

# Proizvodnja električne energije velikim fotonaponskim sustavima

---

**Kvaternik, Barbara**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:276557>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET**

**KVATERNIK BARBARA**

**PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE VELIKIM  
FOTONAPONSKIM SUSTAVIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**VARAŽDIN, 2019**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE VELIKIM  
FOTONAPONSKIM SUSTAVIMA

KANDIDAT:  
KVATERNIK BARBARA

MENTOR:  
Doc.dr.sc. ROBERT PAŠIČKO

VARAŽDIN, 2019



Sveučilište u Zagrebu  
Geotehnički fakultet



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: BARBARA KVATERNIK

Matični broj: 2550 - 2015./2016.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE VELIKIM FOTONAPONSKIM SUSTAVIMA

- Rad treba sadržati:
1. Uvod
  2. Fotonaponski sustavi
  3. Princip rada fotonaponskih sustava
  4. Hrvatska kao potencijal električne energije
  5. Inicijativa „Čista energija za EU otoke“
  6. Stanje u svijetu
  7. Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije (LCOE) za fotonaponske sustave
  8. CRES – SE Orlec Trinket 10 MW
  9. Zaključak
  10. Literatura
  11. Popis slika

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 27.03.2019.

Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:

Doc.dr.sc. Robert Pašičko



Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

**PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE VELIKIM  
FOTONAPONSKIM SUSTAVIMA**

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc Roberta Pašička**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 12.09.2019.

Barbara Kvaternik

(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

## **Sažetak rada:**

U ovom završnom radu opisuje se dobivanje električne energije iz obnovljivih izvora, odnosno korištenje sunčeve energije. Postoji vrlo velik potencijal za primjenu različitih oblika sunčeve energije, no stvarna iskoristivost je puno manja. U prvom dijelu rada opisuje se općenito sunčeva energija i iskorištavanje Sunčeve energije u Hrvatskoj koja je potrebna za rad FN sustava te se opisuju novi projekti FN za otoke. Drugi dio opisuje FN sustav u svijetu na jednom primjeru. Nadalje, opisuje se analiza isplativosti proizvodnje električne energije za različite tehnologije. Potrebno je napraviti pregled troškova proizvodnje električne energije za konvencionalne i nekonvencionalne elektrane. Zatim je potrebno napraviti proračun za isplativost proizvodnje električne energije u Republici Hrvatskoj za elektrane različitih tehnologija, te potom usporediti rezultate.

**Ključne riječi:** fotonaponski sustav, električna energija, obnovljivi izvori energije, solarna elektrana.

# SADRŽAJ

## stranica

1. UVOD.....	1
2. FOTONAPONSKI SUSTAVI.....	2
2.1. Prednosti i nedostatci FN sustava.....	4
3. PRINCIP RADA FOTONAPONSKIH SUSTAVA.....	5
3.1. Utjecaj zasjenjenja.....	6
4. HRVATSKA KAO POTENCIJAL ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	8
5. INICIJATIVA „ČISTA ENERGIJA ZA EU OTOKE“.....	11
5.1. Hrvatski otoci u inicijativi.....	12
5.2. Nova zapošljavanja i suradnja.....	15
6. STANJE U SVIJETU.....	16
6.1. Solarni kompleks Noor Ouarzazate u Maroku.....	17
7. Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije (LCOE) za fotonaponske sustave.....	19
7.1. Proizvodna cijena u Hrvatskoj.....	20
7.2. Utjecaj na okoliš i recikliranje.....	21
8. CRES - SE OrlecTrinket 10 MW.....	22
9. ZAKLJUČAK.....	25
10. LITERATURA.....	26
11. POPIS SLIKA.....	28

## 1. UVOD

Sunce je neiscrpan obnovljivi izvor energije koji kao najveći izvor energije u solarnom sustavu može proizvesti dovoljno solarne energije da zadovolji potrebe čovječanstva. Postoje dva osnovna načina upotrebe solarne energije, prvi je pretvorba u toplinsku energiju, a drugi u električnu energiju. Prilikom procesa proizvodnje električne energije i toplinske ne zagađuje se okoliš. Republika Hrvatska (RH), naročito pojedini njezini dijelovi, zbog visokog broja sunčanih dana te pogodne geografske lokacije imaju izuzetno povoljne prirodne uvjete za proizvodnju električne energije iz fotonaponskih sustava (FN). Tehnički iskoristiv potencijal za fotonaponske i solarne toplinske sustave je velik, ali nažalost samo djelomično iskorišten. Porastom turizma potrebna je sve veća potrošnja energije, a većina otoka ovisna je o uvozu goriva i energije. Korištenjem solarne energije Hrvatska bi mogla u potpunosti zamijeniti potrošnju električne energije te smanjiti potrebu za uvozom energenata i negativan utjecaj na okoliš iz energetskog sektora. Narednih godina očekuje se povećanje kvota, no osim toga potrebna je investicija distributera u postojeću infrastrukturu, odnosno potrebno je poboljšati upravljanje energetskim resursima te ljude dovoljno informirati i educirati o fotonaponskim sustavima. Korištenjem obnovljivih izvora energije smanjuje se zagađenje okoliša i emisije štetnih plinova.



## 2. FOTONAPONSKI SUSTAVI

Fotonaponski sustavi su sustavi koji primaju Sunčevu energiju i pretvaraju je u električnu energiju. Solarni generator je zajednički element svih fotonaponskih sustava. Općenita podjela fotonaponskih sustava prikazana je na slici 1.



Slika 1. Podjela fotonaponskih sustava [1]

Postoje dvije osnovne skupine fotonaponskih sustava:

- Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (off grid), a često se nazivaju i autonomnim, samostalnim ili otočnim sustavima (stand-alone systems)
- Fotonaponski sustavi koji su priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (On grid).

Samostalni sustavi su oni u kojima proizvedena električna energija služi za pokrivanje potreba potrošača koji nisu spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu (vikendice, kampovi, izolirani objekti na otocima ili planinama itd.) Kod takvih sustava nužno je imati akumulator (bateriju) koji služi kao spremnik električne energije. Također je potrebno dodati regulator za kontrolirano punjenje i pražnjenje baterije, a dodavanjem izmjenjivača takvom samostalnom sustavu mogu se zadovoljiti mrežni potrošači kojima je potreban izmjenični napon kao što su perilice, hladnjaci, televizori, računala, usisavači, mali kućni aparati i druga trošila. Prednost ovakvih sustava je ta što je moguće skladištenje električne energije u akumulatoru koju možemo koristiti bilo kada. Povećava se sigurnost, nema troškova i energetske ovisnosti. Nedostatak je promjena godišnjih doba, kojega možemo nadoknaditi povećanjem skladištenja energije.

Hibridni fotonaponski sustavi nastaju povezivanjem samostalnih sustava s nekim drugim alternativnim (pričuvnim) izvorima električne energije, kao što su to vjetroturbine, hidrogeneratori, pomoćni dizelski ili plinski agregati. Vjetroturbine i fotonaponski sustavi se mogu povezati pomoću zajedničkog izmjenjivača. To daje veću sigurnost i raspoloživost električne energije te se time omogućava manji kapacitet akumulatora kao samog spremnika električne energije. Proizvedenom električnom energijom pomoću solarnih modula ili vjetroagregatom napajaju se prvo trošila, a višak energije se pohranjuje u akumulatoru. Ako ne bi postojao uvjet za proizvodnju električne energije pomoću solarnih modula ili vjetroagregata, akumulator postaje izvor za napajanje istosmjernih ili izmjeničnih trošila, a u slučaju da to ne može biti niti akumulator uključuje se generator na dizel ili biodizel gorivo.

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili mrežni fotonaponski sustavi su oni u kojima se proizvedena električna energija koristi za pokrivanje potreba objekta na kojem se sustav nalazi (kuće, zgrade, itd.). Mogu biti izravno priključeni ili priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije. Takvi sustavi ne trebaju imati baterije i akumulatoru jer javna elektroenergetska mreže ima ulogu spremnika električne energije.

