

# Investicije u fotonaponske elektrane u Republici Hrvatskoj

---

**Pavlović, Bartol**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Libertas International University / Libertas međunarodno sveučilište**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:223:927396>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital repository of the Libertas International University](#)



**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**BARTOL PAVLOVIĆ**

**DIPLOMSKI RAD  
INVESTICIJE U FOTONAPONSKE ELEKTRANE U  
REPUBLICI HRVATSKOJ**

**Zagreb, siječanj 2024.**

**LIBERTAS MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE  
ZAGREB**

**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
POSLOVNA EKONOMIJA I GLOBALIZACIJA**

**DIPLOMSKI RAD  
INVESTICIJE U FOTONAPONSKE ELEKTRANE U  
REPUBLICI HRVATSKOJ**

STUDENT: Bartol Pavlović

MENTOR: izv. prof. dr. sc. Vlasta Roška

**Zagreb, siječanj 2024.**

## SAŽETAK

U svjetlu suvremenih ekonomskih izazova, sve značajnija pažnja usmjerena je prema postizanju održivog razvoja korištenjem obnovljivih izvora energije. Predmet ovog rada su investicije u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske. Detaljnom analizom procesa njihove realizacije evaluirao se potencijal ekonomske dobiti koju takvo ulaganje donosi. Uz definiranje hrvatskog solarnog potencijala predstavljeni su i programi financijskih potpora projektima fotonaponskih elektrana. Posebna pažnja je posvećena integraciji solarnih panela kao održivom energetsom rješenju. Razmotrene su potrebne zakonske dozvole i ključni tehnički čimbenici za njihovu instalaciju. U svrhu identificiranja percepcija i ostvarenih rezultata korisnika fotonaponskih elektrana (solarnih sustava) na području Republike Hrvatske proveden je anketni upitnik. Analizom dobivenih odgovora ističe se kako je većina ispitanika ostvarila značajne uštede na računima za električnu energiju. Dodatno, testiranjem statističke značajnosti utvrdilo se da geografska lokacija elektrane na području RH utječe na određene ključne tehničke čimbenike, poput orijentacije panela, gdje se pravilnim odabirom postiže optimalna učinkovitost. Najčešći vremenski okvir za povrat uložениh sredstava, prema rezultatima anketnog istraživanja, je razdoblje 6 – 10 godina. Uz navedeno, postojećom korelacijom financijske isplativosti i ostvarenim smanjenjem računa potvrdila se hipoteza rada, da su glavni čimbenik ulaganja u fotonaponske elektrane značajne dugoročne uštede na računima za energiju.

**Ključni pojmovi:** fotonaponske elektrane, uštede na računima, geografska lokacija, ekonomska dobit

## **SUMMARY**

In the light of contemporary economic challenges, more and more significant attention is focused on achieving sustainable development using renewable energy sources. The subject of this research was investments in photovoltaic power stations in the territory of the Republic of Croatia. Through a detailed analysis of the process of their realization, the potential of the economic profit that such an investment brings is estimated. In addition to defining the Croatian solar potential, financial support programs for photovoltaic power plant projects were presented. Special attention is paid to the integration of solar panels as a sustainable energy solution. The necessary legal permits and key technical factors for their installation are discussed. In order to determine the perceptions and achieved results of users of photovoltaic power stations (solar systems) in the Republic of Croatia, a survey questionnaire was conducted. The analysis of the answers shows that the majority of the respondents made significant savings on their electricity bills. Additionally, a statistical significance test determined that the geographical location of the power plant in the Republic of Croatia affects certain key technical factors, such as panel orientation, where optimal efficiency is achieved with proper selection. According to the results of the research, the most common return period for invested funds is a period of 6 to 10 years. In addition to the above, the existing correlation of financial profitability and the achieved reduction of bills confirmed the hypothesis of the work, that the main factor of investment in photovoltaic power stations is significant long-term savings on energy bills.

**Key terms:** photovoltaic power stations, savings on bills, geographic location, economic profit

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	6
<b>1.1 Predmet i cilj</b> .....	7
<b>1.2 Problem istraživanja</b> .....	7
<b>1.3 Hipoteze rada</b> .....	7
<b>1.4 Istraživačka pitanja</b> .....	7
<b>1.5 Izvori podataka i metode prikupljanja</b> .....	7
<b>1.6 Struktura rada</b> .....	8
<b>2. OBILJEŽJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE</b> .....	9
<b>2.1 Karakteristike i analiza prednosti i nedostataka obnovljivih izvora energije</b> .....	9
<b>2.2 Trenutno stanje obnovljivih izvora u Republici Hrvatskoj</b> .....	12
<b>2.3 Hrvatski solarni potencijal</b> .....	12
<b>3.1 Definicija i sustavi fotonaponskih elektrana</b> .....	16
<b>3.2. Analiza ključnih (tehničkih) čimbenika fotonaponske elektrane</b> .....	21
<b>3.3 Analiza zakonodavnog okvira</b> .....	23
<b>4.EVALUACIJA EKONOMSKOG POTENCIJALA FOTONAPONSKIH ELEKTRANA</b> .....	26
<b>4.1 Analiza troškova</b> .....	26
<b>4.2 Izvori financiranja projekta (poticaji/subvencije)</b> .....	29
<b>4.3. Cijena električne energije</b> .....	30
<b>4.4 Vrijeme povrata ulaganja</b> .....	32
<b>5.ANKETNO ISTRAŽIVANJE O ISPLATIVOSTI ULAGANJA U FOTONAPONSKKE ELEKTRANE U REPUBLICI</b> .....	34
<b>5.1. Metodologija i uzorak istraživanja</b> .....	34
<b>5.2 Analiza rezultata anketnog istraživanja</b> .....	34
<b>5.3 Analiza hipoteze i istraživačkih pitanja</b> .....	56
<b>6.ZAKLJUČAK</b> .....	61
<b>LITERATURA</b> .....	63
<b>POPIS TABLICA I SLIKA</b> .....	67
<b>POPIS GRAFIKONA</b> .....	68
<b>PRILOZI</b> .....	69
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	73

## 1. UVOD

U proteklim desetljećima postalo je jasno koliko je važno zaštititi okoliš te smanjiti emisiju stakleničkih plinova. Napredak tehnologije i inovacije u području obnovljivih izvora energije otvara mogućnosti za prelazak na održiva energetska rješenja. Emisije stakleničkih plinova negativno utječu na zdravlje ljudi i životinja te uzrokuju klimatske promjene koje imaju ozbiljne posljedice po cijeli svijet. Stoga je prelazak na obnovljive izvore energije ključan čimbenik za smanjenje emisija stakleničkih plinova, održivi razvoj te očuvanje okoliša za buduće generacije. Korištenjem obnovljivih izvora energije povećava se sigurnost opskrbe energijom i postiže veća energetska neovisnost te ekonomska otpornost na nestabilnost cijena fosilnih goriva. Zbog svoje ključne uloge u postizanju održivog razvoja, obnovljivi izvori energije postali su sve važniji aspekt javne politike i poslovnih strategija. Međutim, mnogi projekti obnovljivih izvora energije suočavaju se s financijskim izazovima te je financijska održivost ključni čimbenik za uspješno planiranje i implementaciju takvih projekata. Važno je osigurati ekonomsku isplativost kako bi projekti obnovljivih izvora energije bili dugoročno održivi i doprinijeli zajedničkom cilju očuvanja okoliša.

U ovom diplomskom radu, fokus je na investicije u fotonaponske elektrane kao obliku obnovljivih izvora energije. Dok je prelazak na obnovljive izvore energije ključan za smanjenje emisija stakleničkih plinova, kvalitetna i pravodobna analiza projekata obnovljivih izvora energije ključna je za suočavanje s preprekama u njihovoj realizaciji. U ovom radu obrađeni su čimbenici koji utječu na ekonomsku isplativost projekata fotonaponskih elektrana uključujući visoka početna ulaganja, stopu povrata na ulaganje, troškove održavanja, učinkovitost i pouzdanost solarnih panela, konkurentnost cijena energije, zakonodavni okvir, ograničeni pristup financiranju te razine potrebne infrastrukture za proizvodnju, distribuciju i skladištenje obnovljive energije.

Ova tema obrađuje prilike i izazove u perspektivi Republike Hrvatske. Njezin geografski položaj omogućava značajan solarni potencijal za iskorištavanje. Europska energetska politika temelji se na brojnim mjerama za uspostavu integriranog energetskog tržišta te za osiguranje sigurne opskrbe energijom i održivog energetskog sektora. Hrvatska kao država članica EU-a prihvatila je tu direktivu i dijeli odgovornost za postizanje ciljeva održivog razvoja i smanjenja emisija stakleničkih plinova koje propisuje EU. Uz to, kako bi se postigli ciljevi u skladu s međunarodnim sporazumima o klimatskim promjenama, Hrvatska mora povećati uporabu obnovljivih izvora energije.

## **1.1 Predmet i cilj**

Predmet ovog rada su investicije u fotonaponske elektrane u Republici Hrvatskoj. Nastoji se razviti dublje razumijevanje u proces razvoja održivih energetske rješenja koja su istodobno i ekonomski isplativa, čime se postiže ravnoteža između zaštite okoliša i energetske održivosti.

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati postojeće stanje obnovljivih izvora energije Republike Hrvatske, evaluirati ekonomski potencijal ulaganja u fotonaponske elektrane i utvrditi glavne smjernice za njihovu implementaciju kao održivog rješenja, prikazati koje su mjere namijenjene financijskom sufinanciranju ulaganja, te u konačnici kakve su prepreke, izazovi i očekivanja samih korisnika fotonaponskih elektrana.

## **1.2 Problem istraživanja**

Problem istraživanja je ekonomska održivost investiranja u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske.

## **1.3 Hipoteze rada**

HIPOTEZE:

H1: „Glavni čimbenik za ulaganje u fotonaponske elektrane su značajne dugoročne uštede na računima za energiju.“

## **1.4 Istraživačka pitanja**

ISTRAŽIVAČKA PITANJA:

1. Kako geografska lokacija utječe na uspjeh fotonaponskih elektrana?
2. Koje su glavne prepreke u realizaciji projekta fotonaponske elektrane?
3. Koliko energija prikupljena putem fotonaponskih elektrana zadovoljava ukupne energetske potrebe?
4. Koliko vremena je potrebno za povrat ulaganja u fotonaponsku elektranu na području Republike Hrvatske?

## **1.5 Izvori podataka i metode prikupljanja**

Teorijski dio rada zasniva se na pregledavanju i analiziranju literature poput stručnih knjiga, znanstvenih članaka, priručnika, publikacija, izvješća ministarstava i agencija te ostalih pisanih podataka koji su produkt unaprijed poznate tematike te problematike koju su obradili drugi autori. Znanstvene metode pomoću kojih će se provoditi analiza su induktivna i deduktivna



metoda te metoda kompilacije i deskripcije. Kako bi prikaz bio jednostavniji i pregledniji, koristit će se grafikoni i tablice. Obradom prikupljene literature doći će se do određenih spoznaja o ekonomskoj isplativosti fotonaponskih elektrana u Republici Hrvatskoj.

Istraživanje će biti provedeno temeljem anketnog upitnika. Anketno istraživanje bit će provedeno u obliku online ankete s korisnicima fotonaponskih elektrana u Republici Hrvatskoj.

## **1.6 Struktura rada**

Sadržaj diplomskog rada je podijeljen na šest poglavlja od kojih se prvo odnosi na uvod, drugo na definiranje i obilježja obnovljivih izvora energije te solarni potencijal Republike Hrvatske, treće na sustave fotonaponskih elektrana, četvrto na evaluaciju ekonomskog potencijala online ankete, a šesto poglavlje je zaključak u kojem će se dati odgovor na postavljena pitanja te potvrditi ili odbaciti postavljene hipoteze.

## **2. OBILJEŽJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE**

Dva osnovna obilježja obnovljivih izvora energije, kao što su sunčeva svjetlost, vjetar, vodeni tokovi i geotermalna energija su beskonačna dostupnost i ekološka prihvatljivost. Njihova sposobnost da se neprestano obnavljaju omogućava održivo ispunjavanje energetske potreba, istovremeno smanjujući emisije štetnih plinova. Ovo poglavlje prikazuje ključne prednosti i tehničke karakteristike ovih izvora, pružajući dublji uvid u njihovu ulogu u oblikovanju energetske održive budućnosti. Također, definira se solarni potencijal Republike Hrvatske u proizvodnji električne energije.

### **2.1 Karakteristike i analiza prednosti i nedostataka obnovljivih izvora energije**

Obnovljivost izvora energije definira se kao sposobnost izvora da svoj dotok svake godine ponavlja, uz stanovita odstupanja (Kalea, 2014). Neprestano prirodno obnavljanje osigurava kontinuiranu dostupnost energije bez iscrpljivanja resursa. Tom karakteristikom pružaju priliku za diversifikaciju snabdijevanja ukupnog energetske sustava. Pri utvrđivanju prirodnog potencijala jednog obnovljivog izvora energije (OIE-a) uzimaju se brojni kriteriji od kojih su tri najvažnija (Potočnik, 2002):

1. Veličine postrojenja i tehničke sposobnosti tehnologija koje su dostupne u ovom trenutku ili će biti u bližoj budućnosti
2. Eksploatacijska ograničenja zbog lokacijske ovisnosti – uspješnost, učinkovitost i isplativost OIE-a ovisi o geografskim karakteristikama određene lokacije
3. Ekološke restrikcije u pogledu potrebnih slobodnih površina, utjecaja na sustav voda i ograničenih mogućnosti iskorištavanja biomase.

Napredak tehnologije igra ključnu ulogu u povećanju učinkovitosti, smanjenju troškova i povećanju iskoristivosti OIE. Postavlja temelje za definiranje orijentacijskog okvira za tehnički moguće iskoristive geografske zone za obnovljive izvore energije. Međutim, važno je napomenuti da se unatoč tehničkim mogućnostima, prepreke kao što su ograničen radijus prijevoza ili dostupna površina mogu pojaviti kao čimbenici koji eliminiraju određene regije kao izvedive opcije za implementaciju obnovljivih izvora energije. Proizvoditi, prenositi, akumulirati i inovirati energiju postao je imperativ razvoja ljudskih društava (Višković, 2008).

Općenito, u 2019. godini energija iz obnovljivih izvora zadovoljavala je 13,8% svjetske potrošnje energije (Statista, 2019). Kina kao zemlja predvodnik među globalnim liderima u obnovljivoj energiji, ujedno je i najveći svjetski potrošač energije, otprilike 26,5% (Statista,

2021.). U promatranju podataka za Republiku Hrvatsku, u razdoblju od 2006. do 2015. udio energije dobiven iz OIE-a porastao je s 22,7% na 29%. Statistički podaci također pokazuju da je u 2019. godini 49 % bruto finalne potrošnje električne energije u Hrvatskoj bilo pokriveno obnovljivim izvorima energije. U tablici 1 iskazane su karakteristike i kapaciteti svih vrsta tj. oblika obnovljivih izvora energije na području RH (Statista, 2021):

**Tablica 1.** Karakteristike i kapaciteti OIE

<b>Oblik OIE-a</b>	<b>Metoda eksploatacije</b>	<b>Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj 2021.g (GWh)</b>	<b>Pouzdanost (konstantnost proizvodnje)</b>	<b>Utjecaj na okoliš</b>
Energija vjetra	Vjetroelektrane	2 061,8	Visoka	Utjecaj na ekosustav ptica
Sunčeva energija	Solarni paneli	148,9	Visoka	Proizvodnja i odlaganje solarnih panela
Biomasa	Elektrane na biomasu i otpad	659,6	Umjerena	Rizik deforestacije
Bioplin	Bioplinske elektrane	440,2	Niska	Emisija metana
Geotermalna energija	Geotermalne elektrane	89,7	Umjerena	Promjene geotermalnog resursa
Energija vode	Hidroelektrane	(Male hidroelektrane) 115,2	Visoka	Utjecaj na ekosustave vode
Energija mora	Iskorištavanje energije plime i oseke, valova i morskih struja	0 (Pilot projekt u procesu)	Visoka (Trenutačna proizvodnja nepostojeća)	Utjecaj na morske ekosustave

Izvor: Izrada autora prema podacima iz Godišnjeg energetskeg pregleda 2021. u Hrvatskoj, kojeg je objavilo Ministarstvo gospodarstva, preuzeto s:

[https://eihp.hr/wpcontent/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021\\_WEB\\_LR.pdf](https://eihp.hr/wpcontent/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021_WEB_LR.pdf) (15.07.2023)

Porast instaliranih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz OIE-a prati i njezina proizvodnja. U 2021. godini, prema podacima iz Godišnjeg energetskeg preglednika, proizvedeno je oko 3 500 GWh električne energije iz obnovljivih izvora, čineći 23,1% ukupne proizvodnje, uz izuzetak velikih hidroelektrana (Ministarstvo gospodarstva, 2022). Unatoč inherentnoj ekološkoj prihvatljivosti obnovljivih izvora, važno je napomenuti da svaki oblik OIE-a, zbog svoje različite prirode i infrastrukture, nosi određeni utjecaj na okoliš. To zahtijeva kontinuirano praćenje i upravljanje kako bi se osiguralo da se negativni utjecaji minimiziraju

ili kompenziraju. Konstantnost tj. pouzdanost proizvodnje obnovljive energije ovise o specifičnim uvjetima i karakteristikama određene regije. Ukupno gledano Hrvatska ima povoljne uvjete te se očekuje nastavak trenda rasta iskorištavanja.

Prema Kalei (2014.), najnepoželjnije svojstvo dijela obnovljivih izvora je velika oscilacija prirodnog dotoka. Odražava se kroz nužnost akumuliranja energije ili stvaranje rezerve. Glavna prednost u odnosu na tradicionalne izvore je što su obnovljivi izvori neiscrpn, besplatni i apsolutno čisti. U tablici 2 prikazana je analiza prednosti i nedostataka OIE-a:

**Tablica 2.** Analiza prednosti i nedostataka OIE

<b>Prednosti OIE-a</b>	<b>Nedostatci OIE-a</b>
Smanjenje emisija stakleničkih plinova	Fluktuacija proizvodnje
Diversifikacija energetskeg portfelja	Visoki početni kapitalni troškovi
Smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva	Potreba za razvojem pohrane energije
Besplatni	Utjecaj na okoliš i ekosustav
Lokalna proizvodnja	Geografske i tehničke ograničenosti
Smanjeni utjecaj na okoliš	Tehnički izazovi i rizici
Smanjenje geopolitičkih rizika	Intermitentnost
Stvaranje radnih mjesta	
Povećana energetska neovisnost	

Izvor: Sistematizacija autora prema Maradin, D (2021). „Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization“. Objavljeno u: International Journal of Energy Economics and Policy. Preuzeto s: [http://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/7697/1/1771636475\\_0.pdf](http://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/7697/1/1771636475_0.pdf) (15.07.2023)

Iz prikazane tablice 2 mogu se iščitati ključne prednosti i nedostatci OIE-a s aspekta ekonomskih i ekoloških čimbenika. Utvrđuje se njihova sveobuhvatna dobrobit za planet. Tri su ključne prednosti koje se ističu. Prvo, OIE smanjuje emisije stakleničkih plinova, što doprinosi borbi protiv klimatskih promjena. Drugo, njihova sposobnost da raznoliko doprinesu energetskeg portfelju povećava energetske sigurnost i stabilnost zemlje. Treće, OIE-i smanjuju ovisnost o uvozu fosilnih goriva čime potiču lokalni ekonomski razvoj i stvaraju radna mjesta. Međutim, ne koriste se za potpunu zamjenu neobnovljivih izvora energije. Glavne dimenzije nedostataka OIE-a očituju se kroz visoke inicijalne troškove investicije i fluktuaciju proizvodnje. Ovisno o interesu i tipu investicije potrebno je napraviti sveobuhvatnu evaluaciju radi razumijevanja specifičnih odrednica i uvjeta primjene u određenoj regiji ili na specifičnoj lokaciji.

## 2.2 Trenutno stanje obnovljivih izvora u Republici Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj institucije i agencije zadužene za sektor obnovljivih izvora energija (OIE-a) i energetske politike su (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2022):

1. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja
2. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike
3. HEP – Hrvatska elektroprivreda
4. HEP ODS – Hrvatski operator distribucijskog sustava
5. HERA – Hrvatske energetska regulatorna agencija
6. HOPS – Hrvatski operator prijenosnog sustava.

Svaka od navedenih institucija ima svoju specifičnu ulogu u razvoju, regulaciji i promociji OIE i energetske politike. Time osiguravaju koherentno i učinkovito upravljanje energetskim sektorom u zemlji. Postignuća Republike Hrvatske u 2019. godini obuhvaćaju postizanje udjela od 28,5 % obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije, nadmašivši cilj od 20 % za 2020. godinu (OIE Hrvatska, 2021).

U elektroenergetskom sektoru obnovljivi izvori energije pokrili su 49 % bruto potrošnje električne energije. Veliki udio proizvedene električne energije obnovljivim izvorom došao je iz hidroelektrana (u prosjeku 42,7 % u 2020.), ali je i udio ostalih obnovljivih izvora (ponajviše vjetroelektrana) u porastu u proteklom desetljeću. Udio OIE-a u proizvodnji električne energije iznosio je 49,8% 2019. godine što cilj od 61% 2030. godine čini ostvarivim (OIE Hrvatska, 2021). U tablici 3 prikazani su ciljevi Republike Hrvatske za obnovljive izvore energije u 2030. i 2050. godini.

