimaju različite diskontne stope (3%, 5% i 7%). U proračunu se koristi vijek sustava od 20 godina. Važno je naglasiti kako se tokom proračuna nije uzimao u obzir PDV.

5.2.1. Vrijeme povrata ulaganja za 2012. godinu

Za 2012. godinu, HROTE i Republika Hrvatska donijeli su na snagu novi tarifni sustav koji se uvelike razlikuje od tarifnog sustava 2007. godine [9]. Cijene proizvedene električne

energije povlaštenih proizvođača iz obnovljivih izvora su se značajno smanjile, a prilikom proračuna metodom vremena povrata ulaganja, analizirat će se kako je ta promjena utjecala na fotonaponske sustave i na isplativost ulaganja u takve sustave tokom 2012. godine.

Tab. 5.4. Investicijski troškovi kućnog fotonaponskog sustava za 2012. godinu prema podatcima iz literature: „PV Status Report 2012“ [17].

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava		
	EUR/kWp	***kn/kWp***
Investicijski trošak FN sustava	2300	17.399,66
	kW	
Ukupna snaga	10	
Ukupni troškovi investicije	23.000,00 €	173.996,61 kn

Tab. 5.5. Troškovi rada kućnog fotonaponskog sustava (fiksni troškovi) u 2012.

Troškovi rada fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***%***	***kn***
Troškovi rada i održavanja	1,5%	
Ukupni fiksni troškovi	2.609,95 kn	

Tab. 5.6. Jednokratni budući troškovi kućnog fotonaponskog sustava u 2012. godini.

Jednokratni budući troškovi fotonaponskog sustava	
Vrsta troška:	***EUR/kWp***
Troškovi izmjenjivača nakon 10. godina	150
	kW
Ukupna snaga	10
Ukupni jednokratni troškovi	15.352,65 kn

U tablicama 5.4, 5.5. i 5.6. prikazali su se svi mogući fiksni i varijabilni troškovi kućnog fotonaponskog sustava snage 10 kWp u 2012. godini.

Tab. 5.7. Prihod od proizvodnje električne energije kućnog fotonaponskog sustava u 2012. godini prema podatcima iz literatura „PVGIS i Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][23] .

Prihod od proizvodnje električne energije		
Godišnja proizvodnja električne energije	kWh	11000
Prodajna cijena električne energije	kn/kWh	2,63
Ukupni godišnji prihod		28.930,00 kn

U tablici 5.7. prikazan je prihod od proizvedene električne energije za 2012. godinu. U obzir se uzima godišnja proizvodnja električne energije od 11 000 kWh (polikristalni silicij). Tarifni sustav 2012. godine odredio je cijenu električne energije na vrijednost od 2,63 kn/kWh. Primjećuje se značajno smanjenje cijene proizvedene električne energije u odnosu na tarifni sustav 2007. godine kada cijena električne energije povlaštenog proizvođača iznosi 3,40 kn/kWh. Tokom proračuna za 2012. godinu može se zaključiti da li je takva promjena bila isplativa za proizvođače.

Tab. 5.8. Nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2012. godini.

	Nediskontirani tijek novca			
Godina	**Troškovi**	**Prihod**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-173.996,61 kn	0,00 kn	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn
1.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-147.676,56 kn
2.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-121.356,51 kn
3.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-95.036,46 kn
4.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-68.716,41 kn
5.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-42.396,36 kn
6.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	-16.076,31 kn
7.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	10.243,74 kn
8.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	36.563,79 kn
9.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	62.883,84 kn
10.	-17.962,60 kn	28.930,00 kn	10.967,40 kn	73.851,24 kn
11.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	100.171,29 kn
12.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	126.491,34 kn
13.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	152.811,39 kn
14.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	179.131,44 kn
15.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	205.451,49 kn
16.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	231.771,54 kn
17.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	258.091,59 kn
18.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	284.411,64 kn
19.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	310.731,69 kn
20.	-2.609,95 kn	28.930,00 kn	26.320,05 kn	337.051,74 kn

Prema podatcima iz tablice 5.8. gdje je prikazan nediskontirani tijek novca za 2012. godinu se može uočiti da je isplativost kućnog fotonaponskog sustava između 6 i 7 godine rada sustava. Dakako, proračun ne uzima u obzir PDV, a u slučaju kada bi se PDV uzimao u obzir, isplativost sustava bi bila koju godinu kasnije.

Tab. 5.9. Diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2012. godini.

	Diskontirani tijek novca					
Godina	**Ukupno**	**Kumulativno**	**Ukupno**	**Kumulativno**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn	-173.996,61 kn
1.	25.553,45 kn	-148.443,16 kn	25.066,71 kn	-148.929,90 kn	24.598,18 kn	-149.398,43 kn
2.	24.809,17 kn	-123.633,99 kn	23.873,06 kn	-125.056,83 kn	22.988,95 kn	-126.409,48 kn
3.	24.086,57 kn	-99.547,42 kn	22.736,25 kn	-102.320,59 kn	21.485,00 kn	-104.924,48 kn
4.	23.385,02 kn	-76.162,39 kn	21.653,57 kn	-80.667,02 kn	20.079,44 kn	-84.845,04 kn
5.	22.703,91 kn	-53.458,49 kn	20.622,45 kn	-60.044,57 kn	18.765,83 kn	-66.079,21 kn
6.	22.042,63 kn	-31.415,86 kn	19.640,43 kn	-40.404,14 kn	17.538,16 kn	-48.541,05 kn
7.	21.400,61 kn	-10.015,25 kn	18.705,17 kn	-21.698,97 kn	16.390,80 kn	-32.150,24 kn
8.	20.777,29 kn	10.762,04 kn	17.814,45 kn	-3.884,53 kn	15.318,51 kn	-16.831,73 kn
9.	20.172,13 kn	30.934,17 kn	16.966,14 kn	13.081,61 kn	14.316,36 kn	-2.515,37 kn
10.	8.160,78 kn	39.094,95 kn	6.733,03 kn	19.814,64 kn	5.575,27 kn	3.059,90 kn
11.	19.014,16 kn	58.109,11 kn	15.388,79 kn	35.203,43 kn	12.504,47 kn	15.564,36 kn
12.	18.460,35 kn	76.569,46 kn	14.655,99 kn	49.859,42 kn	11.686,42 kn	27.250,78 kn
13.	17.922,67 kn	94.492,14 kn	13.958,08 kn	63.817,50 kn	10.921,89 kn	38.172,67 kn
14.	17.400,65 kn	111.892,79 kn	13.293,41 kn	77.110,92 kn	10.207,37 kn	48.380,04 kn
15.	16.893,84 kn	128.786,63 kn	12.660,39 kn	89.771,31 kn	9.539,60 kn	57.919,63 kn
16.	16.401,78 kn	145.188,41 kn	12.057,52 kn	101.828,83 kn	8.915,51 kn	66.835,14 kn
17.	15.924,06 kn	161.112,48 kn	11.483,35 kn	113.312,18 kn	8.332,25 kn	75.167,40 kn
18.	15.460,26 kn	176.572,73 kn	10.936,52 kn	124.248,70 kn	7.787,15 kn	82.954,55 kn
19.	15.009,96 kn	191.582,69 kn	10.415,74 kn	134.664,44 kn	7.277,71 kn	90.232,26 kn
20.	14.572,77 kn	206.155,46 kn	9.919,75 kn	144.584,19 kn	6.801,60 kn	97.033,87 kn

U tablici 5.9. prikazali su se podatci za diskontirani tijek novca (diskontne stope od 3%, 5% i 7%) u 2012. godini. Iz prikazanih podataka zaključuje se da je projekt isplativ. Interna stopa povrata (IRR) iznosi 13,79% što je više od bilo koje diskontne stope. Ukoliko je interna stopa povrata manja od diskontne stope, projekt nije isplativ. Ukupna neto sadašnja vrijednost projekta za diskontnu stopu od 3% iznosi 213 887,17 kn, za stopu od 5% iznosi 146 696,74 kn, dok za stopu od 7% iznosi 96 626,64 kn.