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije što omogućuje povezivanje distribuiranih sustava na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava [1].

## 2.1. Prednosti i nedostaci FN sustava

### Prednosti fotonaponskih sustava:

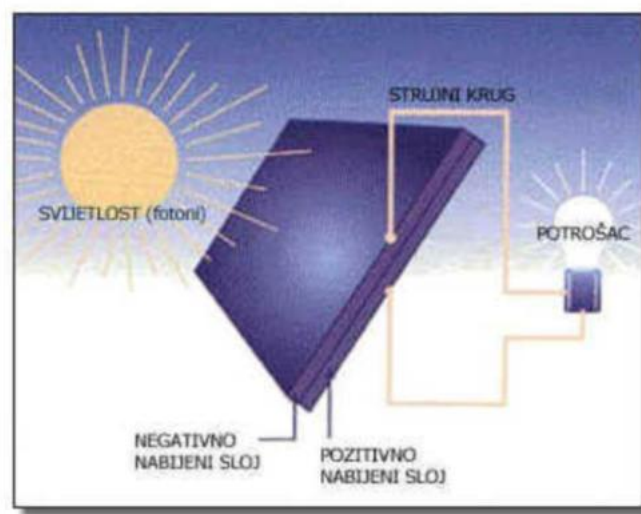
- Jednostavno, tj. minimalno održavanje
- Energija je čista – fotonaponski sustavi ne zagađuju okoliš i pružaju jedno od najboljih rješenja za smanjenje štetnih emisija plinova i čestica.
- Proizvodnja je tiha
- Jedna je od velikih prednosti Sunčeve energije sposobnost proizvodnje energije na udaljenim mjestima gdje ne postoji mogućnost priključenja na mrežu.
- Instalacija Sunčevih modula na udaljenim lokacijama mnogo je povoljnija sa stanovišta uštede novca nego zahtjevi da se instaliraju visokonaponski vodovi električne energije.
- Modularnost .[2]

### Nedostaci fotonaponskih sustava:

- Početni su troškovi relativno visoki.
- Sunčeva se energija koristi samo za vrijeme dnevne svjetlosti, a potrošnja je većinom u kasnijim popodnevnim satima. Da bi koristili Sunčevu energiju noću moramo imati spremnike energije.
- Vremenske prilike značajno utječu na količinu proizvedene energije.
- Proizvodnja modula značajno utječe na okoliš.
- Potrebna je velika površina za veću količinu energije.
- Zagađenje može utjecati na rad fotonaponskih panela jer se njihova efikasnost smanjuje povećanjem zagađenja, odnosno s povećanom količinom prljavštine koja pada na module. [2]

### 3. PRINCIP RADA FOTONAPONSKIH SUSTAVA

Fotonaponski sustavi rade na principu pretvaranja dnevne svjetlosti u električnu energiju. Sunčeve zrake pretvaramo u termičku energiju pomoću solarnih kolektora. Fotonaponske ćelije su izrađene od istih vrsta poluvodičkih materijala, poput silicija, koji se koriste u industriji mikroelektronike. Kada svjetlosna energija dolazi do solarnih ćelija, elektroni se oslobode od atoma u poluvodičkom materijalu. Ako su električni vodovi priključeni s pozitivne i negativne strane stvorit će se energija koja se može koristiti za napajanje, vidljivo na slici 2.



Slika 2. Fotonaponski efekt [3]

Osnovne prednosti fotonaponskih sustava su distribuirana proizvodnja na mjestu gdje je to potrebno, neovisnost o fosilnim gorivima, minimalni troškovi održavanja, visoka modularnost prema stvarnim potrebama korisnika te su prikladni za okoliš jer nema emisija štetnih tvari. [3]

### 3.1. Utjecaj zasjenjenja

Fotonaponske ćelije u fotonaponskim modulima moraju biti električno izolirane s vanjske strane, zaštićene od atmosferskih prilika i mehaničkih naprezanja, otporne na ultraljubičaste zrake, niske temperature, nagle promjene temperature te osigurane od pregrijavanja omogućenim hlađenjem. Kod postavljanja fotonaponskih sustava, a posebice onih koji nemaju pričuvni izvor napajanja, iznimno je važno omogućiti što dulji i kvalitetniji rad solarnog generatora jer postoji utjecaj zasjenjenja pa se zbog toga trebaju pridržavati uvjeti postavljanja. To znači da fotonaponski moduli moraju biti postavljeni sunčevom zračenju. Na području Hrvatske optimalno postavljanje smatra se njihova orijentacija prema jugu i nagib u odnosu na plohu na kojoj se nalaze:

- 50 - 60° za sustave koji rade cijele godine
- 10 – 15° za sustave koji rade samo po ljeti

Pri postavljanju modula treba paziti na zasjenjenja od susjednih zgrada, dimnjaka, TV antene, satelitski odašiljači i sl. Pri odabiru mjesta za postavljanje modula u obzir treba uzeti sljedeće:

- Zasjenjenje modula tijekom jutarnjih i/ili večernjih sati nema nekog utjecaja na njihov rad
- Zasjenjenje modula tijekom dana, najviše oko podne, nije prihvatljivo te se treba odabrati drugo mjesto postavljanja
- U razdoblju od listopada do ožujka moduli bi u vremenu oko podne morali biti bez ikakvog zasjenjenja najmanje 4 sata, a ako to nije moguće, treba odabrati drugo mjesto postavljanja.

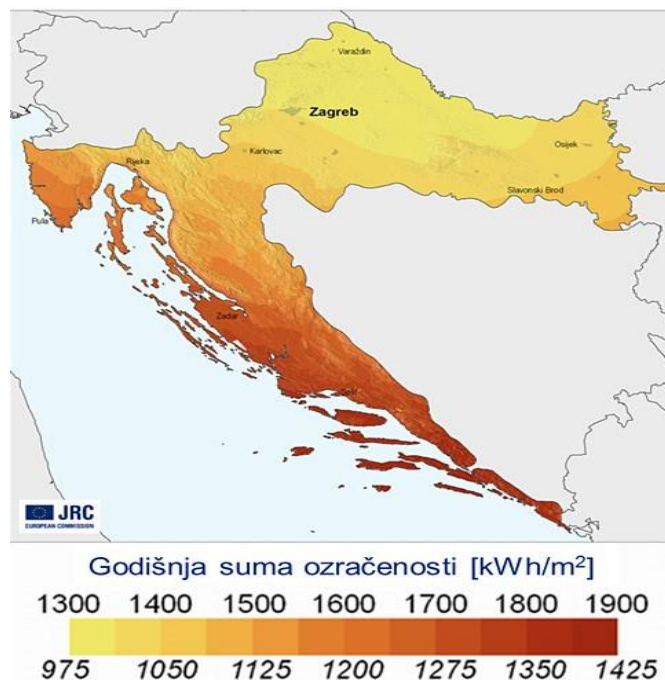
Moduli se mogu postavljati na krov (ravni ili kosi), nadstrešnicu, pročelje zgrade, na tlo ili bilo koju drugu prikladnu plohu. Najprikladnijim se smatra postavljanje na kosi krov ili nadstrešnicu s nagibom  $35^\circ$ . Manja odstupanja od tog nagiba su prihvatljiva. Kod postavljanja na krovove ili nadstrešnice čiji je nagib mnogo veći ili manji od  $35^\circ$ , na ravni krov ili druge ravne plohe, moduli se mogu postaviti na posebne nosače od aluminijskih ili pocinčanih čeličnih profila. Pri postavljanju više redova modula, valja voditi računa o njihovom razmaku kako ne bi došlo do međusobnog zasjenjivanja. Kada se zasjenjenje ne može izbjeći, veliku ulogu ima projektant fotonaponskog sustava koji će optimizirati fotonaponsku elektranu. [1]



