

Projektiranje fotonaponske elektrane za kućanstvo

Ferić, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:367628>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Stručni studij

**PROJEKTIRANJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE ZA
KUĆANSTVO**

Završni rad

Dominik Ferić

Osijek, 2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za ocjenu završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju**

Ime i prezime pristupnika:	Dominik Ferić
Studij, smjer:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Elektrotehnika
Mat. br. pristupnika, god.	A4671, 27.07.2021.
JMBAG:	0165088694
Mentor:	Zorislav Kraus, dipl. ing. el.
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	dr. sc. Željko Špoljarić
Član Povjerenstva 1:	Zorislav Kraus, dipl. ing. el.
Član Povjerenstva 2:	dr. sc. Krešimir Miklošević
Naslov završnog rada:	Projektiranje fotonaponske elektrane za kućanstvo
Znanstvena grana završnog rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Zadatak završnog rada:	Projektiranje fotonaponske elektrane za kućanstvo od ideje i upita investitora, preko potrebnih proračuna, simulacija (u programskom paketu) i projekata sa potrebnim dozvolama...
Datum ocjene pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	20.09.2024.
Ocjena pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	Izvrstan (5)
Datum obrane završnog rada:	26.09.2023.
Ocjena usmenog dijela završnog rada (obrane):	Izvrstan (5)
Ukupna ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio stručni prijediplomski studij:	27.09.2024.



FERIT

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

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Osijek, 27.09.2024.

Ime i prezime Pristupnika:

Dominik Ferić

Studij:

Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer
Elektroenergetika

**Mat. br. Pristupnika, godina
upisa:**

A4671, 27.07.2021.

Turnitin podudaranje [%]:

11

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Projektiranje fotonaponske elektrane za kućanstvo**

izrađen pod vodstvom mentora Zorislav Kraus, dipl. ing. el.

i sumentora

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

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

Potpis pristupnika:

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. FOTONAPON I SUNČEVO ZRAČENJE	2
2.1. Fotonapon i fotonaponska pretvorba	3
2.2. Fotonaponska ćelija	4
2.3. Fotonaponski moduli	9
2.4. Fotonaponske elektrane	14
2.4.1. Mrežne Fotonaponske Elektrane (ON GRID)	14
2.4.2. Autonomne Fotonaponske Elektrane (OFF GRID)	17
2.5. Overpaneling u solarnim sustavima	19
2.6. Zelena tranzicija u Republici Hrvatskoj-sadašnjost i budućnost fotonaponskih elektrana 20	
3. KOMPONENTE KORIŠTENE U PROJEKTU	22
3.1. FN moduli	22
3.2. Izmjenjivač.....	24
3.3. Smartmeter	26
4. FOTONAPONSKA ELEKTRANA ZA KUĆANSTVO	27
4.1. Odluka o projektu postavljanja fotonaponske elektrane.....	27
4.2. Priključak na mrežu.....	28
5. PROJEKTIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU PV SOL	29
5.1. Programski paket PV SOL premium.....	29
5.2. Izrada projekta u PV SOL premiumu	29
5.3. Rezultati simulacija	39
5.3.1. Prvi slučaj	39
5.3.2. Drugi slučaj.....	42
5.3.3. Treći slučaj A.....	45
5.3.4. Treći slučaj B	48
6. ZAKLJUČAK	51
LITERATURA:.....	52
SAŽETAK	53
SUMMARY	53
ŽIVOTOPIS	54

1. UVOD

U današnje vrijeme sve češće svjedočimo klimatskim promjenama koje su postale naša stvarnost. Energetski zahtjevi rastu zbog sve većeg broja stanovnika, vozila i tvornica, kao i brzog razvoja novih tehnologija. Proizvodnja energije negativno utječe na okoliš, pa je potrebno smanjiti emisiju stakleničkih plinova i zagađujućih tvari. To se može postići korištenjem alternativnih i obnovljivih izvora energije, čime bi se smanjila upotreba fosilnih goriva, resursa ograničenog trajanja.

Zbog velike potrošnje energije u mnogim zemljama ubrzana je potrošnja fosilnih goriva. U posljednjih nekoliko godina, energetska kriza uzrokovana pandemijom COVID-19 i ratom u Ukrajini dovela je do poskupljenja fosilnih goriva, koja su ključna za proizvodnju električne energije. To je potaknulo države da teže energetskej neovisnosti.

Ovaj završni rad će predstaviti rješenje kako pojedinci, konkretno kućanstva, mogu aktivno sudjelovati u zelenoj tranziciji. Jedno od mogućih rješenja je instalacija fotonaponske elektrane kao alternativnog izvora energije, koja koristi sunčevu energiju. Ova tehnologija ima brojne prednosti, od kojih su najznačajnije besplatno korištenje sunčevog zračenja za proizvodnju energije, niski troškovi održavanja, odsutnost emisije štetnih tvari, visoka pouzdanost, tiho djelovanje te relativna jednostavnost instalacije. Ovi čimbenici čine solarne elektrane privlačnim rješenjem za kućanstva koja žele smanjiti zagađenje i pomoći održivom razvoju.

U ovom radu će biti objašnjeno kako se sunčeva energija koristi putem fotonaponskih sustava, kao i razlozi zbog kojih je ulaganje u fotonaponsku elektranu isplativo. Navesti će se vrste i komponente fotonaponskih elektrana, kao i princip njihovog funkcioniranja. Kroz konkretan primjer jednog kućanstva, prikazat će se projektiranje fotonaponske elektrane te analizirati podaci o potrošnji i proizvodnji energije. Na taj način će se pokazati isplativost ovog ulaganja te dugoročne koristi koje ono donosi, kako s financijskog aspekta, tako i s aspekta očuvanja okoliša i održivosti.

2. FOTONAPON I SUNČEVO ZRAČENJE

Sunce, centralna zvijezda našeg Sunčevog sustava, generira ogromne količine energije kroz termonuklearne reakcije. Ova energija putuje kroz svemir kao elektromagnetsko zračenje i svake minute nadmašuje godišnju potrošnju energije čovječanstva. Fotonaponski sustavi koriste ovu sunčevu energiju za proizvodnju električne energije, nudeći održiv i ekološki prihvatljiv izvor energije.



Slika 2.1. Usporedba energije Sunca s rezervama fosilnih goriva [1]

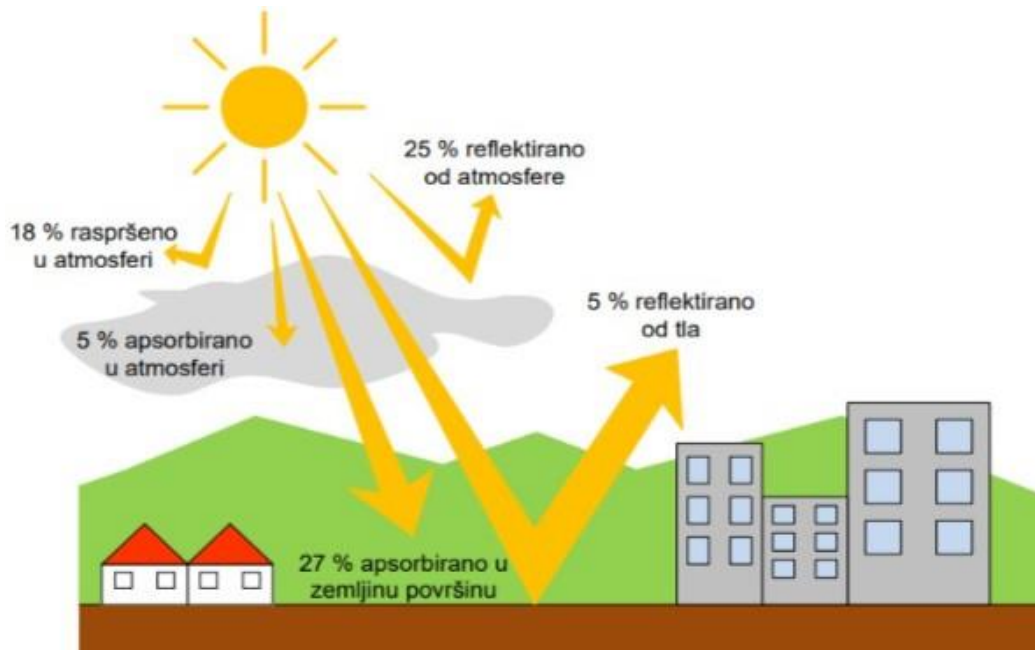
Dio te energije stiže do vanjskog sloja Zemljine atmosfere s prosječnim osvjetljenjem (solarna konstanta) od otprilike $1.367 \text{ W/m}^2 \pm 3 \%$, pri čemu ta vrijednost varira ovisno o udaljenosti Zemlje od Sunca i sunčevoj aktivnosti. Ekstraterestičko zračenje (označeno s E_0) koje dolazi na rub Zemljine atmosfere definiramo kao solarnu konstantu. Matematički, to se može izraziti kao:

$$E_0 = E_{0st} \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

(2-1)

- E_0 - ekstraterestičko zračenje
- E_{0st} - solarna konstanta (prosječna vrijednost)
- r - prosječna udaljenost Zemlje od Sunca
- R - stvarna udaljenost Zemlje od Sunca (ovisna o danu) [2]

Prilikom prolaska kroz atmosferu, intenzitet energije se smanjuje zbog djelomičnog odbijanja i apsorpcije, ponajviše od strane vodene pare i drugih atmosferskih plinova. Dio zračenja se raspršuje od strane atmosferskih čestica i molekula.



Slika 2.2. Tok sunčevog zračenja od Sunca prema Zemlji uz prikazane gubitke atmosfere i površine Zemlje [2]

Unatoč velikim količinama sunčeve energije, njezina trenutna sposobnost da zadovolji globalne energetske potrebe još uvijek je ograničena. Problemi uključuju nedovoljno razvijene tehnologije, visoke troškove, kao i oscilacije u intenzitetu sunčeve svjetlosti tijekom dana i godine, uz ovisnost o klimatskim uvjetima i niskoj gustoći energije.

2.1. Fotonapon i fotonaponska pretvorba

Godine 1839. francuski fizičar Edmond Becquerel otkrio je da osvijetljene platinaste elektrode u otopini proizvode elektromotornu silu, što je postalo poznato kao fotonaponski efekt. Albert Einstein je 1904. godine detaljno objasnio ovaj fenomen, za što je kasnije dobio Nobelovu nagradu.