5.2.2. Vrijeme povrata ulaganja za 2013. godinu

Kako se spomenulo u poglavlju o prihodima, 2013. godina je donijela na snagu novi tarifni sustav koji je određivao novu poticajnu cijenu za proizvodnju električne energije od povlaštenih proizvođača. Također, investicijski troškovi su manji u odnosu na prethodnu godinu, i to oko 50 000 kn.

Tab. 5.10. Investicijski troškovi kućnog fotonaponskog sustava za 2013. godinu prema podatcima iz literature: „PV Status Report 2013“ [16].

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***EUR/kWp***	***kn/kWp***
Fotonaponski modul	600	4.539,04
Ravnoteža sustava	420	3.177,33
Inverter	150	1.134,76
Instalacija FN sustava	370	2.799,08
Ostalo (osiguranja, dozvole, itd.)	160	1.210,41
Ukupno	1700	12.860,62
	kW	
Ukupna snaga	10	
Ukupni troškovi investicije	17.000,00 €	128.606,19 kn

Tab. 5.11. Troškovi rada kućnog fotonaponskog sustava (fiksni troškovi) u 2013. godini.

Troškovi rada fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***%***	***kn***
Troškovi rada i održavanja	1,5%	
Ukupni fiksni troškovi	1.929,09 kn	

Tab. 5.12. Jednokratni budući troškovi kućnog fotonaponskog sustava u 2013. godini.

Jednokratni budući troškovi fotonaponskog sustava	
Vrsta troška:	***EUR/kWp***
Troškovi izmjenjivača nakon 10. godina	150
	kW
Ukupna snaga	10
Ukupni jednokratni troškovi	11.347,61 kn

U tablicama 5.10, 5.11. i 5.12. prikazali su se ukupni troškovi kućnog fotonaponskog sustava snage 10 kWp. Troškovi rada i održavanja su se u 2013. godini procjenjivali na 1.5% ukupnih troškova fotonaponskog sustava.

Tab. 5.13. Prihod od proizvodnje električne energije kućnog fotonaponskog sustava u 2013. godini prema podatcima iz literatura „PVGIS i Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][24].

Prihod od proizvodnje električne energije		
Godišnja proizvodnja električne energije	kWh	11000
Prodajna cijena električne energije	kn/kWh	1,91
Ukupni godišnji prihod		21.010,00 kn

U tablici 5.13. su se prikazali prihodi od proizvodnje električne energije za 2013. godinu za grad Osijek. Tarifni model 2013. godine donio je cijenu od 1,91 kn/kWh proizvedene električne energije povlaštenog proizvođača. Posljedicom konstantnog pada troškova fotonaponskog sustava, ova cijena je bila mnogo prihvatljivija od one 2012. godine za takve troškove sustava.

Tab. 5.14. Nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2013. godini.

	Nediskontirani tijek novca			
Godina	**Troškovi**	**Prihod**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-128.606,19 kn	0,00 kn	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn
1.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-109.525,28 kn
2.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-90.444,37 kn
3.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-71.363,46 kn
4.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-52.282,55 kn
5.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-33.201,64 kn
6.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	-14.120,73 kn
7.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	4.960,18 kn
8.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	24.041,09 kn
9.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	43.122,00 kn
10.	-13.276,70 kn	21.010,00 kn	7.733,31 kn	50.855,31 kn
11.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	69.936,22 kn
12.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	89.017,13 kn
13.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	108.098,04 kn
14.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	127.178,95 kn
15.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	146.259,86 kn
16.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	165.340,77 kn
17.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	184.421,68 kn
18.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	203.502,59 kn
19.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	222.583,50 kn
20.	-1.929,09 kn	21.010,00 kn	19.080,91 kn	241.664,41 kn

U tablici 5.14. prikazao se proračun metodom vremena povrata ulaganja za kućni fotonaponski sustav u 2013. godini u gradu Osijeku (nediskontirani tijek novca). Dakle, ovo je slučaj u kojem bi investitor uložio sav vlastiti kapital. Granica isplativosti je već između šeste i sedme godine rada kućnog fotonaponskog sustava. Važno je istaknuti kako su ovo cijene u koje nije uračunat PDV. Treba se uzeti u obzir kako bi s uračunatim PDV-om, isplativost sustava vjerojatno bila koju godinu kasnije. Međutim, bez obzira na PDV, zaključuje se da je ovakav projekt isplativ.

Tab. 5.15. Diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2013. godini.

	Diskontirani tijek novca					
	3%		5%		7%	
Godina	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno
0.	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn	-128.606,19 kn
1.	18.525,16 kn	-110.081,03 kn	18.172,30 kn	-110.433,89 kn	17.832,63 kn	-110.773,56 kn
2.	17.985,59 kn	-92.095,45 kn	17.306,95 kn	-93.126,95 kn	16.666,01 kn	-94.107,56 kn
3.	17.461,74 kn	-74.633,71 kn	16.482,81 kn	-76.644,14 kn	15.575,71 kn	-78.531,85 kn
4.	16.953,14 kn	-57.680,57 kn	15.697,91 kn	-60.946,23 kn	14.556,73 kn	-63.975,12 kn
5.	16.459,36 kn	-41.221,21 kn	14.950,39 kn	-45.995,84 kn	13.604,43 kn	-50.370,69 kn
6.	15.979,96 kn	-25.241,25 kn	14.238,47 kn	-31.757,37 kn	12.714,42 kn	-37.656,28 kn
7.	15.514,53 kn	-9.726,72 kn	13.560,45 kn	-18.196,92 kn	11.882,63 kn	-25.773,64 kn
8.	15.062,65 kn	5.335,92 kn	12.914,71 kn	-5.282,21 kn	11.105,26 kn	-14.668,38 kn
9.	14.623,93 kn	19.959,85 kn	12.299,72 kn	7.017,52 kn	10.378,75 kn	-4.289,63 kn
10.	5.754,30 kn	25.714,15 kn	4.747,58 kn	11.765,10 kn	3.931,22 kn	-358,41 kn
11.	13.784,46 kn	39.498,61 kn	11.156,21 kn	22.921,31 kn	9.065,20 kn	8.706,79 kn
12.	13.382,97 kn	52.881,58 kn	10.624,96 kn	33.546,27 kn	8.472,15 kn	17.178,95 kn
13.	12.993,17 kn	65.874,75 kn	10.119,01 kn	43.665,29 kn	7.917,90 kn	25.096,84 kn
14.	12.614,73 kn	78.489,48 kn	9.637,16 kn	53.302,44 kn	7.399,91 kn	32.496,75 kn
15.	12.247,31 kn	90.736,79 kn	9.178,24 kn	62.480,69 kn	6.915,80 kn	39.412,55 kn
16.	11.890,59 kn	102.627,38 kn	8.741,18 kn	71.221,87 kn	6.463,36 kn	45.875,91 kn
17.	11.544,26 kn	114.171,64 kn	8.324,94 kn	79.546,81 kn	6.040,53 kn	51.916,44 kn
18.	11.208,02 kn	125.379,67 kn	7.928,51 kn	87.475,32 kn	5.645,35 kn	57.561,79 kn
19.	10.881,58 kn	136.261,24 kn	7.550,96 kn	95.026,29 kn	5.276,03 kn	62.837,83 kn
20.	10.564,64 kn	146.825,88 kn	7.191,39 kn	102.217,68 kn	4.930,87 kn	67.768,70 kn