Slika 3. Zasjenjivanje fotonaponskih modula [1]

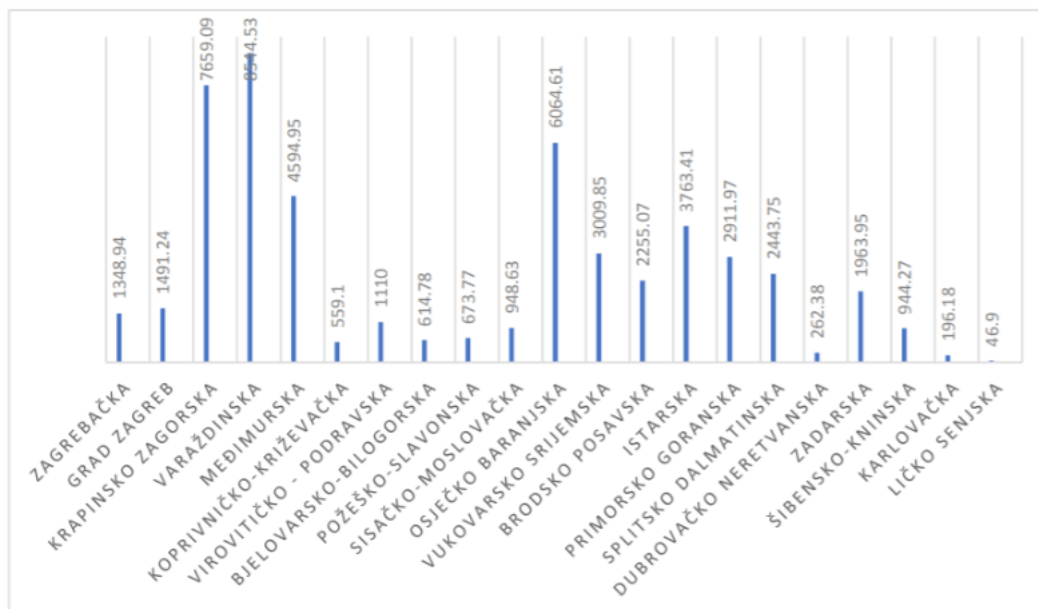
## 4. HRVATSKA KAO POTENCIJAL ELEKTRIČNE ENERGIJE

Energija Sunčevog zračenja u Hrvatskoj se najvećim dijelom iskorištava u vidu fotonaponskih elektrana. Zbog svog geografskog položaja i raznolikosti Hrvatska ima veliki potencijal u iskorištavanju Sunčeve energije. Jedni od razloga koji su vrlo značajni u razvoju fotonaponskih sustava su bogatstvo regije i informiranost korisnika, tako da se do sada najviše fotonaponskih sustava nalazi na sjeverozapadu Hrvatske, a Dalmacija je trenutno najslabije razvijena, iako ima najveći potencijal gledano na njezin geografski položaj. Najveća je solarna elektrana Kanfanar 1 u Istri snage 1 MW koja proizvodi 1,2 milijuna kWh energije godišnje putem više od 4.000 FN modula što opskrbljuje 350 kućanstava. Upotreba obnovljivih izvora energije, u smislu sunčanih elektrana za proizvodnju struje i toplinske energije, mogla bi biti dobro rješenje za naseljene otoke. Time bi otoci postigli energetska neovisnost te bi se uštedjelo na troškovima distribucije. Vrlo bitni ograničavajući faktori pri upotrebi obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj su zastarjela infrastruktura distributerske mreže te mnogobrojni zakonski propisi i kvote. Zbog niskih godišnjih kvota za proizvodnju električne energije javlja se sve manji interes investitora za ulaganjem. Trenutno je Hrvatska pri dnu ljestvice među članicama Europske unije u proizvodnji električne energije, mada se očekuje veliki rast zbog očekivanog pada cijene tehnologije i veće godišnje instalacije.[2]



Slika 4. Godišnja suma ozračenosti [2]

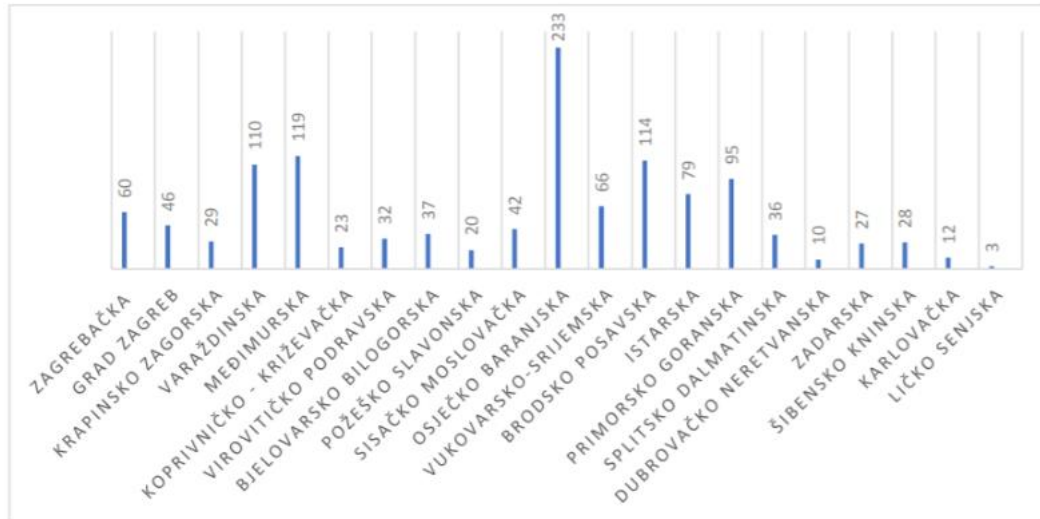
Električna energija proizvedena iz Sunčeve energije u FN sustavima i koncentriranim sunčanim elektranama mogla bi postati tržišno konkurentna oko 2020. godine, te bi uz iskorištavanje nešto manje od 1 % tehničkog potencijala ekonomski potencijal iznosio oko 0,3 TWh/god., što odgovara snazi od oko 200 MW. U Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske iz 2008. godine zadan je cilj prema kojemu za FN sustave stanje u Hrvatskoj do 2020. godine mora biti izjednačeno stanju Španjolske gledano po glavi stanovnika iz 2008. godine (11,71 W po stanovniku), te stanju Njemačke iz iste godine do 2030. godine (više od 45 W po stanovniku). Uz to, pretpostavljena stopa rasta korištenja FN sustava je 68 % godišnje do 2020. godine, te 20 % do 2030. godine. U Strategiji stoji kako se očekuje da će do 2030. godine 15 % postojećih objekata i 50 % novoizgrađenih objekata s nekim oblikom iskorištavanja Sunčeve energije sudjelovati u vlastitoj energetskoj bilanci; da će instalirana snaga FN sustava iznositi više od 45 W/stanovniku, te da će Hrvatska biti na četvrtom mjestu u Europi promatrano po MW Sunčevih toplinskih sustava po stanovniku. RH svake godine povećava udio instalirane snage sunčevih elektrana, stoga Hrvatski operator tržišta energije (HROTE) posjeduje potpisane ugovore o otkupu električne energije iz 9 postrojenja koja nisu puštena u pogone, te povećanje već planirane instalirane snage sunčevih elektrana za 2002 kW. [4]



Slika 5. Grafički prikaz snaga sunčevih elektrana po županijama [5]



Na slici 5. prikazana je instalirana snaga sunčevih elektrana po županijama RH. Vrijednosti su izražene u kilowatt-ima [kW]. Može se vidjeti kako najviše instalirane snage iz solarnih elektrana ima u Varaždinskoj županiji, dok najmanje ima u Ličko-Senjskoj županiji. [5]



Slika 6. Grafički prikaz ukupnog broja sunčevih elektrana posebno za svaku županiju [5]