**Tablica 3.** OIE ciljevi Republike Hrvatske u 2030. i 2050. godini

	Trenutno stanje	Ciljevi	
	2019.	2030.	2050.
OIE udjel u bruto neposrednoj potrošnji	28,5%	36,6% - 36,7%	53,2% - 65,6%
OIE udjel u proizvodnji električne energije	49,8%	61%	83% - 88%

Izvor: „Akcijski plan za potrebna pojačanja elektroenergetske mreže u cilju integracije obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2021“, OIE Hrvatska. Preuzeto s: <https://oie.hr/studije/> (20.08.2023)

## 2.3 Hrvatski solarni potencijal

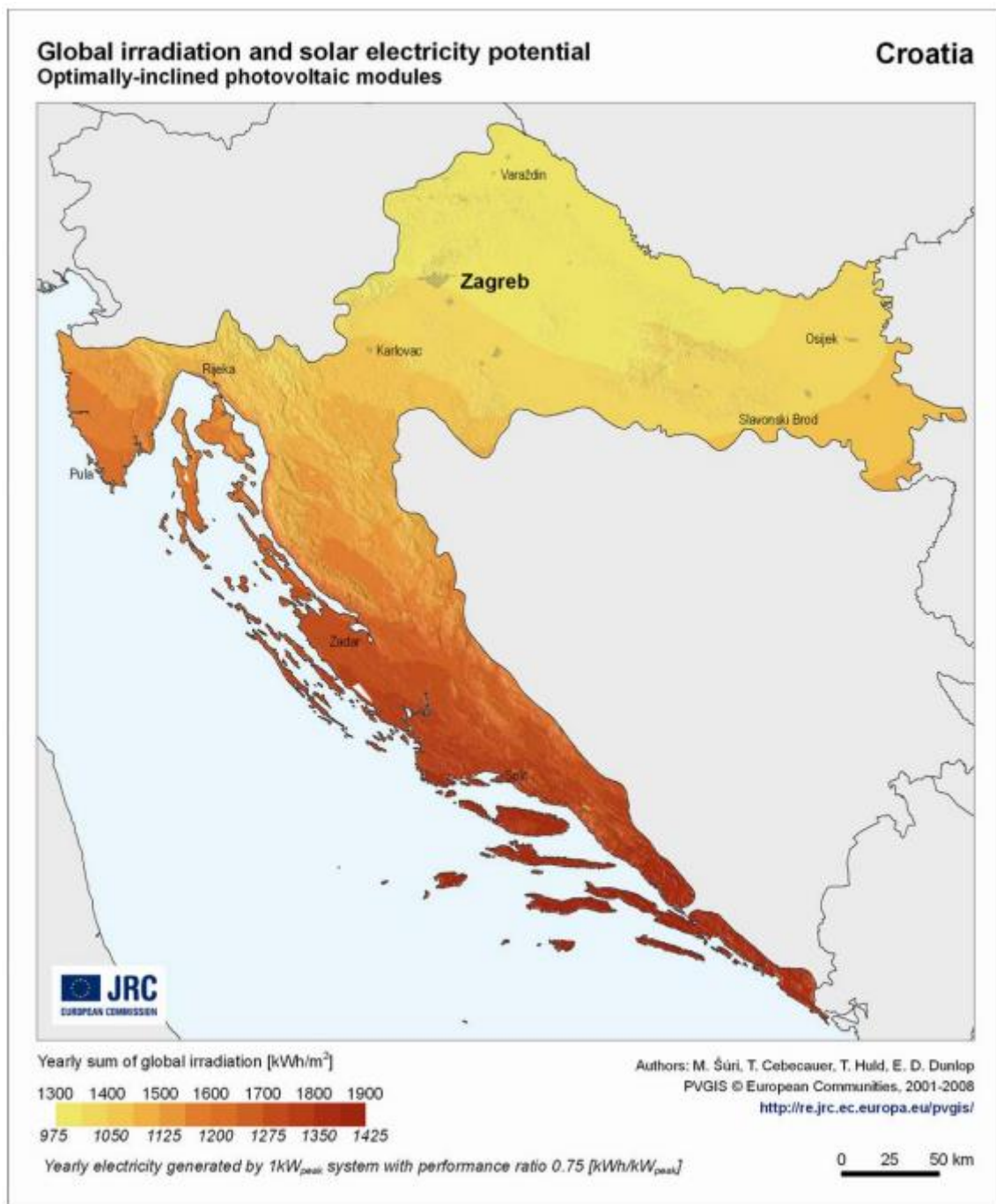
Prema Kalei (2014) sunčevo zračenje kao oblik OIE-a ima najveći mogući potencijal od svih danas korištenih izvora energije. Pruža mogućnost apsolutnog disperziranog korištenja, ima

najpravedniju površinsku distribuciju, svuda je dostupna te praktički ne dovodi do lokalnog opterećenja okoliša. Dva glavna nepoželjna svojstva su: u slučaju fotonaponskog korištenja potreba za 100 postotnom rezervom tj. 100 postotnom mogućnošću pohranjivanja energije. Drugo glavno nepoželjno svojstvo je malo godišnje trajanje iskorištenja instalirane snage u usporedbi s drugim dostupnim izvorima.

Mjerenje solarnog zračenja na zemlji odvija se putem dvije glavne metode: korištenjem meteoroloških stanica ili različitim satelitskim misijama koje prikupljaju meteorološke podatke. Podaci koji se prikupljaju pružaju informacije o izravnom i difuznom kratkovalnom solarnom zračenju, kao i dugovalnom zračenju. Instrument koji se koristi za tu svrhu je piranometar. U procesu njegovog postavljanja važno je osigurati da instrument nema prepreka visine veće od 5° u području gdje Sunce izlazi i zalazi te da ne registrira zračenje odbijeno od tla i okolnih objekata. Početak mjerenja solarnog zračenja u Hrvatskoj odvio se 1948. godine na opservatoriju Zagreb-Grič, dok je 1949. godine uspostavljeno mjerenje globalnoga solarnog zračenja na meteorološkim postajama Sljeme i Split (Geodetski list, 2019).

Hrvatska kao zemlja Mediterana posjeduje izuzetno povoljan geografski položaj i raznolikost terena. Time ostvaruje visok potencijal za iskorištavanje sunčeve energije. Ovaj potencijal predstavlja ključni čimbenik u razvoju fotonaponskih sustava. Područje Hrvatske koje je tijekom godine najviše izloženo sunčevom zračenju jest područje južne Dalmacije i pripadajućih otoka. Na slici 1 prikazano je ukupno Sunčevo zračenje i solarni potencijal za fotonaponske sustave za područje Republike Hrvatske.

**Slika1.** Ukupno Sunčevo zračenje i solarni potencijal za fotonaponske sustave za područje RH



Izvor: Klimatske karte. Državni hidrometeorološki zavod. Preuzeto s:  
[https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_9&el=Y6190&it=sunce](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_9&el=Y6190&it=sunce) (21.08.2023)

Slika 1 sunčevog zračenja na Republiku Hrvatsku jasno pokazuje da je sunčevo zračenje izražajnije i snažnije na jugu zemlje, posebno duž obalnih područja, uključujući otoke, nego na sjeveru. Ovo je posljedica geografskog položaja Hrvatske i njezine blizine Sredozemnom moru. Sjeverni dio zemlje, uključujući unutrašnjost, ima manje sunčanih sati i niže sunčeve visine tijekom dana, što rezultira manjim ukupnim solarnim zračenjem. S druge strane, južni dijelovi

Hrvatske, kao i otoci, uživaju u obilju sunčeve svjetlosti tijekom cijele godine, što stvara povoljne uvjete za iskorištavanje solarnih resursa i razvoj fotonaponskih sustava

Energija sunčevog zračenja u Hrvatskoj se najvećim djelom iskorištava u vidu fotonaponskih elektrana. Obujam proizvodnje električne energije iz solarnih fotonaponskih elektrana u Hrvatskoj u 2019. godine iznosio je 80 GWh, više nego bilo kada u promatranom razdoblju. Sveukupno proizvodnja solarne električne energije u Hrvatskoj povećana je za približno 76 GWh (Statista, 2019). U promatranju kapaciteta solarnih fotonaponskih postrojenja po stanovniku, Hrvatska posjeduje kapacitet od 14,9 vata po stanovniku. Od 2013. do 2018. brojke su kontinuirano rasle za otprilike deset vata. Od 2018. zemlja je dodala solarni fotonaponski kapacitet u vrijednosti od jednog megavata, dok je ukupni fotonaponski kapacitet dosegao 61 megavat. Iste je godine Hrvatska imala godišnju proizvodnju električne energije iz solarnih fotonaponskih elektrana od 80 GWh (Statista 2018.).

Prema podacima HEP-a broj sunčanih elektrana kontinuirano raste s godinama. U tablici 4 prikazana je dinamika rasta broja sunčanih elektrana u usporedbi 2022. i 2023. godine:

**Tablica 4.** Dinamika rasta broja solarnih elektrana 2023. – 2022.

Kategorija	28.02.2023.	31.12.2022.	18.01.2022.
Domaćinstvo	5.030	4.127	1.639
Domaćinstvo samoopskrba	Od toga (4.628)	(3.799)	(1.478)
Tvrtke	2.989	2.730	2.182
<b>Ukupno</b>	<b>8.019</b>	<b>6.857</b>	<b>3.812</b>

Izvor: U Hrvatskoj dvostruko više sunčanih elektrana. Zgradonačelnik. Preuzeto s:

<https://www.zgradonacelnik.hr/vijesti/u-hrvatskoj-dvostruko-vise-suncanih-elektrana/1080> (21.08.2023)

Važno je napomenuti da se veći broj sunčanih elektrana u Hrvatskoj nalazi na području Osječko-baranjske županije, s impresivnih 670 instalacija te u Vukovarsko-srijemskoj županiji s 405 elektrana. Primorsko-goranska županija također se ističe s 356 sunčanih elektrana. Iako bi se možda očekivalo da će obalna regija, s obiljem sunca, biti vodeća u broju solarnih instalacija, čini se da su istočne županije Hrvatske prepoznale potencijal sunčeve energije i ostvarile znatan napredak u razvoju fotonaponskih sustava. Ova neobična dinamika pokazuje da potencijal za obnovljive izvore energije u Hrvatskoj ostaje velik. Može se zaključiti da uz aktivno promicanje i investiranje u fotonaponske projekte na južnom području zemlje može donijeti značajne koristi i doprinijeti energetskej održivosti Hrvatske u budućnosti (Zgradonačelnik HR, 2023).



### **3. FOTONAPOSNKE ELEKTRANE**

Pri rastućem globalnom interesu za postizanje energetske održivosti, fotonaponske elektrane postale su esencijalni i visoko učinkovit oblik iskorištavanja obnovljivih izvora energije. Njihova sposobnost transformacije sunčeve svjetlosti u električnu energiju svjedoči o razvijenosti tehnologije 21. stoljeća, otvarajući tako vrata čistoj i održivoj proizvodnji električne energije. U potpoglavljima koja slijede detaljno je opisano pojmovno određenje, elementi i vrste sustava fotonaponskih elektrana, prikazani su ključni čimbenici koji se vežu uz njihovu integraciju te zakonodavni okvir Republike Hrvatske koji regulira njihovo postojanje i funkcioniranje.

#### **3.1 Definicija i sustavi fotonaponskih elektrana**

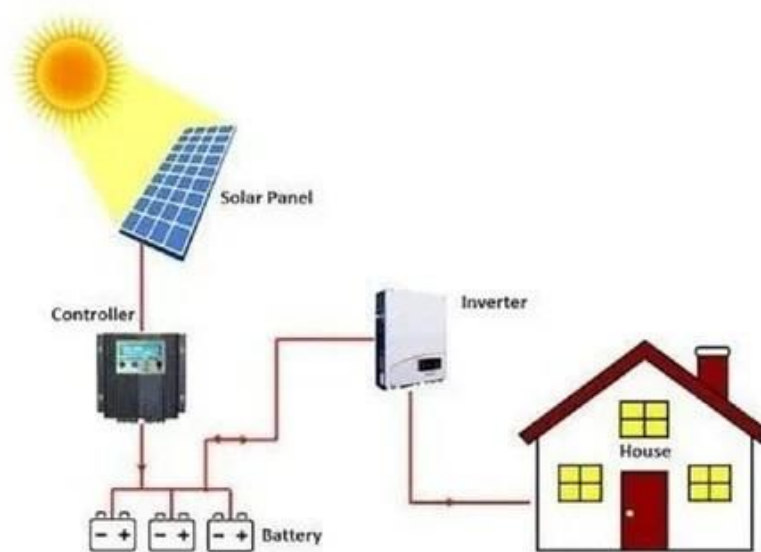
Izraz „fotonapon“ potječe od kombinacije riječi „foton“ (čestica svjetlosti) i „napon“ (električni potencijal ili električni tlak). Fotonaponski efekt, odnosno sposobnost materijala da generira električnu energiju kad je izložen svjetlosti, prvi je put otkrio francuski fizičar Alexandre-Edmond Becquerel 1839. godine. Međutim, koncept fotonaponske konverzije svjetlosti u električnu energiju u suvremenom kontekstu, razvio se kao rezultat tehnoloških dostignuća u drugoj polovici 20. stoljeća (Molecular Expressions, 2015.).

Fotonaponska elektrana predstavlja integrirani sustav u kojem su fotonaponski paneli srž tj. njegova osnovna komponenta. Postoji značajna razlika između fotonaponskih panela koji se koriste za prikupljanje električne energije (solarni paneli) i onih koji se koriste za zagrijavanje tople vode (solarni termalni kolektori). Fotonaponski paneli (solarni paneli) se sastoje od niza pojedinačnih ćelija povezanih zajedno za proizvodnju električne energije željenog napona. Većina tih ćelija izrađena je od kristalnog silicija te proizvode struju proporcionalno razini apsorpiranja sunčevog zračenja (do određenog napona). Budući da je maksimalni napon iz pojedinačnih ćelija oko 1 V, više ćelija je povezano zajedno u seriju na fotonaponskom panelu. Odnosno, kako bi se povećala izlazna snaga fotonaponskih ćelija, one se povezuju u lance kako bi formirale veće jedinice poznate kao module ili panele (Klimatizacija HR, 2023).

Fotonaponski paneli se mogu koristiti zasebno ili se grupiraju i povezuju u nizove. Na temelju namjere projekta donosi se odluka hoće li se koristiti kao „izvanmrežni“ (off-grid) sustav ili sustav „u mreži“ (on grid). U pravilu to su dva osnovna tipa sustava, ali treba navesti i dva dodatna tipa: hibridni sustav i sunčeve elektrane (farme). Karakteristike tih sustava su (Fotonaponski sustavi, 2012):

- „izvanmrežni“ (off-grid) sustav – naziva se još i otočni sustav, primjenjuje se u slučajevima gdje opskrba konvencionalnom električnom energijom ili nije dovoljna, ili nije konstantna, ili nije moguća. Nije povezan s glavnom električnom mrežom, već počiva na svojstvu da je solarna energija dostupna svugdje. Funkcionira na principu da autonomno proizvedenu energiju pohranjuje u baterijske sustave. Tako uskladištena energija stoji na raspolaganju za upotrebu kada god je potrebna. Off-grid sustavi se često primjenjuju u ruralnim ili izoliranim područjima jer im je glavna osobina potpuna neovisnost o vanjskim dobavljačima električne energije.

**Slika 2.** Prikaz izvanmrežnog (off-grid) fotonaponskog sustava

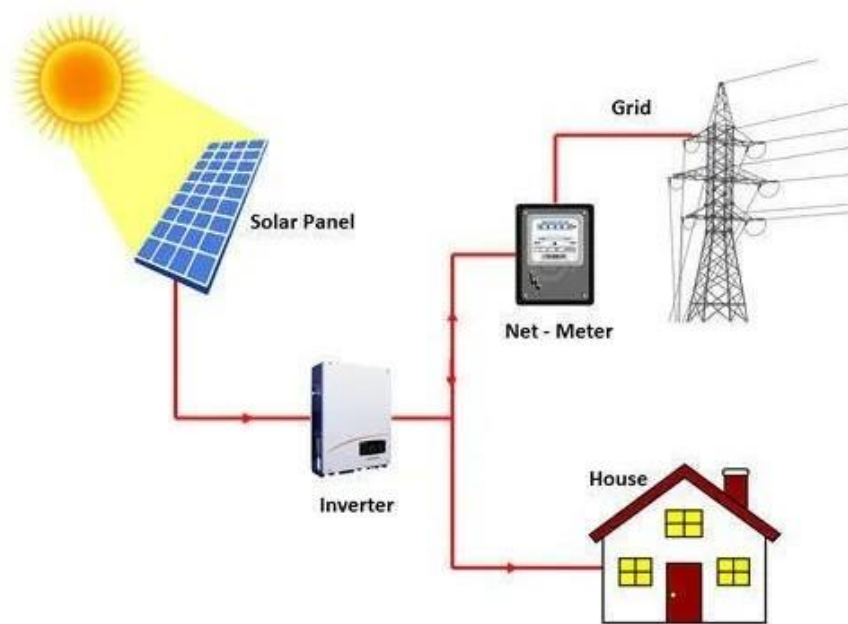


Izvor: Battery Off Grid Solar Power Plant. Indiamart. Preuzeto s:  
<https://m.indiamart.com/proddetail/off-grid-solar-power-plant-26357458097.html> (28.08.2023)

- „u mreži“ (on-grid) sustav - energetska sustav koji omogućava proizvodnju električne energije iz sunčeve svjetlosti i njezino izravno uključivanje u postojeću električnu mrežu. Time se omogućuje upotreba vlastite proizvedene energije za trenutnu lokalnu potrebu, a višak proizvedene energije može se distribuirati natrag u nadležnu elektromrežu. Iako se sustavi fotonaponskih elektrana u mreži (on-grid) i otočni sustavi (off-grid) temelje na istim fotonaponskim panelima kao osnovnom elementu, ključna razlika je u tome što kod mrežnih (on-grid) sustava dobivenu energiju nije potrebno akumulirati tj. pohraniti u baterije. Drugim riječima, čista proizvedena električna energija predaje se u mrežu distributera i na temelju predaje HROTE (Hrvatski operator tržišta energije) isplaćuje otkupnu cijenu. Priključenjem na mrežu, ostvaruje se mogućnost pomoćnog napajanja u slučaju kada je električne energije nedovoljno.

Također u suprotnom, ukoliko proizvodnjom nastane dodatna električna energija (višak), prodaje se natrag nadležnom elektroenergetskom poduzeću putem neto mjerenja. Proizvođač se tada deklarira kao „kupac s vlastitom proizvodnjom“ (HEP ODS, 2023)

**Slika 3.** Prikaz „u mreži“ (on-grid) fotonaponskog sustava



Izvor: On Grid Solar Power System. Indiamart. Preuzeto s: <https://www.indiamart.com/proddetail/on-grid-solar-power-systems-23028962412.html> (28.08.2023)

- „hibridni“ sustav – energetski sustav koji koristi hibridni pretvarač umjesto klasičnog solarnog invertera. Integrira dvije najvažnije funkcionalnosti prethodno navedenih sustava. Prvobitno koristi baterijski sustav manjeg kapaciteta kako bi se pohranio višak energije proizveden tijekom dana, a zatim koristio navečer ili noću kada je potrošnja električne energije velika. Drugo hibridni sustav može biti povezan s električnom mrežom kako bi se osigurala kontinuirana opskrba električnom energijom i kako bi se višak energije mogao distribuirati natrag u mrežu u slučaju kada proizvodnja solarnih panela premašuje trenutne potrebe kućanstva. Glavna značajka je osiguranje rezervnog napajanja u slučaju nestanka el. energije. Ovakvi sustavi su osobito popularni u kućanstvima jer optimiziraju iskorištenost solarnih panela i smanjuju energetske ovisnost, čime se postiže značajna ušteda (DS Energy, 2019.).

**Slika 4.** Prikaz hibridnog (eng. hybrid) fotonaponskog sustava



Izvor: Hybrid Solar System Structure. Indiamart. Preuzeto s:  
<https://www.indiamart.com/proddetail/hybrid-solar-system-22646247188.html> (28.08.2023)

Uz navedene slikovne prikaze, važno je navesti ključne dijelove fotonaponskih sustava radi stjecanja orijentacijskog okvira funkcioniranja. Djelovanje sustava odvija se putem (Fotonaponski sustavi, 2012.):

1. Fotonaponski paneli (solarni paneli) - sadrže fotonaponske ćelije koji akumuliraju i pretvaraju energiju sunčeve svjetlosti u električnu energiju.
2. Sustav za montažu i električne instalacije - materijali i oprema za sigurnu i stabilnu instalaciju solarnih panela na odabranoj površini.
3. Inverter (izmjenjivač) - uređaj koji mijenja istosmjernu električnu energiju koju proizvode solarni paneli u izmjeničnu električnu energiju koja se koristi u kućanstvima i na električnoj mreži.
4. Pohranjivanje energije (baterija/akumulator): Pohranjivanje energije izvodi se najčešće putem litij-ionskih baterija, upotrebljava se za skladištenje viška proizvedene električne energije za kasniju upotrebu (u slučaju nedostupnosti sunčeve svjetlosti).
5. Brojilo – mjerni instrument električne energije koji prati proizvodnju i potrošnju električne energije te omogućava praćenje i upravljanje sustavom.
6. Elektroenergetska mreža (eng. utility grid) - ukoliko je sustav povezan s električnom mrežom, priključak omogućava kontinuiranu opskrbu i distribuciju viška energije.

7. Nadzorni sustav („monitoring“ sustav) - prati rad fotonaponskog sustava, s obzirom na nečujnost elektrane omogućava uočavanje kvara ili greške (dijagnostiku).
- Sunčeva elektrana (farma) – sustav, mrežno spojen, koji proizvodi velike količine električne energije putem fotonaponskih instalacija na jednom lokaliziranom mjestu. Snaga ovakvih elektrana može se kretati u rasponu od nekoliko stotina kilovata do nekoliko desetaka megavata. U posljednje vrijeme zbog napretka u tehnologiji razvijaju se i fotonaponski projekti snage nekoliko stotina megavata. Tako velike instalacije postavljaju se na krovove industrijskih hala, terminalima ili na velikim neplodnim zemljanim površinama. Iskorištavajući velike prostore za proizvodnju električne energije na predmetnoj lokaciji, one kompenziraju dio potrebe za električnom energijom u tom energetsom području (Fotonaponski sustavi, 2012).

Radi stjecanja osjećaja veličine, o sunčevim farmama, navodi se primjer velike solarne farme „Villanueva“ u gradu Coahuila, država Meksiko: površina 2400 hektara što je ekvivalentno 3400 nogometnih igrališta, snaga 754 megawata što rezultira godišnjom proizvodnjom električne energije od 1,7 TWh. To je dovoljno za opsluživanje više od 1,3 milijuna kućanstava u Meksiku, kompenzirajući više od 783.638 tona emisije ugljikovog dioksida u atmosferu. Slikovni prikaz 5 vizualizira projekt velike mega solarne elektrane u Meksiku (NS Energy, 2018.):

*Slika 5. Slikovni prikaz mega solarne elektrane Villanueva u Coahuila, Meksiko.*



Izvor: Villanueva Solar Power Plant. NS Energy. Preuzeto s:

<https://www.nsenegybusiness.com/projects/villanueva-solar-power-plant-mexico/> (30.08.2023)

### 3.2. Analiza ključnih (tehničkih) čimbenika fotonaponske elektrane

Za uspješno investiranje u fotonaponske elektrane potrebno je detaljno sagledati ključne aspekte integracije solarnih sustava. Ovi čimbenici čine temeljnu osnovu za uspješnu implementaciju, visoku efikasnost i održavanje fotonaponskih elektrana. Postoji šest ključnih čimbenika koji izravno utječu na rad fotonaponske elektrane i uspješnost investicije, a to su (NRELL, 2017):

1. potrebna veličina sustava za proizvodnju električne energije
2. orijentacija solarnih panela
3. nagib solarnih panela
4. težina fotonaponskih panela
5. životni vijek panela
6. učinkovitost panela.

Kako bi se precizno odredila potrebna veličina sustava fotonaponske elektrane za proizvodnju određene količine energije, potrebno je provesti detaljnu analizu specifičnih uvjeta i potreba projekta. To uključuje tehničke izračune (pri čemu je najvažnija analiza potrošnje energije objekta) i konzultacije s inženjerima i stručnjacima za obnovljive izvore energije kako bi se postigla najučinkovitija i ekonomična konfiguracija sustava. Optimizacijom veličine sustava stvaraju se najbolji uvjeti za opravdanje investicije. Bitno je naglasiti da ovisno o vrsti sustava fotonaponske elektrane, kategorizacija snaga sustava je određena prema „Mrežnim pravilima distribucijskog sustava“ (NN, 74/2018, 52/2020).

Orijentacija solarnih panela igra ključnu ulogu u njihovoj učinkovitosti i sposobnosti generiranja električne energije. Pravilna orijentacija podrazumijeva postavljanje panela tako da su izloženi optimalnom sunčevom zračenju tijekom dana, što dovodi do maksimalne proizvodnje električne energije. Idealan smjer za postavljanje solarnih panela je prema geografskom jugu, ako se nalazite na sjevernoj hemisferi, ili prema geografskom sjeveru, ako se nalazite na južnoj hemisferi. Ovakva orijentacija omogućava panelima da budu izloženi sunčevom zračenju tijekom većeg dijela dana. Sukladno navedenom za područje Republike Hrvatske preporučuje se orijentacija panela prema geografskom jugu. Ukoliko vrsta krova (ravni ili kosi) smanjuje efikasnost panela, optimizacija se može postići prilagodbom nagiba (DS Energy, 2019).