U tablici 5.15. prikazao se diskontirani tijek novca za investiciju projekta kućnog fotonaponskog sustava u 2013. godini za grad Osijek. Kao što se već zaključilo za nediskontirani tijek novca, i u slučaju diskontiranog tijeka novca je projekt isplativ za diskontne stope od 3%, 5% i 7%. Interna stopa povrata je 13,45% što je veći iznos od diskontne stope, te je to još jedna potvrda isplativosti projekta. Ukupna neto sadašnja vrijednost projekta za diskontnu stopu od 3%

je 152 507,59 kn, za diskontnu stopu 5% je 103 872,98 kn, te za diskontnu stopu od 7% je 67 642,04kn.

5.2.3. Vrijeme povrata ulaganja za 2014. godinu

U 2014. godini cijene električne energije povlaštenog proizvođača su se korigirale smanjile u odnosu na 2013. godinu pomoću indeksa potrošačkih cijena, ali za razliku od 2012. godine, cijena troškova fotonaponskog sustava se također drastično smanjila pa je omjer prihoda i troškova pozitivan za investitora.

Tab. 5.16. Investicijski troškovi kućnog fotonaponskog sustava za 2014. godinu prema podatcima iz literature: „PV Status Report 2014“ [15]..

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***EUR/kWp***	***kn/kWp***
Fotonaponski modul	560	4.236,44
Ravnoteža sustava	270	2.042,57
Izmjenjivač	140	1.059,11
Instalacija FN sustava	300	2.269,52
Ostalo (osiguranja, dozvole, itd.)	130	983,46
Ukupno	1400	10.591,10
	kW	
Ukupna snaga	10	
Ukupni troškovi investicije	14.000,00 €	105.910,98 kn

Tab. 5.17. Troškovi rada kućnog fotonaponskog sustava (fiksni troškovi) u 2014. godini.

Troškovi rada fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***%***	***kn***
Troškovi rada i održavanja	1,5%	
Ukupni fiksni troškovi	1.588,66 kn	

Tab. 5.18. Jednokratni budući troškovi kućnog fotonaponskog sustava u 2014. godini.

Jednokratni budući troškovi fotonaponskog sustava	
Vrsta troška:	***EUR/kWp***
Troškovi izmjenjivača nakon 10. godina	140
	kW
Ukupna snaga	10
Ukupni jednokratni troškovi	10.591,10 kn

U tablicama 5.16, 5.17. i 5.18. prikazali su se svi troškovi kućnog fotonaponskog sustava snage 10 kWp.

Tab. 5.19. Prihod od proizvodnje električne energije kućnog fotonaponskog sustava u 2014. godini prema podatcima iz literatura „PVGIS i Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][25].

Prihod od proizvodnje električne energije		
Godišnja proizvodnja električne energije	kWh	11000
Prodajna cijena električne energije	kn/kWh	1,95
Ukupni godišnji prihod		21.450,00 kn

U tablici 5.19. prikazao se prihod za proizvedenu električnu energiju povlaštenog proizvođača u 2014. godini za grad Osijek. Cijena električne energije povlaštenog proizvođača dobije se pomoću indeksa potrošačkih cijena, te iznosi 1,95 kn/kWh.

Tab. 5.20. Nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2014. godini.

	Nediskontirani tijek novca			
Godina	**Troškovi**	**Prihod**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-105.910,98 kn	0,00 kn	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn
1.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	-86.049,64 kn
2.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	-66.188,30 kn
3.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	-46.326,96 kn
4.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	-26.465,62 kn
5.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	-6.604,28 kn
6.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	13.257,06 kn
7.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	33.118,40 kn
8.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	52.979,74 kn
9.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	72.841,08 kn
10.	-12.179,76 kn	21.450,00 kn	9.270,24 kn	82.111,32 kn
11.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	101.972,66 kn
12.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	121.834,00 kn
13.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	141.695,34 kn
14.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	161.556,68 kn
15.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	181.418,02 kn
16.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	201.279,36 kn
17.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	221.140,70 kn
18.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	241.002,04 kn
19.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	260.863,38 kn
20.	-1.588,66 kn	21.450,00 kn	19.861,34 kn	280.724,72 kn

U tablici 5.20. prikazao se nediskontirani tijek novca za investiciju kućnog fotonaponskog sustava snage 10kWp. Dolazi se do zaključka da je investicija isplativa između pete i šeste godine rada fotonaponskog sustava. Razlika između kućnog fotonaponskog sustava 2012. i 2014. godine, te razlog pozitivnih vrijednosti za investitora je taj što su troškovi fotonaponskog sustava oko 70 000 kn manji 2014. godine u odnosu na 2012. godinu.

Tab. 5.21. Diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2014. godini.

	Diskontirani tijek novca					
	3%		5%		7%	
Godina	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno
0.	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn	-105.910,98 kn
1.	19.282,85 kn	-86.628,13 kn	18.915,56 kn	-86.995,42 kn	18.562,00 kn	-87.348,98 kn
2.	18.721,22 kn	-67.906,91 kn	18.014,82 kn	-68.980,60 kn	17.347,66 kn	-70.001,32 kn
3.	18.175,94 kn	-49.730,97 kn	17.156,97 kn	-51.823,62 kn	16.212,77 kn	-53.788,55 kn
4.	17.646,54 kn	-32.084,42 kn	16.339,97 kn	-35.483,65 kn	15.152,12 kn	-38.636,43 kn
5.	17.132,57 kn	-14.951,86 kn	15.561,88 kn	-19.921,77 kn	14.160,86 kn	-24.475,56 kn
6.	16.633,56 kn	1.681,70 kn	14.820,84 kn	-5.100,93 kn	13.234,45 kn	-11.241,12 kn
7.	16.149,09 kn	17.830,79 kn	14.115,08 kn	9.014,15 kn	12.368,64 kn	1.127,53 kn
8.	15.678,73 kn	33.509,51 kn	13.442,94 kn	22.457,09 kn	11.559,48 kn	12.687,01 kn
9.	15.222,06 kn	48.731,58 kn	12.802,80 kn	35.259,88 kn	10.803,25 kn	23.490,26 kn
10.	6.897,93 kn	55.629,51 kn	5.691,12 kn	40.951,00 kn	4.712,52 kn	28.202,78 kn
11.	13.965,69 kn	69.595,20 kn	11.302,89 kn	52.253,89 kn	9.184,39 kn	37.387,17 kn
12.	13.558,92 kn	83.154,12 kn	10.764,66 kn	63.018,55 kn	8.583,54 kn	45.970,71 kn
13.	13.164,00 kn	96.318,12 kn	10.252,06 kn	73.270,61 kn	8.022,00 kn	53.992,72 kn
14.	12.780,58 kn	109.098,70 kn	9.763,86 kn	83.034,47 kn	7.497,20 kn	61.489,91 kn
15.	12.408,33 kn	121.507,04 kn	9.298,92 kn	92.333,39 kn	7.006,73 kn	68.496,64 kn
16.	12.046,93 kn	133.553,96 kn	8.856,11 kn	101.189,50 kn	6.548,34 kn	75.044,98 kn
17.	11.696,04 kn	145.250,01 kn	8.434,39 kn	109.623,89 kn	6.119,95 kn	81.164,93 kn
18.	11.355,38 kn	156.605,39 kn	8.032,75 kn	117.656,64 kn	5.719,58 kn	86.884,50 kn
19.	11.024,64 kn	167.630,04 kn	7.650,24 kn	125.306,89 kn	5.345,40 kn	92.229,90 kn
20.	10.703,54 kn	178.333,57 kn	7.285,94 kn	132.592,83 kn	4.995,70 kn	97.225,60 kn