Na slici 6. prikazana je ovisnost broja elektrana po županijama RH. Najviše instaliranih elektrana ima u Osječko-baranjskoj županiji, dok najmanje u Ličko-senjskoj. U Osječko-baranjskoj županiji ima najviše instaliranih elektrana, no Osječko-baranjska županija ne predvodi i po instaliranoj snazi elektrana. [5]

## 5. INICIJATIVA „ČISTA ENERGIJA ZA EU OTOKE“

Europska Unija prepoznala je sunčani potencijal otoka i potrebe za tranziciju na zelenu energiju. Time su došli na ideju osnivanja inicijative slika 7., koju je osnovalo Tajništvo EU. Cilj inicijative „Čista energija za EU otoke“ je pružanje stručne pomoći što većem broju europskih otoka u tranziciji prema čistoj energiji. Na temelju prethodnih iskustva s uspješnim tranzicijskim procesima, poznato je da je tajna uspjeha u uključivanju svih razina upravljanja otocima, od građana, preko općina, lokalnih tvrtki i škola, pa sve do relevantnih dionika s kopna kako bi zajedno oblikovali vlastitu tranziciju. Otoci postaju sve vidljiviji na europskoj karti. Podrška za 26 otoka diljem Europske Unije važan je korak u tome da otočne zajednice postanu vodilje tranzicije prema čistoj energiji. To je prvi, ali važan korak u osiguravanju trajne pomoći otocima. Ovih 26 otoka odabrano je na temelju njihovog potencijala za uspostavu kvalitetnog tranzicijskog procesa uz potporu Tajništva. Kako bi poslužili kao inspirativni primjeri za što veći broj europskih otoka u nadolazećim godinama, posebna pozornost posvećena je uključivanju otoka koji pokrivaju širok raspon geografskih i kontekstualnih uvjeta. Na rad Tajništva nastavit će se i tzv. „Facility“ kroz koji je Europska komisija osigurala dodatnih deset milijuna EUR za infrastrukturne projekte u području čiste energije na europskim otocima. Raspisivanje prvog natječaja se očekuje za kraj 2019. godine [6].



Slika 7. Logo inicijative „Čista energija za EU otoke“ [6]

## 5.1. Hrvatski otoci u inicijativi

Hrvatska obala ima blagu sredozemnu klimu s 2400 do 2800 sunčanih sati godišnje, što je svrstava među najsunčanije europske obale. Duž obale ima 718 otoka i otočića, 389 hidri i 78 grebena, pa se opravdano naziva "zemljom tisuću otoka". Naseljeno je pedeset otoka (većina ih ima nekoliko naselja), a prema popisu stanovništva iz 2011. na njima je živjelo 132443 stanovnika [9].

Hrvatski otoci su prvi europski otoci na kojima se održavaju radionice i koji prvi kreću u proces energetske tranzicije uz podršku Tajništva. Tajništvo je objavilo popis 26 europskih otočkih zajednica čime je i službeno pokrenuta njihova tranziciju prema čistim izvorima i oblicima energije. Među 26 izabраниh otoka našle su se i 4 hrvatske otočke zajednice: cresko-lošinjski arhipelag te Brač, Hvar i Korčula. Cresko-lošinjski arhipelag, izdvojen kao jedan od 6 europskih pilot projekata, plan energetske tranzicije bi trebao imati spreman do kraja ljeta 2019. Preostalih 20 otoka, uključujući Brač, Hvar i Korčulu, planove će imati do ljeta 2020. Unatoč obilju obnovljivih izvora energije, mnogi otoci trenutno ovise o fosilnim gorivima i uvozu energije s kopna. Tranzicija na čiste izvore energije može pomoći otocima ne samo da postanu samodostatni i prosperitetniji, već im otvoriti i nove mogućnosti zapošljavanja u svojim zajednicama te usmjeriti daljnji razvoj otoka [6].

### 1. Cres

Grad Cres je od samog početka pokretanja inicijative "Čista energija za EU otoke" uključen u razne aktivnosti kojima se pripremao izbor otočnih zajednica koje će biti predvodnice u tranziciji prema čistoj energiji. U Listopadu 2018. godine predstavnici Tajništva posjetili su Cres i prvo predstavili inicijativu za sve građane Cresa, kao i otoka Lošinja. Tad je zaključeno da je važnije da se tranzicija provede na cijelom arhipelagu koji u energetske, ali i mnogim drugim aspektima djeluje kao cjelina. Predloženo je da koordinaciju inicijative preuzme Otočna razvojna agencija (OTRA), koja je u siječnju 2019. godine Tajništvu dostavila prijavu na poziv za iskazivanje interesa za primanje tehničke pomoći, nakon čega je 18. veljače 2019. godine potvrđen izbor cresko-lošinjskog otočja među šest pilot-otoka u EU-u. OTRA je već okupila "energetski tim" u kojem su i predstavnici gradova Cresa i Malog Lošinja te predstavnik zajedničkog komunalnog društva. U izradu Plana tranzicije uključit će se svi relevantni

sudionici iz javnog, poslovnog, civilnog i akademskog sektora, a surađivat će i s nekoliko energetskih stručnjaka s nacionalne razine. Ove godine na Cresu počinje izgradnja najveće solarne elektrane vidljivo na slici 8., u Hrvatskoj, koja će godišnje proizvoditi oko 8,5 GWh, što odgovara potrošnji otprilike 2000 kućanstava. Na otoku je u planu izgradnja još dviju sunčanih elektrana [7].



Slika 8. Izgled planirane sunčane elektrane na Cresu [7]

## **2. Hvar**

Otok Hvar je zajedno s Bračom i Korčulom jedan od srednjodalmatinskih otoka koji je odabran za program energetske tranzicije. U ovom razvojnom razdoblju izrade strategije očekuje se ispitivanje postojećeg stanja, kao i iznošenje mogućih rješenja drugih oblika energije na otoku, konkretno u ovom slučaju za područje grada Hvara. Može se reći kako imaju dobru suradnju s Hrvatskom elektroprivredom (HEP) u vidu razvoja solarne elektrane od 10 MW, koja bi bila adekvatna za potrebe grada Hvara. Hvar ide u smjeru da taj projekt bude partnerski, tako da i Grad Hvar omogući svojim građanima mogućnost da kupe udio u projektu i tako pridonese razvoju obnovljivih izvora energije, a u budućnosti, žele izgraditi i crpne stanice za električne automobile, kao i autobuse na električni pogon.

## **3. Brač**

U projektu za otok Brač sudjeluju sve jedinice lokalne samouprave s otoka, LAG "Brač", Splitsko-dalmatinska županija, Fakultet elektrotehnike i računarstva iz Zagreba, Institut "Hrvoje Požar", uz suradnju udruga iz civilnog sektora i predstavnika gospodarskog sektora. Cilj projekta je izraditi plan prijelaza otoka na čistu energiju, a u tom procesu ključno je okupiti sudionike koji će pomoći oblikovati i unaprijediti tranziciju čiste energije na otoku Braču. Tajništvo za otoke nudi tehničku podršku, organizaciju radionica te razmjenu iskustava otoka. Za izradu plana potpisuje se memorandum o razumijevanju svih sudionika, te se definira zajednički tim za izradu plana, u koji su uključeni predstavnici lokalne vlasti, privatnih investitora te akademskih zajednica koji će aktivno raditi na razvijanju plana. Obveza je izraditi plan u roku od 12 mjeseci od potpisivanja memoranduma. Od pokrenutih mjera je izgradnja sunčane elektrane na području općine Pučišća, energetska obnova dječjeg vrtića "Mrvica" u Supetru, operativni plan razvoja pametnog grada "Smart City Supetar 2019. – 2023.", a razmotrit će se ideje izgradnje sunčanih elektrana s baterijskim sustavom, ugradnje solarnih panela na krovove javnih i privatnih objekata kao što su škole, proizvodni pogoni, hoteli, privatne kuće, razvoj elektromobilnosti na otoku, mjere za unaprjeđenje javne rasvjete, projekti iz područja Smart Grid i Smart City, energetska obnova javnih objekata i edukacije.