Fotonaponski efekt ili proces je pretvorba svjetlosne energije u električnu energiju, što je osnova rada fotonaponskih ćelija ili solarnih panela. Sunčeva svjetlost se sastoji od fotona, elementarnih čestica svjetlosti koje nemaju masu ni električni naboj. Energija fotona može se definirati izrazom:

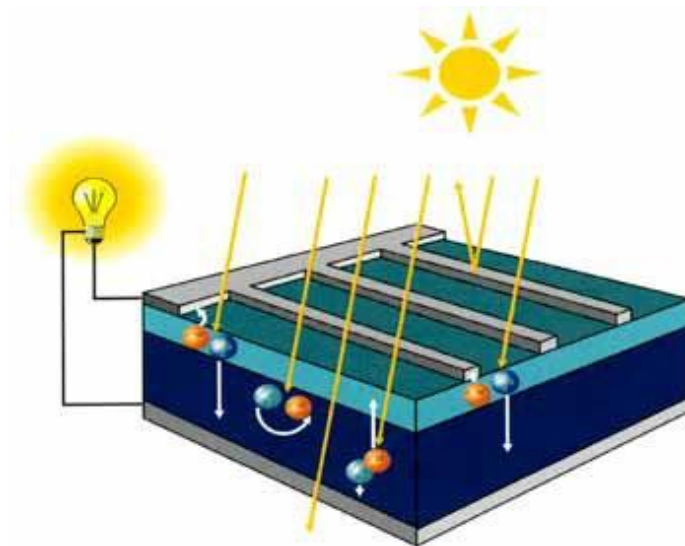
$$E = h * \nu$$

(2-2)

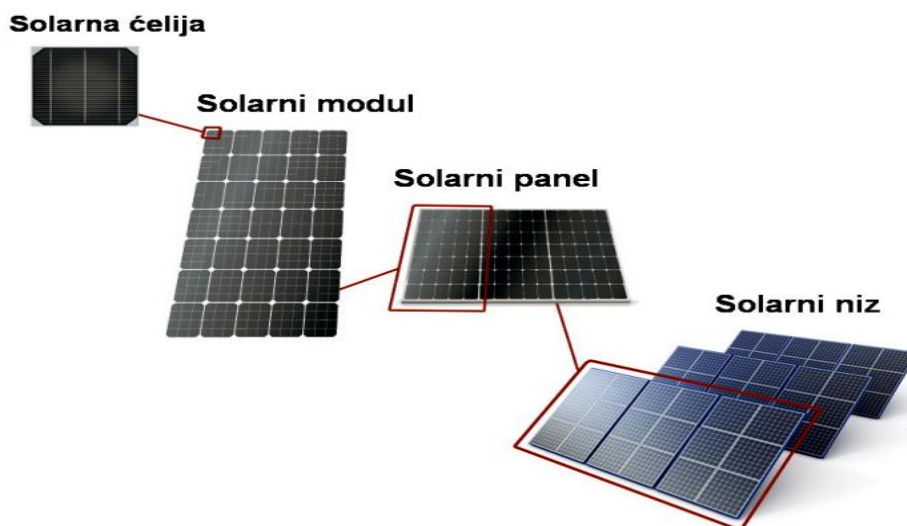
- h -Planckova konstanta ($6,625 \times 10^{-34}$ Js)
- ν -frekvencija fotona, obrnuto proporcionalna valnoj duljini [2]

2.2. Fotonaponska ćelija

Fotonaponska ćelija ključni je dio solarnih sustava koji sunčevu svjetlost izravno pretvara u električnu energiju putem fotonaponskog efekta. Najčešće se izrađuje od silicija, široko dostupnog poluvodiča učinkovitog u pretvorbi svjetlosti u električnu energiju. Fotonaponske ćelije čine osnovu solarnih modula i panela koji proizvode električnu energiju u solarnim sustavima.

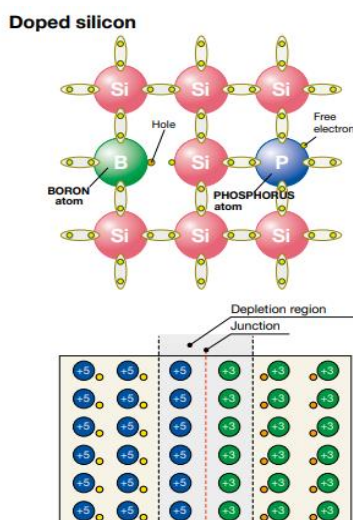


Slika 2.3. Fotonaponski efekt [3]



Slika 2.4. Prikaz gradivnih jedinica FN elektrane [3]

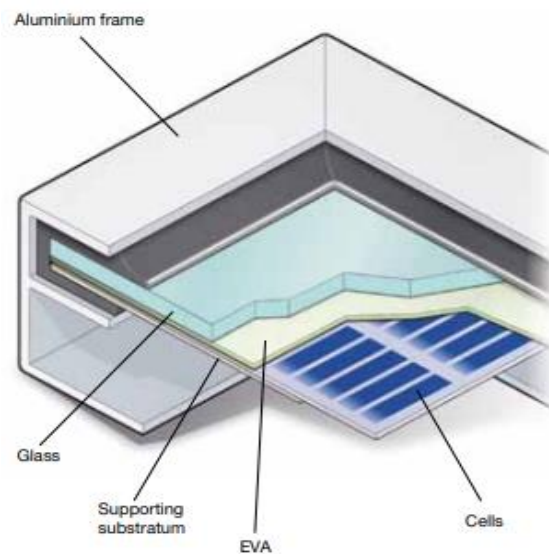
Fotonaponske ćelije rade na principu P-N spoja, gdje se silicij dopira s različitim elementima kako bi se stvorili P-tip i N-tip slojevi. P-tip sloj se stvara dopiranjem silicija trovalentnim atomima, najčešće borom, dok se N-tip sloj stvara dopiranjem petvalentnim atomima, obično fosforom. Na spoju tih dvaju slojeva nastaje električno polje koje sprječava difuziju elektrona i rupa između slojeva. Kada fotoni iz sunčeve svjetlosti udare u silicijsku ćeliju, oni oslobađaju elektrone iz njihovih vezanih stanja, stvarajući slobodne elektrone i rupe. Električno polje na P-N spoju razdvaja te slobodne nositelje naboja, usmjeravajući elektrone prema N-tip sloju, a rupe prema P-tip sloju. To razdvajanje nositelja naboja stvara električni napon i omogućuje protokstruje kada su terminali ćelije povezani u vanjski krug.



Slika 2.5. Dopiranje silicija trovalentnim i petvalentnim elektronima [4]

Fotonaponske ćelije se sastoje od nekoliko ključnih slojeva i materijala koji zajedno omogućuju njihovu funkcionalnost:

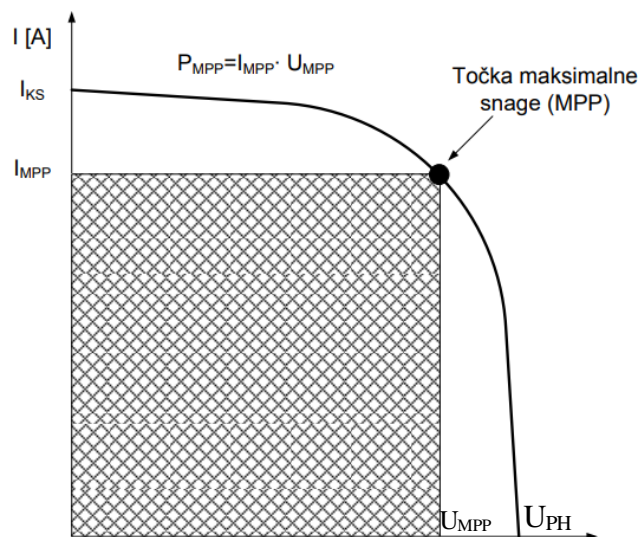
- **Zaštitni sloj:** Obično izrađen od kaljenog stakla koje je prozirno, otporno na vremenske uvjete i štiti ćeliju od fizičkih oštećenja.
- **Materijal za omatanje:** Etilen-vinil-acetat (EVA) se koristi za izolaciju i zaštitu ćelije, osiguravajući stabilnost i dugotrajnost.
- **Aktivni sloj:** Glavni dio ćelije, sastavljen od tankog sloja silicija koji je dopiran kako bi se stvorili P-N spojevi.
- **Stražnji potporni sloj:** Može biti izrađen od stakla, metala ili plastike, pružajući mehaničku potporu i zaštitu.
- **Metalni okvir:** Često aluminijski, koji osigurava strukturnu integritet i olakšava montažu panela.



Slika 2.6. Materijali i slojevi FN ćelije [4]

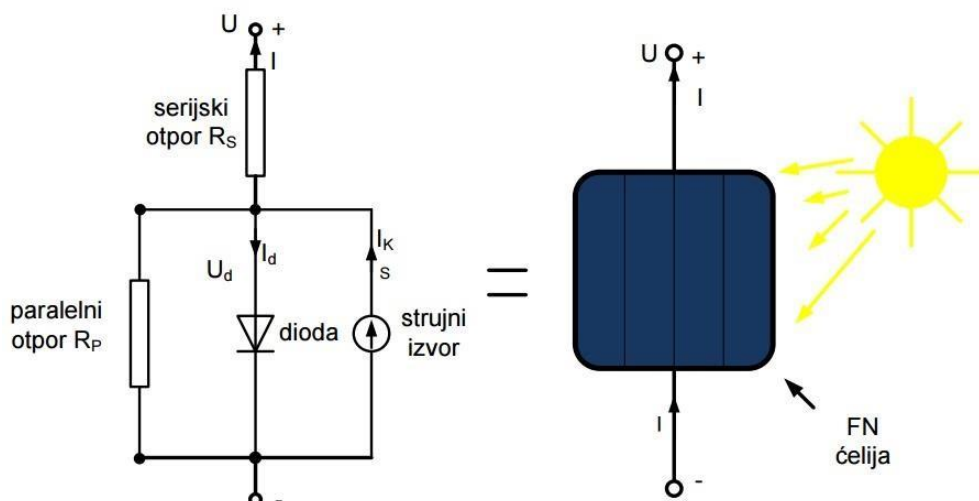
Efikasnost fotonaponske ćelije definirana je njenom sposobnošću da pretvori sunčevu energiju u električnu energiju. Neki od ključnih parametara koji određuju efikasnost ćelije uključuju:

- Struja kratkog spoja (I_{KS}): Maksimalna struja koju ćelija može proizvesti kada je napon 0 V.
- Napon praznog hoda (U_{PH}): Maksimalni napon koji ćelija može proizvesti kada struja iznosi 0 A.
- Točka maksimalne snage (P_{MPP}): Točka pri kojoj ćelija isporučuje maksimalnu snagu.
- Faktor punjenja (FF): Omjer između stvarne maksimalne snage i teoretski maksimalne snage ćelije, što ukazuje na kvalitetu ćelije.
- Efikasnost ćelije (η): Omjer između proizvedene električne snage i sunčeve zračne snage koja pada na površinu ćelije.