U tablici 5.21. prikazao se diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2014. godini za diskontne stope od 3%, 5% i 7%. Interna stopa povrata iznosi 17,81% što je veći iznos od bilo koje diskontne stope pa se dolazi do zaključka da je projekt isplativ i za slučaj diskontiranog tijeka novca. Ukupna neto sadašnja vrijednost projekta za diskontnu stopu od 3% iznosi 186 768,24 kn, za diskontnu stopu od 5% iznosi 135 459,31 kn, dok za diskontnu stopu od 7% iznosi 97 115,08 kn. Ukupna neto godišnja vrijednost projekta za diskontnu stopu od 3% je 12 553,76 kn, za diskontnu stopu od 5% je 10 869,61 kn, a za diskontnu stopu od 7% je 9

166,98kn. Ukupna neto buduća vrijednost za diskontnu stopu od 3% je 337 324,21 kn što je još jedan podatak isplativosti investicije.

5.2.4. Vrijeme povrata ulaganja za 2015. godinu

Ishod proračuna metodom vremena povrata ulaganja za 2015. godinu je približan ishodu u 2014. godini. Razlog tomu je što su prihodi i troškovi kućnog fotonaponskog sustava približni, pa su zbog toga približni i rezultati proračuna.

Tab. 5.22. Investicijski troškovi kućnog fotonaponskog sustava za 2015. godinu prema podatcima iz literature: „PV Status Report“ [10].

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***EUR/kWp***	***kn/kWp***
Cijena opreme fotonaponskog sustava	940	7.111,17
Instalacija fotonaponskog sustava	300	2.269,52
Ostalo (osiguranja, dozvole, itd.)	140	1.059,11
Ukupno	1380	10.439,80
	kW	
Ukupna snaga	10	
Ukupni troškovi investicije	13.800,00 €	104.397,97 kn

Tab. 5.23. Troškovi rada kućnog fotonaponskog sustava (fiksni troškovi) u 2015. godini.

Troškovi rada fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***%***	***kn***
Troškovi rada i održavanja	1,5%	
Ukupni fiksni troškovi	1.565,97 kn	

Tab. 5.24. Jednokratni budući troškovi kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini.

Jednokratni budući troškovi fotonaponskog sustava	
Vrsta troška:	***EUR/kWp***
Troškovi izmjenjivača nakon 10. godina	140
	kW
Ukupna snaga	10
Ukupni jednokratni troškovi	10.439,79 kn

U tablicama 5.22, 5.23. i 5.24. prikazali su se podatci o troškovima fotonaponskog sustava. U 2015. godini troškovi rada i održavanja iznose 1,5% ukupnih troškova.

Tab. 5.25. Prihod od proizvodnje električne energije kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini prema podatcima iz literatura „PVGIS i Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][25].

Prihod od proizvodnje električne energije		
Godišnja proizvodnja električne energije	kWh	11000
Prodajna cijena električne energije	kn/kWh	1,94
Ukupni godišnji prihod		21.340,00 kn

U tablici 5.25. prikazao se prihod od proizvodnje električne energije u 2015. godini za grad Osijek. Prodajna cijena električne energije povlaštenih proizvođača iznosi 1,94 kn/kWh.

Tab. 5.26. Nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini.

	Nediskontirani tijek novca			
Godina	**Troškovi**	**Prihod**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-104.397,97 kn	0,00 kn	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn
1.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	-84.623,94 kn
2.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	-64.849,91 kn
3.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	-45.075,88 kn
4.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	-25.301,85 kn
5.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	-5.527,82 kn
6.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	14.246,21 kn
7.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	34.020,24 kn
8.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	53.794,27 kn
9.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	73.568,30 kn
10.	-12.005,76 kn	21.340,00 kn	9.334,24 kn	82.902,54 kn
11.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	102.676,57 kn
12.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	122.450,60 kn
13.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	142.224,63 kn
14.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	161.998,66 kn
15.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	181.772,69 kn
16.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	201.546,72 kn
17.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	221.320,75 kn
18.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	241.094,78 kn
19.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	260.868,81 kn
20.	-1.565,97 kn	21.340,00 kn	19.774,03 kn	280.642,84 kn

U tablici 5.26. prikazao se proračun nediskontirani tijeka novca kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini. Iz prikazanih rezultata se zaključuje da je isplativost projekta negdje između pete i šeste godine rada sustava.

Tab. 5.27. Diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini.

	Diskontirani tijek novca					
	3%		5%		7%	
Godina	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno
0.	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn	-104.397,97 kn
1.	19.198,09 kn	-85.199,88 kn	18.832,41 kn	-85.565,56 kn	18.480,40 kn	-85.917,56 kn
2.	18.638,92 kn	-66.560,96 kn	17.935,63 kn	-67.629,93 kn	17.271,40 kn	-68.646,16 kn
3.	18.096,04 kn	-48.464,92 kn	17.081,55 kn	-50.548,38 kn	16.141,50 kn	-52.504,66 kn
4.	17.568,97 kn	-30.895,95 kn	16.268,14 kn	-34.280,23 kn	15.085,51 kn	-37.419,15 kn
5.	17.057,25 kn	-13.838,70 kn	15.493,47 kn	-18.786,76 kn	14.098,61 kn	-23.320,54 kn
6.	16.560,44 kn	2.721,74 kn	14.755,69 kn	-4.031,08 kn	13.176,27 kn	-10.144,27 kn
7.	16.078,10 kn	18.799,84 kn	14.053,03 kn	10.021,96 kn	12.314,27 kn	2.170,00 kn
8.	15.609,80 kn	34.409,64 kn	13.383,84 kn	23.405,80 kn	11.508,67 kn	13.678,67 kn
9.	15.155,15 kn	49.564,79 kn	12.746,52 kn	36.152,31 kn	10.755,76 kn	24.434,43 kn
10.	6.945,55 kn	56.510,34 kn	5.730,41 kn	41.882,72 kn	4.745,05 kn	29.179,48 kn
11.	13.908,08 kn	70.418,42 kn	11.256,27 kn	53.138,99 kn	9.146,51 kn	38.325,99 kn
12.	13.502,99 kn	83.921,41 kn	10.720,26 kn	63.859,25 kn	8.548,14 kn	46.874,12 kn
13.	13.109,70 kn	97.031,11 kn	10.209,77 kn	74.069,02 kn	7.988,91 kn	54.863,04 kn
14.	12.727,87 kn	109.758,98 kn	9.723,59 kn	83.792,60 kn	7.466,27 kn	62.329,31 kn
15.	12.357,15 kn	122.116,13 kn	9.260,56 kn	93.053,17 kn	6.977,83 kn	69.307,13 kn
16.	11.997,23 kn	134.113,37 kn	8.819,58 kn	101.872,75 kn	6.521,33 kn	75.828,47 kn
17.	11.647,80 kn	145.761,17 kn	8.399,60 kn	110.272,35 kn	6.094,70 kn	81.923,17 kn
18.	11.308,54 kn	157.069,71 kn	7.999,62 kn	118.271,97 kn	5.695,98 kn	87.619,15 kn
19.	10.979,17 kn	168.048,88 kn	7.618,69 kn	125.890,65 kn	5.323,35 kn	92.942,50 kn
20.	10.659,39 kn	178.708,27 kn	7.255,89 kn	133.146,55 kn	4.975,09 kn	97.917,60 kn