Optimalan nagib solarnih panela je onaj u kojem su paneli najduže izloženi sunčevoj svjetlosti i postižu maksimalnu učinkovitost. Izračun savršenog kuta panela zahtijeva uzimanje u obzir tri čimbenika, a to su: geografsko područje u kojem se paneli nalaze, godišnja doba kao sezonske promjene kuta sunčevih zraka te mogući utjecaj prepreka poput drveća ili sl. U pravilu, iz perspektive Republike Hrvatske, paneli bi trebali biti više okomiti zimi radi učinkovitijeg iskorištavanja niskog zimskog sunca. S druge strane, tijekom ljeta, kada sunčeve zrake dolaze pod višim kutom, optimalno je postaviti panele više horizontalno kako bi se povećala proizvodnja energije. Instalacije u kojim su fotonaponski paneli mobilni moći će pratiti kretanje sunca tijekom dana, što se naziva efektom suncokreta, imitirajući ponašanje ovih biljaka. Takvi paneli postižu veću učinkovitost od fiksnih, ali je njihova ugradnja skuplja. Nagib solarnih panela od približno 30 do 35 stupnjeva prema horizontali smatra se optimalnim za Hrvatsku za postizanje dobre ravnoteže između ljetne i zimske proizvodnje (Solarni portal, 2022).

Težina fotonaponskih panela uz veličinu i dimenzije panela su ključni čimbenici koji zahtijevaju pažljivo planiranje prilikom integracije na krovne površine. Solarni paneli dolaze u različitim dimenzijama, ovisno o njihovoj snazi i proizvođaču, ali tipično su dimenzija oko 1,6 m x 1 m. Težina panela varira ovisno o njihovim materijalima, ali uobičajeno se kreće između 15 i 25 kilograma po kvadratnom metru. Važno je uzeti u obzir prilikom analize iskoristive površine krova da taj prostor mora podnijeti težinu solarnih panela tijekom njihovog dugog vijeka trajanja, koji može trajati desetljećima. Stoga je nužno osigurati da krovna konstrukcija bude dovoljno snažna i stabilna kako bi podržala te panele. U suprotnom, neprikladna krovna konstrukcija može dovesti do oštećenja krova i samih panela te potencijalnih sigurnosnih problema (ENNA, 2023).

Životni vijek solarnih panela je vremensko razdoblje u kojem paneli mogu proizvoditi električnu energiju u skladu s očekivanim performansama. Prosječni životni vijek solarnih panela je 25 godina, ali neki paneli mogu trajati i do 30 godina. Čimbenici koji utječu na životni vijek solarnih panela uključuju (NRELL, 2023):

- Kvaliteta panela: Paneli izrađeni od kvalitetnih materijala i dizajna obično imaju duži životni vijek. Najbolji materijal za izradu solarnih panela je silicij. Silicij je poluvodički materijal koji može apsorbirati sunčevu svjetlost i pretvoriti je u električnu energiju. Postoje dva glavna tipa solarnih panela: monokristalni i polikristalni. Monokristalni paneli su izrađeni od jednog komada silicija, dok su polikristalni paneli izrađeni od više



komada silicija. Monokristalni paneli su učinkovitiji od polikristalnih panela, ali su i skuplji.

- Uvjeti okoline: Paneli koji su izloženi ekstremnim vremenskim uvjetima, kao što su visoke temperature ili slana prašina, mogu imati kraći životni vijek. Slana prašina je mješavina soli, prašine i drugih čestica koja se može nakupljati na solarnim panelima. Slana prašina može smanjiti učinkovitost solarnih panela i uzrokovati njihovo oštećenje. Predstavlja posebno čest problem u područjima s visokim postotkom vlage, kao što su obalne regije (Journal of Physics, 2019). Oblaci kao vremenski uvjet smanjuju učinkovitost proizvodnje energije, dok zasjenjenost predstavlja veliki problem jer ograničava dopiranje sunčevih zraka na površinu solarnog članka (Fuk, B. (2022)).
- Održavanje: Redovito održavanje može pomoći u produljenju životnog vijeka solarnih panela. Redovito održavanje podrazumijeva (Energy matters, 2022):
  - Pranje panela: Panele treba redovito prati kako bi se uklonila prljavština i slana prašina. Najbolje je obaviti u hladnoj vodi i sapunom, ukoliko je potrebno upotrijebiti i visokotlačni perlač.
  - Provjera spojeva: Spojnice između panela i kabela treba redovito provjeravati kako bi se osiguralo da su čvrsti i da ne propuštaju.
  - Provjera performansi: Panele treba redovito provjeravati kako bi se osiguralo da i dalje proizvode električnu energiju u skladu s očekivanim performansama.

Učinkovitost panela nije čimbenik koji će se dugoročno zadržati na najvećoj razini. Solarni paneli se s vremenom degradiraju, što dovodi do smanjenja njihove učinkovitosti. Degradacija se obično mjeri kao gubitak učinkovitosti u odnosu na početnu učinkovitost panela. Prosječni gubitak učinkovitosti solarnih panela je 0,5% godišnje, Solarni paneli su dugotrajna investicija koja može pružiti desetljeća proizvodnje električne energije. Važno je odabrati kvalitetne panele koji su instalirani u odgovarajućim uvjetima kako bi se osiguralo maksimalni životni vijek (NRELL, 2023).

### **3.3 Analiza zakonodavnog okvira**

Republika Hrvatska posjeduje zakonodavni okvir za fotonaponske elektrane. Osnovni zakon koji regulira ovu oblast je Zakon o obnovljivim izvorima energije (NN 17/14, 82/15, 60/16, 14/17, 127/19, 100/20 i 27/21). Ovaj zakon definira fotonaponske elektrane kao izvore energije



koji se ne temelje na izgaranju fosilnih goriva, već na korištenju prirodnih procesa kao što su sunčeva svjetlost, vjetar, voda, biomasa i geotermalna energija.

Zakon o obnovljivim izvorima energije propisuje sljedeće (NN 138/2272, 2021):

- kriterije za priznavanje fotonaponske elektrane kao obnovljivih izvora energije
- pravo pristupa mreži za fotonaponske elektrane
- mehanizme poticanja proizvodnje električne energije iz fotonaponske elektrane
- uvjete za izgradnju i rad fotonaponske elektrane.

Prije izrade projekta FNE pravomoćni dokumenti koji su potrebni kao administrativni uvjeti objekta na području Republike Hrvatske su (Zelena energetska zadruga, 2023): dokument zakonitosti građevine, zemljišno-knjižni izvadak, energetski certifikat, potvrda o istovjetnosti katastarskih čestica, te ukoliko se radi o objektima pod zaštitom ili se nalaze unutar zaštićene kulturno-povijesne cjeline – dozvola konzervatora.

U Republici Hrvatskoj za rad fotonaponskih elektrana (FNE) potrebno je pribaviti niz dozvola i suglasnosti od nadležnih institucija. Ove dozvole i suglasnosti osiguravaju da su FNE izgrađene i rade u skladu s propisima i da ne ugrožavaju okoliš i druge korisnike prostora. Ovisno o vrsti i lokaciji fotonaponske elektrane (FNE), potrebne dozvole za rad i priključenje mogu izdati sljedeće institucije (Zakon o obnovljivim izvorima energije, 2021):

- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja: izdaje dozvolu za proizvodnju električne energije iz FNE i za velike FNE (s instaliranom snagom većom od 1 MW).
- Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine: izdaje lokacijsku dozvolu za izgradnju FNE.
- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike: izdaje dozvolu za zaštitu okoliša za FNE.
- Ministarstvo kulture i medija: izdaje suglasnost za radove na kulturnom dobru za FNE koje se nalaze na kulturnom dobru.
- Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS): izdaje dozvolu za priključenje FNE na elektroenergetsku mrežu.

Konkretno, ukoliko se radi o vrsti fotonaponskog sustava koji zahtijeva priključenje FNE na elektroenergetsku mrežu potrebno je pribaviti sljedeće dozvole (Zakon o obnovljivim izvorima energije, 2021):

- Zahtjev za priključenje: podnosi se HOPS-u
- Ugovor o priključenju: sklapa se između investitora FNE i HOPS-a
- Izjava o suglasnosti: izdaje se od strane vlasnika ili korisnika nekretnine na kojoj se FNE gradi ili nalazi
- Dozvola za rad: izdaje se od strane HOPS-a nakon puštanja FNE u rad.

Zahtjevi za dozvole za rad i priključenje FNE se predaju nadležnim institucijama u pisanom obliku. Zahtjevi moraju biti potpisani od strane ovlaštene osobe investitora FNE i moraju sadržavati sve potrebne podatke i dokumentaciju. Podaci i dokumentacija koji su potrebni za podnošenje zahtjeva za dozvole za rad i priključenje FNE mogu se pronaći na mrežnim stranicama nadležnih institucija. Neke od potrebnih informacija i dokumenata uključuju (Zakon o obnovljivim izvorima energije, 2020): Podatke o investitoru FNE, Podatke o lokaciji FNE, Tehnički opis FNE, Ekonomsku analizu FNE, Dokaz o plaćenim naknadama.

Zakonodavni okvir Republike Hrvatske za FNE je u skladu s pravnom stečevinom Europske unije (Službeni list EU, 2009). Europska unija ima cilj povećati udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj proizvodnji električne energije na 32% do 2030. godine. Republika Hrvatska je obvezna ispuniti ovaj cilj, a zakonodavni okvir za FNE je usmjeren na postizanje ovog cilja (Zakon o obnovljivim izvorima energije, 2020).

## 4. EVALUACIJA EKONOMSKOG POTENCIJALA FOTONAPONSKIH ELEKTRANA

Ekonomska evaluacija projekta je proces procjene ekonomskih koristi i troškova projekta. Cilj evaluacije je donijeti odluku o tome je li projekt ekonomski izvediv i vrijedan ulaganja. Nužno je u obzir uzeti i rizike. Dok se svijet sve više okreće prema obnovljivim izvorima energije radi smanjenja emisija stakleničkih plinova i osiguranja održive energetske budućnosti, razumijevanje financijskih aspekata solarnih sustava postaje neizostavno. Zbog poticanja tehnološkog razvoja i smanjenja investicijskih troškova (kod sunčanih elektrana fiksni troškovi su praktično jedini troškovi pogona, jer je trošak izvora energije približno jednak nuli) došlo je do eksponencijalnog porasta u penetraciji obnovljivih izvora u elektroenergetski sektor (Matić, 1995). Evaluacija ekonomskog potencijala fotonaponskih elektrana predstavlja ključni korak u planiranju solarnih energetske projekata. Iduća potpoglavlja sintetiziraju procjenu ekonomske isplativosti kroz 4 područja, a to su: analiza troškova, izvori financiranja projekta, cijena električne energije i vrijeme povrata ulaganja tj. rok povrata investicije.

### 4.1 Analiza troškova

Fotonaponska elektrana za svoj rad ne zahtijeva prisutnost ljudi niti potrošnju goriva, već je cijeli sustav visoko automatiziran. Stoga se identificiranjem načina funkcioniranja sustava zaključuje da se troškovi investicije mogu podijeliti u tri kategorije: inicijalne troškove, troškove održavanja i nivelirani trošak (Topić, 2018).

Prva kategorija su inicijalni troškovi. Mogu se podijeliti u nekoliko kategorija radi preciznog budžetiranja i optimalnog upravljanja resursima. U tablici 5 prikazani su inicijalni troškovi.

**Tablica 5.** Inicijalni troškovi fotonaponske elektrane

Naziv	Obuhvaća
Troškovi opreme	FN paneli, pretvarač AC-DC (inverter), montažni sustavi, ostali električni elementi kao spojna oprema
Troškovi instalacije	Montiranje, instaliranje i povezivanje sustava, te puštanje u pogon
Ostali troškovi	Osiguranje, dozvole i sl.
Troškovi kapitala	kamate

Izvor: Obnovljivi izvori energije i energetska učinkovitost za ruralna područja. (2018). MTA KRTK. Preuzeto s: [https://bib.irb.hr/datoteka/984785.rues\\_cro\\_final\\_2018\\_12\\_24.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/984785.rues_cro_final_2018_12_24.pdf) (01.09.2023)

Obuhvaćaju nabavku solarnih panela, invertera (pretvarača AC-DC), montažnih sustava, električnih komponenti te troškove instalacije i povezivanja s električnom mrežom ili

akumulatorskim sustavom ovisno o vrsti sustava. Također prisutni su i troškovi ishodovanja potrebnih dozvola za rad. Ključno je napomenuti da visoka kvaliteta opreme, profesionalna instalacija i detaljno analizirana potencijalna lokacija stvaraju najrespektivnije uvjete postizanja ekonomske isplativosti.

Drugu kategoriju čine troškovi održavanja. Već spomenuto, za razliku od konvencionalnih energetske sustava, fotonaponske elektrane ne zahtijevaju potrošnju goriva niti prisutnost ljudskog osoblja za svoj rad. Sustav fotonaponske elektrane potpuno je automatiziran, eliminirajući troškove radne snage. Nakon inicijalnih troškova investicije, sljedeći glavni troškovi koji se uzimaju u obzir pri analizi sustava su upravo troškovi održavanja. Prema istraživanju (Jäger-Waldau, 2014), godišnji troškovi održavanja fotonaponskih elektrana iznose otprilike 1,5% do 2% ukupnih investicijskih troškova godišnje. Ovi troškovi uključuju redovno održavanje opreme kako bi se osigurala njihova dugotrajnost i učinkovitost. Također, važno je napomenuti da se tijekom vremena može pojaviti potreba za zamjenom invertera, ključnog dijela sustava, koja se prema istraživanju javlja nakon otprilike 10 godina rada. Ova zamjena invertera predstavlja jednokratni trošak koji treba uzeti u obzir pri financijskoj analizi fotonaponskog projekta.

Nivelirani trošak, kao treća kategorija, je ekonomska mjera koja se koristi za procjenu troškova proizvodnje električne energije iz određenog izvora. Definira omjer između troškova potrebnih za proizvodnju električne energije i ukupne električne energije proizvedene u sustavu. Izvršava se kroz koncept „Levelised Cost of Electricity“ (LCOE) - Razina cijene električne energije. LCOE je cijena po kojoj električna energija mora biti proizvedena iz određenog izvora kako bi se pokrili svi troškovi tijekom vijeka trajanja projekta. To je ekonomska procjena troškova energetskog sustava, uključujući sve troškove tijekom njegovog vijeka trajanja: početne investicije, operacije i održavanje, troškove goriva i troškove kapitala. LCOE se obično izražava u valuti po kilovat-satu (najčešće USD cent ili EUR cent; c\$ po kWh; c€ po kWh). Uobičajena uporaba LCOE je komparativna analiza sličnih tehnologija, na primjer, konkurentnost različitih tipova fotonaponskih (PV) sustava. Smatra se univerzalnim parametrom koji definira ukupnu konkurentnost svake tehnologije (De Bastiani, 2023).

LCOE se može izračunati pomoću sljedeće formule (Krstić, 2022):

$$\text{LCOE} = \frac{\text{OCS} \times \text{CRF} \times \text{FO\&MC}}{\frac{E_0}{N} \times \sum_{k=1}^N \left(1 - \frac{d_r \times (k-1)}{100}\right)}$$

LCOE = prosječni trošak proizvodnje električne energije tijekom vijeka trajanja

- OCS = trošak investicije
- CRF = čimbenik oporavka kapitala (%)
- FO&MC = fiksni troškovi rada i održavanja (€)
- $E_0$  = proizvodnja električne energije u godini t (kWh / kWp / godini)
- N = broj godina
- $d_r$  = degradacijska stopa fotonaponskog panela (% / godini)

Pri čemu je CRF čimbenik oporavka kapitala jednak:

$$CRF = \frac{WACC \times (WACC + 1)^N}{(WACC + 1)^N - 1} + k_{inst}$$

WACC – procijenjeni trošak kapitala (%)

$k_{inst}$  – godišnji trošak osiguranja (%)

LCOE je važna mjera jer pruža jedinstvenu usporedbu troškova različitih tehnologija za proizvodnju električne energije. Ukazuje koja je tehnologija za proizvodnju električne energije najisplativija. Važan je pokazatelj u donošenju odluke treba li ili ne krenuti s projektom. LCOE će odrediti hoće li projekt biti isplativ ili neisplativ. Ukoliko je neisplativ, tvrtka neće nastaviti s izgradnjom infrastrukture za proizvodnju električne energije i orijentirat će se ka traženju alternative. Korištenje LCOE za procjenu projekta jedan je od prvih temeljnih koraka poduzetih u analizi projekata ove prirode. LCOE se može koristiti za usporedbu troškova različitih elektrana, kao i za usporedbu troškova električne energije iz obnovljivih i neobnovljivih izvora. Može se izračunati za različite vremenske horizonte, kao što su 20 godina ili 30 godina, ali je potrebno naglasiti da može varirati ovisno o lokaciji, veličini i tehnologiji elektrane. Osim stručnog načina dobivanja niveliranog troška, LCOE se okvirno može izračunati i jednostavnijim pristupom (CFI, 2023):

$$LCOE = (I + O + F + C) / E$$

pri čemu su:

I – početni investicijski troškovi

O – troškovi rada i održavanja

F – troškovi goriva

C – troškovi kapitala

E – očekivana proizvodnja električne energije tijekom vijeka trajanja projekta koja je jednaka formuli:

$E = P * A * T$  gdje su:

- P - snaga elektrane (MW)
- A - instalirani čimbenik (koeficijent koji uzima u obzir vremenske uvjete i druge čimbenike koji mogu utjecati na proizvodnju električne energije)
- T - vijek trajanja elektrane (godine)

#### **4.2 Izvori financiranja projekta (poticaji/subvencije)**

Izvori financiranja omogućavaju kapitalne resurse koji su potrebni za pokrivanje troškova i ukupno financiranje projekta ili inicijativa. Već je spomenuto da su inicijalni troškovi kod investicija u fotonaponske elektrane praktički jedini fiksni troškovi s obzirom da je trošak izvora solarne energije jednak nuli. Ostvarivanje ekonomske dobiti investiranjem u fotonaponske elektrane utemeljeno je na ulaganju kapitalnih sredstava radi proizvodnje električne energije. Tako potreban kapital investitor može pribaviti korištenjem kredita ukoliko su kreditno sposobni te sufinancirati poticajima ili subvencijama ukoliko su oni dostupni. Republika Hrvatska, kao članica EU-a, u godini 2023. pruža priliku sudjelovanja u sljedećim programima poticaja (Portal hrvatskih arhitekata, 2023):

1. Državni poticaji – glavni oblik financijske podrške koji olakšava ulaganje u fotonaponske elektrane. Provodi se putem Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU) koji je odgovoran za administriranje i distribuciju financijskih sredstava. Natječaj „Izgradnja fotonaponske elektrane za proizvodnju električne energije za vlastitu potrošnju, u samostalnom (off-grid), ili mrežnom radu“ omogućava stopu sufinanciranja u iznosu od (Energetska obnova HR, 2023):
  - 80% za područja posebne državne skrbi i 1.skupine otoka
  - 60% za brdsko-planinska područja i 2.skupinu otoka
  - 40% za ostala područja.
2. Poticaji za kućanstva - Vlada nudi povrat dijela sredstava uloženi u solarnu energiju. Kućanstva imaju mogućnost apliciranja za povrat sredstava i ostvarivanja poticaja u 2023. godini. Poticaji su namijenjeni svim građanima koji žele instalirati solarne panele i smanjiti svoju potrošnju električne energije iz konvencionalnih izvora.

3. Poticaji za poduzetnike - U Hrvatskoj poduzetnici imaju priliku iskoristiti poticaje za implementaciju fotonaponskih panela u sklopu poslovnih prostora. Ova inicijativa Vlade usmjerena je prema poticanju odgovornog poslovanja i smanjenju emisija stakleničkih plinova te pruža financijsku podršku poduzetnicima koji se odluče preći na korištenje solarne energije.
4. Subvencije za poljoprivrednike - Poljoprivrednici u Hrvatskoj mogu ostvariti subvencije za instalaciju fotonaponskih panela na svojim poljoprivrednim površinama (agrosolarne elektrane). Subvencije omogućuju poljoprivrednicima da proizvode vlastitu električnu energiju i smanje troškove električne energije za poljoprivredne operacije. Podnošenje zahtjeva za subvencije ovog programa zahtijeva određenu dokumentaciju i mora se provesti putem Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU).
5. Financijski poticaji za zajedničke projekte – ovim programom Vlada promiče zajedničke projekte fotonaponskih elektrana putem financijskih poticaja. Grupiranje više kućanstava, poduzetnika ili poljoprivrednika za zajednički projekt implementiranja solarnih panela može dovesti do većih financijskih povlastica i troškovnih ušteda. Vlasnici fotonaponskih panela u zajedničkom projektu također imaju pravo kvalificirati se kao „kupac s vlastitom proizvodnjom“ te prodavati višak električne energije električnim mrežama tako ostvarujući dodatne prihode.
6. Poticaji županija i lokalnih jedinica samouprave - subvencije i poticaji za instalaciju solarnih elektrana kako bi se potaknula energetska održivost na njihovim teritorijima. Svaka županija ili općina može imati svoje specifične programe i uvjete, stoga je preporučljivo konzultirati relevantne odgovorne službe.

Primjenom bilo kakvih mjera subvencije, investitor značajno povećava potencijal ostvarivanja ekonomske isplativosti elektrane, istovremeno skraćujući rok otplate projekta.

#### **4.3. Cijena električne energije**

Cijena električne energije je čimbenik koji izravno utječe na ekonomsku isplativost investicije u fotonaponske elektrane. Određuje koliko će se uštedjeti na troškovima električne energije. Što je cijena električne energije viša, to je investicija u FNE isplativija. Detaljnije objašnjenje prikazano je u tablici 6.

**Tablica 6.** Korelacija električne energije i ekonomske isplativosti fotonaponske elektrane

Cijena električne energije	Ušteda na troškovima	Ekonomska isplativost	Vrijeme povrata investicije
↑	↑	↑	↓ (brže)
↓	↓	↓	↑ (sporije)

Izvor: Izrada autora prema „The economic value of photovoltaic performance loss mitigation in electricity spot markets“. Science Direct. Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148122013283> (03.09.2023.)

Već je spomenuto da se proizvođači koji koriste sustav priključen na mrežu dijele u dvije kategorije:

Prva kategorija su **postrojenja za samoopskrbu kućanstva**. Unutar obračunskog razdoblja (jedna godina) oni ne smiju u mrežu predati više energije nego što su je preuzeli iz nje. Funkcioniraju tako da unutar obračunskog razdoblja mogu ostvarivati viškove ili manjkove koji se poravnavaju prilikom obračuna. Primjer, ukoliko se u jednom danu proizvede više energije nego što je potrebno, a sljedećeg dana potroši više nego što je proizvedeno, ostvaruje se poravnanje po istim cijenama („jedan za jedan“). Višak se obično akumulira tijekom ljetnih mjeseci te se potom koristi za smanjivanje računa u zimskom razdoblju, kada je potrošnja energije veća nego proizvodnja. Važno je da se na kraju obračunskog razdoblja ne završi u plusu jer se u tom slučaju gubi status korisnika postrojenja za samoopskrbu i prelazi u kategoriju „kupac s vlastitom proizvodnjom“. Ovakav oblik proizvodnje električne energije iz primarne namjere zadovoljenja vlastitih potreba za električnom energijom je na području Republike Hrvatske ekonomski najisplativiji. Cijena po kojoj opskrbljivač plaća višak energije dobiva se formulom iskazanom „Zakonom o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji“ (NN 138/2272, 2021):

$$C_{iVT} = 0,8 * C_{pVT}$$

i

$$C_{iNT} = 0,8 * C_{pNT}$$

gdje je:

$C_{pVT}$  = cijena ukupne električne energije preuzete iz mreže od strane krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja više dnevne tarife, izražena u kn/kWh

$C_{pNT}$  = cijena ukupne električne energije preuzete iz mreže od strane krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja niže dnevne tarife, izražena u kn/kWh



$C_{iVT}$  = cijena ukupne električne energije isporučene u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja više dnevne tarife, izražena u kn/kWh

–  $C_{iNT}$  = cijena ukupne električne energije isporučene u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja niže dnevne tarife, izražena u kn/kWh.