Slika 2.7. Strujno naponska karakteristika FN ćelije [2]

Električni model fotonaponske ćelije može se prikazati kao strujni izvor u paralelnom spoju s diodom, serijskim otporom (R_s) i paralelnim otporom (R_p). Ovaj model omogućuje analizu radnih karakteristika ćelije. Parametri uključuju fotostruju (I_f), struju diode (I_d), struju zasićenja (I_z), elementarni naboj (e), Boltzmannovu konstantu (k) i temperaturu (T).



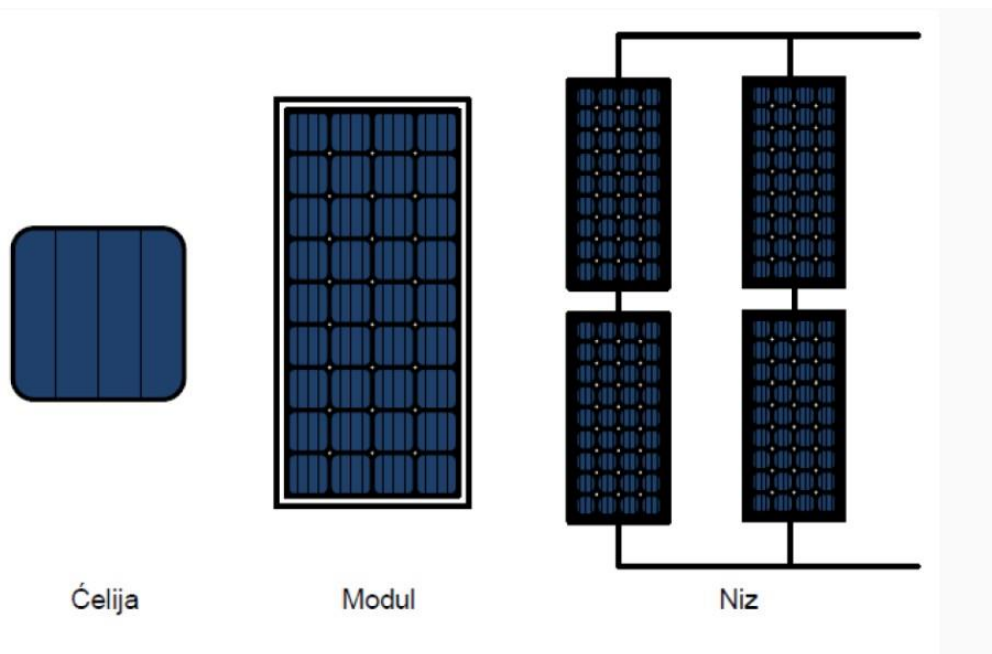
Slika 2.8. Nadomjesna shema FN ćelije[2]

Postoji više različitih tehnologija fotonaponskih ćelija, od kojih svaka ima jedinstvene karakteristike i specifične primjene:

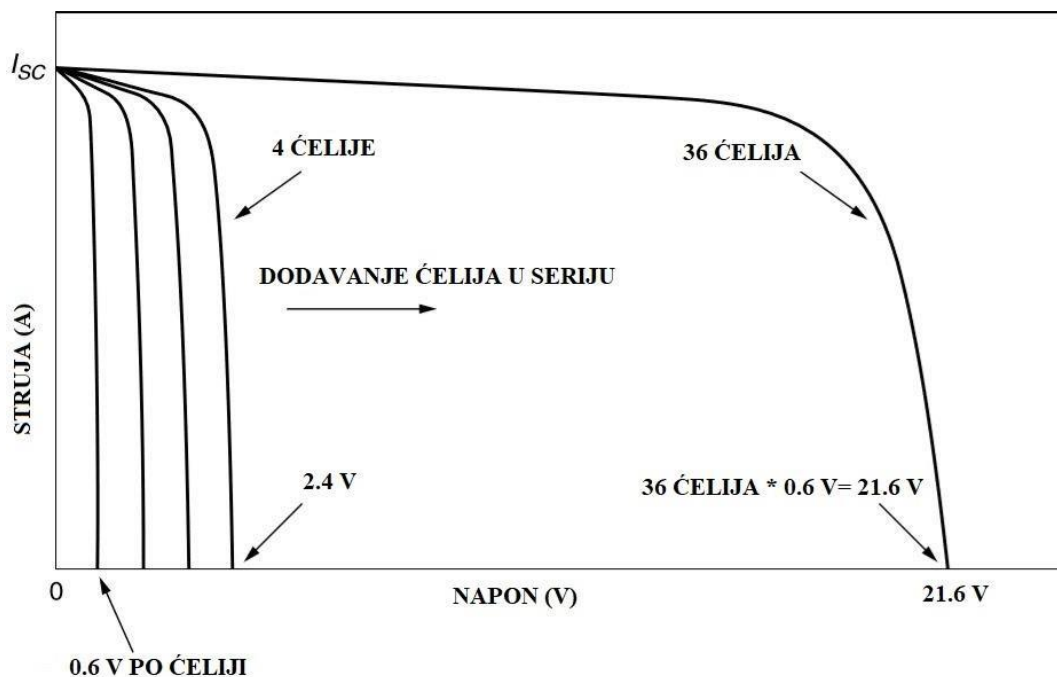
- Monokristalni silicij: Najviša efikasnost (22-24 %), dug vijek trajanja (25-30 godina), koristi se za visokoefikasne sustave.
- Polikristalni silicij: Efikasnost od 10-14 %, vijek trajanja od 20-25 godina, često se koristi zbog nižih troškova proizvodnje.
- Amorfni silicij (tankoslojna tehnologija): Efikasnost oko 6 %, manje se pregrijava, koristi se za fleksibilne aplikacije.
- Kadmij telurid (CdTe): Efikasnost oko 16 %, niži troškovi proizvodnje, ali stvara potencijalno toksičan otpad.
- Bakar indij galij selenid (CIGS): Efikasnost preko 20 %, fleksibilan i otporan na visoke temperature.
- Organske ćelije: Niska efikasnost (6 %), kratki životni vijek, koriste se za specifične aplikacije.
- Perovskit: Visoka efikasnost (oko 25 %), brzo se proizvode, ali trenutno nestabilni.

2.3. Fotonaponski moduli

Fotonaponski moduli koriste fotonaponske ćelije za pretvorbu sunčeve energije u električnu energiju. Fotonaponske ćelije, koje proizvode napon od oko 0,5 V, povezane su serijski i paralelno kako bi se postigao željeni napon i struja. Pojedina ćelija rijetko se koristi samostalno; umjesto toga, više ćelija formira fotonaponski modul, smješten u kućište otporno na vremenske uvjete. Tipičan fotonaponski modul sastoji se od oko 60 ćelija, što daje izlazni napon od približno 30 V. Moduli su montirani na panele, koji se zatim povezuju u nizove, stvarajući fotonaponsko polje ili generator. Ovi sustavi mogu se postaviti na tlo ili na zgrade i uključuju mehaničke i električne komponente koje osiguravaju optimalan rad i zaštitu sustava. Fotonaponski moduli su osnovne jedinice ovih sustava i mogu se jednostavno povezivati kako bi se postigao željeni kapacitet proizvodnje električne energije.



Slika 2.9. FN ćelija, modul i niz [2]



Slika 2.10. I-U karakteristika FN modula [2]

Osnovne tehničke karakteristike fotonaponskih modula uključuju:

- Nazivnu vršnu snagu (PMPP)
- Učinkovitost (η)
- Napon praznog hoda (UPH)
- Struju kratkog spoja (IKS)
- Napon vršne snage (UMPP)
- Struju vršne snage (IMPP)
- Smanjenje snage zbog povećanja temperature (β)
- Smanjenje napona zbog povećanja temperature (α)
- Dimenzije (duljina x širina x visina)
- Masu

Ove karakteristike su specificirane pri standardnim testnim uvjetima, koji uključuju sunčevo zračenje od 1 kW/m^2 i temperaturu modula od $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Proizvođači često navode i nominalnu radnu temperaturu ćelije (NOCT), koja je definirana pri temperaturi okoline od $20 \text{ }^\circ\text{C}$, sunčevom zračenju od $0,8 \text{ kW/m}^2$ i brzini vjetra od 1 m/s .

Tipovi fotonaponskih modula uključuju monokristalne, polikristalne i tankoslojne module.

Monokristalni moduli, izrađeni iz jednog kristala silicija, karakterizirani su visokom učinkovitošću i većom cijenom.



Slika 2.11. Monokristalni modul [5]

Polikristalni moduli, s nižom učinkovitošću zbog djelomično nepravilne kristalne strukture, ekonomski su povoljniji.



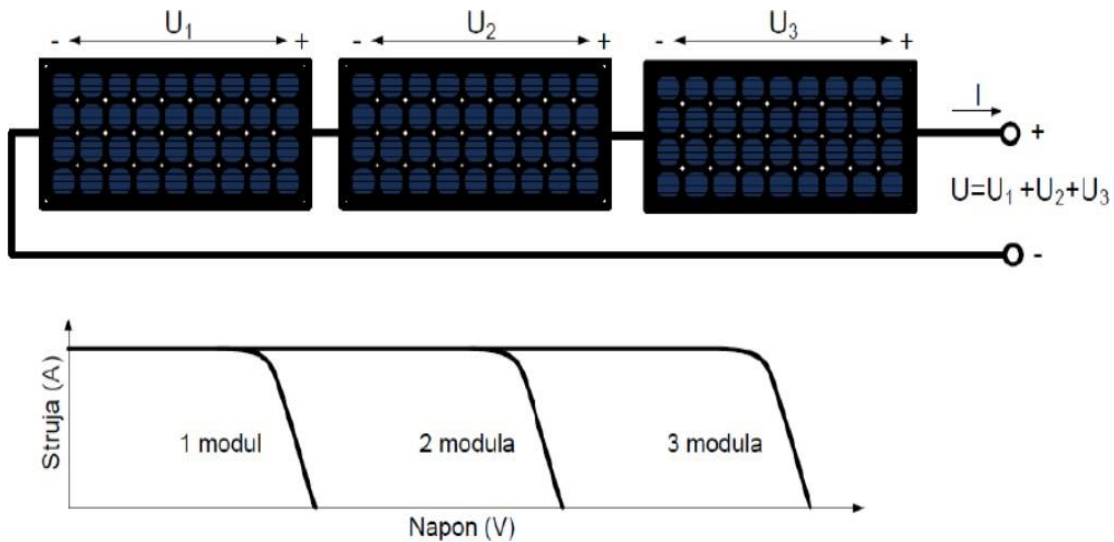
Slika 2.12. Polikristalni modul [5]

Tankoslojni moduli koriste se za velike površine zbog svoje relativno dobre učinkovitosti pri slabijem sunčevom zračenju.