U tablici 5.27. prikazao se proračun diskontiranog tijeka novca kućnog fotonaponskog sustava u 2015. godini za diskontne stope od 3%, 5% i 7%. I za slučaj diskontiranog tijeka novca projekt kućnog fotonaponskog sustava je isplativ, a to dokazuje i interna stopa povrata od 18,01%.

5.2.5. Vrijeme povrata ulaganja za 2016. godinu

Proračun metodom vremena povrata ulaganja za 2016. godinu uključuje novi tarifni model cijena električne energije za povlaštene proizvođače koji se objasnio u prethodnim poglavljima. Važno je naglasiti da više nema fiksne cijene električne energije za povlaštene proizvođače, već se ona određuje poticanjem pomoću tržišne premije. Za razliku od prethodnih proračuna, pri proračunu za 2016. godinu odredit će se određene pretpostavke koje su se spomenule u uvodu ovog poglavlja.

Tab. 5.28. Investicijski troškovi kućnog fotonaponskog sustava za 2016. godinu prema podatcima iz literature: „PV Status Report 2016“ [10].

Investicijski troškovi fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***EUR/kWp***	***kn/kWp***
Cijena opreme fotonaponskog sustava	910	6.884,21
Instalacija fotonaponskog sustava	300	2.269,52
Ostalo (osiguranja, dozvole, itd.)	140	1.059,11
Ukupno	1350	10.212,84
	kW	
Ukupna snaga	5	
Ukupni troškovi investicije	6.750,00 €	51.064,22 kn

Tab. 5.29. Troškovi rada kućnog fotonaponskog sustava (fiksni troškovi) u 2016. godini.

Troškovi rada fotonaponskog sustava		
Vrsta troška:	***%***	***kn***
Troškovi rada i održavanja	1,5%	
Ukupni fiksni troškovi	765,96 kn	

Tab. 5.30. Jednokratni budući troškovi kućnog fotonaponskog sustava u 2016. godini.

Jednokratni budući troškovi fotonaponskog sustava	
Vrsta troška:	***EUR/kWp***
Troškovi izmjenjivača nakon 10. godina	140
	kW
Ukupna snaga	5
Ukupni jednokratni troškovi	5.106,42 kn

U tablicama 5.28, 5.29 i 5.30. prikazali su se svi troškovi kućnog fotonaponskog sustava snage 10 kWp u 2016. godini.

Tab. 5.31. Prihod od proizvodnje električne energije kućnog fotonaponskog sustava u 2016. godini prema podatcima iz literatura „PVGIS i Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije“ [21][25].

Prihod od proizvodnje električne energije		
Godišnja proizvodnja električne energije	kWh	5816
Ukupni godišnji prihod	3.256,96 kn	

U tablici 5.31. prikazao se prihod od proizvodnje električne energije sustava od 10 kWp u 2016. godini.

Tab. 5.32. Nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2016. godini.

	Nediskontirani tijek novca			
Godina	**Troškovi**	**Prihod**	**Ukupno**	**Kumulativno**
0.	-51.064,22 kn	0,00 kn	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn
1.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-48.573,22 kn
2.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-46.082,22 kn
3.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-43.591,22 kn
4.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-41.100,22 kn
5.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-38.609,22 kn
6.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-36.118,22 kn
7.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-33.627,22 kn
8.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-31.136,22 kn
9.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-28.645,22 kn
10.	-5.872,38 kn	3.256,96 kn	-2.615,42 kn	-31.260,64 kn
11.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-28.769,64 kn
12.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-26.278,64 kn
13.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-23.787,64 kn
14.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-21.296,64 kn
15.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-18.805,64 kn
16.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-16.314,64 kn
17.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-13.823,64 kn
18.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-11.332,64 kn
19.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-8.841,64 kn
20.	-765,96 kn	3.256,96 kn	2.491,00 kn	-6.350,64 kn

U tablici 5.32. prikazao se proračun za nediskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2016. godini. Podatci iz proračuna pokazuju da ovakav kućni fotonaponski sustav nije isplativ.

Tab. 5.33. Diskontirani tijek novca kućnog fotonaponskog sustava u 2016. godini.

	Diskontirani tijek novca					
	3%		5%		7%	
Godina	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno	Ukupno	Kumulativno
0.	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn	-51.064,22 kn
1.	2.418,45 kn	-48.645,77 kn	2.418,45 kn	-48.645,77 kn	2.418,45 kn	-48.645,77 kn
2.	2.348,01 kn	-46.297,77 kn	2.303,28 kn	-46.342,49 kn	2.260,23 kn	-46.385,54 kn
3.	2.279,62 kn	-44.018,15 kn	2.193,60 kn	-44.148,89 kn	2.112,36 kn	-44.273,18 kn
4.	2.213,22 kn	-41.804,93 kn	2.089,15 kn	-42.059,74 kn	1.974,17 kn	-42.299,01 kn
5.	2.148,76 kn	-39.656,17 kn	1.989,66 kn	-40.070,08 kn	1.845,02 kn	-40.453,98 kn
6.	2.086,17 kn	-37.570,00 kn	1.894,92 kn	-38.175,17 kn	1.724,32 kn	-38.729,66 kn
7.	2.025,41 kn	-35.544,59 kn	1.804,68 kn	-36.370,48 kn	1.611,51 kn	-37.118,15 kn
8.	1.966,42 kn	-33.578,17 kn	1.718,74 kn	-34.651,74 kn	1.506,09 kn	-35.612,06 kn
9.	1.909,14 kn	-31.669,02 kn	1.636,90 kn	-33.014,84 kn	1.407,56 kn	-34.204,51 kn
10.	-1.946,12 kn	-33.615,14 kn	-1.605,64 kn	-34.620,48 kn	-1.329,55 kn	-35.534,06 kn
11.	2.107,24 kn	-31.507,90 kn	1.705,46 kn	-32.915,02 kn	1.385,80 kn	-34.148,25 kn
12.	2.045,86 kn	-29.462,04 kn	1.624,25 kn	-31.290,77 kn	1.295,14 kn	-32.853,11 kn
13.	1.986,28 kn	-27.475,76 kn	1.546,90 kn	-29.743,87 kn	1.210,42 kn	-31.642,69 kn
14.	1.928,42 kn	-25.547,34 kn	1.473,24 kn	-28.270,63 kn	1.131,23 kn	-30.511,46 kn
15.	1.872,26 kn	-23.675,08 kn	1.403,09 kn	-26.867,55 kn	1.057,22 kn	-29.454,24 kn
16.	1.817,72 kn	-21.857,36 kn	1.336,27 kn	-25.531,27 kn	988,06 kn	-28.466,18 kn
17.	1.764,78 kn	-20.092,58 kn	1.272,64 kn	-24.258,63 kn	923,42 kn	-27.542,76 kn
18.	1.713,38 kn	-18.379,20 kn	1.212,04 kn	-23.046,60 kn	863,01 kn	-26.679,75 kn
19.	1.663,48 kn	-16.715,72 kn	1.154,32 kn	-21.892,27 kn	806,55 kn	-25.873,20 kn
20.	1.615,02 kn	-15.100,70 kn	1.099,35 kn	-20.792,92 kn	753,79 kn	-25.119,41 kn