#### **4. Korčula**

Prije se najviše električne energije trošilo zimi, sada se najviše električne energije troši ljeti s obzirom na dolazak turista. Potrebe su velike i time se troši puno novaca na fosilna goriva i zbog mnogih gospodarskih objekata i stanovnika energetska tranzicija je dobrodošla. Grad Korčula ima dobru suradnju s ostalim jedinicama lokalne samouprave, a zajedno su i u ovom projektu energetske tranzicije. Na Korčuli se ne mogu graditi velike vjetroelektrane zbog preleta ptica, ali otok je pogodan za instaliranje sunčanih kolektora na kojima se i radi. Na gradskim bazenima postavljen je fotonaponski sustav za dogrijavanje vode i proizvodnju električne energije. Cilj je na središnjem djelu otoka izgraditi solarnu elektranu.

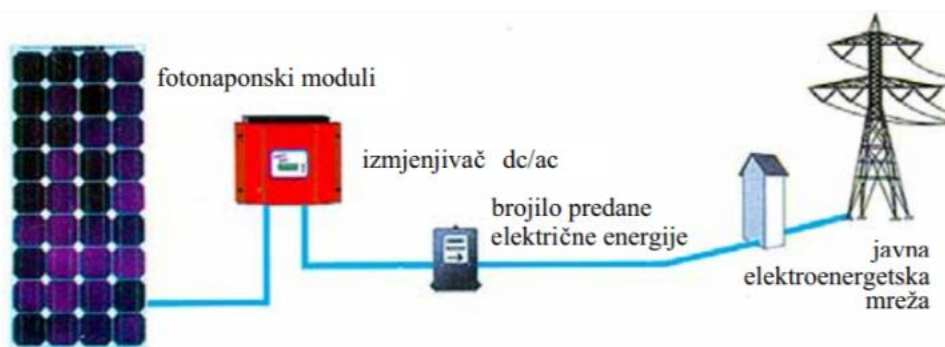
#### **5.2. Nova zapošljavanja i suradnja**

U EU postoji više od 2.200 naseljenih otoka, od kojih neki nisu spojeni na elektroenergetsku mrežu na kopnu. Unatoč obilju obnovljivih izvora energije, poput energije vjetra, sunca i valova, mnogi od njih trenutno ovise o skupom uvozu fosilnih goriva za svoju opskrbu energijom. Tranzicija prema čistoj energiji može pomoći otocima ne samo da postanu samodostatni i prosperitetniji, već može stvoriti i nove prilike zapošljavanja u svojim zajednicama. Zahvaljujući ovom europskom projektu, provest će se aktivnosti koje će pridonijeti potpunoj dekarbonizaciji otoka: proizvodnja energije iz obnovljivih izvora, grijanje, hlađenje, prijevoz unutar otoka te prijevoz među otocima i prema kopnu. Bit će to također prilika za ispitivanje, odnosno primjenu tzv. pametnih rješenja u različitim sektorima kojima će se unaprijediti kvaliteta življenja, ali i pridonijeti globalnom smanjenju klimatskih promjena te u konačnici dodati vrijednost turističkoj destinaciji. Procesom energetske tranzicije upravljat će lokalne zajednice, pri čemu je uloga Tajništva za otoke pružiti pomoć pri pisanju Programa energetske tranzicije „Clean Energy Transition Agendas“ za 6 europskih otoka. Natječaj koji je otvoren i namijenjen otocima koji mogu sagledati energetska tranziciju jedinstveno kao otok neovisno o broju lokalnih samouprava koje se na njemu nalaze. Tajništvo će također uspostaviti tzv. “helpdesk” (ured za podršku) kako bi pružio informativnu potporu, uspostavio temelje za izgradnju otočnih kapaciteta te omogućio umrežavanje otočnih dionika. Tajništvo u narednom periodu neće pružati izravnu financijsku potporu

otočnim dionicima, ali im, sukladno potrebama, može pružiti savjetodavnu podršku oko izrade modela financiranja i detektiranja izvora istih [8].

## 6. STANJE U SVIJETU

Razvojem tržišta fotonaponske tehnologije, primjerice ćelija, modula, izmjenjiva reme, počinju se FN sustavi ugrađivati ne samo na građevinama ili u njihovoj neposrednoj blizini, nego i na slobodnim površinama u blizini elektroenergetske mreže, te gradnjom djela elektroenergetske mreže do priključka na nisku, srednju ili visoku razinu napona elektroenergetskog sustava. Ti su sustavi izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu i svu proizvedenu električnu energiju predaju u elektroenergetski sustav, kao što je prikazano na slici 9. Za te je sustave karakteristična veća snaga i uglavnom se instaliraju na većim površinama [15].



Slika 9. Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu [15]

Europska energetska politika zajedno s povoljnim nacionalnim zakonodavnim okvirima zemalja članica EU-a rezultirala je rastom tržišta fotonaponskih elektrana, čiji je ukupni instalirani kapacitet dosegao 39600 MW na kraju 2010. godine. Proizvođači fotonaponske opreme očekuju da će do 2030. godine biti instalirano preko 600 GW fotonaponskih sustava u Europi. Primjena fotonaponske tehnologije zahtjeva visoko kvalificirane tehničare za instalaciju, održavanje i popravak sustava [11].



## 6.1. Solarni kompleks Noor Ouarzazate u Maroku

Solarni kompleks Noor Ouarzazate prikazana na slici 10., razvija se 10 kilometara sjeveroistočno od grada Ouarzazate. Prva faza projekta uključivala je izgradnju postrojenja koncentrirane sunčeve energije (CSP) 160 MW pod nazivom Noor I, dok druga faza uključuje izgradnju 200 MW Noor II CSP postrojenja i 150 MW Noor III CSP postrojenja, a faza 3 uključivat će izgradnju tvornice COO Noor IV.

Građevinski radovi prve faze započeli su u kolovozu 2013., a Noor I službeno je pušten u rad u veljači 2016. Noor II i Noor III planiraju započeti komercijalne operacije u 2017. odnosno 2018. godini. Projekt se razvija na temelju izgradnje, posjedovanja, upravljanja i prijenosa (BOOT) od strane ACWA Power Ouarzazate, konzorcija ACWA Power, marokanske agencije za solarnu energiju (Masen), Aries i TSK. Solarni kompleks će upravljati i održavati konzorcij predvođen NOMAC-om

Projekt je dio marokanskog programa za solarnu energiju (NOOR), koji ima za cilj razviti pet solarnih kompleksa s ukupnim kapacitetom od oko 2 GW do 2020. godine kako bi se zadovoljile energetske potrebe zemlje, što ovisi o 95% uvoza. Očekuje se da će tvornica Corsa Noor I nadoknaditi emisiju CO<sub>2</sub> od 240000 t godišnje i generirati oko 1000 radnih mjesta i 60 stalnih radnih mjesta tijekom faze rada i održavanja. Kombinacije Noor II i Noor III pomoći će nadoknaditi 533000 t emisija CO<sub>2</sub> godišnje.



Slika 10. Solarna elektrana Noor u Maroku [13]



Noor I koristi mokri sustav hlađenja, dok će kasnije sustav koristiti sustav suhog hlađenja. Potrebna voda za biljke bit će dobivena iz brane Mansour Eddabhi, koja se nalazi oko 12 km od mjesta zahvata, a pohranjena je u akumulacijama s ukupnim kapacitetom od 300000 m<sup>3</sup>. Noor II će pokriti površinu od približno 612 ha i bit će opremljen s 400 petlji, pri čemu se svaka petlja sastoji od četiri povezana modula sklopa solarnih kolektora (SCA), koji će nadalje sadržavati 12 modula solarnih kolektora (SCE). Noor III pokriva područje od oko 598 ha. Ukupna investicija za prvu fazu procjenjuje se na 500 milijuna eura, a za drugu fazu procjenjuje se na 2 milijarde dolara [13].