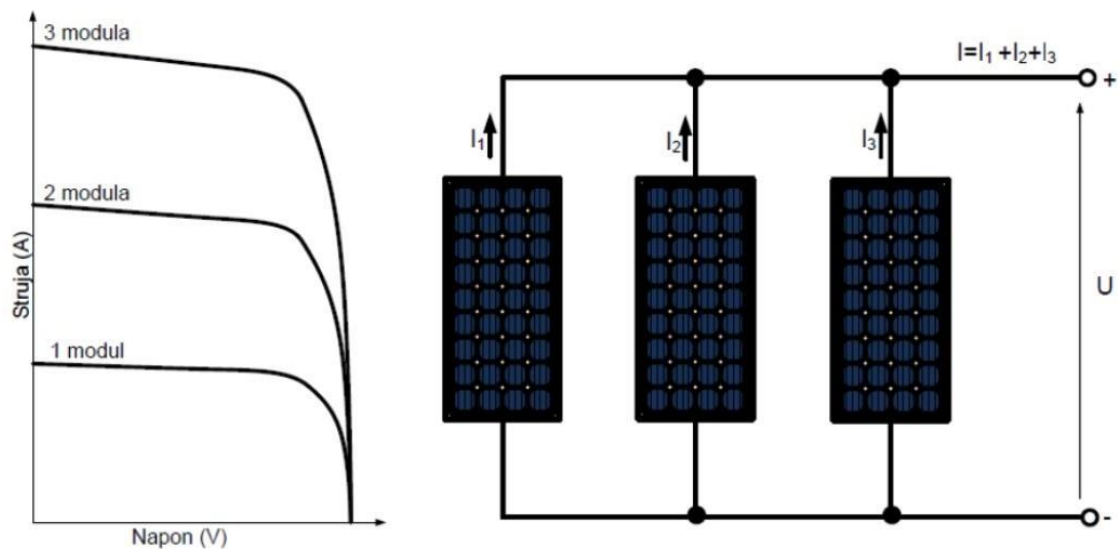


Slika 2.13. Tankoslojni modul [5]

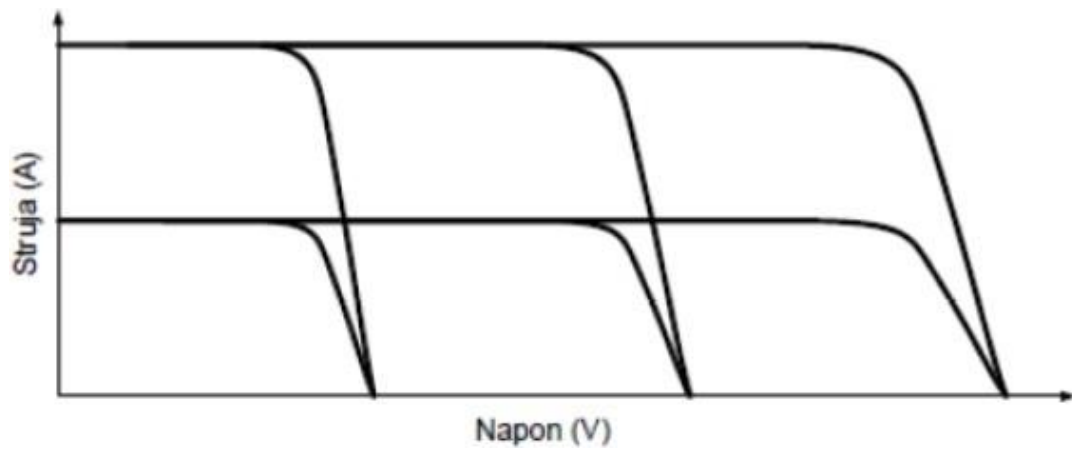
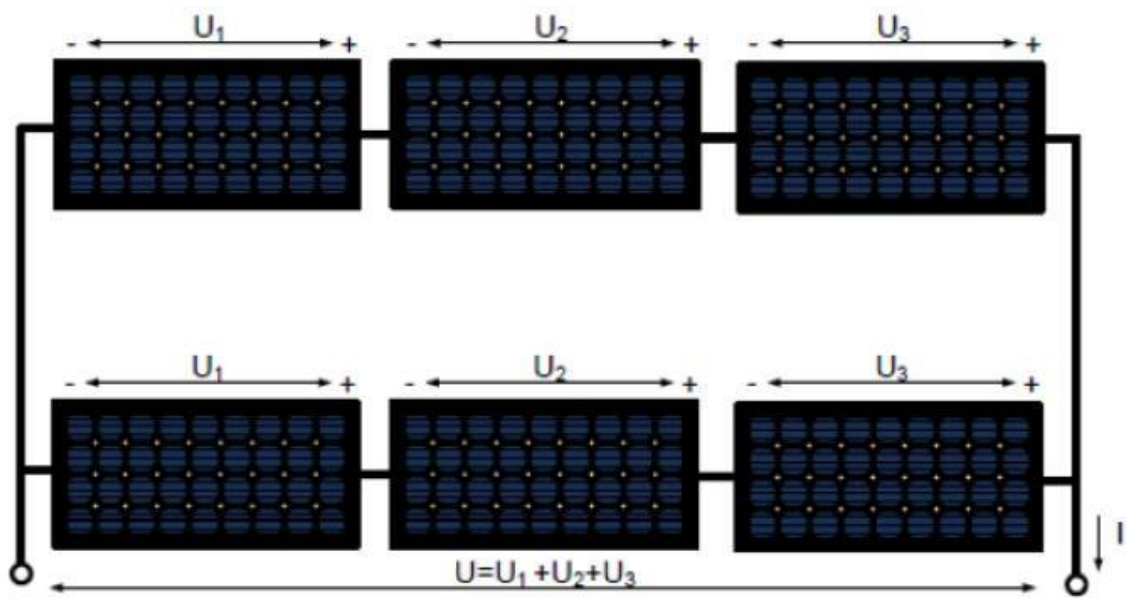
Fotonaponski moduli mogu se povezivati serijski za povećanje napona ili paralelno za povećanje struje, stvarajući nizove koji se prilagođavaju potrebama sustava.



Slika 2.14. U-I karakteristika serijski spojenih FN modula [2]



Slika 2.15. U-I karakteristika paralelno spojenih FN modula [2]



Slika 2.16. U-I karakteristika kombinirano spojenih FN modula [2]

2.4. Fotonaponske elektrane

Fotonaponske elektrane koriste solarnu energiju za proizvodnju električne energije putem fotonaponskih ćelija. Ove ćelije pretvaraju sunčevu svjetlost u električnu energiju koristeći fotonaponski efekt. Fotonaponske elektrane mogu se klasificirati prema načinu spajanja na elektroenergetsku mrežu: mrežne (on-grid) i autonomne (off-grid) elektrane. Osnovne komponente fotonaponskih sustava uključuju fotonaponske module, izmjenjivače, baterije, regulatore punjenja i ostalu elektroničku opremu koja omogućava funkcionalnost sustava.

Tablica 2.1. Podjela FN elektrana

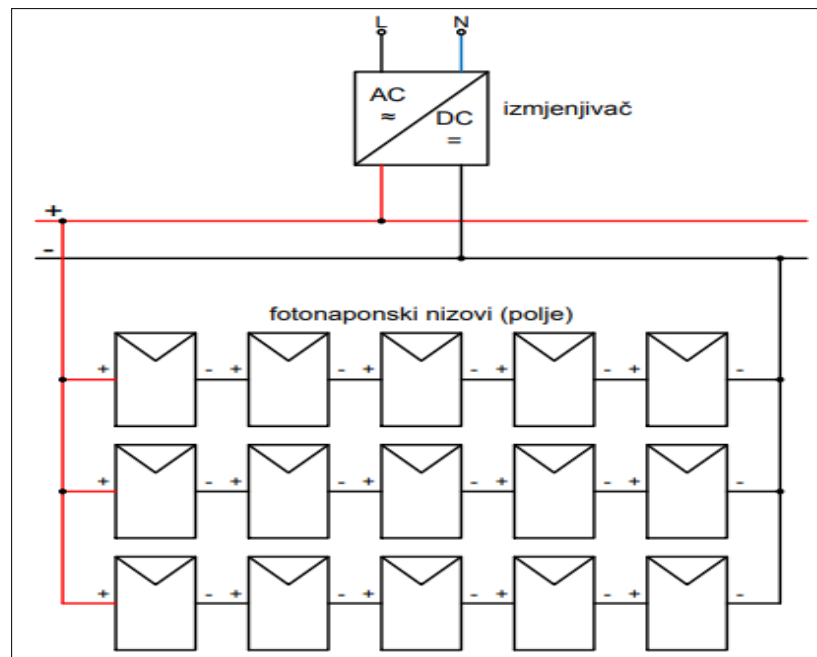
FOTONAPONSKI SUSTAVI				
MREŽNI FOTONAPONSKI SUSTAVI		AUTONOMNI SAMOSTALNI FOTONAPONSKI SUSTAVI		
Priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko instalacije	Izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu	Hibridni sustavi	S pohranom energije	Bez pohrane energije
		S vjetroagregatom	S izmjenjivačem	
		S vodikovim ćelijama	Bez izmjenjivača	
		S dizelskim agregatom		

2.4.1. Mrežne Fotonaponske Elektrane (ON GRID)

Mrežne fotonaponske elektrane su spojene na elektroenergetsku mrežu, omogućujući im da isporučuju ili primaju energiju ovisno o trenutnoj proizvodnji. Ključna komponenta ovih elektrana je izmjenjivač (inverter), koji pretvara istosmjernu struju (DC) proizvedenu u fotonaponskim ćelijama u izmjeničnu struju (AC) pogodnu za distribuciju kroz mrežu. Prema načinu spajanja fotonaponskih nizova, mrežne fotonaponske elektrane se dijele na:

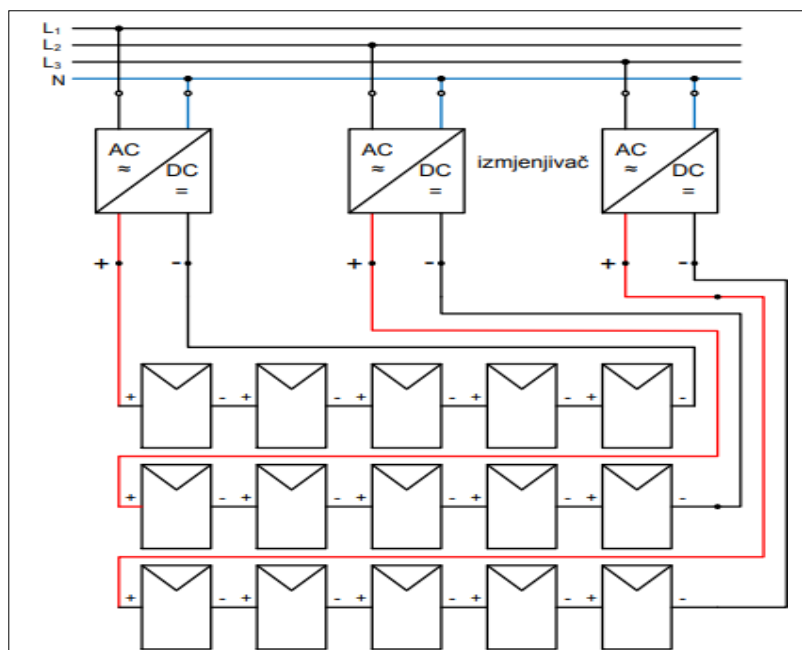
- Elektrane s jednim izmjenjivačem:
 - Pogodne za manje elektrane.
 - Svi fotonaponski nizovi spojeni su na jedan izmjenjivač.
 - Prednosti: Niži investicijski i održavanja troškovi.