U tablici 5.33. prikazao se proračun diskontiranog tijeka novca kućnog fotonaponskog sustava snage 10 kWp u 2016. godini. Interna stopa povrata iznosi -0,70% te ukazuje na neisplativost investicije kućnog fotonaponskog sustava. Ukupna neto sadašnja vrijednost projekta iznosi -15 985,49 kn za diskontnu stopu od 3%, -21 201,55kn za diskontnu stopu od 5%, te -24 924,08 kn za diskontnu stopu od 7%.

5.2.6. Analiza dobivenih rezultata proračuna

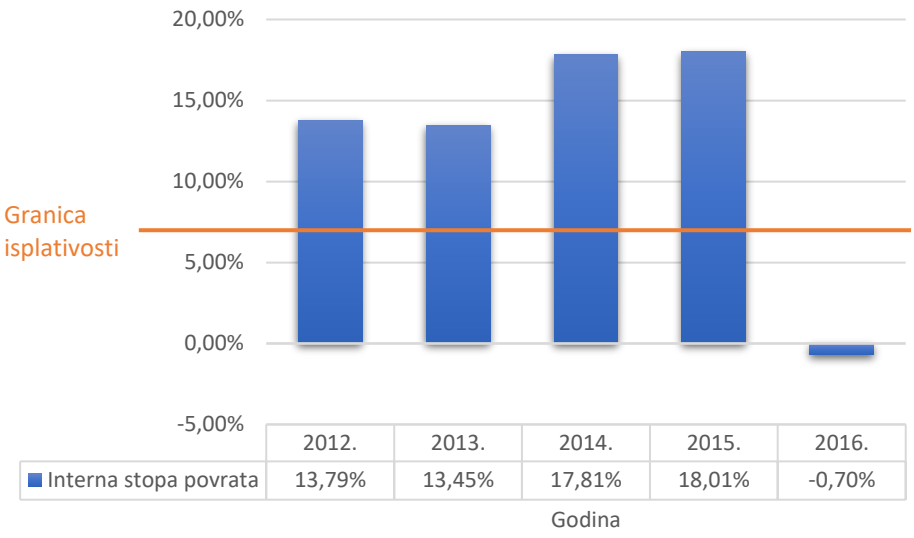
Proračuni od 2012. godine do 2016. godine detaljno su se prikazali i obradili u prethodnim poglavljima. Proračuni su se analizirali za nediskontirane i diskontirane novčane tokove kako bi se dobio kompletan uvid u godinu isplativosti za pojedini slučaj.

Tab. 5.34. Interna stopa povrata, ukupna neto sadašnja vrijednost projekta, ukupna neto godišnja vrijednost projekta te ukupna neto buduća vrijednost projekta za proračune 10 kWp kućnog fotonaponskog sustava u određenim razdobljima.

		Interna stopa povrata	Ukupna neto sadašnja vrijednost projekta	Ukupna neto godišnja vrijednost projekta	Ukupna neto buduća vrijednost projekta
Godina	**Diskontna stopa**				
2012	3%	13,79%	213.887,17 kn	14.376,58 kn	386.304,02 kn
	5%		146.696,74 kn	11.771,33 kn	389.230,12 kn
	7%		96.626,64 kn	9.120,87 kn	373.914,60 kn
2013	3%	13,45%	152.507,59 kn	10.250,91 kn	275.445,67 kn
	5%		103.872,98 kn	8.335,04 kn	275.605,93 kn
	7%		67.642,04 kn	6.384,93 kn	261.753,36 kn
2014	3%	17,81%	186.768,24 kn	12.553,76 kn	337.324,21 kn
	5%		135.459,31 kn	10.869,61 kn	359.413,88 kn
	7%		97.115,08 kn	9.166,98 kn	375.804,71 kn
2015	3%	18,01%	187.039,81 kn	12.572,01 kn	337.814,69 kn
	5%		135.922,64 kn	10.906,78 kn	360.643,22 kn
	7%		97.716,84 kn	9.223,78 kn	378.133,33 kn
2016	3%	-0,70%	-15.985,49 kn	-1.074,48 kn	-28.871,57 kn
	5%		-21.201,55 kn	-1.701,27 kn	-56.254,02 kn
	7%		-24.924,08 kn	-2.352,66 kn	-96.448,33 kn