Druga kategorija su **kupci s vlastitom proizvodnjom**. Obično se radi o pravnim osobama. Za ovu kategoriju vrijedi drugačiji način obračuna električne energije. Osnovna razlika u odnosu na sustav samoopskrbe je što za „kupce s vlastitom proizvodnjom“ koji prodaju viškove električne energije nema poravnavanja. Cjelokupna električna energija koja je preuzeta iz mreže plaća se po punoj cijeni. Nakon toga obračunava se proizvedena električna energija po gotovo upola nižoj cijeni (poticajnoj cijeni). Poticajna cijena označava cijenu po kWh koju opskrbljivač plaća u vidu otkupa viška, a računa se prema sljedećoj formuli definiranoj „Zakonom o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji“ (NN 138/2272, 2021):

$$C_i = 0,9 * PKC_i,$$

ako za obračunsko razdoblje  $i$  vrijedi:  $E_{p_i} \geq E_{i_i}$

$$C_i = 0,9 * PKC_i * E_{p_i} / E_{i_i},$$

ako za obračunsko razdoblje  $i$  vrijedi  $E_{p_i} < E_{i_i}$

gdje je:

$E_{p_i}$  = ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja, izražena u kWh

$E_{i_i}$  = ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu kupca, unutar obračunskog razdoblja, izražena u kWh

$PKC_i$  = 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, izražena u kn/kWh.

#### 4.4 Vrijeme povrata ulaganja

Vrijeme povrata investicije je pokazatelj koji označava vremensko razdoblje potrebno da se povrate početni troškovi ulaganja u određeni projekt ili investiciju. Prosječan vijek trajanja kod investicija u fotonaponske elektrane iznosi oko 25 godina. Stoga vrijeme povrata investicije

mora biti manje od 25 godina. Vrijeme povrata, kao omjer dobiti i uloženog kapitala, može se izračunati prema sljedećoj formuli (Krstić, 2022):

- Prvobitno izračunati godišnju naknadu  $G_{el}$  za isporučenu električnu energiju koja se predala u distribucijsku mrežu. Ona je rezultat umnoška proizvedene električne energije  $E_{pr}$  (kWh) i cijene električne energije  $c$  (euro/kWh).

$$G_{el} = E_{pr} * c$$

- Vrijeme otplate investicije fotonaponske elektrane  $t$  računa se kao omjer početne investicije  $I$  i godišnje naknade za isporučenu električnu energiju  $G_{el}$ .

$$t = \frac{I}{G_{el}}$$

## 5. ANKETNO ISTRAŽIVANJE O ISPLATIVOSTI ULAGANJA U FOTONAPOSNKE ELEKTRANE U REPUBLICI

U ovom poglavlju opisana je metodologija istraživanja, prikazani su rezultati primarnog istraživanja, analiza hipoteze i istraživačkih pitanja te su navedene preporuke za praksu.

### 5.1. Metodologija i uzorak istraživanja

Jedan od važnijih dijelova ovog diplomskog rada je istraživanje čiji je cilj otkrivanje percepcije postojećih korisnika o ekonomskom potencijalu ulaganja u fotonaponske elektrane i donošenje glavnih smjernica za njihovu implementaciju kao održivog rješenja. Za prikupljanje primarnih podataka i njihovu analizu koristila se metodologija anketnog upitnika. Istraživanje je provedeno u razdoblju od 15. listopada do 1. studenog 2023. godine. Anketni upitnik ispunilo je 103 ispitanika.

Anketni upitnik sastojao se od 21 pitanja, a izrađen je pomoću *Google* obrasca te je njegov link poslan odabranim pojedincima i skupinama. Prednosti ove metode istraživanja jesu anonimnost, kratko vrijeme ispunjavanja anketnog upitnika jer je većina pitanja zatvorenog tipa, unos podataka je automatski. Nedostatak može biti to što ispitivač nije prisutan prilikom samog ispunjavanja ankete, i postoji mogućnost lažnih odgovora (Tkalcac Verčić, Sinčić Ćorić i Pološki Vokić, 2010).

### 5.2 Analiza rezultata anketnog istraživanja

U nastavku su prikazani rezultati istraživanja provedenog uz pomoć anketnog upitnika te prezentacija korelacije odgovora kako bi se omogućila procjena povezanosti između određenih varijabli s ciljem potvrde ili odbacivanja postavljene glavne hipoteze i istraživačkih pitanja.

U tablici 7 prikazan je ukupan broj osoba koje su pristupile ispunjavanju ankete. Targetirana skupina su bili postojeći korisnici fotonaponskih elektrana. Ukupan broj ispitanika iznosi 103 od čega su 99 fizičke osobe, a 4 pravne osobe.

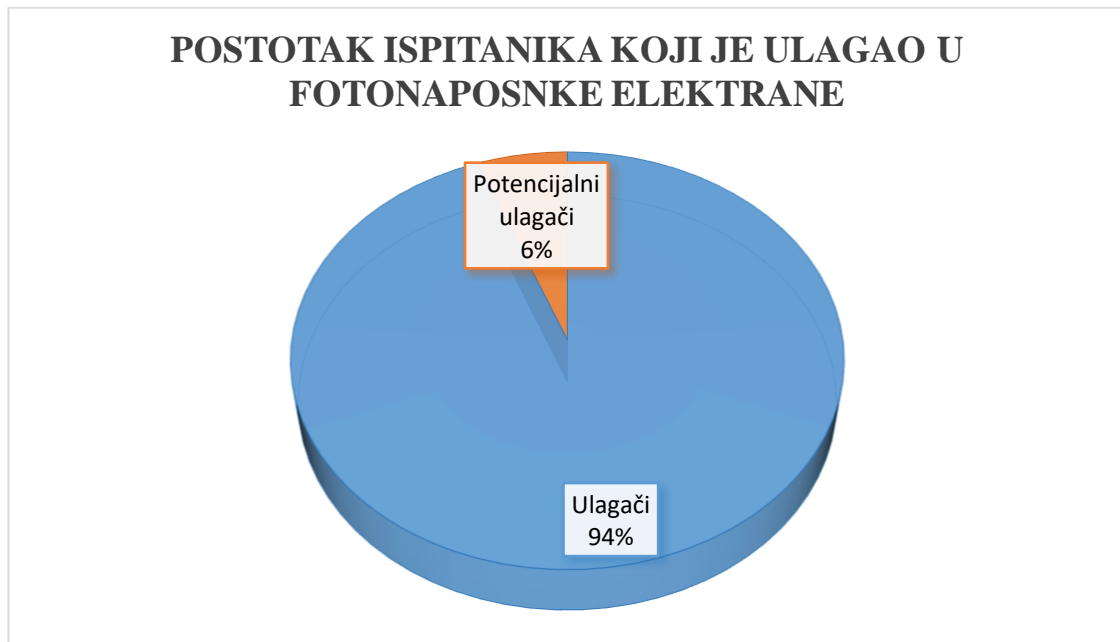
**Tablica 7.** Broj i tip ispitanika

Fizičke osobe	99
Pravne osobe	4
<b>Ukupan broj ispitanika</b>	<b>103</b>

Izvor: autorov rad

Na grafikonu 1 prikazan je postotak od ukupnog broja ispitanika koji je ulagao u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske. Od ukupnog broja ispitanika (103), njih 97 odgovorilo je kako je ulagalo, dok je 6 ispitanika odgovorilo da nisu, ali se smatraju potencijalnim ulagačima.

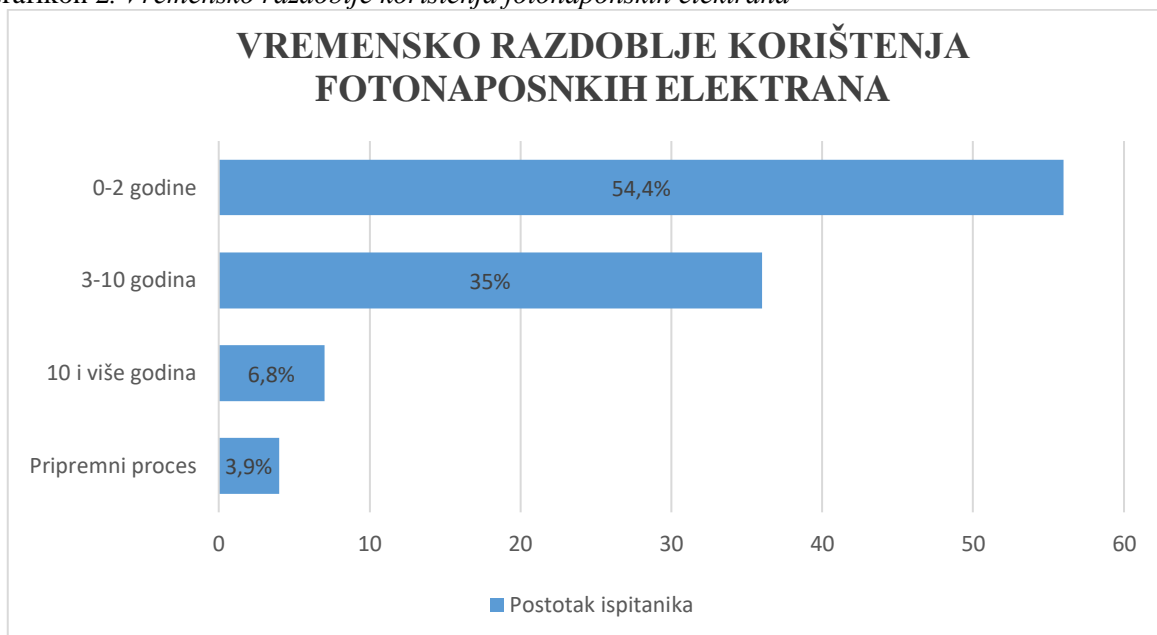
Grafikon 1. Postotak ispitanika koji je ulagao u fotonaponske elektrane



Izvor: autorov rad

U anketnom upitniku treće pitanje odnosilo se na vremenski interval korištenja fotonaponske elektrane od strane ispitanika. Odgovori su prikazani na grafikonu 2.

Grafikon 2. Vremensko razdoblje korištenja fotonaponskih elektrana

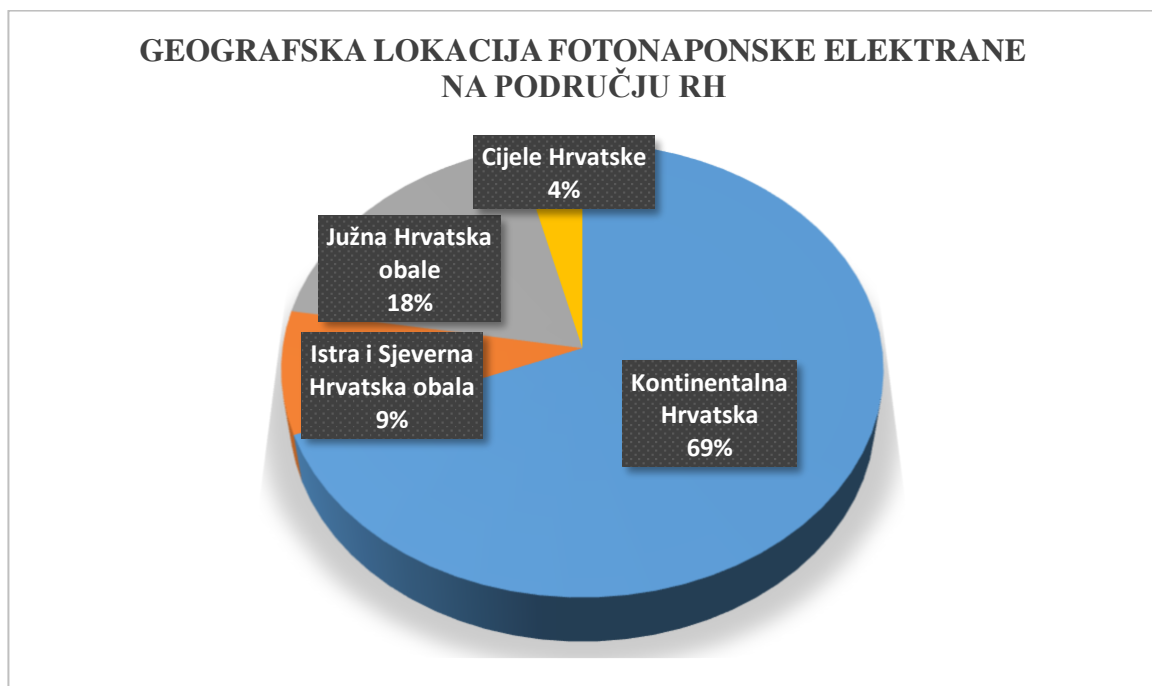


Izvor: autorov rad

Kako proizlazi iz grafikona 2, većina ispitanika, odnosno 54,4%, koristi fotonaponske elektrane u razdoblju od 0 do 2 godine. Dodatnih 35% ispitanika izjavilo je da koristi fotonaponske elektrane u razdoblju od 3 do 10 godina, dok je 7% ispitanika potvrdilo da upotrebljavaju fotonaponske elektrane više od 10 godina. Preostalih 4% ispitanika je navelo da se trenutno nalaze u pripremnom procesu ugradnje fotonaponskih elektrana.

U anketnom upitniku četvrto pitanje od ispitanika je tražilo da navedu geografsku lokaciju svoje fotonaponske elektrane na području RH. Odgovori su prikazani na grafikonu 3.

*Grafikon 3. Geografska lokacija fotonaponske elektrane ispitanika*



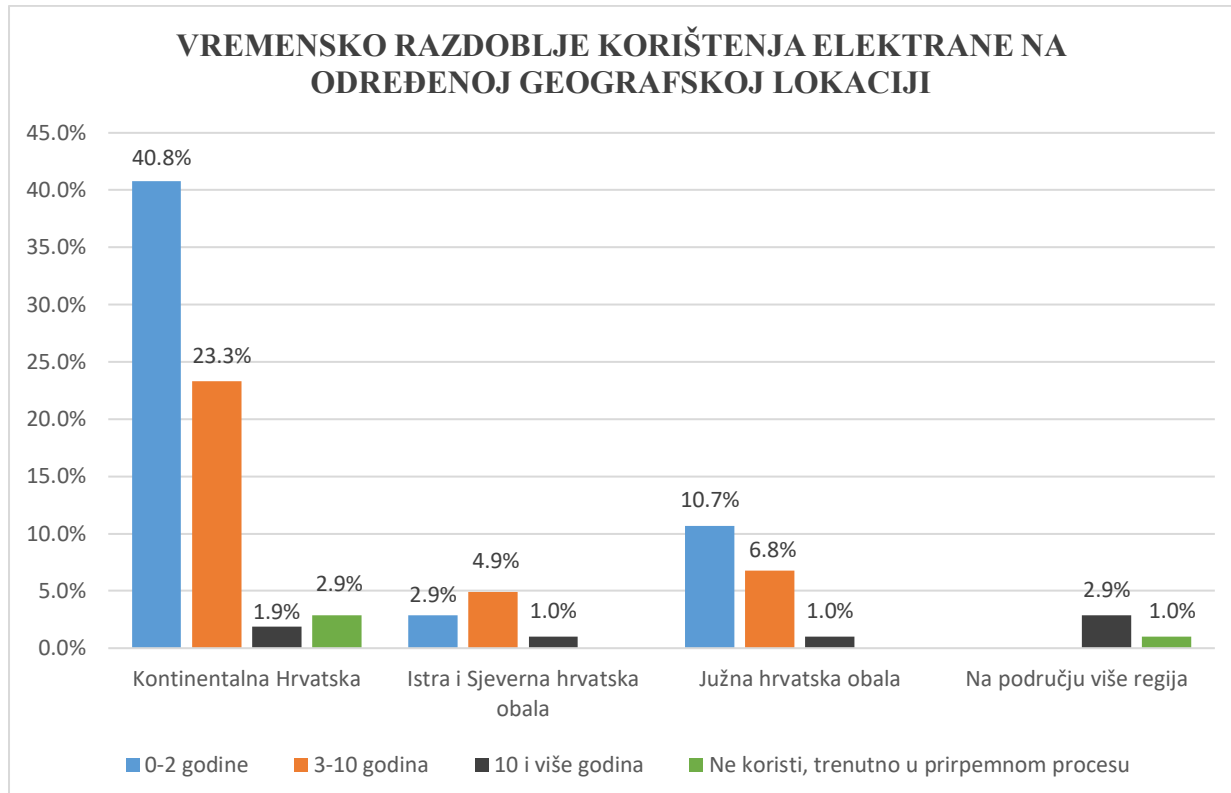
Izvor: autorov rad

Na grafikonu 3 prikazana je geografska lokacija fotonaponskih elektrana među ispitanicima provedene ankete. Rezultati ukazuju da se 69% elektrana ispitanika nalazi na području kontinentalne Hrvatske, 9% na području Istre i sjeverne hrvatske obale, 18% na području južne hrvatske obale, dok je 4% raspoređeno na području cijele Hrvatske.

Unakrsnom usporedbom prethodna dva grafikona provjerila se povezanost kategorija geografske lokacije i vremenskog razdoblja korištenja fotonaponske elektrane ispitanika. Time se ispitao uvid imaju li određene regije preferenciju ili veću dugovječnost u primjeni fotonaponskih sustava u usporedbi s drugim regijama na području Republike Hrvatske. Također, moguće je identificirati utjecaje specifičnih lokalnih uvjeta ili poticaja na korištenja

fotonaponskih elektrana u tim područjima i usporediti ga s teorijskim okvirom solarnog potencijala na području Republike Hrvatske.

Grafikon 4. Vremensko razdoblje korištenja elektrane na određenoj geografskoj lokaciji



Izvor: autorov rad

Tablica 8. Rezultat Hi kvadrat testa vremenskog razdoblja korištenja i geo. lokacije

Chi-Square Tests			Asymptotic Significance (2-sided)
	Value	df	
Pearson Chi-Square	40,834 <sup>a</sup>	9	<,001
N of Valid Cases	103		

a. 12 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,16.

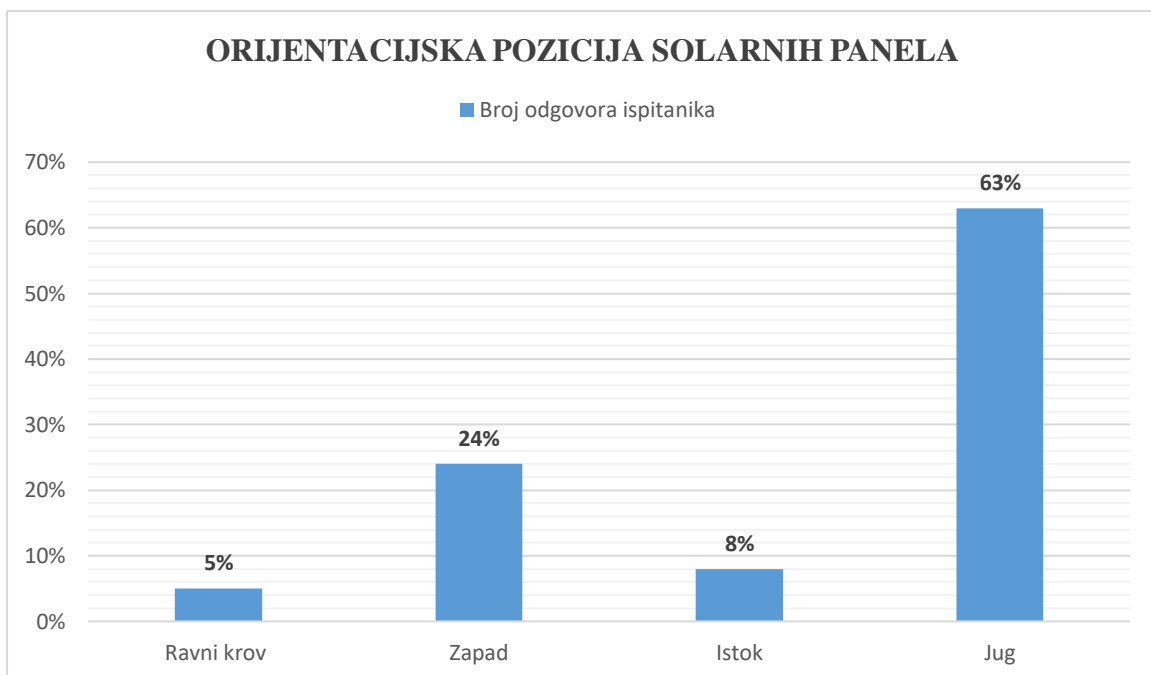
Izvor: izrada autora

Prikazani grafikon 4 rezultat je statističkog testiranja Hi kvadrat testa gdje vrijednost iznosi  $\chi^2 = 40,834$ , dok je razina signifikantnosti  $p < 0,01$ , što znači da je uočena statistički značajna razlika vremenskog razdoblja korištenja u odnosu na geografsku lokaciju fotonaponske elektrane. Prvobitno, rezultati grafikona 4 pokazuju da su fotonaponske elektrane koje su u funkciji u vremenskim razdobljima 0 – 2 godine i 3 – 10 godina najviše na području kontinentalne Hrvatske. Ova informacija upućuje na identificiranje uzroka veće prisutnosti

takvih elektrana na toj geografskoj lokaciji. Potrebno je razmotriti razinu učinkovitosti elektrana, dostupnost poticaja/subvencija na tom području, razinu energetske potrebe i ostale utjecajne čimbenike. Južna hrvatska obala ima manji broj elektrana u usporedbi s kontinentalnom Hrvatskom. Iako prema karti hrvatskog solarnog potencijala ona predstavlja lokaciju s optimalnim sunčevim zračenjem, zaključujemo da taj kontrast ukazuje da solarni potencijal nije superiorni čimbenik koji utječe na odluku o postavljanju fotonaponske elektrane. Elektrane koje su u funkciji 10 i više godina prisutne su u sve četiri kategorije geografske lokacije te je njihov postotak relativno jednak. Zapažanje da su investitori koji su označili da se nalaze u pripremnom procesu primijećeni isključivo na području kontinentalne Hrvatske i cijele Hrvatske ukazuju na određene specifičnosti tog područja ili na razlike u pristupu investiranju. Ova promatranja ukazuju na potrebu za daljnjim istraživanjem kako bi se bolje razumjele specifičnosti koje privlače investitore da se koncentriraju na određene lokacije.

Peto pitanje anketnog upitnika odnosilo se na orijentacijsku poziciju solarnih panela na području RH. Na grafikonu 5 prikazani su odgovori o orijentacijskoj poziciji panela.