- Nedostaci: Ako izmjenjivač zakaže, cijela elektrana prestaje raditi. Zasjenjenje jednog modula može značajno smanjiti snagu cijelog niza.

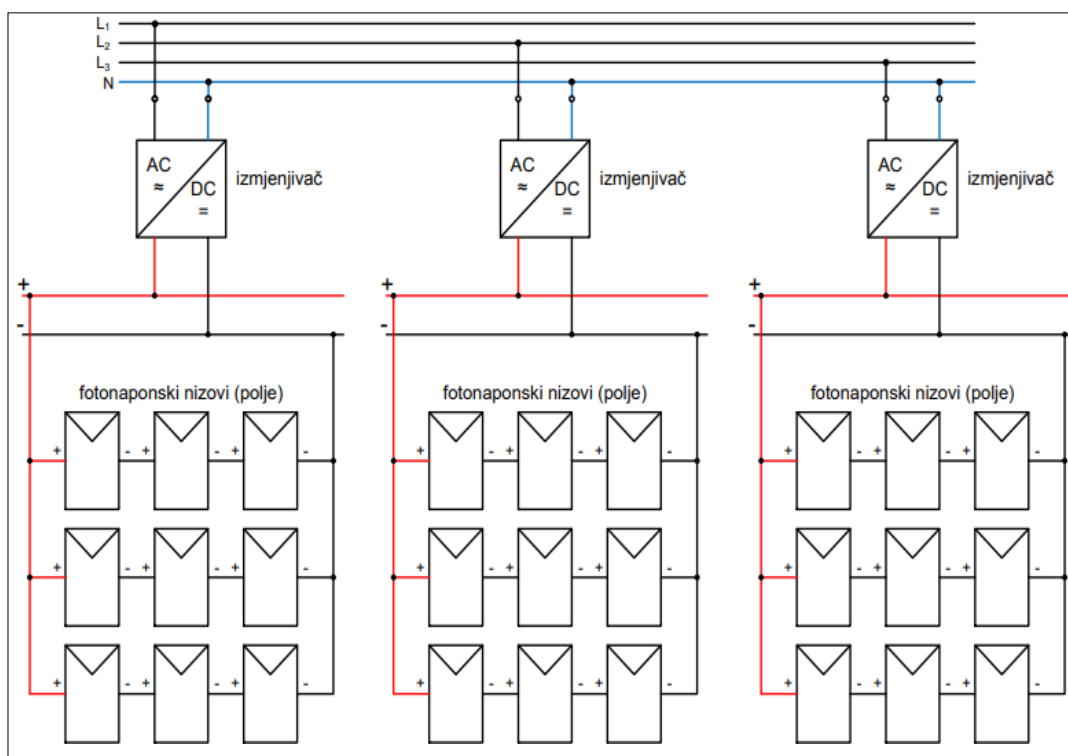


Slika 2.17. FN elektrana s jednim izmjenjivačem [2]

- Elektrane s više izmjenjivača:
 - Koriste se za srednje velike i velike elektrane.
 - Svaki fotonaponski niz ili podpolje ima svoj izmjenjivač, što omogućuje praćenje maksimalne snage svakog niza ili podpolja.
 - Prednosti: Povećana učinkovitost i pouzdanost. Različiti nizovi mogu imati module različitih karakteristika.
 - Nedostaci: Viši troškovi zbog više izmjenjivača.



Slika 2.18. Izvedba s jednim izmjenjivačem za svaki fotonaponski niz [2]



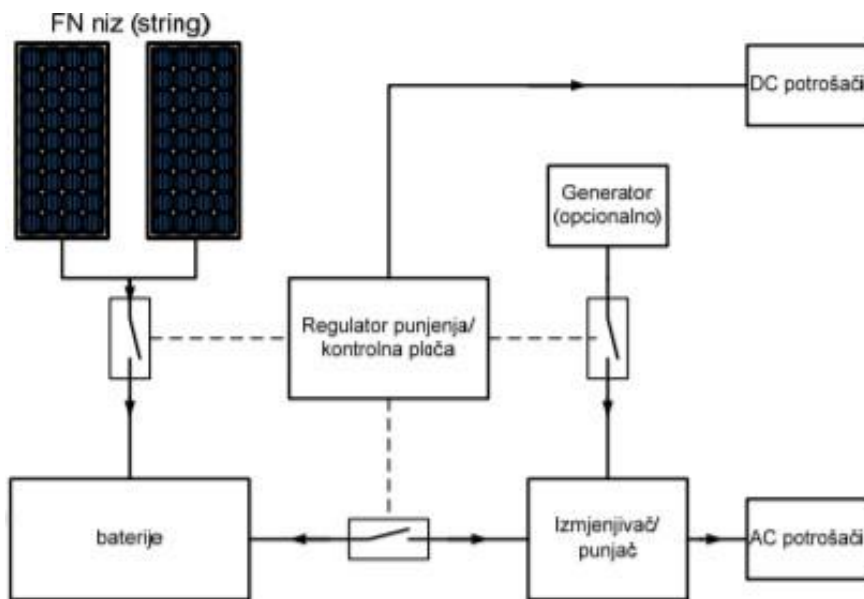
Slika 2.19. Izvedba elektrane u kojoj je fotonaponsko polje je podijeljeno u više podpolja [2]

2.4.2. Autonomne Fotonaponske Elektrane (OFF GRID)

Autonomne fotonaponske elektrane nisu povezane s distribucijskom mrežom, već proizvedenu energiju koriste isključivo za vlastite potrebe. Zbog promjenjivog intenziteta sunčeve svjetlosti, ove elektrane često imaju baterije za pohranu viška energije koja se može koristiti kada sunčeva svjetlost nije dostupna.

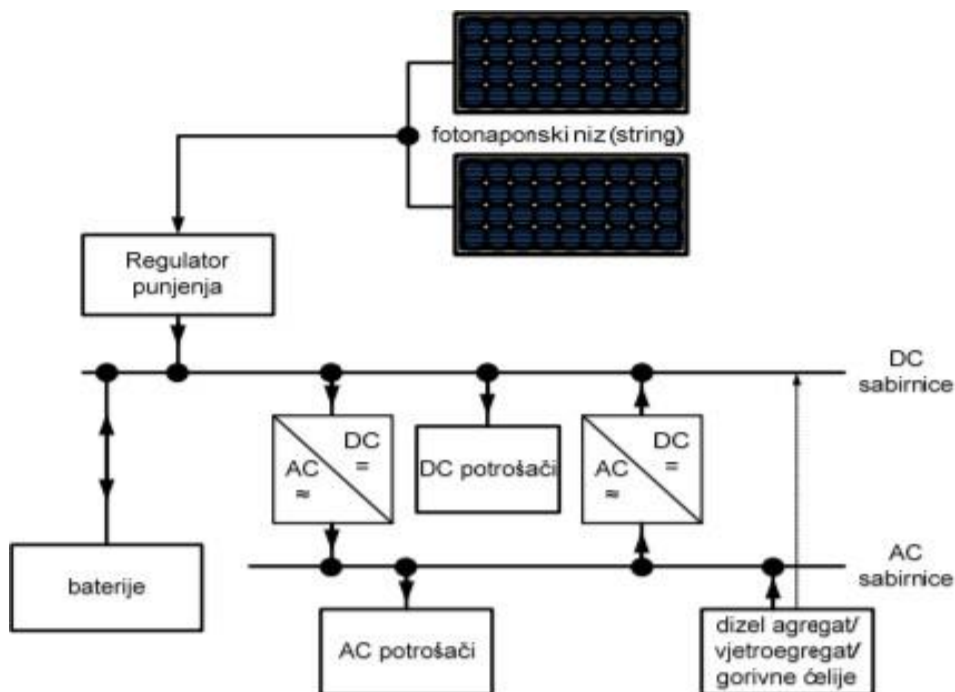
Sustavi s baterijama:

- Baterije i regulatori punjenja akumuliraju višak energije.
- Ova energija se koristi kada nema sunčeve svjetlosti.
- Prednosti: Kontinuirana opskrba energijom bez obzira na trenutne uvjete sunčeve svjetlosti.
- Nedostaci: Troškovi baterija i njihovog održavanja



Slika 2.20. Autonomna FN elektrana s baterijama [2]

- Sustavi bez baterija:
 - Sva prikupljena energija mora se odmah koristiti.
 - Primjeri uključuju napajanje crpki za vodu ili druge uređaje koji ne zahtijevaju stalno napajanje.
 - Prednosti: Niži troškovi zbog izostanka baterija.
 - Nedostaci: Energetska opskrba ovisi isključivo o sunčevoj svjetlosti u realnom vremenu.
- Hibridne autonomne elektrane:
 - Kombinacija solarnog sustava s drugim izvorima energije kao što su vjetroagregati, dizel agregati ili gorive ćelije.
 - Prednosti: Osiguranje kontinuirane opskrbe energijom čak i u uvjetima promjenjivog intenziteta sunčeve svjetlosti.
 - Nedostaci: Kompleksnost sustava i viši troškovi instalacije i održavanja.