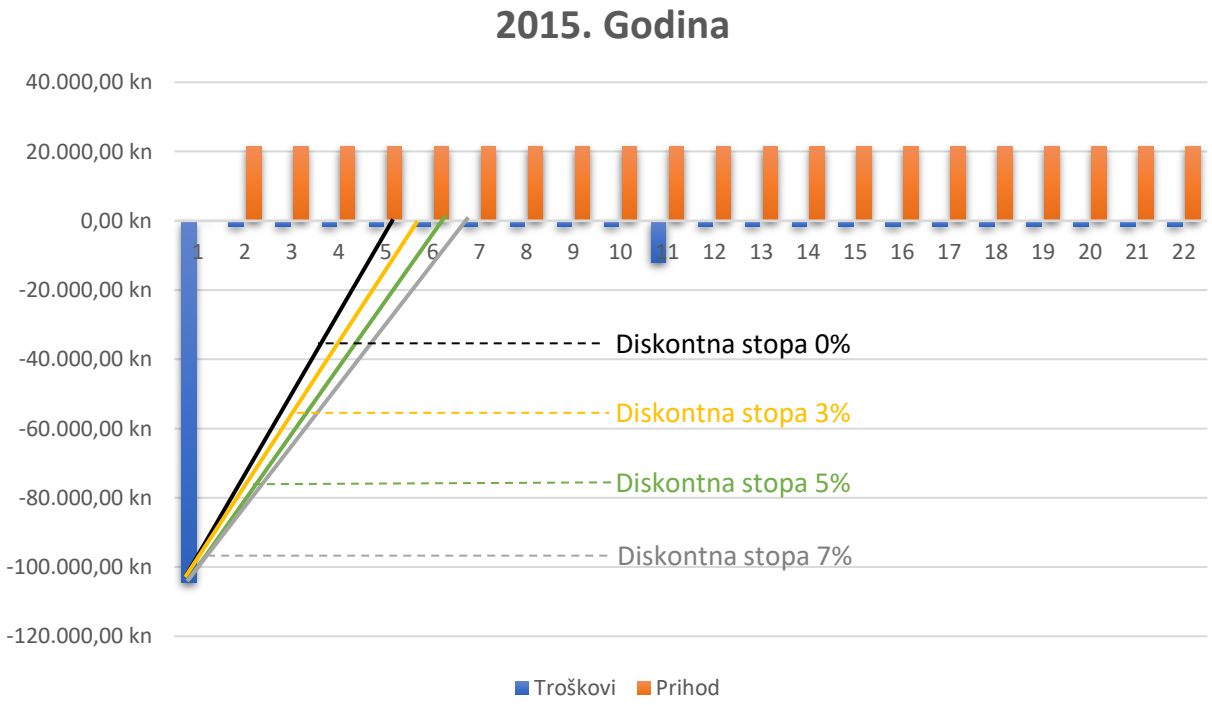
U tablici 5.34. prikazali su se podatci iz proračuna o internoj stopi povrata, ukupnoj neto sadašnjoj vrijednosti projekta, ukupna neto godišnja vrijednost projekta te ukupnoj neto budućoj vrijednosti projekta za pojedina razdoblja. Najbolji pokazatelj isplativosti projekta je interna stopa povrata, jer ukoliko je interna stopa povrata veća od diskontne stope, projekt je isplativ.

Na slici 5.3. grafički se prikazao odnos interne stope povrata (IRR) i diskontne stope od 7% koja se prikazala pomoću granice isplativosti fotonaponskog sustava.



Sl. 5.3. Isplativost projekta od 2012. do 2016. godine ukoliko se prikazuje interna stopa povrata u odnosu na diskontnu stopu od 7%.

Na slici 5.4. grafički je prikazan rezultat proračuna metodom vremena povrata ulaganja za 2015. godinu. Iz grafičkog prikaza se detaljno vidi povratak isplativosti za pojedine slučajeve (bilo da je to nediskontirani tijek novca ili diskontirani tijek novca).



Sl. 5.4. Primjer za metodu vremena povrata ulaganja kućnog fotonaponskog sustava za 2015. godinu.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj fotonaponskih tehnologija u svijetu je u drastičnom porastu tijekom zadnjih nekoliko desetljeća. Na tendenciju porasta fotonaponskih sustava utjecalo je povećano ulaganje u istraživanje i razvoj fotonaponskih tehnologija prilikom pokretanja energetske politike kojom se nastoji smanjiti štetan utjecaj konvencionalnih izvora energije na okoliš. Prema tome, fotonaponski sustavi spadaju u kategoriju povlaštenih proizvođača električne energije. Posljedica porasta kapaciteta fotonaponskih sustava je smanjenje cijena troškova sustava, ali i smanjenje prodajne cijene električne energije povlaštenih proizvođača. Može se zaključiti da cijena prihoda i troškova fotonaponskih sustava opada proporcijalno tijekom zadnjih godina uz iznimke u pojedinim razdobljima. Međutim, u bližoj budućnosti se također očekuje pad cijena, ali ne u tolikoj drastičnoj mjeri kao do sada.

U Republici Hrvatskoj, kapacitet fotonaponskih sustava do 2017. godine iznosio je oko 50 MW instalirane snage. Cijena električne energije za povlaštene proizvođače je tokom godina zaprimila tri tarifna modela kod kojih su se uočile određene nepravilnosti da bi od 2016. godine se na snagu donio novi zakon koji cijene električne energije povlaštenih proizvođača određuje prema indeksu potrošačkih cijena za određeno razdoblje. HROTE (Hrvatski operator tržišta električne energije) je nadležan organ koji potpisuje ugovore s investitorima o povlaštenoj cijeni električne energije. Prosječni troškovi fotonaponskog sustava u 2016. godini iznosili su 1350 EUR/kWp.

Vrijeme povrata ulaganja u kućni fotonaponski sustav ponajviše ovisi o tijekovima novca, odnosno prihodima i troškovima fotonaponskog sustava. Dakako, prihode označava novčana dobit od prodaje električne energije, dok najznačajnije troškove označavaju investicijska ulaganja. Zbog velikih investicijskih ulaganja u kućni fotonaponski sustav, za investitora je izrazito bitno da li posjeduje cjelokupni kapital ulaganja ili dio mora posuditi. Ishod gdje investitor mora posuditi dio kapitala za investiciju kućnog fotonaponskog sustava dovodi do pojavljivanja diskontne stope koja uvelike utječe na vrijeme povrata ulaganja i isplativost projekta.

Postoje brojne ekonomske metode računanja vremena povrata ulaganja i isplativosti projekta, a za investiciju kućnog fotonaponskog sustava ponajviše se koriste metode neto sadašnje vrijednosti, aktualiziranih troškova proizvodnje električne energije i metode vremena povrata ulaganja. Za kućne fotonaponske sustave, u zadnjih nekoliko godina, vrijeme povrata

ulaganja je zadovoljavajuće što znači da je i isplativost projekta zadovoljavajuća. Tijekom 2016. godine na snagu dolazi novi tarifni model koji se značajno razlikuje od prijašnjih. Novi tarifni model došao je na snagu zbog iscrpljenih novčanih resursa za povlaštene proizvođače te donosi određivanje poticajne cijene tržišnom premijom. U novom tarifnom sustavu i opskrbljivači električnom energijom imaju značajnu ulogu, jer oni sudjeluju na natječajima koje provodi HROTE i investitorima nude određene cijene za proizvedenu električnu energiju. Prema tome, može se zaključiti da investitoru ponajviše ovisi kakav će ugovor prihvatiti od druge strane te na kakvu cijenu za proizvedenu električnu energiju će pristati.

7. LITERATURA

[1] Lj. Majdandžić, Solarni sustavi, Graphis, Zagreb, 2010.

[2] Lj. Majdandžić, Fotonaponski sustavi, Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu, Srednja škola Oroslavje.

[3] B. Vuk, M. Karan, R. Fabek, D. Golija, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, V. Bukarica, Energija u Hrvatskoj 2015., Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2016.

[4] B. Vuk, M. Karan, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2014., Energetski institut Hrvoje Požar, 2015.

[5] B. Vuk, J. Brajković, I. Grgurev, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, V. Kos Grabar, B. Židov, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2013., Energetski institut Hrvoje Požar, 2014.

[6] B. Vuk, M. Karan, I. Grgurev, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, I. Novko, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, B. Židov, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2012., Energetski institut Hrvoje Požar, 2013.

[7] B. Vuk, S. Vukman, M. Karan, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, T. Borković, V. Krstulović, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2011., Energetski institut Hrvoje Požar, 2012.

[8] B. Vuk, S. Vukman, M. Karan, R. Fabek, S. Živković, M. Maričević, T. Baričević, S. Antešević, J. Maras Abramović, N. Karadža, Ž. Hrs Borković, V. Krstulović, D. Novosel, Ž. Jurić, Energija u Hrvatskoj 2010., Energetski institut Hrvoje Požar, 2011.