*Grafikon 5. Orijetacijska pozicija solarnih panela*



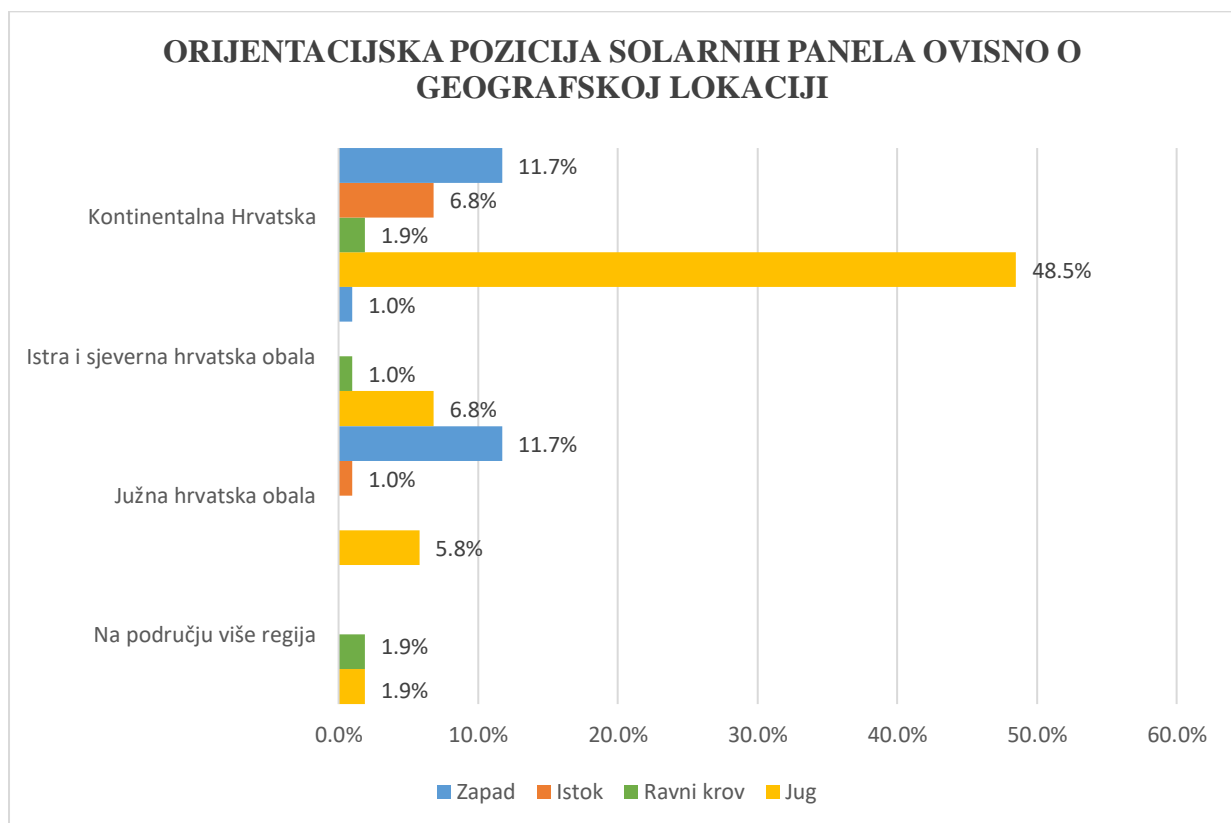
Izvor: autorov rad

Iz prikazanog grafikona 5 zaključuje se da većina ispitanika 63% usmjerava solarne panele svojih elektrana prema jugu. Manji broj, odnosno 24%, odlučuje se za orijentaciju prema zapadu, dok se njih 8% odlučilo za orijentaciju prema istoku. 5% ispitanika postavilo je svoje solarne panele na ravni krov. Ovi podaci ukazuju na orijentaciju solarnih panela u smislu

optimalnog iskorištavanja sunčeve energije na području Republike Hrvatske, što može imati značajan utjecaj na učinkovitost i proizvodnju električne energije.

Kako bi se identificirao način prilagodbe položaja panela u određenim regijama radi postizanja optimalne učinkovitosti elektrana, bilo je potrebno odrediti međuodnos geografske lokacije i orijentacije solarnih panela. Analizom navedenih kategorija putem HI kvadrat testa prikazani su rezultati na grafikonu 6.

Grafikon 6. Orijentacija solarnih panela ovisno o geografskoj lokaciji



Izvor: autorov rad

Tablica 9. Hi kvadrat test orijentacijske pozicije solarnih panela i geografske lokacije

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	39,662 <sup>a</sup>	9	<,001
N of Valid Cases	103		

a. 11 cells (68,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,19.

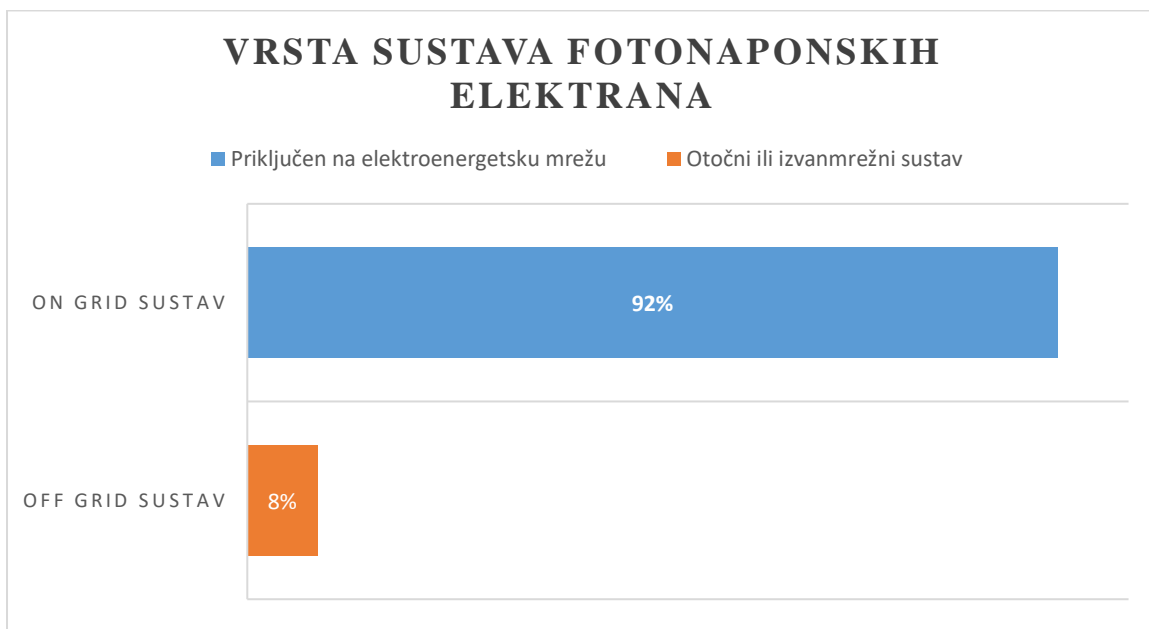
Izvor: autorov rad



U tablici 9 prikazani su rezultati Hi kvadrat testa koji potvrđuju da postoji statistička značajnost orijentacije solarnih panela u odnosu na geografsku lokaciju fotonaponske elektrane. Rezultat vrijednosti testa iznosi  $\chi^2 = 39,662$ , dok je razina signifikantnosti  $p < 0,01$ . Na grafikonu 6 prikazana je orijentacija solarnih panela na različitim geografskim lokacijama u Hrvatskoj. Na kontinentalnom području, najviši postotak panela usmjeren je prema jugu (48,5%), što ukazuje na iskorištavanje optimalnih sunčevih pozicija za proizvodnju energije. Na južnoj hrvatskoj obali prevladava orijentacija prema zapadu (11,7%) i jugu (5,8%), izgledno zbog specifičnosti sunčevog kretanja na obali. Istarski rezultati pokazuju da je također dominantna orijentacija prema jugu, dok su ravni krovovi najzastupljeniji na području kontinentalne Hrvatske i u kategoriji cijele Hrvatske. Sukladno teorijskom okviru hrvatskog solarnog potencijala preporučena orijentacija solarnih panela u Republici Hrvatskoj je prema geografskom jugu. Rezultati ukazuju da postavljene elektrane u Hrvatskoj nastoje ostvariti optimalno izlaganje solarnih panela sunčevom zračenju tijekom dana.

U anketnom upitniku, ispitanici su odgovarali na pitanje o vrsti svoje fotonaponske elektrane, određujući pripada li kategoriji „on grid“ (priključena na mrežu) ili „off grid“ (otočni ili izvanmrežni sustav). Rezultati su prikazani na grafikonu 7.

Grafikon 7. Vrsta sustava fotonaponskih elektrana

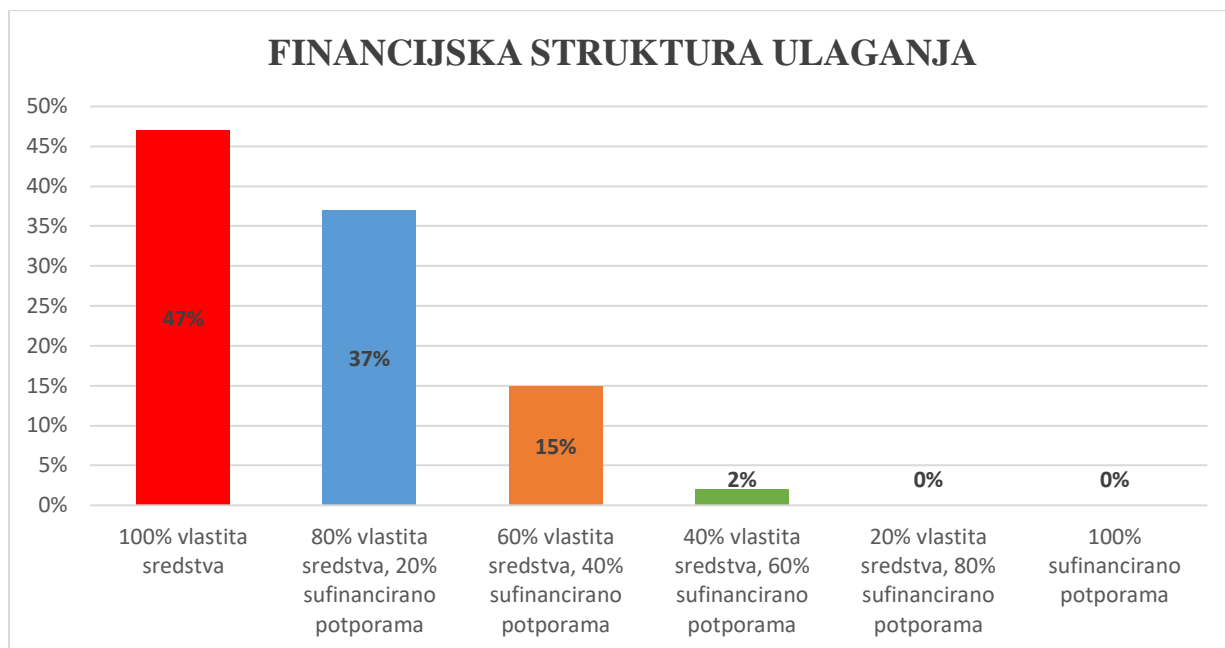


Izvor: autorov rad

Iz prikazanog grafikona 7 uočava se da ukupno 92% ispitanika koristi fotonaponsku elektranu kao sustav povezan na elektroenergetsku mrežu („on grid“), dok preostalih 8% ispitanika tvrdi da je njihova elektrana vrste otočnog ili izvanmrežnog sustava („off grid“).

Kao odgovor na sljedeće pitanje, ispitanici su izabrali jedan od ponuđenih odgovora o financijskoj strukturi ulaganja. Rezultati su prikazani na grafikonu 8.

Grafikon 8. Financijska struktura ulaganja



Izvor: autorov rad

Prema grafikonu 8 većina ispitanika (47%) financirala je svoju elektranu isključivo vlastitim sredstvima, dok je 37% ispitanika koristilo sufinanciranje putem potpora, pri čemu je 20% financijskih sredstva bilo sufinancirano, a 80% su činila vlastita sredstva. Treća značajna skupina, koja čini 15% ispitanika, ulagala je 60% vlastitih sredstava, dok su preostalih 40% osiguravale potpore. Mali postotak ispitanika (2%) uspostavio je strukturu ulaganja u omjeru 40% vlastitih sredstava i 60% sufinanciranih potpora. Ističe se da nijedan ispitanik nije ostvario strukturu ulaganja od 100% sufinanciranu potporama.

U tablici 10 prikazana je koncentriranost financijske strukture ulaganja i vrste sustava na određenoj geografskoj lokaciji fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske. Nastavno na temelju tih podataka, tablica 11 i tablica 12 prikazuju rezultate Hi-kvadrat testa, kojim se istražila postoji li statistička značajnost između financijske strukture ulaganja i vrste sustava u odnosu na geografsku lokaciju.

**Tablica 10.** Koncentracija financijske strukture ulaganja i vrste sustava na određenoj geo. lokaciji

Kakva je financijska struktura Vašeg ulaganja?	Geografska lokacija vaših solarnih panela je na području?	Vrsta sustava Vaše sunčeve fotonaponske elektrane (solarnih panela) je:	Ukupno

		„on grid“ sustav	„off grid“ otočni sustav	
100 % vlastita sredstva	Kontinentalna Hrvatska	29	0	29
	Istra i Sjeverna hrvatska obala	4	1	5
	Južna hrvatska obala	5	6	11
	U više regija	2	0	2
	Ukupno	40	7	47
80% vlastita, 20% potpore	Kontinentalna Hrvatska	28	0	28
	Istra i sjeverna hrvatska obala	1	1	2
	Južna hrvatska obala	6	0	6
	U više regija	2	0	2
	Ukupno	37	1	38
60% vlastita, 40% potpore	Kontinentalna Hrvatska	13		13
	Južna hrvatska obala	2		2
	Ukupno	15		15
40% vlastita, 60% potpore	Kontinentalna Hrvatska	1		1
	Istra i sjeverna hrvatska obala	1		1
	Ukupno	2		2
	Ukupno	94	8	102

Izvor: autorov rad

U prikazanoj tablici 10 na području regije kontinentalne Hrvatske primjećuje se da je vrsta sustava fotonaponske elektrane u potpunosti usmjerena prema „on-grid“ sustavu, tj. priključena na elektroenergetsku mrežu. Financijski aspekti ulaganja pokazuju da se dvije dominantne strukture financiranja ističu: prva uključuje korištenje isključivo vlastitih sredstava u stopostotnom iznosu (41% ispitanika), dok druga obuhvaća kombinaciju vlastitih sredstava u iznosu od 80% uz dodatnih 20% potpora (39% ispitanika).

U regiji Istre i na sjevernoj hrvatskoj obali, 75% elektrana pripada „on-grid“ sustavu, dok se 25% odnosi na „off-grid“ ili otočni sustav. Kada je riječ o financijskim strukturama ulaganja, ističe se da je najrasprostranjenija korištena opcija 100% vlastitih sredstava, što čini 63%. Potom, 25% elektrana financiralo se kroz model od 80% vlastitih sredstava uz dodatak 20% potpore. Manji postotak, od 13%, odnosi se na financijsku strukturu ulaganja u omjeru 60% vlastitih sredstava i 40% potpore.

Na južnoj hrvatskoj obali, 68% elektrana koristi „on-grid“ sustav, dok se 32% opredijelilo za otočni sustav elektrane. Najčešći model financiranja ulaganja je korištenje isključivo 100% vlastitih sredstava, što iznosi 58%. Model koji uključuje 80% vlastitih sredstava uz 20%

subvencija čini 32% udjela. Značajan postotak, od 11%, odnosi se na elektrane koje se financiraju kombinacijom 60% vlastitih sredstava i 40% subvencija.

Analizirajući odgovore ispitanika čije se elektrane nalaze u više regija, podaci prikazuju da prevladava vrsta sustava „on-grid“. Promatrajući financijsku strukturu ulaganja, zapaženo je da su dva modela ravnomjerno podijeljena na udjele od 50%. Prvi model obuhvaća potpuno samostalno financiranje, odnosno 100% vlastitih sredstava. Drugi model, također s jednakim udjelom od 50%, uključuje kombinaciju od 80% vlastitih sredstava i 20% potpora.

Testiranjem razine signifikantnosti, putem Hi kvadrat testa, između vrste sustava fotonaponske elektrane i geografske lokacije stječu se određena saznanja. Rezultati su prikazani u tablici 11.

**Tablica 11.** Rezultat Hi kvadrat testa vrste sustava i geografske lokacije

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	24,451 <sup>a</sup>	3	<,001
N of Valid Cases	102		
a. 4 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,31.			

Izvor: autorov rad

Slijedom prikazane tablice 11 rezultat Hi kvadrat testa iznosi  $\chi^2 = 24,451$ , dok razina signifikantnosti iznosi  $p < 0,01$  što znači da je uočena statistički značajna razlika vrste sustava u odnosu na geografsku lokaciju.

U tablici 12 prikazani su rezultati testiranjem razine signifikantnosti, putem Hi kvadrat testa, između financijske strukture ulaganja i geografske lokacije.

**Tablica 12.** Rezultat Hi kvadrat testa financijske strukture ulaganja i geografske lokacije

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,031 <sup>a</sup>	9	,348
N of Valid Cases	103		
a. 11 cells (68,8%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,08.			

Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani u tablici 12 pokazuju da je  $\chi^2 = 10,031$ , dok razina signifikantnosti iznosi  $p > 0,05$  što znači da nema statističke značajnosti financijske strukture ulaganja u odnosu na geografsku lokaciju.

Anketnim upitnikom ispitala su se saznanja korisnika o dostupnim financijskim poticajima/subvencijama prethodno ulaganju u fotonaponsku elektranu. Odgovori su prikazani na tablici 13.

**Tablica 13.** Saznanje o dostupnim financijskim potporama

Pitanje: Jeste li prethodno ulaganju imali saznanja o dostupnim financijskim poticajima/subvencijama za solarne panele?	DA	NE
Odgovor ispitanika	65%	35%

Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani u tablici 13 ukazuju da je ukupno 65% ispitanika bilo informirano o dostupnim poticajima za ulaganje u fotonaponske elektrane. Vezano uz gore navedene rezultate o financijskoj strukturi ulaganja, od ukupnog broja ispitanika 54% njih potvrdilo je da su koristili potpore ulaganja u solarne panele. Testiranjem korelacije između informiranosti ispitanika o dostupnim poticajima za ulaganje i stvarnog korištenja tih poticaja stekao se uvid postoji li međusobni utjecaj. U tablici 14 prikazani su rezultati Pearsonove korelacije.

**Tablica 14.** Pearsonova korelacija informiranosti o dostupnim poticajima i fin. strukture ulaganja

		<b>Correlations</b>	
		Kakva je financijska struktura Vašeg ulaganja?	Jeste li prethodno ulaganju imali saznanja o dostupnim financijskim poticajima ili subvencijama za ulaganje u solar2 pa2le?
Kakva je financijska struktura Vašeg ulaganja?	Pearson Correlation	1	-,466**
	Sig. (2-tailed)		<,001
	N	103	103
Jeste li prethodno ulaganju imali saznanja o dostupnim financijskim poticajima ili subvencijama za ulaganje u solar2 pa2le?	Pearson Correlation	-,466**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	
	N	103	103

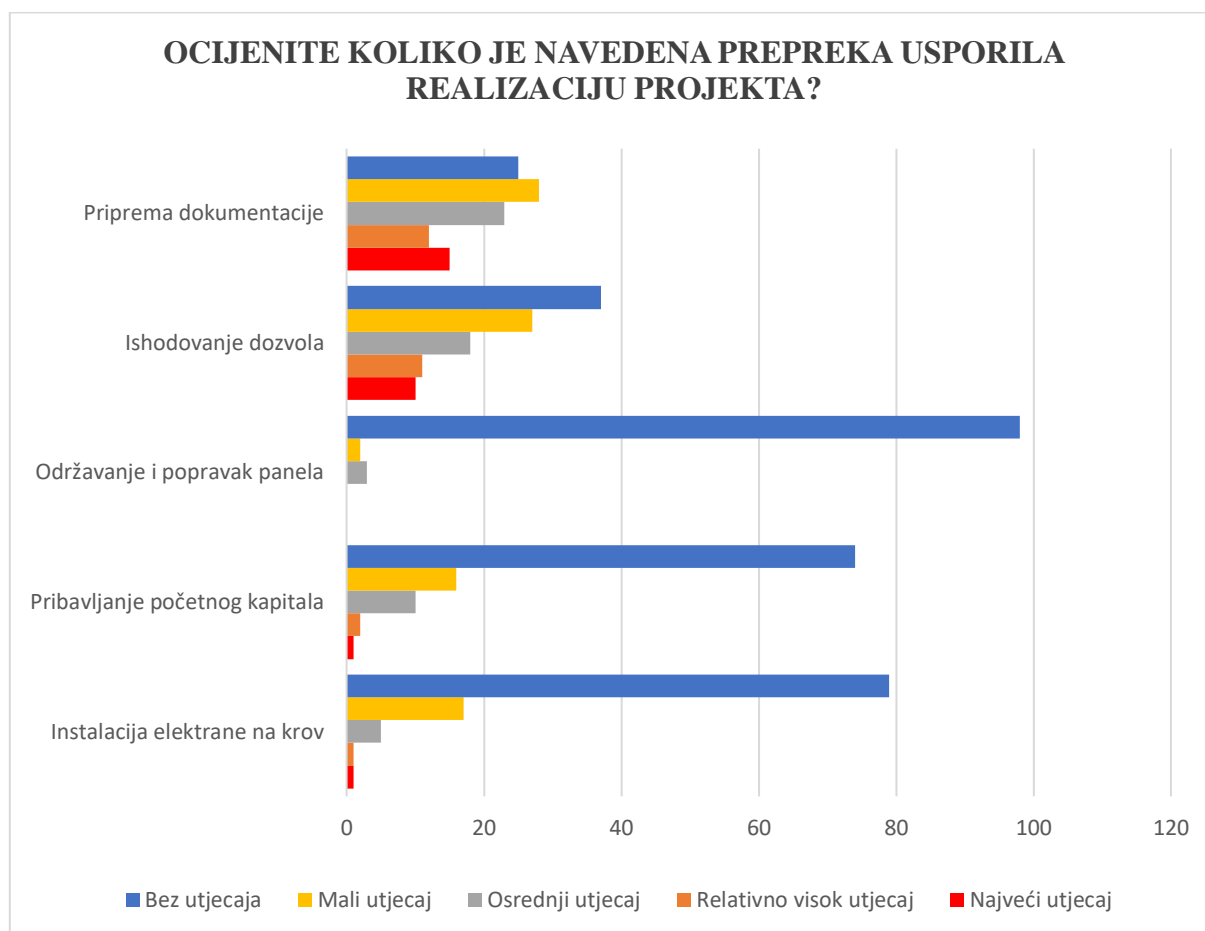
\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Izvor: autorov rad

Analizom prikazanih rezultata u tablici 14 primjećuje se postojanje korelacije između razine informiranosti o dostupnim financijskim poticajima i financijske strukture ulaganja u fotonaponske elektrane. Vrijednost korelacije iznosi -0,466, što ukazuje na negativnu vezu. Negativna veza upućuje da se porastom informiranosti o dostupnim poticajima smanjuje razina vlastitih sredstava potrebnih za ulaganje u fotonaponsku elektranu. Odnos između informiranosti i stvarnog korištenja poticaja sugerira da pružanje relevantnih informacija o poticajima može potaknuti veću iskorištenost poticaja i time ostvariti pozitivne učinke na ekonomsku isplativost i održivost ulaganja u fotonaponsku elektranu.

Anketnim upitnikom od ispitanika se saznalo koliko su navedeni elementi procesa ulaganja usporili njihovu realizaciju projekta. Ocjena 1 označavala je bez utjecaja, dok je ocjena 5 označavala značajan utjecaj. Odgovori su prikazani na grafikonu 9.