Slika 2.21. Hibridna FN elektrana [2]

2.5. Overpaneling u solarnim sustavima

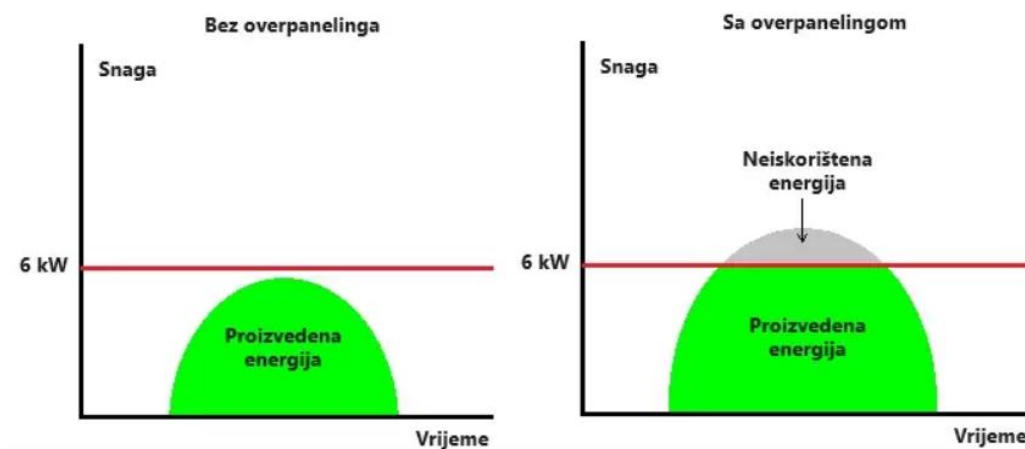
Overpaneling je koristan pristup u dizajnu solarnih sustava, jer omogućuje bolju iskorištenost pretvarača i povećava ukupnu proizvodnju energije, što dugoročno može rezultirati značajnim ekonomskim i ekološkim prednostima. Uobičajena praksa je instalacija dodatnih panela u rasponu od 10 % do 30 % iznad nominalne snage pretvarača, čime se postiže balans između maksimalnog iskorištavanja energije i minimiziranja potencijalnih gubitaka..

Rizici i ograničenja overpanelinga:

- **Smanjena učinkovitost i vijek trajanja:** Previše solarnih panela može preopteretiti pretvarač, smanjujući njegovu učinkovitost i ubrzavajući habanje.
- **Rizik od pregrijavanja:** Pretvarač koji stalno radi blizu maksimalnog kapaciteta može se pregrijati, što može utjecati na njegovu dugovječnost.
- **Gubitak viška energije:** Višak energije koji pretvarač ne može obraditi se gubi, smanjujući ukupnu učinkovitost sustava.

Prednosti overpanelinga:

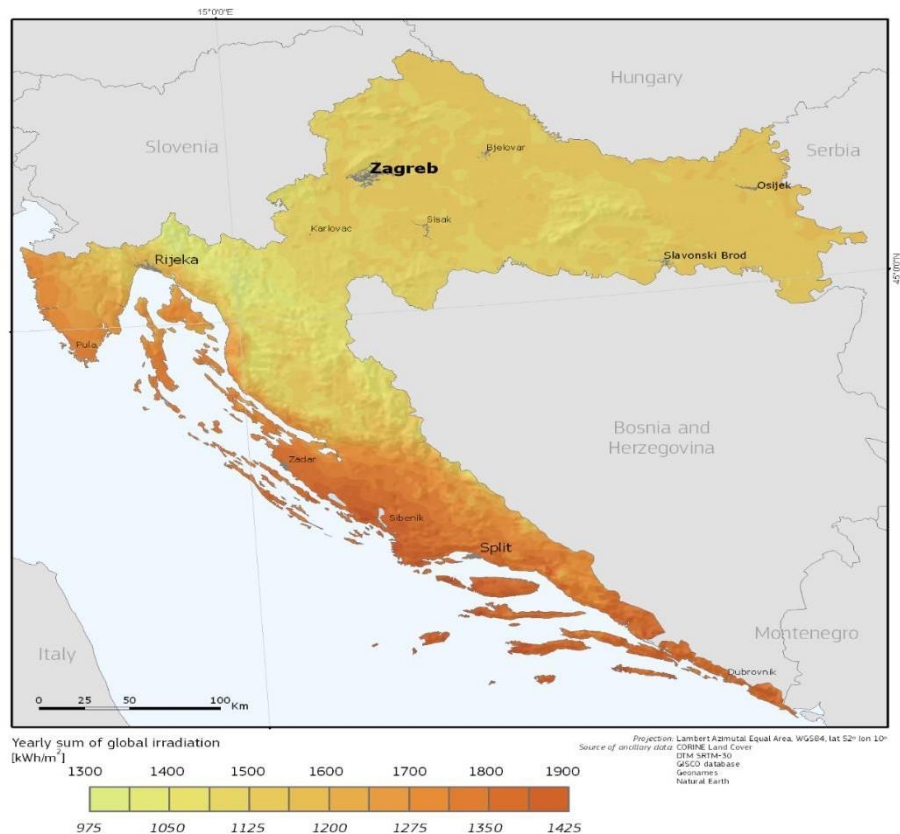
- **Veća godišnja proizvodnja energije:** Dodavanje panela povećava proizvodnju, osobito u uvjetima slabije insolacije.
- **Bolji povrat ulaganja:** Povećana proizvodnja energije ubrzava povrat investicije.
- **Povećana učinkovitost:** Pretvarač radi bliže svom maksimumu, optimizirajući rad sustava.



Slika 2.22. Grafički prikaz overpanelinga [6]

2.6. Zelena tranzicija u Republici Hrvatskoj-sadašnjost i budućnost fotonaponskih elektrana

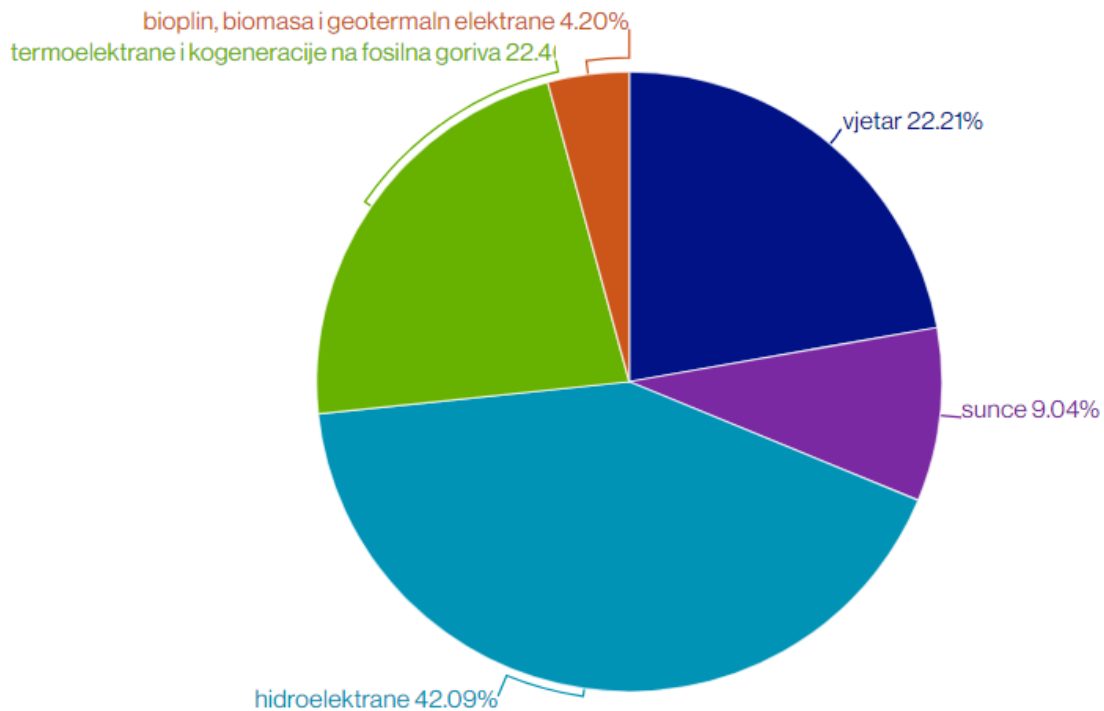
Republika Hrvatska ima značajan, ali neiskorišten potencijal za obnovljive izvore energije, posebno na obali i otocima. Na slici se vidi srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe u MWh/m², najviša na jugu zemlje, što čini ulaganje u sunčane elektrane isplativim.



Slika 2.23. PVGIS prikaz srednje godišnje ozračenost vodoravne plohe u RH [7]

Hrvatska ima prosječnu godišnju insolaciju od oko 1400 kWh/m², najviše u Dalmaciji, ali i kontinentalna područja, poput Osijeka, imaju potencijal. Podaci iz PVGIS-a pokazuju da su srednja i južna Dalmacija najpogodnije za fotonaponske sustave. U Osijeku je prosječna dnevna iradijacija za plohe pod kutom od 34° 4,22 kWh/m²/dan, odnosno godišnje 1540,3 kWh/m², što ukazuje na značajan potencijal za solarne elektrane. Visoka razina insolacije omogućava učinkovitu proizvodnju električne energije iz Sunčeve energije za kućanstva. Osim što doprinosi smanjenju ugljičnog dioksida, što je ključno za postizanje klimatskih ciljeva, solarni paneli također jačaju nacionalnu energetska sigurnost.

Cijena električne energije u Hrvatskoj iznosi oko 0,13 EUR po kWh za kućanstva i 0,08 EUR po kWh za industrijske potrošače. Fotonaponske elektrane mogu proizvoditi električnu energiju po cijeni manjoj od 0,05 EUR po kWh, što njihovu instalaciju čini ekonomski povoljnim ulaganjem. Broj sunčanih elektrana je u porastu o čemu govori i podatak HEP-a u čiju je mrežu s 31. ožujkom 2024. bilo priključeno 17.697 od čega u kategoriji kućanstava 12.495, a u kategoriji poduzetništva 5.202, dok ih je prije par godina bilo znatno manje.



Slika 2.24. Očekivani udio proizvodnih kapaciteta u 2030. godini (u MW i %) [8]

Prema predviđanjima i projekcijama OIEH-a trebalo bi se do 2030.godine realizirati 2000 MW sunčanih elektrana, što u postotku iznosi 9,04 % u odnosu na ostale obnovljive izvore energije prikazane na slici.

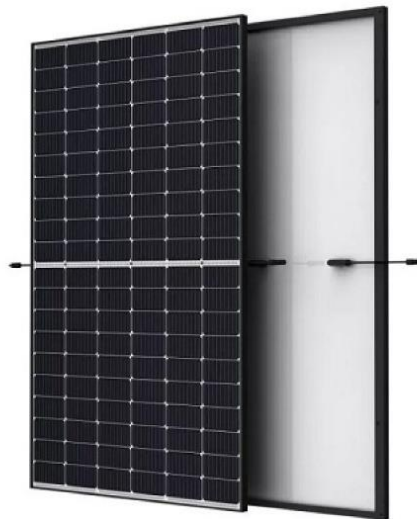
Dok cijena električne energije raste, cijena solarnih panela bilježi konstantan pad posljednjih godina. Troškovi ugradnje svake godine sve su manji, a dodatno je umanjen i trošak zbog Odluke Vlade RH o ukidanju PDV-a na instalaciju solarnih panela. Dodatan poticaj njihovoj ugradnji daje Ministarstvo zaštite okoliša i energetske učinkovitosti svojim subvencijama za solarne panele do čak 60 % (za kućanstva i višestambene objekte).