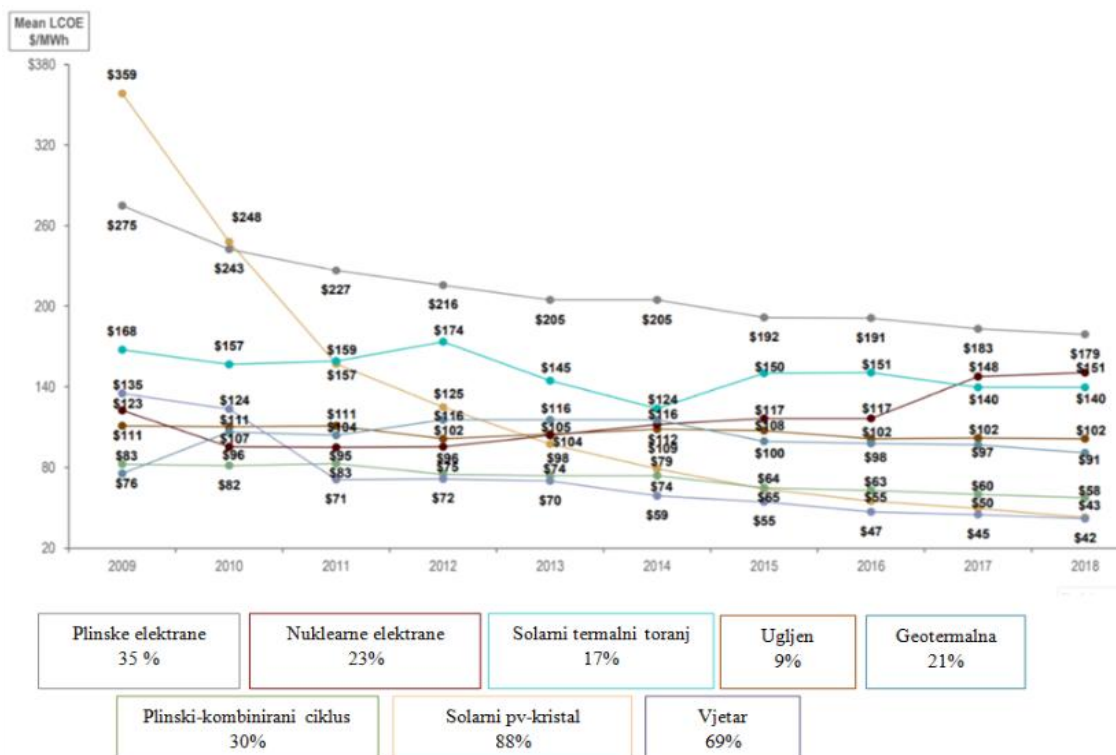
Slika 11. Prikaz solarne elektrane Noor u Maroku [14]

Zrcala se, kao golemi suncokreti, pomiču u smjeru Sunca, a sunčeve zrake zagrijavaju sintetičko ulje u cijevima. Temperatura ulja dosegne temperaturu od 350 stupnjeva celzijusa i koristi se za proizvodnju pare koja pokreće turbine generatora. Isti se proces koristi u proizvodnji električne energije fosilnim gorivima, osim što se ovdje koristi Sunce kao izvor topline. Elektrana proizvodi energiju i nakon zalaska Sunca, kada je potražnja za električnom energijom najveća. Jedan dio energije proizveden tijekom dana pohranjuje se u spremnike s rastaljenom soli, pa se proizvodnja energije nastavlja i sljedeća tri sata. Maroko bi trebao imati dovoljno proizvedene energije koji će ostatak moći izvoziti na europsko tržište i tako još povećati svoje prihode i isplativost elektrane [14].

## 7. Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije (LCOE) za fotonaponske sustave

„Levelized Cost of electricity (LCOE)“, ili prevedeno na hrvatski „Nivelirani troškovi proizvodnje električne energije“, je alat koji se koristi za izračunavanje prosječnih troškova proizvodnje jednog kilovatsata (kWh) električne energije izraženih u neto sadašnjoj vrijednosti (NPV) kroz životni vijek elektrane. Jednostavnije rečeno, LCOE metoda izračunava prosjek troškova elektrane kroz duži vremenski period. Sistem LCOE-a najčešće se koristi za usporedbu troškova proizvodnje energije iz različitih izvora.

Godine 2002. ukupni instalirani kapacitet fotonaponskih (FN) sustava bio je 2 GW, dok on za 2014. godinu iznosi gotovo 180 GW sa čak 40 GW novoinstaliranog kapaciteta. Proizvodnja električne energije iz fotonaponskih sustava posljednjih godina doživljava veliki uzlet. Tome najviše doprinosi činjenica da su cijene fotonaponskih modula u 2018. oko 88% niže od cijena 2009. godine [16].



Slika 12. Ukupni instalirani kapacitet FN sustava od 2009. do 2018. godine [16]

Troškovi za brojne tehnologije proizvodnje alternativne energije trenutno je viši od nekih konvencionalnih generacija tehnologije, smanjenje troškova za mnoge tehnologije proizvodnje alternativne energije, zajedno s neizvjesnim dugoročnim troškovima goriva za konvencionalne tehnologije. Kako kreatori politike razmatraju načine za ograničavanje emisija ugljika, Lazardova LCOE analiza pruža uvid u troškove ugljika tj. izbjegavanje, mjerene vrijednosti smanjenja koje nude tehnologije za proizvodnju alternativne energije. Ova analiza sugerira da su politike osmišljene za promicanje razvoja solarne energije na razini vjetra i komunalnih usluga, može biti posebno isplativ način za ograničavanje emisija ugljika. To daje vrijednost smanjenja emisije ugljika u iznosu od \$ 26 - \$ 34 / T u odnosu na ugljen i \$ 10 - \$ 25 / Ton u odnosu na plin [16].

Units	Conventional Generation				Alternative Energy Generation			
	Coal	Gas Combined Cycle	Nuclear	Wind	Solar PV Rooftop	Solar PV Utility Scale	Solar Thermal with Storage	
Capital Investment/KW of Capacity <sup>(1)</sup>	\$/KW	\$3,000	\$700	\$6,500	\$1,150	\$2,950	\$950	\$3,850
Total Capital Investment	\$mm	1,800	490	4,030	1,162	8,673	1,558	5,044
Facility Output	MW	600	700	620	1,010	2,940	1,640	1,310
Capacity Factor	%	93%	80%	90%	55%	19%	34%	43%
Effective Facility Output	MW	558	558	558	558	558	558	558
MWh/Year Produced <sup>(2)</sup>	GW/yr	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888	4,888
Levelized Cost of Energy	\$/MWh	\$60	\$41	\$112	\$29	\$160	\$36	\$98
Total Cost of Energy Produced	\$mm/yr	\$296	\$203	\$546	\$140	\$781	\$178	\$480
CO <sub>2</sub> Equivalent Emissions	Tons/MWh	0.92	0.51	—	—	—	—	—
Carbon Emitted	mm Tons/yr	4.51	2.50	—	—	—	—	—
Difference in Carbon Emissions	mm Tons/yr	—	—	—	—	—	—	—
vs. Coal		—	2.01	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51
vs. Gas		—	—	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Difference in Total Energy Cost	\$mm/yr	—	—	—	—	—	—	—
vs. Coal		—	(\$93)	\$250	(\$155)	\$485	(\$118)	\$185
vs. Gas		—	—	\$343	(\$63)	\$578	(\$25)	\$278
Implied Abatement Value/(Cost)	\$/Ton	—	—	—	—	—	—	—
vs. Coal		—	\$46	(\$55)	\$34	(\$108)	\$26	(\$41)
vs. Gas		—	—	(\$137)	\$25	(\$231)	\$10	(\$111)

Slika 13. Prikaz troškova energije iz LCOE analize [16]