Grafikon 9. Čimbenik usporavanja realizacije

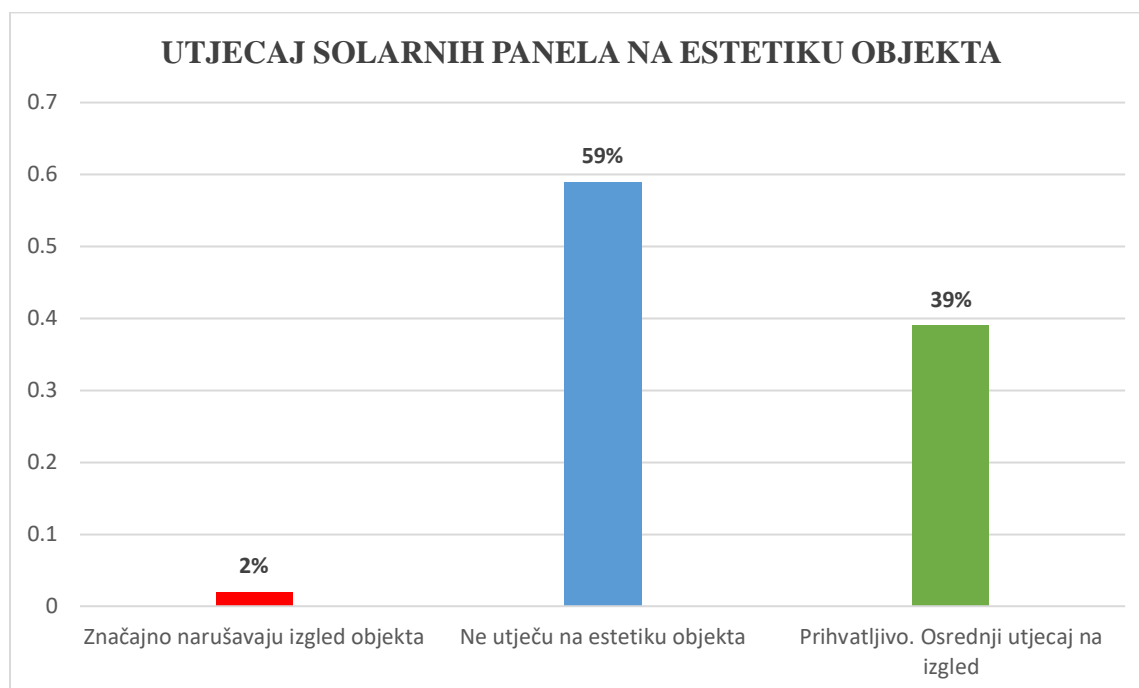


Izvor: autorov rad

Prema grafikonu 9 priprema dokumentacije je prepreka koja je najviše usporila realizaciju projekta fotonaponske elektrane ispitanika. Toj aktivnosti je ukupno 15% ispitanika dodijelilo ocjenu 5 (najveći utjecaj), što upućuje da se smatra čimbenikom koji oduzima najviše vremena u procesu realizacije projekta. Druga identificirana prepreka na koju su ispitanici ukazali da ima značajno negativan utjecaj na tempo provedbe projekta je ishodovanje dozvole. Preostale navedene čimbenike ispitanici nisu ocijenili kao značajno utjecajne na realizaciju.

Sljedećim pitanjem u anketnom upitniku ispitanici su iskazali svoje mišljenje o estetskom izgledu objekta na kojem su postavljeni solarni paneli. Rezultati su prikazani na grafikonu 10.

Grafikon 10. Estetski izgled objekta



Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani grafikonom 10 iskazuju da je najveći broj ispitanika (59%) izrazio stav da postavljanje solarnih panela ne utječe značajno na vizualni dojam njihovih objekata. Ostalih 39% izjasnilo se da je utjecaj na estetiku prihvatljiv, dok je 2% ispitanika nezadovoljno. Ovakvi rezultati sugeriraju da većina ispitanika percipira solarne panele kao estetski prihvatljive ili neprimjetne.

Odgovori ispitanika o zadovoljstvu trajnosti i izdržljivosti solarnih panela, kao i učestalost održavanja panela prikazani su u tablici 15. Rang ocjenjivanja trajnosti i izdržljivosti kretao se 1 – 5 pri čemu je ocjena 1 označavala apsolutno nezadovoljstvo, a ocjena 5 apsolutno zadovoljstvo. Čimbenik učestalosti održavanja mogao se iskazati kroz četiri ponuđene opcije: nikad, jednom kvartalno, jednom godišnje ili svakih nekoliko godina.

**Tablica 15.** Zadovoljstvo trajnošću i izdržljivošću solarnih panela uz učestalost održavanja

		Koliko ste zadovoljni trajnošću i izdržljivošću solarnih panela?			Total
		Neutralan	Zadovoljan	Izrazito zadovoljan	
Koliko često održavate solarne panele?	Nikad	4	8	37	49
	Jednom kvartalno	0	1	3	4
	Jednom godišnje	0	6	35	41
	Svakih nekoliko godina	0	1	8	9
<b>Total</b>		<b>4</b>	<b>16</b>	<b>83</b>	<b>103</b>

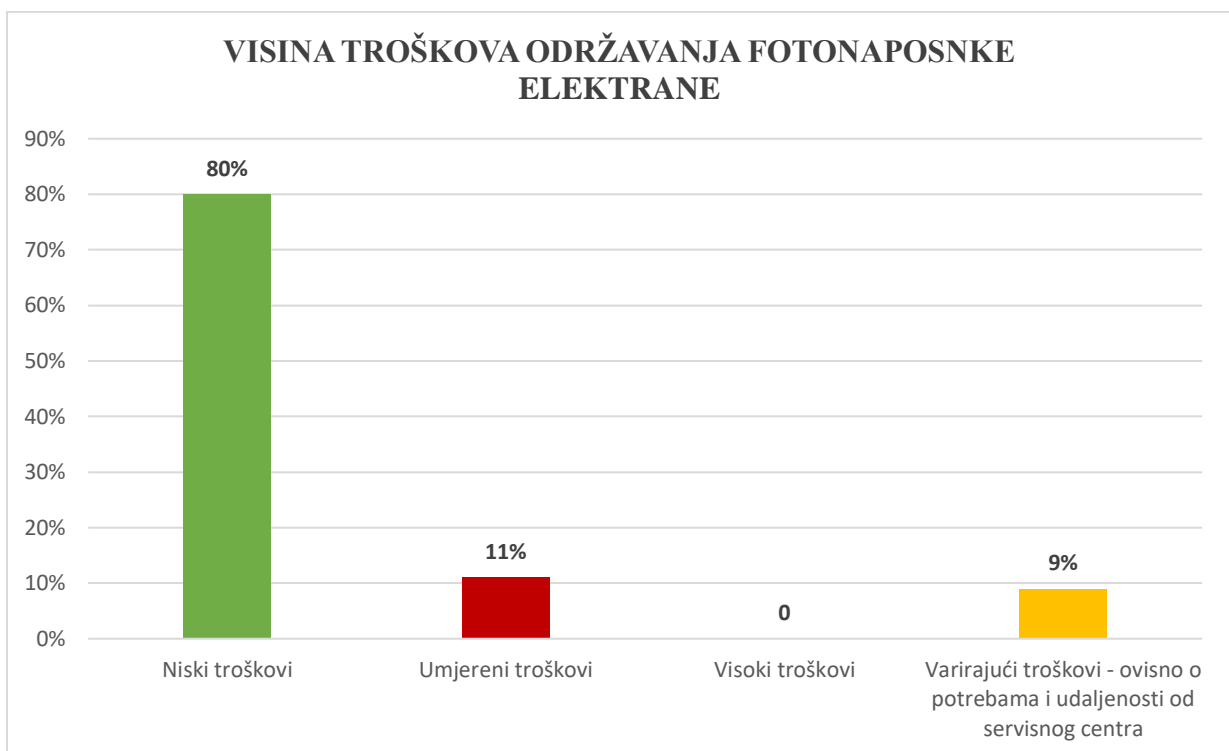
Izvor: autorov rad



Analizom rezultata prikazanih u tablici 15 ukazuje se da se održavanje solarnih panela većinom provodi rijetko, odnosno jednom godišnje. Ispitanici koji su naveli da nikada ne održavaju solarne panele izrazili su izrazito zadovoljstvo prema izdržljivosti panela. Među ispitanicima koji su izjavili da održavanje panela provode jednom godišnje također prevladava visok stupanj zadovoljstva prema trajnosti i izdržljivosti panela. Ukupno gledano, zaključuje se kako ovi podaci ukazuju na visok stupanj pouzdanosti i dugotrajnosti solarnih panela.

Anketnim upitnikom istražila se visina troškova održavanja fotonaponske elektrane u odnosu na isplativost. Na grafikonu 11 prikazani su dobiveni rezultati.

Grafikon 11. Visina troškova održavanja

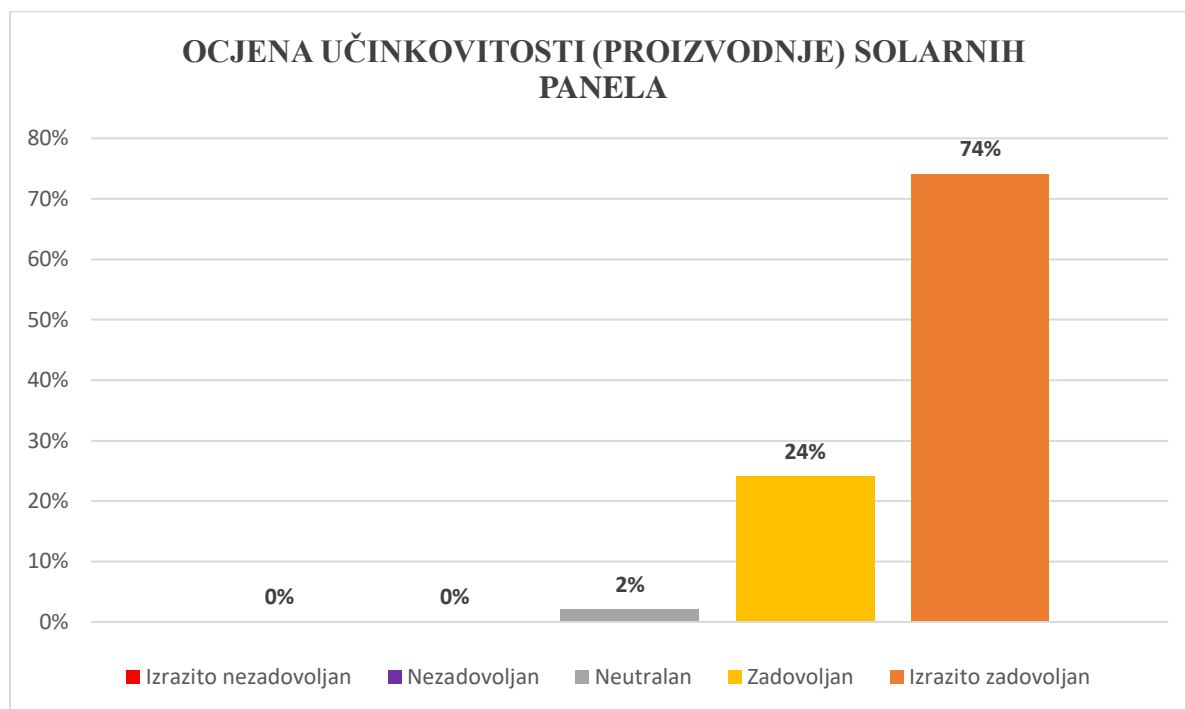


Izvor: autorov rad

Navedeni grafikon 11 ilustrira mišljenje ispitanika o troškovima održavanja i popravaka solarnih panela i fotonaponskih elektrana. Većina ispitanika, njih 80%, smatra da su ti troškovi niski. Takav podatak ukazuje na dobru kvalitetu panela i dugotrajnu učinkovitost solarnih sustava u praksi, što se pozitivno odražava na financijsku isplativost fotonaponskih elektrana. S druge strane, 11% ispitanika ocjenjuje troškove kao umjerene, što može implicirati da postoji određeni, ali prihvatljiv stupanj financijskih sredstava potrebnih za održavanje. Dodatnih 9% ispitanika koji smatraju da su troškovi varijabilni ovisno o potrebama i udaljenosti od centra, sugerira da postoji percepcija da neki čimbenici, poput geografske udaljenosti, mogu utjecati na ukupne troškove održavanja i popravaka solarnih sustava.

Sljedećim pitanjem anketnog upitnika istražilo se zadovoljstvo učinkovitošću (proizvodnjom) solarnih panela tj. elektrane. Rezultati su prikazani grafikonom 12.

Grafikon 12. Ocjena učinkovitosti (proizvodnje) fotonaponske elektrane

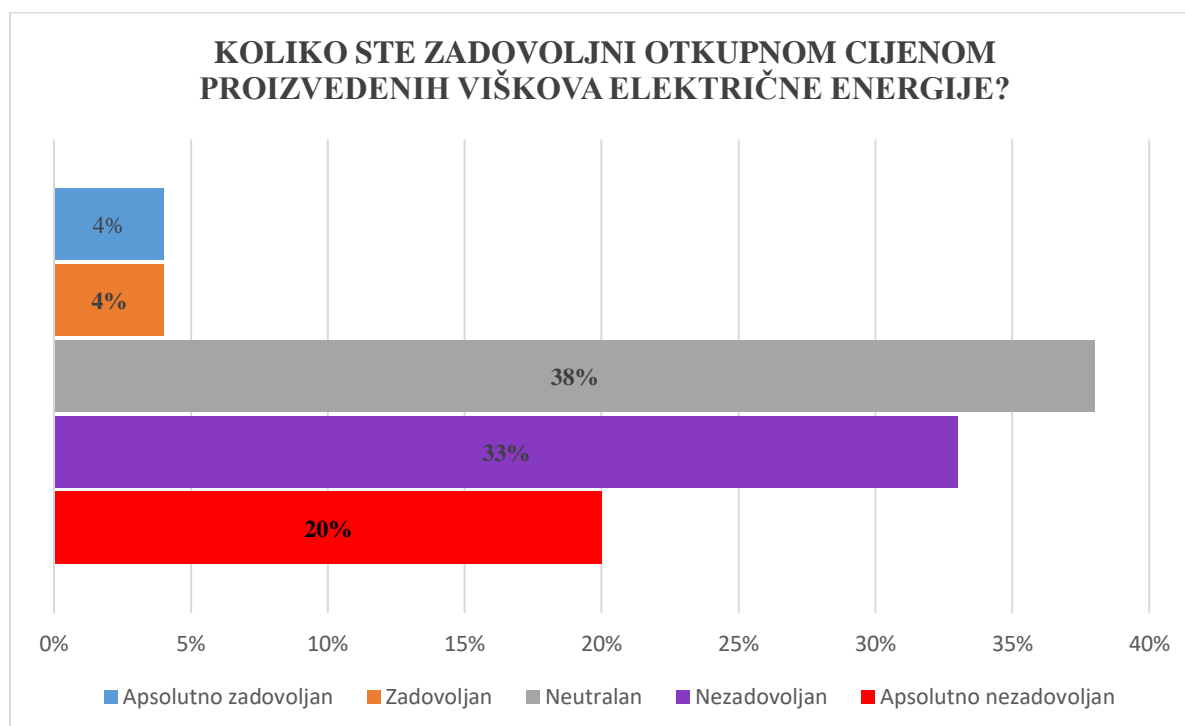


Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani grafikonom 12 upućuju na snažno pozitivno mišljenje ispitanika u vezi s učinkovitošću proizvodnje solarnih panela. Većina (74%) ispitanika dala je najvišu ocjenu 5, što sugerira izrazito visok stupanj zadovoljstva i ukazuje na izuzetno dobre performanse solarnih panela u proizvodnji energije. Dodatnih 24% ispitanika koji su dodijelili ocjenu 4 ukazuje na kvalitetnu razinu učinkovitosti, dok 2% ispitanika koji su dali ocjenu 3 (osrednja učinkovitost) predstavlja manji postotak onih koji nisu u potpunosti zadovoljni, ali je taj broj relativno nizak.

Metodom anketnog upitnika ispitalo se koliko su ispitanici zadovoljni otkupnom cijenom proizvedenih viškova električne energije. Rezultati su prikazani na grafikonu 13.

Grafikon 13. Otkupna cijena proizvedenih viškova

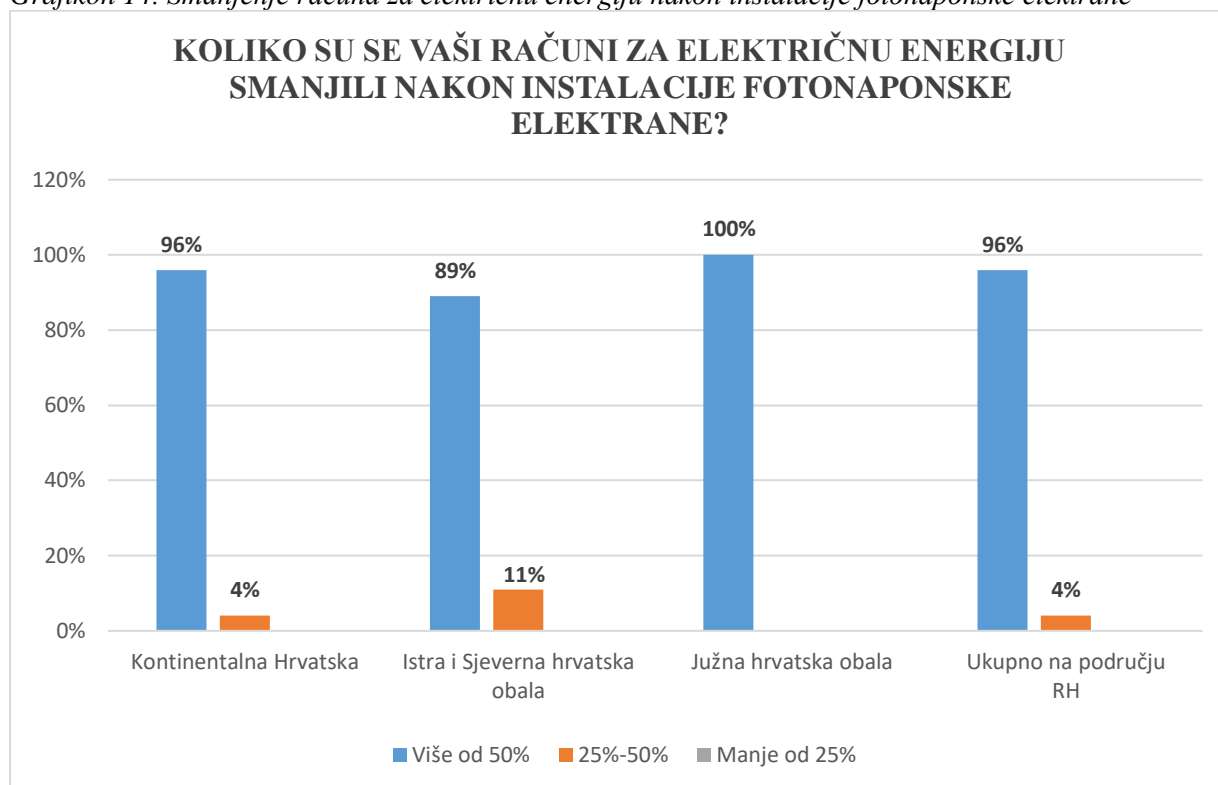


Izvor: autorov rad

Navedeni grafikon 13 prikazuje rezultate da je ukupno 53% ispitanika dodijelilo ocjenu 1 ili 2 što ukazuje na visok stupanj nezadovoljstva otkupnom cijenom proizvedenih viškova električne energije. Konkretno, 20% ispitanika dalo je ocjenu 1, izrazivši tako apsolutno nezadovoljstvo, dok je 33% ispitanika dodijelilo ocjenu 2, kao prikaz nezadovoljstva. S druge strane, 38% ispitanika je izrazilo neutralno zadovoljstvo (ocjena 3) smatrajući otkupnu cijenu srednje zadovoljavajućom. Samo 8% ispitanika dalo je ocjene 4 ili 5 koje ukazuju na zadovoljstvo. Zaključno, ovakvi podaci sugeriraju da većina korisnika fotonaponskih elektrana na području Republike Hrvatske smatra da trenutna cijena proizvedenih viškova električne energije nije dovoljna i izražava nezadovoljstvo. Dobivena saznanja pružaju vrijedan uvid u percepciju korisnika i otvaraju mogućnost za daljnje promjene ili unapređenja u području cijena koje bi zadovoljile očekivanja korisnika i poticale razvoj solarnih sustava u Republici Hrvatskoj.

Anketnim upitnikom ispitalo se koliko su se računi za električnu energiju korisnika smanjili nakon instalacije fotonaponske elektrane (solarnog sustava). Dobiveni rezultati organizirani su po geografskim lokacijama i prikazani na grafikonu 14.

Grafikon 14. Smanjenje računa za električnu energiju nakon instalacije fotonaponske elektrane



Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani na navedenom grafikonu 14 jasno pokazuju pozitivan utjecaj fotonaponskih elektrana na račune korisnika u Republici Hrvatskoj. Na području kontinentalne Hrvatske, 96% ispitanika doživjelo je značajno smanjenje računa za električnu energiju za više od 50%, dok je 4% izvijestilo o smanjenju u rasponu od 25% do 50%. Istraživanje za područje Istre i sjeverne Hrvatske obale pokazuje da je 89% ispitanika doživjelo smanjenje računa za više od 50%, dok je 11% izvijestilo o smanjenju u rasponu od 25% do 50%. Na južnoj Hrvatskoj obali, svi ispitanici (100%) potvrdili su značajno smanjenje računa za električnu energiju za više od 50%. Ukupno gledano za cijelo područje Republike Hrvatske, 96% korisnika fotonaponskih elektrana ostvaruje značajne financijske uštede smanjenjem računa za više od 50%, a 4% bilježi smanjenje u rasponu od 25% do 50%. Ovi rezultati potvrđuju učinkovitost fotonaponskih elektrana u pružanju financijskih benefita za račune električne energije u Republici Hrvatskoj.

Anketnim upitnikom ispitala se percepcija ispitanika o financijskoj isplativosti ulaganja u fotonaponske elektrane. Radi detaljnijeg prikaza i dubljeg razumijevanja postoji li utjecaj geografske lokacije na percepciju financijske isplativosti izvršila se međusobna integracija dobivenih rezultata. U tablici 16 prikazani su odgovori ispitanika o vremenskom roku povrata investicije i njihovim ocjenama financijske isplativosti ulaganja ovisno o geo lokaciji.

**Tablica 16.** Ocjena financijske isplativosti po geografskoj lokaciji uz vremenski rok povrata ulaganja

Geografska lokacija vaših solarnih panela je na području?			Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav?			Total
			3 - Osrednja	4 - Visoka	5 - izuzetno visoka	
Kontinentalna Hrvatska	Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina	0	3	1	4
		6 - 10 godina	1	18	40	59
		Manje od 5 godina	1	0	7	8
	Total		2	21	48	71
Istra i Sjeverna hrvatska obala	Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina		1	0	1
		6 - 10 godina		2	3	5
		Manje od 5 godina		1	2	3
	Total			4	5	9
Južna hrvatska obala	Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina		2	2	4
		6 - 10 godina		2	11	13
		Manje od 5 godina		0	2	2
	Total			4	15	19
Na području više regija	Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina		1	0	1
		6 - 10 godina		0	3	3
		Total			1	3
	Ukupno na području RH	Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina	0	7	3
6 - 10 godina			1	22	57	80
Manje od 5 godina			1	1	11	13
Total			2	30	71	103

Izvor: autorov rad

**Tablica 17.** Hi kvadrat test vremenskog okvira povrata ulaganja i geografske lokacije

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,496 <sup>a</sup>	6	,148
Likelihood Ratio	8,400	6	,210
Linear-by-Linear Association	2,304	1	,129
N of Valid Cases	103		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,39.

Izvor: autorov rad

U testiranju razine signifikantnosti vremenskog roka povrata ulaganja u odnosu na geografsku lokaciju, tablica 11 prikazuje rezultate gdje vrijednost iznosi  $\chi^2 = 9,496$ ,  $p > 0,05$ . Dobiveni rezultati ukazuju da ne postoji statistički značajna razlika vremenskog okvira povrata ulaganja u odnosu na geografsku lokaciju.

**Tablica 18.** Hi kvadrat test ocjene financijske isplativosti i geografske lokacije

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,630 <sup>a</sup>	6	,854
Likelihood Ratio	3,166	6	,788
Linear-by-Linear Association	,875	1	,350
N of Valid Cases	103		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,08.