Unatoč velikom interesu investitora, realizacija projekata je manja zbog trenutačnih administrativnih prepreka, što se u budućnosti treba promijeniti.

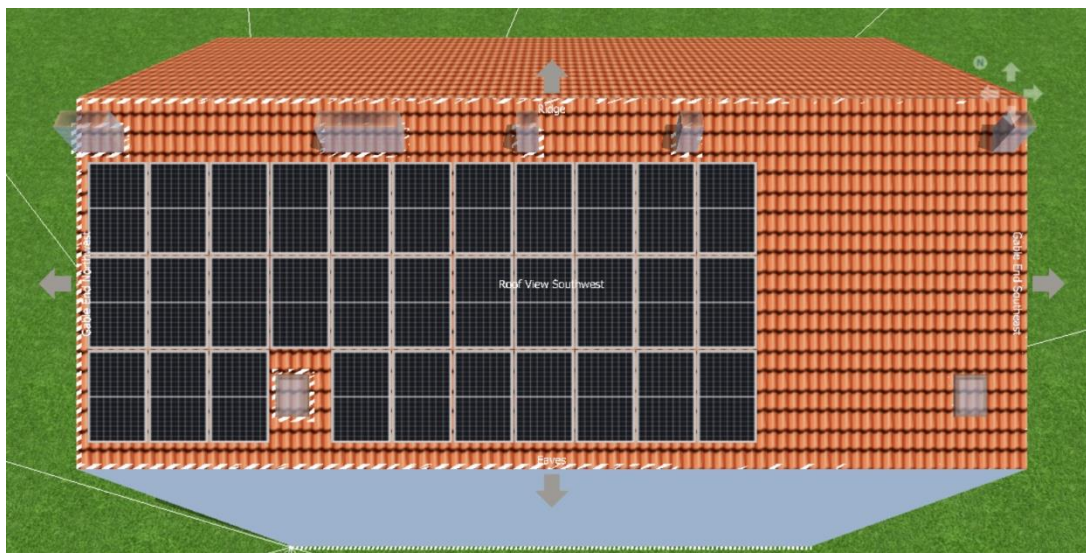
3. KOMPONENTE KORIŠTENE U PROJEKTU

3.1. FN moduli

Za ovaj projekt koriste se fotonaponske moduli proizvođača TrinaSolar, model TSM-420DE09R.08. Elektrana će biti sastavljena od 32 modula raspoređena u nizove prema prikazu na slici. Dizajnirana je tako da moduli nisu pod utjecajem zasjenjenja i orijentirani su prema jugozapadu. Snaga svakog modula iznosi 420 Wp, a bit će montirani na krov postojeće građevine čiji je nagib 28° , prateći nagib konstrukcije. Fotonaponski moduli sastoje se od ćelija povezanih serijski, čime se osigurava potreban napon, dok se paralelno spajanje modula koristi za postizanje potrebne nazivne struje.



Slika 3.1. TrinaSolar TSM-420DE09R.08. [9]



Slika 3.2. Prikaz 3D modela

Tablica 3.1. Električni podaci FN modula

Napon otvorenog kruga (V)	50,09
Struja kratkog spoja (A)	10,56
Maksimalni napon (V)	42,9
Maksimalna struja (A)	9,92
Snaga (W)	425
Učinkovitost (%)	21,3

Tablica 3.2. Tehnički podaci FN modula

Vrsta delije	N-tip monokristalni
Broj delija	144
Dimenzije (mm)	1762x1134x30
Masa (kg)	21,0
Maksimalni napon VDC (V)	1500

3.2. Izmjenjivač

Izmjenjivač ili inverter je ključna komponenta svakog fotonaponskog (PV) sustava, jer omogućava pretvorbu istosmjerne struje (DC) proizvedene solarnim panelima u izmjeničnu struju (AC), koja je potrebna za rad većine električnih uređaja i za distribuciju kroz elektroenergetsku mrežu. Solarni paneli proizvode istosmjernu struju zbog načina na koji sunčeva svjetlost djeluje na poluvodičke materijale unutar solarnih ćelija. Međutim, budući da većina potrošača koristi izmjeničnu struju, a elektroenergetske mreže su dizajnirane za distribuciju AC struje, potrebno je koristiti izmjenjivače kako bi se osigurala kompatibilnost.

Izmjenjivač radi na principu sklopke, gdje koristi poluvodičke uređaje, poput tranzistora, da bi pretvorio DC struju u AC struju. U svom osnovnom obliku, izmjenjivač bi proizvodio kvadratni valni oblik, no za potrebe visoke kvalitete električne energije koristi se tehnologija modulacije širine impulsa (PWM). PWM omogućuje izmjenjivaču da oblikuje izlaznu AC struju tako da što više nalikuje sinusoidalnom valu, koji je standard za mrežnu električnu energiju. Ovaj valni oblik je ključan za smanjenje harmonika i osiguranje stabilnog rada uređaja povezanih na mrežu. Osim same pretvorbe, izmjenjivači u modernim sustavima obično posjeduju funkciju praćenja točke maksimalne snage (MPPT). MPPT osigurava da solarni paneli rade na optimalnoj točki napona i struje, pri čemu se postiže maksimalna moguća snaga. Ova funkcija je posebno važna jer uvjeti osvjetljenja i temperature stalno variraju, a MPPT sustav kontinuirano prilagođava radnu točku kako bi se maksimalizirala proizvodnja energije. [4]

Za potrebe projektiranja odabrali smo izmjenjivač snage 10 kW, model Huawei SUN2000-10KTL-M1. Ovaj izmjenjivač dolazi s ugrađenom prenaponskom i nadstrujnom zaštitom. Nizovi fotonaponskih modula priključuju se na njegove ulaze, pri čemu je ključno da strujni i naponski parametri modula odgovaraju specifikacijama izmjenjivača. Proračuni su potvrdili da odabrani moduli ispunjavaju sve uvjete za pravilno priključenje. Izmjenjivač ispunjava sve zahtjeve elektroenergetske suglasnosti i pravilnika o kvaliteti električne energije.



Slika 3.3. Huawei SUN2000-10KTL-M1 [10]

Tablica 3.3. Ulazne DC karakteristike [10]

Maksimalni DC napon (V)	1100
Startni napon (V)	200
Raspon napona MPPT-a (V)	140-980
Maksimalna DC ulazna struja (A)	13,5+13,5
Maksimalna struja kratkog spoja (A)	19,5+19,5
Broj ulaza MPPT	2
Broj nizova po ulazu MPPT	1

Tablica 3.4. Izlazne AC karakteristike [10]

Nazivna snaga (kW)	10
Maksimalna prividna snaga (kVA)	11
Maksimalna struja (A)	16,9
Izlazni napon (V)	230/400
Broj faza	3

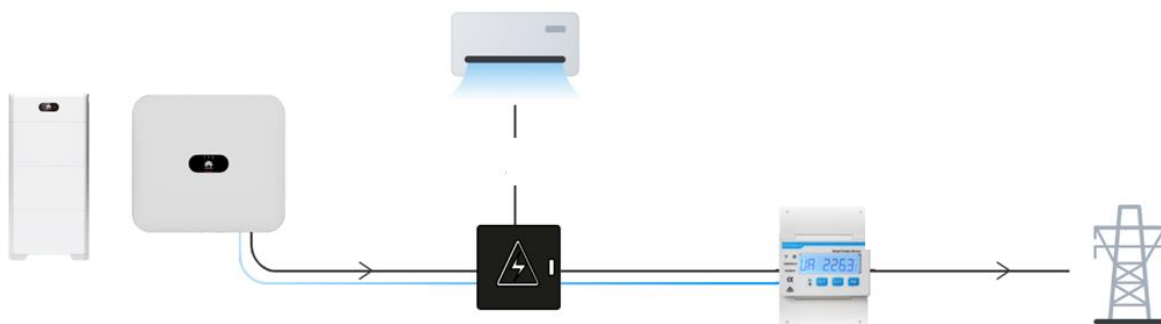
3.3. Smartmeter

Huawei DTSU666-H Smart Power Sensor je trofazni mjerač dizajniran za praćenje električnih parametara u fotonaponskim instalacijama, s naglaskom na optimizaciju potrošnje i proizvodnje energije. Uređaj nije povezan s baterijom, već je spojen iza brojila prema potrošačima, gdje se mjeri količina energije povučena iz mreže. Komunikacijom s izmjenjivačem, izračunavaju se podaci o potrošnji, proizvodnji energije, te energiji preuzetoj iz mreže u oba smjera. Potrošnja se izračunava kao razlika između navedenih parametara.

Omogućuje se precizno praćenje u realnom vremenu ključnih parametara kao što su napon, trofazna struja, aktivna i jalova snaga, frekvencija, te energetske tokovi, a svi podaci su dostupni putem RS485 sučelja.



Slika 3.24. Uređaj Huawei DTSU666-H [11]



Slika 3.5. Način spajanja Smartmetra

4. FOTONAPONSKA ELEKTRANA ZA KUĆANSTVO

Priča počinje interesom za kupnju i ugradnju solarne elektrane. Solarni sustav može se postaviti na zgrade, infrastrukturne objekte ili na tlo. Postoji mnogo razloga zašto je dobro imati solarnu elektranu na krovu.

Neki od razlog su:

- Potreba za električnom energijom raste, a njezina cijena sve je viša.
- Većina država, uključujući Hrvatsku, ovisi o uvozu električne energije jer vlastita proizvodnja nije dovoljna.
- Dostupni su poticaji od lokalnih i regionalnih vlasti, kao i raznih fondova.
- Cijena fotonaponskih modula svakodnevno pada, a taj trend će se nastaviti i u budućnosti.

4.1. Odluka o projektu postavljanja fotonaponske elektrane

Prilikom donošenja odluke o investiranju u FN elektranu, navesti ćemo neke od važnijih stavki koje trebamo razmotriti:

- Potrošnja električne energije; građanin treba procijeniti isplativost ugradnje, posebno za sustave ispod 3 kW, te koliko energije se može dobiti od 1 kW fotonaponskih panela u svojoj regiji.
- Objekt za postavljanje fotonaponskog sustava mora biti legaliziran, a ako je zaštićen, konzervatori ne dopuštaju ugradnju panela na krov.
- Objekt treba imati adekvatan krovni pokrov za postavljanje solarne elektrane. Ako je krov prekriven azbestnim pločama, potrebno ih je zamijeniti i obnoviti krovnište prije ugradnje elektrane.
- Nepovoljan položaj i kretanje Sunca; krov na kojem planiramo instalirati solarnu elektranu može biti veći dio dana u sjeni, bilo zbog prirodnih prepreka (npr. brdo, visoka vegetacija) ili ljudskih objekata (npr. neboder).
- Orijehtacija krova; ako je krov pretežno okrenut prema sjeveru, mogućnost proizvodnje električne energije bitno je smanjena.