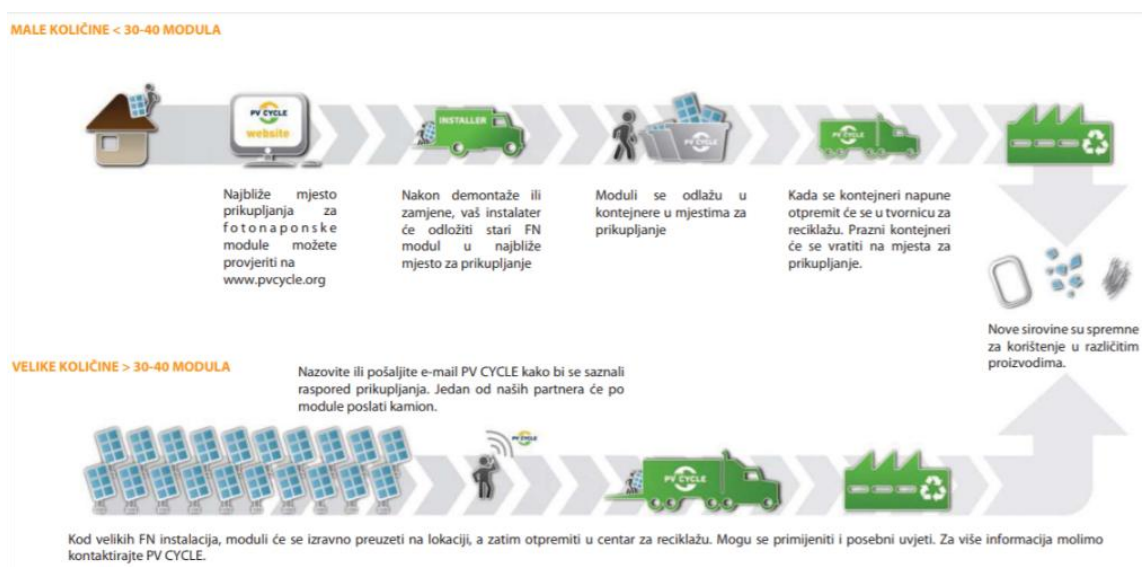
## 7.1. Proizvodna cijena u Hrvatskoj

Prosječna ostvarena cijena električne energije najčešće se kreće u rasponu od 1 kn/kWh do 1,2 kn/kWh. Međutim, kod nekih potrošača obično zbog većeg udjela vršne snage, ostvarena cijena električne energije može biti i osjetno viša. Optimalnim korištenjem fotonaponskih sustava kojim se pokriva dio vlastite potrošnje i posebice dio vršne snage, moguće je radikalno smanjiti troškove za električnu energiju. Povrat ulaganja u fotonaponski sustav u kontinentalnoj Hrvatskoj kraći je od 5 godina, a u južnoj Hrvatskoj kraći je od 3,5 godina. Cijena 1 kWh električne energije iz fotonaponskih sustava može se spustiti i do 0,13 kn/kWh. [10]

## 7.2. Utjecaj na okoliš i recikliranje

Iako je fotonaponska elektrana „čista“ energija, jer ne proizvodi nikakve stakleničke plinove, kod njih ipak postoji jedan problem o kojem se vrlo malo priča. Dakle, iako FN sustavi ne zagađuju izravno pri svome radu, njihov utjecaj na okoliš i nije zanemariv jer dolazi do znatnih emisija CO<sub>2</sub> pri proizvodnji FN panela, baterija, inventera i ostalih dijelova.

Fotonaponski moduli sadrže materijale koji se mogu reciklirati i ponovo koristiti u novim proizvodima. Industrijski procesi recikliranja postoje i za tankoslojne i za silicijske module. Materijali kao što su staklo, aluminij, kao i niz poluvodičkih materijala su vrijedni kada se recikliraju. Recikliranjem se ne smanjuje samo količina otpada, nego se također smanjuje i potreban količina energije, a time i troškovi i utjecaj na okoliš tijekom proizvodnje modula. Slika 14. prikazuje dva načina recikliranja, jedan za male, a drugi velike fotonaponske instalacije. [11]



Slika 14. Recikliranje male i velike količine modula [11]

## 8. CRES - SE OrlecTrinket 10 MW

Republika Hrvatska planira izgraditi četiri sunčane elektrane, vidljivo na slici 15. Jedna od lokacija nalazi se na Cresu, točnija lokacija je Trniket koji je 2 km udaljen od naselja Orlec, Grad Cres. Primorsko-goranska županija (PGŽ), Hrvatska provincija sv. Jeronima franjevac konventualaca Samostan sv. Frane - Cres i Hrvatska elektroprivreda d.d. sklopili su Sporazum o suradnji na projektu Sunčana elektrana (SE) OrlecTrinket na otoku Cresu. Snage 6,5 MW, SE OrlecTrinket Istok bit će prva neintegrirana sunčana elektrana u sustavu HEP-a. HEP od 2014.godine ima devet sunčanih elektrana integriranih u građevine, odnosno postavljenih na krovovima svojih poslovnih zgrada, u Zagrebu, Osijeku (dvije), Splitu, Zadru, Dubrovniku, Šibeniku, Čakovcu i Opatiji. Ujedno će to biti i najveća sunčana elektrana u Hrvatskoj (trenutno su najveće sunčane elektrane snage 1 MW) te će prosječno proizvoditi oko 8,5 GWh godišnje, što odgovara potrošnji oko 2.000 kućanstava.



Slika 15. Lokacije sunčanih elektrana [12]

SE OrlecTrinket Istok će se izgraditi na lokaciji površine 17 hektara, vidljivo na slici ..., oko 2 km sjeverno od naselja Orlec na otoku Cresu. Sunčana elektrana podijeljena je na 13 segmenata, pojedinačne snage 500 kW. Projekt je uvažio niz zahtjeva zaštite okoliša i prirode te je tako, primjerice, omogućena i ispaša ovaca unutar ograđenog područja na kojem će se nalaziti paneli te nesmetani prolaz malih životinja unutar ograde elektrane.





Slika 16. Površina sunčane elektrane [12]

HEP će izraditi glavni projekt, ishoditi akte za građenje i zakup zemljišta i osigurati sredstva za izgradnju elektrane s ciljem ishoda uporabne dozvole i puštanja elektrane u pogon. Samostan sv. Frane se pak obvezuje zemljište u svojem vlasništvu, na kojem se planira izgradnja elektrane, dati u zakup HEP-u na 25 godina. No, to nije sve jer je PGŽ istodobno s projektom SE OrlecTrinket Istok razvijao i projekt SE OrlecTrinket Zapad snage 4,14 MW, čime bi ukupna snaga sunčanih elektrana na Cresu mogla biti veća od 10 MW. Isto tako, i HEP se sve više okreće Sunčevoj energiji pa će u buduće ili samostalno razvijati takve projekte ili ih preuzimati, što je sve u skladu sa strategijom razvoja tvrtke koja podrazumijeva povećanje udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije na 50% do 2030., odnosno na 70% do 2050. godine.