[9] Hrvatskoi operator tržišta energjije, dostupno na: http://www.hrote.hr/ , zadnji pristup: 22.6.2017.

[10] A. Jäger-Waldau, PV Status Report 2016, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, 2016.

[11] Analiza financijske isplativosti ulaganja, dostupno na: https://elf.foi.hr/pluginfile.php/54360/mod_resource/content/0/01_Isplativost-KM_20130131.pdf zadnji pristup:18.10.2017.

[12] Levelized Cost of Electricity – the holy grail of confusion, dostupno na: http://e-nable.eu/levelized-cost-of-electricity/ , zadnji pristup: 18.10.2017.

[13] M. Marthe Kleiner, Current and Future Cost of Photovoltaics, Agora Energiewende, Ukex Graphic, Ettlingen, 2015.

[14] Eurostat, statistički ured Europske Unije, dostupno na: http://ec.europa.eu/eurostat/about/overview , zadnji pristup: 22.10.2017.

[15] A. Jäger-Waldau, PV Status Report 2014, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, 2014.

[16] A. Jäger-Waldau, PV Status Report 2013, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, 2013.

[17] A. Jäger-Waldau, PV Status Report 2012, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, 2012.

[18] A. Jäger-Waldau, PV Status Report 2011, JRC Science for Policy Report, Publications Office of the European Union, 2011.

[19] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html , zadnji pristup: 13.11.2017.

[20] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html , zadnji pristup: 14.11.2017.

[21] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), dostupno na: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php , zadnji pristup: 14.11.2017.

[22] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije („Narodne novine“, br. 33/2007), dostupno na:

http://files.hrote.hr/files/PDF/Tarifni_sustav_za_proizvodnju_elektricne_energije_iz_obnovljivih_izvora_energije_i_kogeneracije_NN_33_07.pdf , zadnji pristup: 5.12.2017.

[23] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije („Narodne novine“, br. 63/2012, 121/2012 i 144/2012), dostupno na: http://files.hrote.hr/files/PDF/Tarifni_sustav_za_proizvodnju_EE_iz_OIEK_NN_63_12.pdf , zadnji pristup: 5.12.2017.

[24] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije („Narodne novine“, br. 133/2013, 151/2013, 20/2014, 107/2014 i 100/2015), dostupno na: http://files.hrote.hr/files/PDF/Tarifni_sustav_za_proizvodnju_EE_iz_OIEIK_NN_133_13.pdf , zadnji pristup: 5.12.2017.

[25] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije („Narodne novine“, br. 100/2015), dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html , zadnji pristup: 5.12.2017.

[26] Tarifne stavke električne energije, HEP, dostupno na: http://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547 , zadnji pristup: 7.12.2017.

[27] Kupac s vlastitom proizvodnjom, HEP, dostupno na: http://www.hep.hr/ods/kupci-154/kupac-s-vlastitom-proizvodnjom/29 , zadnji pristup: 7.12.2017.

SAŽETAK

Fotonaponski sustavi vršne snage do 10 kW se obično ubrajaju u kućne fotonaponske sustave. Kapacitet fotonaponskih sustava u svijetu, pa tako i u Republici Hrvatskoj tijekom zadnjeg desetljeća drastično raste. Tehnologija proizvodnje je također napredovala tokom godina, pa tako postoje tri generacije fotonaponskih modula. Za sada još uvijek dominira generacija fotonaponskih modula od polikristalnog silicija. Porastom kapaciteta te napretkom tehnologije, cijene fotonaponskih modula tokom godina padaju, a samim time pada i cijena električne energije za povlaštene proizvođače što utječe na isplativost ulaganja u fotonaponske sustave. Isplativost kućnih fotonaponskih sustava se određuje pomoću novčanih tokova. Odgovarajućim ekonomskim metodama, pomoću prihoda i troškova kućnog fotonaponskog sustava se analizira vrijeme povrata ulaganja. U Republici Hrvatskoj ugovore za cijenu električne energije povlaštenog proizvođača potpisuje HROTE (Hrvatski operator tržišta energije d.o.o.). Cijena električne energije povlaštenog proizvođača uvelike određuje prihod iz kućnih fotonaponskih sustava, pa je investitoru važno kakav će ugovor prihvatiti. Tijekom različitih razdoblja vrijednost cijene električne energije povlaštenih proizvođača je varirala. Najveći troškovi fotonaponskog sustava su investicijski troškovi i troškovi zamjene izmjenjivača nakon određenog broja godina. Ukoliko su prihodi veći od troškova za određeno razdoblje, projekt kućnog fotonaponskog sustava je isplativ.

Ključne riječi: fotonaponski modul, povlašteni proizvođači, novčani tokovi, isplativost projekta

ABSTRACT

PAYBACK PERIOD OF HOME PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Photovoltaic systems with a peak power of up to 10 kW are usually included in home photovoltaic systems. The capacity of photovoltaic systems in the world, as well as in the Republic of Croatia, has been growing drastically over the last decade. Production has also advanced over the years, so there are three generations of photovoltaic modules. For now, the generation of photocatalytic modules from polycrystalline silicon is still dominant. By increasing the capacity and advancing in technology, the prices of photovoltaic modules have fallen over the years, and thus the price of electricity for the privileged producers is declining, affecting the viability of investing in photovoltaic systems. Cost-effectiveness of home-based photovoltaic systems is determined by cash flows. Appropriate economic methods are used to calculate the payback period using the home and photovoltaic system revenue and costs. In the Republic of Croatia, HROTE (Croatian Energy Market Operator d.o.o.) signs contracts for the electricity price of the eligible producer. The electricity price of a privileged producer largely determines revenue from home-based photovoltaic systems, so it is essential for the investor to accept the contract. During the various periods, the value of the electricity prices of eligible producers varied. The most significant costs of the photovoltaic system are the investment costs and costs of replacing the exchanger after a certain number of years. If the revenue is higher than the cost for a given period, the project of the home photovoltaic system is profitable.

Keywords: photovoltaic module, preferred producers, cash flow, project profitability

ŽIVOTOPIS

Mato Marčetić rođen je 22. rujna 1992. godine u Požegi. Pohađao je osnovnu školu „Dobriše Cesarića“ koja se nalazi u Požegi. Zatim, uspješno završava Tehničku školu u Požegi s vrlo dobrim i odličnim uspjehom. Znanje koje stiče u srednjoj školi je iz područja elektrotehnike. Nakon srednje škole polaže državnu maturu i upisuje sveučilišni preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku gdje je stekao titulu sveučilišnog prvostupnika elektrotehnike. Aktivno se bavi sportom od 6. godine života, ponajviše nogometom, gdje postiže mnogo uspjeha. Sudjelovao je na brojnim sveučilišnim, državnim i međunarodnim natjecanjima u nogometu predstavljajući fakultet i sveučilište u kojima je osvojio i nekoliko medalja. Zbog velike zainteresiranosti za fotonaponske sustave odlučio se za ovu temu rada, kako bi proučio isplativost ulaganja u kućne fotonaponske sustave, stekao znanja iz fotonaponskih tehnologija te ostalima približio kakve prednosti ima proizvodnja električne energije iz fotonaponskih sustava.