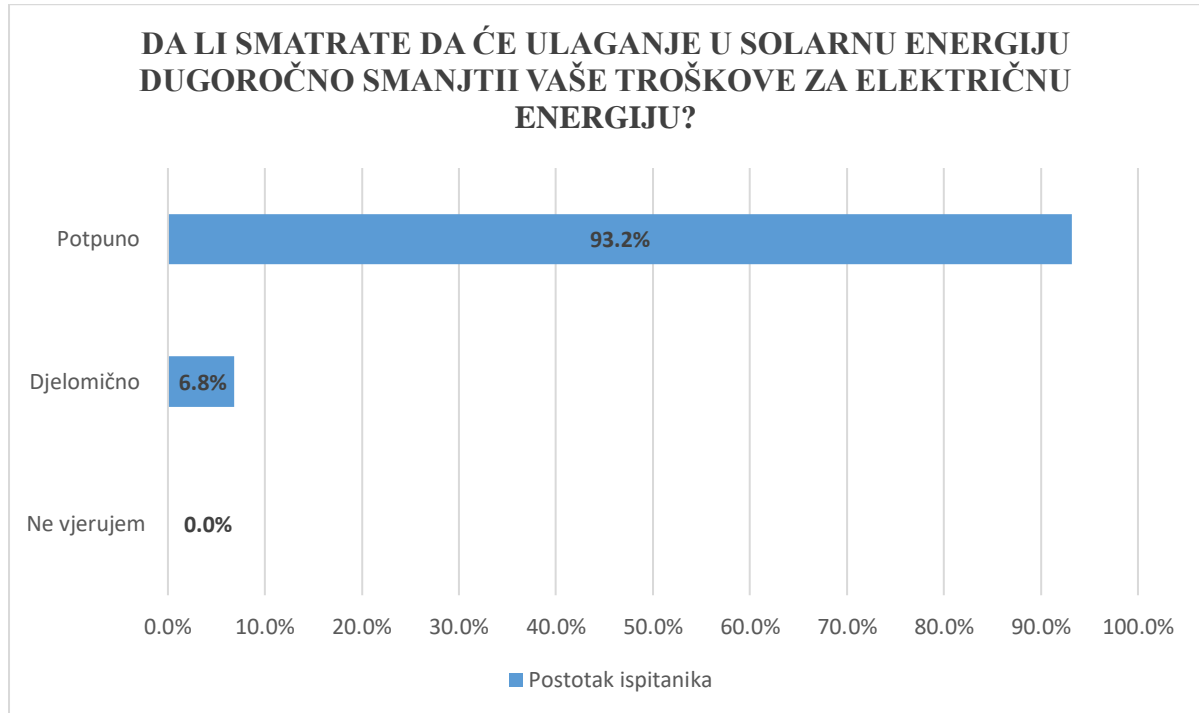
Izvor: autorov rad

Tablica 12 prikazuje rezultate testiranja razine signifikantnosti ocjene financijske isplativosti u odnosu na geografsku lokaciju. Dobivena vrijednost Hi kvadrata je  $\chi^2 = 2,630$ , a razina signifikantnosti iznosi  $p > 0,05$  što znači da ne postoji statistički značajna razlika ocjene financijske isplativosti u odnosu na geografsku lokaciju.

Analizom prethodno prikazane tablice 10 utvrđuje se kako je na području kontinentalne Hrvatske 70% korisnika ocijenilo financijsku isplativost ulaganja u fotonaponsku elektranu ocjenom 5 (izuzetno visoka). Također, rezultati ukazuju da je 56% od tih korisnika procijenilo vremenski rok povrata svojeg ulaganja u razdoblju 6 -10 godina. Na području Istre i sjeverne hrvatske obale ocjene financijske isplativosti prikazuju visok stupanj isplativosti. Konkretno, 44% ispitanika dalo je ocjenu 4, dok je čak 55% ispitanika financijsku isplativost ocijenilo s najvišom ocjenom 5. Za južnu hrvatsku obalu rezultati pokazuju da je 79% ispitanika dodijelilo ocjenu 5 istovremeno pretežno očekujući vremenski rok povrata ulaganja u rasponu 6 – 10 godina. Promatrajući rezultate na razini cijele Republike Hrvatske, rezultati jasno ukazuju na izuzetno visoku ocjenu financijske isplativosti fotonaponskih sustava. Uviđa se da je 69% ispitanika dodijelilo najvišu ocjenu 5, dok je 29% ocijenilo s 4. Dominantna kategorija vremenskog roka povrata ulaganja je 6 – 10 godina. Zanimljivo je primijetiti da su ispitanici koji su procijenili vremenski rok povrata na 10 i više godina, u čak 70% slučajeva, dodijelili ocjenu 4 za financijsku isplativost. Sveukupno naglašava se pozitivna percepcija ekonomičnosti ove održive investicije na razini cijele države.

Odgovorom na sljedeće pitanje u anketnom upitniku od ispitanika se saznalo smatraju li da će njihovo trenutačno ulaganje u fotonaponsku elektranu dugoročno smanjiti troškove za električnu energiju. Rezultati su prikazani grafikonom 15.

Grafikon 15. Dugoročni utjecaj fotonaponske elektrane na smanjenje troškova za električnu energiju

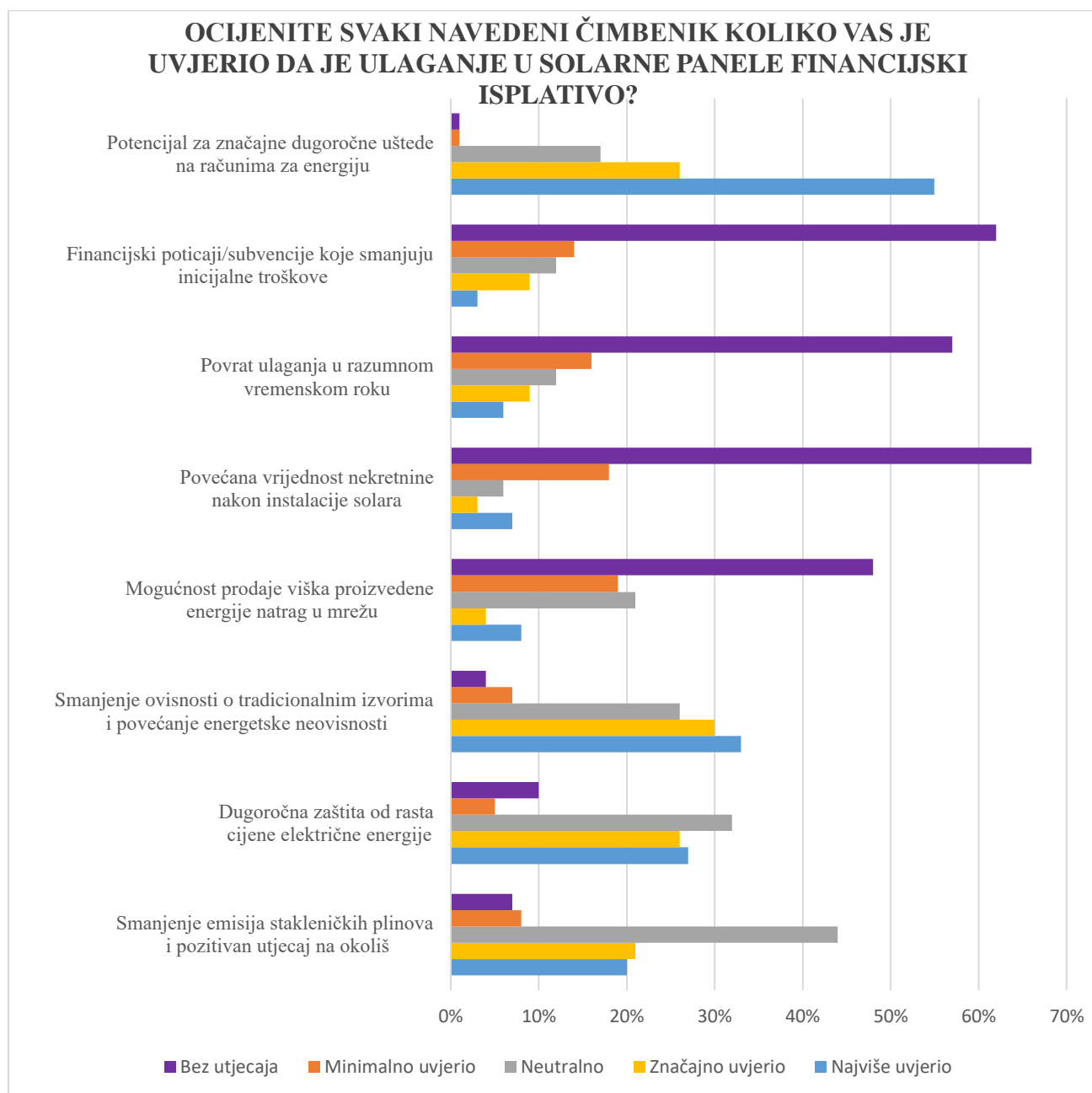


Izvor: izrada autora

Prema navedenom grafikonu 15 ukupno većina ispitanika (93,2%) dijeli izniman stupanj povjerenja u dugoročni financijski učinak ulaganja u fotonaponske elektrane. Smatraju kako će trenutačno ulaganje u fotonaponske elektrane dugoročno značajno smanjiti njihove troškove električne energije. Dodatnih 6,8% ispitanika vjeruje u djelomično smanjenje troškova, dok je značajan podatak da nijedan od ispitanika (0%) ne izražava nedostatak vjere u pozitivan dugoročni financijski učinak fotonaponskih elektrana.

Posljednjim pitanjem anketnog upitnika od ispitanika je dobiven odgovor o čimbeniku koji ih je najviše uvjerio u isplativost ulaganja u fotonaponsku elektranu. Rang ocjenjivanja navedenih čimbenika bio je 1 - 5. Ocjena 1 označavala je bez utjecaja, dok je ocjena 5 značila najveći utjecaj tj. najuvjerljiviji čimbenik. Grafikon 16 prikazuje dobivene rezultate.

Grafikon 16. Ključni čimbenik uvjerenja u isplativost ulaganja u solarni sustav



Izvor: autorov rad

Rezultati prikazani grafikonom 16 prvobitno ističu da se potencijal za značajne dugoročne uštede na računima za energiju pokazao kao najutjecajniji čimbenik, ocijenjen najvišom ocjenom 5 u najvećem postotku od strane ispitanika. S druge strane, financijski poticaji i subvencije, iako važni, ocijenjeni su najnižom ocjenom 1 tj. kao čimbenik bez utjecaja. Također ispitanici sugeriraju da su čimbenici: povrat ulaganja u razumnom vremenskom roku, povećana vrijednost nekretnine nakon ulaganja u solare i mogućnost prodaje viška proizvedene energije manje uvjerljivi tj. nisu ključni čimbenici uvjerenja u ulaganje (isplativost) fotonaponske elektrane. Preostali čimbenici su većinski ocijenjeni ocjenom 3, što ukazuje na



neutralnost ili srednji stav ispitanika prema tim čimbenicima. Percipiraju se kao srednje važni ili neutralni u kontekstu uvjeravanja u isplativost solarnih sustava.

### 5.3 Analiza hipoteze i istraživačkih pitanja

U radu je postavljena hipoteza, koja glasi „*Glavni čimbenik za ulaganje u fotonaponske elektrane su značajne dugoročne uštede na računima za energiju.*“ U prethodno navedenoj analizi rezultata anketnog upitnika, uviđa se visok stupanj učinkovitosti fotonaponskih elektrana i zadovoljenja trenutanih energetske potreba među ispitanicima, tj. korisnicima fotonaponskih elektrana. Također, rezultati su pokazali da je impozantnih 96% ispitanika doživjelo značajno smanjenje računa za električnu energiju, pri čemu je njihova ušteda iznosila 50% ili više. Posebice je značajna analiza rezultata odgovora posljednjeg anketnog pitanja. Ispitanici su ocjenjivali različite čimbenike ulaganja u solarnu tehnologiju, a čimbenik „*potencijal za značajne dugoročne uštede na računima za el. Energiju*“ dobio je najviše ocjene. U svrhu potpunijeg razumijevanja i potvrde postavljene hipoteze, konačna analiza uključuje statističko testiranje korelacije ocjena financijske isplativosti i ostvarenog smanjenja računa za električnu energiju. Ovaj pristup omogućava detaljnije sagledavanje povezanosti između percipirane financijske isplativosti i stvarnih ušteda, pružajući pouzdanu osnovu za konačno potvrđivanje ili odbacivanje postavljene hipoteze. U tablici 19 prikazani su dobiveni rezultati.

**Tablica 19.** Pearsonova korelacija financijske isplativosti i smanjenja računa za el. energiju

<b>Correlations</b>			
		Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav?	Koliko su se vaši računi za struju smanjili nakon instalacije solarnih panela?
Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav?	Pearson Correlation	1	-,264**
	Sig. (2-tailed)		,007
	N	103	103
Koliko su se vaši računi za struju smanjili nakon instalacije solarnih panela?	Pearson Correlation	-,264**	1
	Sig. (2-tailed)	,007	
	N	103	103

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Izvor: autorov rad

Rezultati testa prikazuju kako korelacija iznosi – 0,264 što znači da postoji povezanost ocjene financijske isplativosti i smanjenja računa za električnu energiju.

Navedena korelacija je negativna što znači da svakim ostvarenim smanjenjem računa ocjena financijske isplativosti raste. Na temelju dobivenih rezultata postavljena hipoteza ovog rada se prihvaća.

U radu su postavljena i četiri istraživačka pitanja. Prvo istraživačko pitanje glasi: Kako geografska lokacija utječe na uspjeh fotonaponskih elektrana. Odgovor na to pitanje dan je u tablici 14 gdje je geografska lokacija stavljena u međuodnos s pet varijabli koje se smatraju ključnima za predočavanje ekonomske dobrobiti fotonaponske elektrane (redom: ocjena učinkovitosti elektrane, količina prikupljene energije, postotno smanjenje računa za električnu energiju i ocjena financijske isplativosti).

**Tablica 20.** Međuodnos geografske lokacija i navedenih varijabli

		Kontinentalna Hrvatska		Istra i sjeverna hrvatska obala		Južna hrvatska obala		Na području više regija	
		N	%	N	%	N	%	N	%
		Koliko ste zadovoljni učinkovitošću (proizvodnjom) vaših solarnih panela?	Nisam zadovoljan	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Minimalno zadovoljan	0		0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Zadovoljan	2		2,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Dosta zadovoljan	15		21,1%	3	33,3%	7	36,8%	0	0,0%
Izuzetno zadovoljan	54		76,1%	6	66,7%	12	63,2%	4	100,0%
Ukupno	71		100,0%	9	100,0%	19	100,0%	4	100,0%
Koliko količina prikupljene energije iz obnovljivih izvora zadovoljava vaše trenutne energetske potrebe?	Više od 100% (kupac s vlastitom proizvodnjom)	8	11,3%	1	11,1%	3	15,8%	0	0,0%
	Između 75% i 100%, zadovoljava većinu mojih trenutnih energetskih potreba	57	80,3%	6	66,7%	15	78,9%	4	100,0%
	Između 50% i 75%, zadovoljava otprilike polovicu mojih trenutnih energetskih potreba	6	8,5%	2	22,2%	1	5,3%	0	0,0%
	Između 25% i 50%, zadovoljava manji dio mojih trenutnih energetskih potreba	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Manje od 25%, ne zadovoljava značajan dio mojih trenutnih energetskih potreba	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Ukupno	71	100,0%	9	100,0%	19	100,0%	4	100,0%
Koliko su se vaši računi za struju smanjili nakon instalacije solarnih panela?	Smanjili su se za više od 50%, značajno poboljšavajući financijsku isplativost	68	95,8%	8	88,9%	19	100,0%	4	100,0%

	Smanjili su se za 25% - 50%, umjereno poboljšavajući financijsku isplativost	3	4,2%	1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%
	Smanjili su se za manje od 25%, blago poboljšavajući financijsku isplativost	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Nisam primijetio/la značajan pad računa za režije nakon uvođenja panela	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Ukupno	71	100,0%	9	100,0%	19	100,0%	4	100,0%
Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav	Vrlo niska isplativost	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Minimalna isplativost	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Osrednja isplativost	2	2,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Isplativo	21	29,6%	4	44,4%	4	21,1%	1	25,0%
	Izuzetno visoka isplativost	48	67,6%	5	55,6%	15	78,9%	3	75,0%
	Ukupno	71	100,0%	9	100,0%	19	100,0%	4	100,0%

Izvor: autorov rad

Testiranjem razine signifikantnosti navedenih varijabli u odnosu na geografsku lokaciju utvrdit će se postoji li statistička povezanost tj. utjecaj geografske lokacije na navedene varijable. Rezultati Hi kvadrat testa prikazani su u tablici 21.

**Tablica 21.** Hi kvadrat test navedenih varijabli u odnosu na geografsku lokaciju

		Geografska lokacija vaših solarnih panela je na području
Koliko ste zadovoljni učinkovitošću (proizvodnjom) vaših solarnih panela?	Chi-square	4,478
	df	6
	Sig.	,612
Koliko količina prikupljene energije iz obnovljivih izvora zadovoljava vaše trenutne energetske potrebe?	Chi-square	3,652
	df	6
	Sig.	,724
Koliko su se vaši računi za struju smanjili nakon instalacije solarnih panela?	Chi-square	2,211
	df	3
	Sig.	,530
Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav?	Chi-square	2,630
	df	6
	Sig.	,854

\*. The Chi-square statistic is significant at the ,05 level.

Izvor: autorov rad

Promatranjem razina signifikantnosti kod navedenih varijabli može se uočiti kako sve razine signifikantnosti u Hi kvadrat testu iznose  $p > 0,05$ , što znači da ne postoji statistički značajna razlika s obzirom na geografsku lokaciju fotonaponske elektrane.

Drugo istraživačko pitanje je glasilo: Koje su glavne prepreke u realizaciji projekta fotonaponske elektrane? U tablici 22 prikazani su odgovori ispitanika o utjecaju navedene prepreka na realizaciju projekta fotonaponske elektrane.

**Tablica 22.** Ocjenjivanje prepreke u realizaciji projekta ukupno

Ocijenite koliko je svaka od navedenih prepreka usporila realizaciju projekta vaše fotonaponske elektrane:		Ukupno
Priprema dokumentacije	bez utjecaja	24,3%
	2	27,2%
	3	22,3%
	4	11,7%
	izrazito velik utjecaj	14,6%
	Ukupno	100,0%
	Ishodovanje dozvola	bez utjecaja
2		26,2%
3		17,5%
4		10,7%
izrazito velik utjecaj		9,7%
Ukupno		100,0%
Održavanje i popravak panela		bez utjecaja
	2	1,9%
	3	2,9%
	4	0,0%
	izrazito velik utjecaj	0,0%
	Ukupno	100,0%
	Pribavljanje početnog kapitala	bez utjecaja
2		15,5%
3		9,7%
4		1,9%
izrazito velik utjecaj		1,0%
Ukupno		100,0%
Instalacija elektrane na krov		bez utjecaja
	2	16,5%
	3	4,9%
	4	1,0%
	izrazito velik utjecaj	1,0%
	Ukupno	100,0%

Izvor: autorov rad

Iz rezultata prikazanih u tablici 16 može se zaključiti kako je priprema dokumentacija najutjecajnije prepreke.

Treće istraživačko pitanje glasi: Koliko energija prikupljena putem fotonaponskih elektrana zadovoljava ukupne energetske potrebe? Rezultati su prikazani u tablici 23.

**Tablica 23.** Razina zadovoljenih potreba prikupljenom električnom energijom

		Ukupno	
Koliko količina prikupljene energije iz obnovljivih izvora zadovoljava vaše trenutne energetske potrebe?	Više od 100% (kupac s vlastitom proizvodnjom)	12	11,7%
	Između 75% i 100%, zadovoljava većinu mojih trenutnih energetske potreba	82	79,6%
	Između 50% i 75%, zadovoljava otprilike polovicu mojih trenutnih energetske potreba	9	8,7%
	Između 25% i 50%, zadovoljava manji dio mojih trenutnih energetske potreba	0	0,0%
	Manje od 25%, ne zadovoljava značajan dio mojih trenutnih energetske potreba	0	0,0%
	Ukupno	103	100,0%

Izvor: autorov rad

Analizom rezultata zaključuje se kako ukupno 80% ispitanika korištenjem fotonaponske elektrane zadovoljava između 75% i 100% svojih energetske potreba.

Četvrto istraživačko pitanje je glasil: Koliko vremena je potrebno za povrat ulaganja u fotonaponsku elektranu na području Republike Hrvatske? Rezultati su prikazani u tablici 24.

**Tablica 24.** Vremenski rok povrata ulaganja na području Republike Hrvatske

		Ukupno	
Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?	Više od 10 godina	10	9,7%
	6 -10 godina	80	77,7%
	Manje od 5 godina	13	12,6%
	Ukupno	103	100,0%

Izvor: autorov rad

Predstavljenim rezultatima zaključuje se kako ukupno najveći postotak ispitanika (78%) očekuje povrat ulaganja ukupno uloženi sredstava u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske u vremenskom razdoblju 6 – 10 godina.

## 6. ZAKLJUČAK

Predispozicije za ulaganja u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske, ocjenjuje se, stvaraju perspektivan okvir za ostvarivanje ekonomske dobiti. Hrvatska kao članica EU-a, dio je europskog zelenog plana i strategije EU-a za solarnu energiju. Cilj ovih inicijativa je postizanje klimatske neutralnosti do 2050. Na temelju Direktive o obnovljivoj energiji (EU/2023/2413) RH stimulira projekte obnovljive energije kroz sufinanciranje. Metodološki pristup analizi investicija u fotonaponske elektrane je teorijski razrađen i ima glavnu pretpostavku o hrvatskom solarnom potencijalu.

Unatoč navedenim okolnostima, ova studija je pripremljena i kroz anketni upitnik tako da se dobiju što relevantniji i stručno utemeljeni odnosno argumentirani stavovi. Anketni upitnik proveden je u razdoblju od 15. listopada do 1. studenog 2023. godine. Izrađen je pomoću *Google* obrasca te je proveden online gdje mu je pristupilo 103 ispitanika. Podaci korišteni za statističko testiranje u ovom radu su prikupljeni odgovori ispitanika, a spomenute geografske lokacije su regije koje pripadaju području Republike Hrvatske (ukupno 4: kontinentalna Hrvatska, Istra i sjeverna hrvatska obala, južna hrvatska obala, cijela Hrvatska).

Ovo istraživanje, prema prethodno navedenim kriterijima i pristupima, upućuje na zaključak da se prihvaća glavna hipoteza „Glavni čimbenik ulaganja u fotonaponske elektrane su značajne dugoročne uštede na računima za energiju“. Iznesena odluka temelji se na podatku da je ukupno većina ispitanika (82%) ocijenila potencijal za ostvarivanje dugoročnih ušteda na računima za energiju kao najznačajniji čimbenik uvjeravanja u ulaganje u fotonaponske elektrane. Pritom je ukupno (96%) ispitanika ostvarilo uštedu na računima za energiju od 50% i više. Analizom Pearsonove korelacije provjeravamo vezu između ocjene financijske isplativosti i stvarnog smanjenja računa za električnu energiju. Rezultati pokazuju da postoji statistički značajna povezanost između navedenih varijabli.