Projekt Sunčane elektrane OrlecTrinket na otoku Cresu, čijom će se izgradnjom osigurati dodatna opskrba električnom energijom u ljetnim mjesecima na otocima Cresu i Lošinj, predstavljen je u primorsko-goranskoj županijskoj upravi. Vrijednost investicije procjenjuje se na 45 milijuna kuna. Sama vrijednost ugovora za Cres iznosi 34,7 milijuna kuna. Izgradnja je planirana za jesen 2019. ili do travnja 2020



Slika 17. 3D prikaz sunčane elektrane na Cresu [12]

Metodologija odabira lokacija za sunčane elektrane Primorsko – goranska županija prostorno je izrazito raznolika. Čine je tri mikroregije različite po svojim prirodno-fizičkim osobinama i stupnju razvitka: Gorski kotar, priobalje i kvarnerski otoci. Jasno je da je jedan od temeljnih kriterija za razvoj sunčanih elektrana intenzitet Sunčeva zračenja. To ne znači da je prostor Gorskog kotara općenito nepogodan za izgradnju SE već samo znači da bi vrijeme povratka ulaganja tamo bilo duže. Isto tako otočni prostor, iako ima najveći sunčev potencijal, zbog strmog terena može biti potpuno neprikladan za njihovu izgradnju. Prije procesa vrednovanja prostora za smještaj SE trebalo odrediti tipove objekata koji su pogodni za smještaj na prostor PGŽ, kao i njihov opseg ili dimenzije. Zaključeno je da je tehnologija sunčanih fotonaponskih sustava primjerenija za smještaj na prostor Županije u odnosu na tehnologiju koncentriranja Sunčeve snage. Nakon toga uslijedila je projekcija prostornih potreba i mogućnosti za smještaj SE. Utvrđeno je kako bi za instaliranje fotonaponskih sustava snage 1 MW trebalo je oko 5 ha prostora uz kontinuiranu linearnu ovisnost snage i prostora. Potom je za odabir lokacija za izgradnju sunčanih elektrana utvrđena metoda dvojne analize prostora koja se temelji na sustavnom pristupu rješavanju okolišnih problema u prostornom planiranju. Kod privlačnosti prostora uzima se u obzir isključivo razvojni aspekt. [12]

## 9. ZAKLJUČAK

Sunce kao najveći izvor energije na Zemlji i u solarnom sustavu može proizvesti dovoljno energije da zadovolji potrebe čovječanstva. Iskorištavanjem solarne energije pokriva se mali postotak energetske potrebe, unatoč velikom potencijalu. Hrvatska ima izrazito povoljne uvjete za iskorištavanje solarne energije zahvaljujući geografskom položaju. Ne koristi ih ni približno dovoljno te zaostaje za područjem sjeverne i srednje Europe.

Trendovi i poticaji su u porastu te tako ulaskom u EU, Hrvatska je postala članica zajednice koja zagovara poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije. Namijenjeni su investiranju u zelenu gradnju i povećanju energetske učinkovitosti.

Fotonaponski sustavi omogućuju direktno i trenutačno pretvaranje sunčeve energije u električnu bez korištenja pogonskih goriva i emisije štetnih tvari. LCOE analiza uspoređuje konvencionalne poznate energente sa obnovljivim izvorima energije. Zbog nikakvog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi trebalo bi se okrenuti u budućnosti isplativim obnovljivim izvorima energije. Sunce i energija koju možemo proizvesti iz Sunca nameće se kao najbolji izbor. Vlade zemalja diljem svijeta trebale bi više ulagati u razvoj tehnologije alternativnih energija i tehnologija za proizvodnju energije iz alternativnih izvora tj. obnovljivih izvora energije. Problem predstavlja visoka početna cijena razvoja i instaliranja fotonaponskog sustava, kao i nestalna proizvodnja električne energije ovisna o kvaliteti sunčevog zračenja i tehničkim karakteristikama komponenti fotonaponskog sustava. Izgradnja solarnih elektrana zahtijeva poštivanje određene zakonske regulative. Proces izgradnje trenutno je izrazito složen te bi se njegovim pojednostavljivanjem potaknula izgradnja većeg broja solarnih elektrana i veće iskorištavanje sunčeve energije. Sunčeva energija bi kao izrazito prihvatljiv izvor energije u bliskoj budućnosti mogla postati glavni nositelj ekološki održivog energetske razvoja. Uzmemo li u obzir visoke cijene nafte, stoljetno crpljenje fosilnih izvora energije i sve strože ekološke zakone i propise, mogu zaključiti kako će korištenje sunčeve energije, uz zaštitu okoliša, postati posao budućnosti.



## 10. LITERATURA

- [1] Labudović, B.: Osnove primjene fotonaponskih sustava, Energetika marketing, Zagreb, 2011.
- [2] Primorac, M.: Ekonomska analiza primjene fotonaponskog sustava, dostupno na [file:///C:/Users/kvate/Downloads/EL\\_Vol6\\_No2\\_125\\_132.pdf](file:///C:/Users/kvate/Downloads/EL_Vol6_No2_125_132.pdf) (3.4.2019.)
- [3] Lj. Majdandžić: Solarni sustavi, Graphis d.o.o., Zagreb, 2010.
- [4] Obnovljivi.com- Značaj i vizija energije Sunca u budućnosti - Hrvatska dostupno na <https://www.obnovljivi.com/energija-sunca/52-znacaj-i-vizija-energije-sunca-u-buducnosti?start=3> (5.4.2019.)
- [5] Županije i nazivi sunčanih elektrana u RH, dostupno na <https://www.hrote.hr/> (5.4.2019.)
- [6] Prigoda.hr  
dostupno na <https://prigoda.hr/2019/02/20/otoci-cres-i-losinj-zapocinju-tranziciju-prema-cistoj-energiji/> (16.5.2019.)
- [7] Grad Cres  
dostupno na <http://www.cres.hr/cres-i-losinj-medju-26-europskih-otoka-koji-zapocinju-tranziciju-prema-cistoj-energiji/1860> (16.5.2019.)
- [8] Novi List  
dostupno na [http://www.novolist.hr/Vijesti/Regija/Otoci/CISTA-ENERGIJA-ZA-EU-OTOKE-Unija-izabrala-Cres-i-Losinj-za-projekt-energetske-tranzicije?meta\\_refresh=true](http://www.novolist.hr/Vijesti/Regija/Otoci/CISTA-ENERGIJA-ZA-EU-OTOKE-Unija-izabrala-Cres-i-Losinj-za-projekt-energetske-tranzicije?meta_refresh=true) (16.5.2019.)
- [9] hrvatska.eu  
dostupno na <https://croatia.eu/article.php?lang=1&id=11> (8.7.2019.)
- [10] HOORA energetska neovisnost  
dostupno na <https://hoora.hr/2019/01/07/obnovljivi-izvori-energije-u-industriji/> (18.6.2019.)

[11] PVTRIN.eu

dostupno na

<http://pvtrin.eu/assets/media/PDF/Publications/Informational%20Material/Installing%20PV-Practical%20guide/67.pdf> (18.6.2019.)

[12] HRASTOVIĆ inženjering

dostupno na <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/energijske-tehnologije/item/1011-se-orlec-trinket-10-mw.html> (28.6.2019.)

[13] POWER TECHNOLOGY

dostupno na <https://www.power-technology.com/projects/noor-ouarzazate-solar-complex/> (1.7.2019.)

[14] HRASTOVIC inženjering

dostupno na <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/energijske-tehnologije/item/1040-noor-suncana-elektrana-maroko.html> (1.7.2019.)

[15] Lj. Majdandžić: Solarni sustavi, Graphis d.o.o., Zagreb, 2010.

[16] Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis—Version 12.0

dostupno na <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf> (10.6.2019.)

## **11. POPIS SLIKA**

Slika 1. Podjela fotonaponskih sustava

Slika 2. Fotonaponski efekt

Slika 3. Zasjenjivanje fotonaponskih modula

Slika 4. Godišnja suma ozračenosti

Slika 5. Grafički prikaz snaga sunčevih elektrana po županijama

Slika 6. Grafički prikaz ukupnog broja sunčevih elektrana posebno za svaku županiju

Slika 7. Logo inicijative „Čista energija za EU otoke“

Slika 8. Izgled planirane sunčane elektrane na Cresu

Slika 9. Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu

Slika 10. Solarna elektrana Noor u Maroku

Slika 11. Prikaz solarne elektrane Noor u Maroku

Slika 12. Ukupni instalirani kapacitet FN sustava od 2009. do 2018. Godine

Slika 13. Prikaz troškova energije iz LCOE analize

Slika 14. Recikliranje male i velike količine modula

Slika 15. Lokacije sunčanih elektrana

Slika 16. Površina sunčane elektrane

Slika 17. 3D prikaz sunčane elektrane na Cresu