U radu su postavljena četiri istraživačka pitanja. Prvo istraživačko pitanje glasi: kako geografska lokacija utječe na uspjeh fotonaponskih elektrana? Geografska lokacija stavljena je u međuodnos s pet varijabli koje se smatraju ključnima za predočavanje ekonomske dobrobiti fotonaponske elektrane (redom: ocjena učinkovitosti elektrane, količina prikupljene energije za zadovoljenje potreba, postotno smanjenje računa za električnu energiju i ocjena financijske isplativosti). Testiranjem razine signifikantnosti rezultati ukazuju da geografska lokacija na području Republike Hrvatske ne ostvaruje statistički značajan utjecaj na određene varijable. Drugo istraživačko pitanje glasi: koje su glavne prepreke u realizaciji projekta fotonaponske

elektrane? Analizom drugog istraživačkog pitanja ističe se priprema dokumentacije kao prepreka koja najviše usporava realizaciju projekta fotonaponske elektrane. Iz trećeg istraživačkog pitanja koje glasi: koliko energija prikupljena putem fotonaponskih elektrana zadovoljava ukupne energetske potrebe? Proizlazi saznanje da u prosjeku količina prikupljene energije zadovoljava 75% - 100% energetskih potreba korisnika. U konačnici, posljednjim istraživačkim pitanjem: koliko vremena je potrebno za povrat ulaganja u fotonaponsku elektranu na području Republike Hrvatske?, zaključuje se kako većina ispitanika, njih 78%, očekuje povrat ulaganja ukupno uloženi sredstava u fotonaponske elektrane na području Republike Hrvatske u vremenskom razdoblju 6 – 10 godina.

Budući da je solarna energija jedan od ključnih resursa u diversifikaciji energetskog portfolija Republike Hrvatske, nastavak investicija u solarnu energiju pruža neophodan temelj za održiv i energetski učinkovit ekonomski razvoj. Iako je Republika Hrvatska prepoznala potencijal solarnih energija u smanjenju ovisnosti o tradicionalnim izvorima energije, potrebno je unapređenje i povećanje učinkovitosti administrativnog sustava radi brže i olakšane implementacije projekata zelene energije. Povećanjem kapaciteta solarnih elektrana potiče se rast zelenih radnih mjesta kao i doprinos smanjenja emisije stakleničkih plinova. Kroz potpore i programe sufinanciranja, Hrvatska teži ka većem korištenju energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji, a time i stvaranju vlastite energetske neovisnosti. U tom kontekstu razmatranjem prirodnih potencijala za iskorištavanje različitih oblika energije kao što su energija vjetra, hidrocentrale, energija iz biomase te sunčeva energija Hrvatska, zaključuje se, treba imati učinkovit i suvremen energetski sustav koji potiče inovativnost i koristi moderna infrastrukturna rješenja. Dakle, samo kroz stalno usmjeravanje naprednim praksama može se maksimizirati ekonomska dobrobit obnovljive energije.

## LITERATURA

### Knjige:

1. Balint, D. (2018). *Obnovljivi izvori energije i energetska učinkovitost za ruralna područja*. MTA KRITK Institute for Regional Studies, Pečuh.
2. Kalea, M. (2014). *Obnovljivi izvori energije – energetska pogled*. Kiklos-Krug knjige d.o.o. Zagreb.
3. Matić, M. (1995). *Gospodarenje energijom*. Školska knjiga Zagreb.
4. Potočnik, V. (2002). *Obnovljivi izvori energije i zaštita okoliša u Hrvatskoj*. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH. Zagreb
5. Tkalac Verčić, A., Sinčić Ćorić, D. i Pološki Vokić, N. (2010). Priručnik za metodologiju istraživačkog rada. Zagreb: M.E.P. d.o.o.
6. Višković, A. (2008). *Svjetlo ili mrak. O energetici bez emocija*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske. Lider press d.d. Zagreb.

### Članci:

1. Čotar, A., Filčić, A. (2012). Fotonaponski sustavi. REA Kvarner d.o.o. Preuzeto s: [https://www.irena-istra.hr/uploads/media/Fotonaponski\\_sustavi.pdf](https://www.irena-istra.hr/uploads/media/Fotonaponski_sustavi.pdf) (30.08.2023)
2. Fuk, B. (2022). Solarni paneli i što s njima kad postanu otpad. *Sigurnost : časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini* (2), 191 – 195. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/clanak/405711> (30.08.2023)
3. Gašparović I. (2019). Analiza prostornih podataka o solarnom potencijalu za Hrvatsku. *Geodetski list* Vol.73 2019. str 25 – 44. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/218854> (21.08.2023)
4. Jäger-Waldau, A. (2014). PV Status Report 2014. *JRC Science And Policy Report*. doi:10.2790/941403. Preuzeto s: [https://www.researchgate.net/publication/271134291\\_PV\\_Status\\_Report\\_2014](https://www.researchgate.net/publication/271134291_PV_Status_Report_2014) (01.09.2023)
5. Maradin, Dario (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy* 11 (3), S. 176 - 183. doi:10.32479/ijeep.11027. Preuzeto s: [http://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/7697/1/1771636475\\_0.pdf](http://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/7697/1/1771636475_0.pdf) (15.07.2023)
6. Micheli, L., (2022). The economic value of photovoltaic performance loss mitigation in electricity spot markets. *Renewable Energy* Vol.199, 486-497. doi.org/10.1016/j.renene.2022.08.149 Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148122013283> (03.09.2023)
7. Setiawan, F. (2019). Sea Salt Deposition Effect on PV Panel. *Journal of Physics*. 1167 doi:10.1088/1742-6596/1167/1/012028 Preuzeto s: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1167/1/012028> (30.08.2023).



## INTERNET izvori:

1. Administrativni uvjeti. Zelena energetska zadruga. Preuzeto s: <https://www.zez.coop> (30.08.2023)
2. Akcijski plan za potrebna pojačanja elektroenergetske mreže u cilju integracije obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2021. OIE Hrvatska. Preuzeto s: <https://oie.hr/studije/> (20.08.2023)
3. Battery Off Grid Solar Power Plant. Indiamart. Preuzeto s: <https://m.indiamart.com/proddetail/off-grid-solar-power-plant-26357458097.html> (28.08.2023)
4. Biography Alexandre Edmond Becquerel. Molecular Expressions, 2015. Preuzeto s: <https://micro.magnet.fsu.edu/optics/timeline/people/becquerel.html> (21.08.2023)
5. Cleaning solar panels. Energy Matters. Preuzeto s: <https://www.energymatters.com.au/renewable-news/solar-panels-cleaning/> (30.08.2023)
6. Direktiva 2009/28/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o promicanju korištenja energije iz obnovljivih izvora. Službeni list Europske unije. Preuzeto s: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=HU> (01.19.2023)
7. Distribucija potrošnje primarne energije u svijetu u 2021., po zemljama. Preuzeto s: <https://www.statista.com/statistics/274200/Brojries-with-the-largest-share-of-primary-energy-consumption/> (10.07.2023)
8. Energija. Statista. Preuzeto s: <https://www.statista.com/> (10.07.2023)
9. Energetska obnova 2023. Energetska obnova HR. Preuzeto s: <http://energetska-obnova.hr/> (02.09.2023)
10. Ekonomska isplativost sustava fotonaponske elektrane s maksimiziranjem proizvodnje električne energije u odnosu na klasični sustav (diplomski rad). Krstić, N. (2022). Osijek. FERIT-Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera. Preuzeto s: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos:3445/datastream/PDF/view> (02.09.2023)
11. Fotonaponski paneli vrste, prednosti i nedostaci. Klimatizacija hr. Preuzeto s: <https://klimatizacija.hr/blog/novosti/fotonaponski-paneli-vrste-prednosti-i-nedostaci-84/> (25.08.2023)
12. Godišnja količina električne energije proizvedene iz solarnih fotonaponskih panela u Hrvatskoj od 2012. do 2019. Statista. Preuzeto s: <https://www.statista.com/statistics/497624/electricity-production-from-solar-in-croatia/> (21.08.2023)
13. Godišnji energetske pregled 2021. u Hrvatskoj. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Preuzeto s:

[https://eihp.hr/wpcontent/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021\\_WEB\\_LR.pdf](https://eihp.hr/wpcontent/uploads/2023/01/Energija%20u%20HR%202021_WEB_LR.pdf) (15.07.2023)

14. Hybrid Solar System Structure. Indiamart. Preuzeto s: <https://www.indiamart.com/proddetail/hybrid-solar-system-22646247188.html> (28.08.2023)
15. Izjednačena cijena električne energije iz perovskitnih fotonaponskih postrojenja. Royal Society Of Chemistry. Preuzeto s: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2023/ee/d2ee03136a> (02.09.2023)
16. Kapacitet solarnih fotonaponskih postrojenja po stanovniku u Hrvatskoj 2013.-2018. Statista. Preuzeto s: <https://www.statista.com/statistics/800660/solar-photovoltaics-capacity-per-inhabitant-croatia/> (21.08.2023)
17. Kako shvatiti točan kut za solarne panele. DS Energy. Preuzeto s: <https://hr.dsnsolar.com/info/how-to-figure-the-correct-angle-for-solar-pane-37644465.html> (30.08.2023)
18. Klimatske karte. Državni hidrometeorološki zavod. Preuzeto s: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_9&el=Y6190&it=sunce](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_9&el=Y6190&it=sunce) (21.08.2023)
19. Koliko su veliki solarni paneli na krovu. Energia naturalis. Preuzeto s: <https://www.energianaturalis.hr/zelim-znati/koliko-su-veliki-solarni-paneli-na-krovu-prosjecnog-kucanstva> (30.08.2023)
20. Koji je pravilni nagib solarnih panela? Solarni portal. Preuzeto s: <https://solarnipaneli.energy/koji-je-pravilan-nagib-solarnih-panela/> (30.08.2023)
21. Kupac s vlastitom proizvodnjom. HEP. Preuzeto s: <https://www.hep.hr/ods/korisnici/kupac-s-vlastitom-proizvodnjom/29> (25.08.2023)
22. Lifespan of Solar Panel. NREL. Preuzeto s: <https://www.nrel.gov/solar/solar-research.html#pv> (30.08.2023)
23. Obnovljiva energija kao udio u potrošnji primarne energije u svijetu od 1990. do 2019. Statista. Preuzeto s: <https://www.statista.com/statistics/267379/share-of-renewable-energies-in-world-energy-consumption/> (10.07.2023)
24. On Grid Solar Power System. Indiamart. Preuzeto s: <https://www.indiamart.com/proddetail/on-grid-solar-power-systems-23028962412.html> (28.08.2023)
25. Poticaji za solarne panele 2023. Portal hrvatskih arhitekata. Preuzeto s: [https://arhitekti.hr/blog/2023hr/poticaji-za-solarne-panele-2023.html#Poticaji\\_za\\_solarne\\_panele\\_u\\_2023\\_godini](https://arhitekti.hr/blog/2023hr/poticaji-za-solarne-panele-2023.html#Poticaji_za_solarne_panele_u_2023_godini) (02.09.2023)

26. Pravilnik o kriterijima za izdavanje energetskeg odobrenja za proizvodna postrojenja. Narodne Novine. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_01\\_5\\_62.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_01_5_62.html) (30.08.2023)
27. Solar-Ready Building Design: A Summary of Technical Considerations (2017). NRELL. Preuzeto s: <https://www.nrel.gov/state-local-tribal/blog/posts/solar-ready-building-design-a-summary-of-technical-considerations.html> (30.08.2023)
28. Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu. Narodne Novine. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_03\\_25\\_602.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_03_25_602.html) (01.09.2023)
29. U Hrvatskoj dvostruko više sunčanih elektrana. Zgradonačelnik. Preuzeto s: <https://www.zgradonacelnik.hr/vijesti/u-hrvatskoj-dvostruko-vise-suncanih-elektrana/1080> (21.08.2023)
30. Uvod u hibridni solarni sustav. DS New Energy. Preuzeto s: <https://hr.dsnsolar.com/info/introduction-to-hybrid-solar-system-36639521.html> (25.08.2023)
31. Ujednačena cijena energije (LCOE). CFI – Corporate finance Institute. Preuzeto s: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/levelized-cost-of-energy-lcoe/> (02.09.2023)
32. Uprava za energetiku. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja(2022). Preuzeto s: <https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA%20ZA%20ENERGETIKU/PROCJENA%20S%20PREPORUKAMA%20ZA%20UKLANJANJE%20PREPREKA%20I%20RASTERE%20ADMINISTRATIVNIH%20POSTUPAKA%20KOJI%20OGRANI%20CAVAJU%20VE%20KORI%20TENJE%20ENERGIJE%20IZ%20OBNOVLJIVIH%20IZVORA.pdf> (20.08.2023)
33. Villanueva Solar Power Plant. NS Energy. Preuzeto s: <https://www.nsenergybusiness.com/projects/villanueva-solar-power-plant-mexico/> (30.08.2023)
34. Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji. Narodne novine. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_12\\_138\\_2272.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_12_138_2272.html) (03.09.2023)

## POPIS TABLICA I SLIKA

### POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Karakteristike i kapaciteti OIE .....	10
<b>Tablica 2.</b> Analiza prednosti i nedostataka OIE .....	11
<b>Tablica 3.</b> OIE ciljevi u 2030. i 2050. godini Republika Hrvatska .....	12
<b>Tablica 4.</b> Dinamika rasta broja solarnih elektrana 2023. – 2022. ....	15
<b>Tablica 5.</b> Inicijalni troškovi fotonaponske elektrane .....	26
<b>Tablica 6.</b> Korelacija električne energije i ekonomske isplativosti fotonaponske elektrane... 31	
<b>Tablica 7.</b> Broj i tip ispitanika .....	34
<b>Tablica 8.</b> Rezultat Hi kvadrat testa vremenskog razdoblja korištenja i geo. lokacije.....	37
<b>Tablica 9.</b> Hi kvadrat test orijentacijske pozicije solarnih panela i geografske lokacije.....	39
<b>Tablica 10.</b> Koncentracija financijske strukture ulaganja i vrste sustava na određenoj geo. lokaciji.....	41
<b>Tablica 11.</b> Rezultat Hi kvadrat testa vrste sustava i geografske lokacije.....	43
<b>Tablica 12.</b> Rezultat Hi kvadrat testa financijske strukture ulaganja i geografske lokacije....	43
<b>Tablica 13.</b> Saznanje o dostupnim financijskim potporama.....	44
<b>Tablica 14.</b> Pearsonova korelacija informiranosti o dostupnim poticajima i fin. strukture ulaganja .....	45
<b>Tablica 15.</b> Zadovoljstvo trajnošću i izdržljivošću solarnih panela uz učestalost održavanja 47	
<b>Tablica 16.</b> Ocjena financijske isplativosti po geografskoj lokaciji uz vremenski rok povrata ulaganja .....	52
<b>Tablica 17.</b> Hi kvadrat test vremenskog okvira povrata ulaganja i geografske lokacije .....	52
<b>Tablica 18.</b> Hi kvadrat test ocjene financijske isplativosti i geografske lokacije.....	53
<b>Tablica 19.</b> Pearsonova korelacija financijske isplativosti i smanjenja računa za el. energiju 56	
<b>Tablica 20.</b> Međuodnos geografske lokacija i navedenih varijabli .....	57
<b>Tablica 21.</b> Hi kvadrat test navedenih varijabli u odnosu na geografsku lokaciju.....	58
<b>Tablica 22.</b> Ocjenjivanje prepreke u realizaciji projekta ukupno .....	59
<b>Tablica 23.</b> Razina zadovoljenih potreba prikupljenom električnom energijom.....	60
<b>Tablica 24.</b> Vremenski rok povrata ulaganja na području Republike Hrvatske .....	60

### POPIS SLIKA

<b>Slika1.</b> Ukupno sunčevo zračenje i solarni potencijal za fotonaponske sustave za područje RH .....	14
<b>Slika 2.</b> Prikaz izvanmrežnog (off-grid) fotonaponskog sustava.....	17
<b>Slika 3.</b> Prikaz „u mreži“ (on-grid) fotonaponskog sustava .....	18
<b>Slika 4.</b> Prikaz hibridnog (eng. hybrid) fotonaponskog sustava .....	19
<b>Slika 5.</b> Slikovni prikaz mega solarne elektrane Villanueva u Coahuila, Meksiko. ....	20

## POPIS GRAFIKONA

<b>Grafikon 1.</b> Postotak ispitanika koji je ulagao u fotonaponske elektrane .....	35
<b>Grafikon 2.</b> Vremensko razdoblje korištenja fotonaponskih elektrana.....	35
<b>Grafikon 3.</b> Geografska lokacija fotonaponske elektrane ispitanika .....	36
<b>Grafikon 4.</b> Vremensko razdoblje korištenja elektrane na određenoj geografskoj lokaciji...	37
<b>Grafikon 5.</b> Orijentacijska pozicija solarnih panela .....	38
<b>Grafikon 6.</b> Orijentacija solarnih panela ovisno o geografskoj lokaciji .....	39
<b>Grafikon 7.</b> Vrsta sustava fotonaponskih elektrana .....	40
<b>Grafikon 8.</b> Financijska struktura ulaganja .....	41
<b>Grafikon 9.</b> Čimbenik usporavanja realizacije.....	46
<b>Grafikon 10.</b> Estetski izgled objekta .....	47
<b>Grafikon 11.</b> Visina troškova održavanja .....	48
<b>Grafikon 12.</b> Ocjena učinkovitosti (proizvodnje) fotonaponske elektrane .....	49
<b>Grafikon 13.</b> Otkupna cijena proizvedenih viškova.....	50
<b>Grafikon 14.</b> Smanjenje računa za električnu energiju nakon instalacije fotonaponske elektrane .....	51
<b>Grafikon 15.</b> Dugoročni utjecaj fotonaponske elektrane na smanjenje troškova za električnu energiju.....	54
<b>Grafikon 16.</b> Ključni čimbenik uvjerenja u isplativost ulaganja u solarni sustav.....	55

# PRILOZI

## Prilog 1. Anketni upitnik

1. Ovoj anketi pristupate kao?

- Pravna osoba
- Fizička osoba

2. Jeste li već ulagali u solarne panele?

- Da
- Ne

3. Ako jeste, koliko dugo koristite solarne panele?

- 0 – 2 godine
- 3 – 10 godina
- 10 i više godina
- Ne koristim, trenutno sam u procesu pripreme

4. Geografska lokacija vaših solarnih panela je na području?

- Kontinentalne Hrvatske
- Istre i sjeverne hrvatske obale
- Južne hrvatske obale
- Cijele Hrvatske

5. Orijentacijska pozicija vaših solarnih panela je usmjerena na?

- Zapad
- Istok
- Jug
- Ravni krov

6. Vrsta sustava Vaše sunčeve fotonaponske elektrane (solarnih panela) je:

- „on grid“ - priključen na elektroenergetsku mrežu
- „off grid“ - otočni ili izvanmrežni sustav

7. Kakva je financijska struktura Vašeg ulaganja?

- 100% vlastita sredstva
- 80% vlastita sredstva, 20% sufinancirano potporama
- 60% vlastita sredstva, 40% sufinancirano potporama
- 40% vlastita sredstva, 60% sufinancirano potporama
- 20% vlastita sredstva, 80% sufinancirano potporama
- 100% sufinancirano potporama

8. Jeste li prethodno ulaganju imali saznanja o dostupnim financijskim poticajima ili subvencijama za ulaganje u solarne panele?

- Da
- Ne

9. Ocijenite koliko je svaka od navedenih prepreka usporila realizaciju projekta vaše fotonaponske elektrane ?

(ocijenite ocjenom 1 do 5, 1 znači bez utjecaja, 5 znači izrazito velik utjecaj )

	1	2	3	4	5
Priprema dokumentacije					
Ishodovanje dozvola					
Održavanje i popravak panela					
Pribavljanje početnog kapitala					
Instalacije na krov					

10. Vaše mišljenje o estetskom izgledu objekta na kojem su postavljeni solarni paneli?

- Ne utječu na estetiku objekta
- Prihvatljivo, osrednji utjecaj na izgled
- Značajno narušavaju izgled objekta

11. Koliko ste zadovoljni trajnošću i izdržljivošću solarnih panela?

- 1 – nisam zadovoljan/na
- 2
- 3
- 4
- 5 – Izrazito zadovoljan/na

12. Koliko često održavate solarne panele?

- Nikad
- Jednom kvartalno
- Jednom godišnje
- Svakih nekoliko godina

13. Koliki su troškovi održavanja i popravka u odnosu na isplativost solarnih panela?

- Niski troškovi
- Umjereni troškovi
- Visoki troškovi
- Varirajući troškovi (ovisno o potrebama i udaljenosti od servisnog centra)

14. Koliko ste zadovoljni učinkovitošću (proizvodnjom) vaših solarnih panela?

- 1 – nisam zadovoljan/na
- 2
- 3
- 4
- 5 – Izrazito zadovoljan/na

15. Koliko ste zadovoljni otkupnom cijenom proizvedenih viškova električne energije?

- 1 – nisam zadovoljan/na
- 2
- 3
- 4
- 5 – Izrazito zadovoljan/na

16. Koliko količina prikupljene energije iz obnovljivih izvora zadovoljava vaše trenutne energetske potrebe?

- Više od 100% (kupac s vlastitom proizvodnjom)
- Između 75% i 100%, zadovoljava većinu mojih energetske potrebe
- Između 50% i 75%, zadovoljava otprilike polovicu mojih energetske potrebe
- Između 25% i 50%, zadovoljava manji dio mojih trenutnih energetske potrebe
- Manje od 25%, ne zadovoljava značajan dio mojih trenutnih energetske potrebe

17. Koliko su se vaši računi za struju smanjili nakon instalacije solarnih panela?

- Smanjili su se za više od 50%, značajno poboljšavajući financijsku isplativost
- Smanjili su se za 25% – 50%, umjereni poboljšavajući financijsku isplativost
- Smanjili su se za manje od 25%, blago poboljšavajući financijsku isplativost



- Nisam primijetio/la značajan pad računa za režije nakon uvođenja panela

18. Koliko vremena procjenjujete da će vam trebati da povratite uloženi novac u solarni sustav?

- Više od 10 godina
- 6 – 10 godina
- Manje od 5 godina

19. Kako biste ocijenili financijsku isplativost ulaganja u solarni sustav?

- 1 – vrlo niska isplativost
- 2
- 3
- 4
- 5 – Izuzetno visoka isplativost

20. Smatrate li da će ulaganje u solarnu energiju dugoročno smanjiti vaše troškove za električnu energiju?

- Ne vjerujem da će dugoročno smanjiti troškove za električnu energiju
- Djelomično vjerujem da će dugoročno smanjiti troškove
- Potpuno vjerujem da će dugoročno znatno smanjiti troškove

21. Ocijenite svaki navedeni čimbenik koliko vas je uvjerio da je ulaganje u solarne panele financijski isplativo?

(ocijenite ocjenom 1 do 5, 1 znači nimalo, 5 najviše uvjerio)

	1	2	3	4	5
Potencijal za značajne dugoročne uštede na računima za energiju					
Financijski poticaji/subvencije koje smanjuju inicijalne troškove investicije					
Povrat ulaganja u razumnom vremenskom roku					
Povećana vrijednost nekretnine uz instalaciju solarnih panela					
Mogućnost prodaje viška proizvedene električne energije natrag u mrežu					
Smanjenje ovisnosti o tradicionalnim izvorima energije i povećanje energetske neovisnosti					
Dugoročna zaštita od rasta cijena električne energije					
Smanjenje emisija stakleničkih plinova i pozitivan utjecaj na okoliš					

## ŽIVOTOPIS

<b>BARTOL PAVLOVIĆ</b>	
<b>RADNO ISKUSTVO</b>	
Pliva d.o.o.	Studentski posao
Franck d.d.	Studentski posao
DDL d.o.o.	Studentski posao
<b>OBRAZOVANJE</b>	
10/2021 – danas Diplomski sveučilišni studij: Poslovna ekonomija i globalizacija, Sveučilište LIBERTAS	
10/2019 – 10/2021 Preddiplomski sveučilišni studij: Međunarodno poslovanje, Sveučilište LIBERTAS	baccalaurea oeconomiae (bacc. oec.)
<b>JEZICI</b>	
Engleski jezik	B2 razina
<b>OSTALO</b>	
Vozačka dozvola	B - kategorija