- Za izračunavanje potrebne snage elektrane potrebno je uzeti u obzir potrošnju električne energije korisnika za prethodnu godinu te predvidjeti buduće potrebe za električnom energijom.

Sve ove odrednice treba navesti projektantu prilikom izrade Glavnog projekta elektrane kako bi projekt odgovarao zahtjevima korisnika, uključujući trenutne i buduće potrebe. Elektrana se projektira prema trenutnoj potrošnji, ali je važno predvidjeti buduće potrebe i ostaviti prostor za moguće nadogradnje.

4.2. Priključak na mrežu

Pretpostavlja se da postoji priključak na elektrodistribucijsku mrežu i da će buduća fotonaponska elektrana biti spojena na nju. Prednosti uključuju mogućnost da se viškovi vlastite proizvodnje pohranjuju u mrežu i koriste kada vlastita proizvodnja nije dovoljna, primjerice noću.

Proces priključenja počinje podnošenjem zahtjeva operatoru distribucijskog sustava za provjeru mogućnosti priključenja proizvodnog postrojenja. Nakon što se ispune svi uvjeti, dobiva se suglasnost HEP-ODS-a, a zatim se donosi odluka o početku instalacije fotonaponske elektrane.

5. PROJEKTIRANJE U PROGRAMSKOM PAKETU PV SOL

5.1. Programski paket PV SOL premium

PV SOL premium je softverski alat koji se koristi za projektiranje i simulaciju fotonaponskih (PV) sustava. Ovaj program omogućuje inženjerima i projektantima da precizno planiraju i optimiziraju solarne elektrane. PV SOL premium pruža detaljne analize performansi PV sustava, uključujući izračun godišnje proizvodnje energije, praćenje zasjenjenja, analizu učinka u različitim vremenskim uvjetima te ekonomsku procjenu investicije.

Jedna od ključnih funkcija PV SOL premiuma je mogućnost 3D simulacije okoline, što omogućuje precizno modeliranje zasjenjenja zgrada, vegetacije i drugih objekata. Program također podržava različite vrste solarnih modula, invertera i baterijskih sustava, što korisnicima daje fleksibilnost pri izboru opreme. Kroz sučelje, korisnici mogu testirati različite konfiguracije i vidjeti kako promjene u dizajnu utječu na performanse sustava.

PV SOL premium koristi se u malim projektima, poput kućnih solarnih sustava, kao i u velikim komercijalnim postrojenjima. Zahvaljujući svojoj preciznosti i detaljnim izvještajima, ovaj softver postao je standard u industriji za planiranje i optimizaciju solarnih rješenja.

5.2. Izrada projekta u PV SOL premiumu

Izrada projekta u programu odvija se u koracima koji su raspoređeni kao kartice i nalaze se u gornjem dijelu sučelja prikazani na slici 5.1.



Slika 5.1. Koraci u projektiranju

S lijeva na desno su to „Project Data“, „System type, climate and grid“, „Consumption“, „3D Design“, „Cables“, „Plans and parts list“, „Financial analysis“, „Results“ i „Presentation“.

Na početku se kreira novi projekt u kartici „Project Dana“ gdje se unose osnovni podaci o projektu, kao što su naziv projekta, kratki opis, adresa, te podaci o projektantu i naručitelju projekta.

Project Data

Offer Number: 1234

Project Designer: Dominik Ferić

Start of Operation: 25.08.2024

Project Name: Sunčana elektrana

Project Image: [Empty field]

Customer Details

Customer Number: [Empty field]

Contact person: [Empty field]

Company: [Empty field]

Phone: [Empty field]

Fax: [Empty field]

E-Mail: [Empty field]

Address: [Empty field]

Project Description: Projektom je predviđena izgradnja fotonaponske elektrane nazivne snage 10 kW na postojećoj višestambenoj zgradi.

Address of Installation: [Empty field]

Slika 5.2. Prikaz kartice Project Data

Nakon unosa podataka o projektu, u sučelju „System Type, Climate and Grid“ odabire se vrsta fotonaponskog sustava koji se planira instalirati. U ovom slučaju, odabran je mrežni fotonaponski sustav s električnim uređajima „Grid connected PV System with Electrical Appliances“ (Slika 5.3.), jer je riječ o kućanstvu priključenom na elektroenergetsku mrežu.

System Type, Climate and Grid

Type of System

3D, Grid-connected PV System with Electrical Appliances

Type of Design

Use 3D Design

Time step of simulation

1 Hour (faster simulation)

1 Minute (more precise simulation)

Climate Data

Country: Croatia

Location: Osijek (2005-2020, PVGIS-SARAH2/ERA5)

Latitude	45° 33' 44" (45,56°)	Annual sum of global irradiation	1383 kWh/m ²
Longitude	18° 40' 30" (18,68°)	Annual Average Temperature	13,2 °C
Time zone	UTC+1		
Time Period	2005 - 2020		
Source	PVGIS-SARAH2/ERA5		

[Simulation Parameters](#)

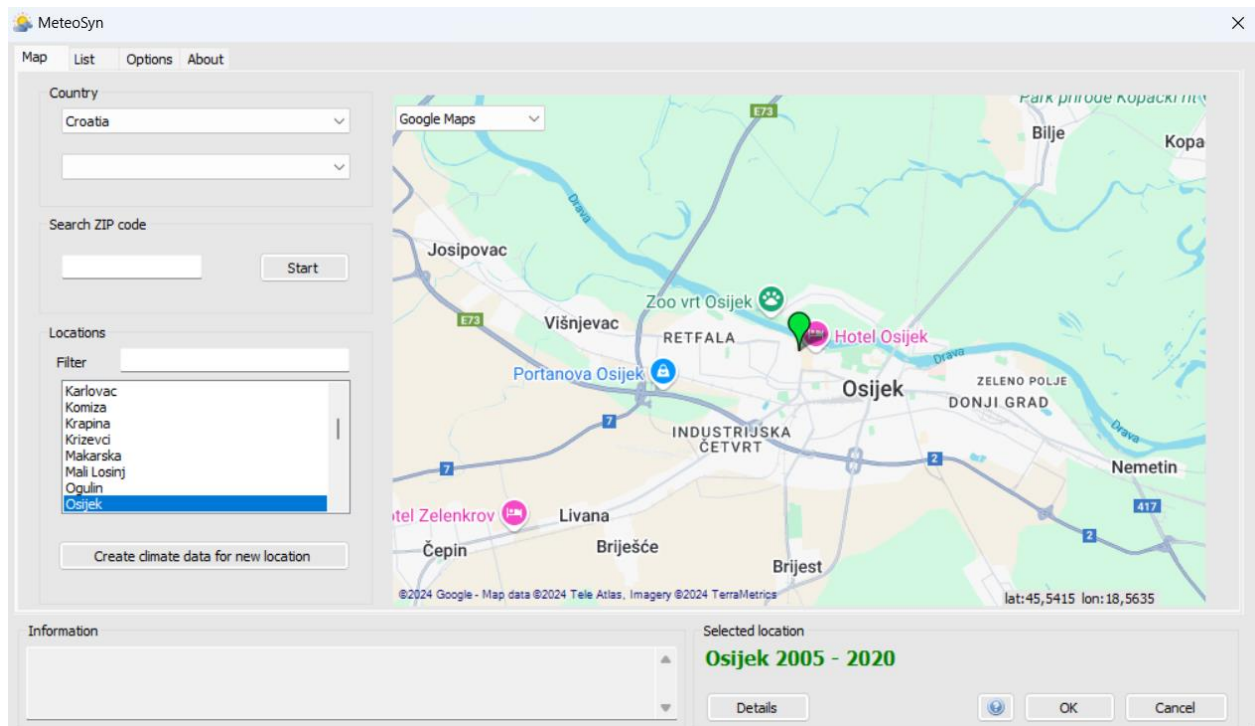
AC Mains

Enter

Voltage (N-L1)	230 V
Number of Phases	3-phase
cos φ	1
Maximum Feed-in Power Clipping	No

Slika 5.3. Odabir FN sustava

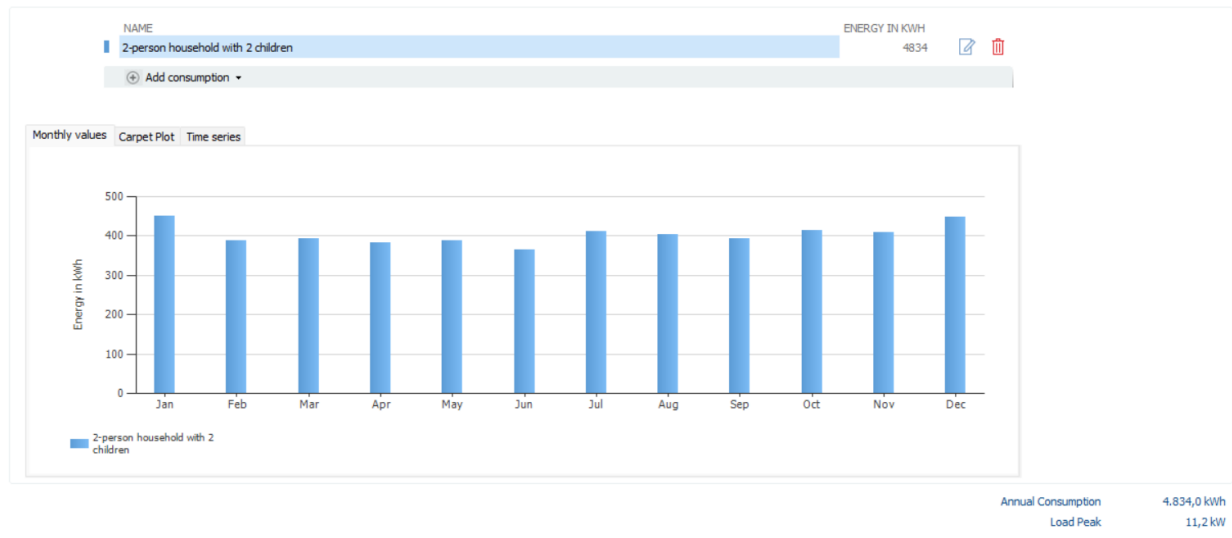
Za klimatske podatke u kartici „Climate Data“ korištena je opcija odabira lokacije preko karte, pri čemu je odabrana točna lokacija u Osijeku na kojoj će biti instalirana FN elektrana.



Slika 5.4. Odabir lokacije FN elektrane

Nakon odabrane lokacije dolazi se na korak „Consumption“ i definira potrošnja kućanstva. Naše kućanstvo imalo je potrošnju električne energije od 4834 kWh u 2023. godini. Kako bi definirali potrošnju električne energije koristili smo već zadani model opterećenja pod nazivom „2-person household with 2 children“.

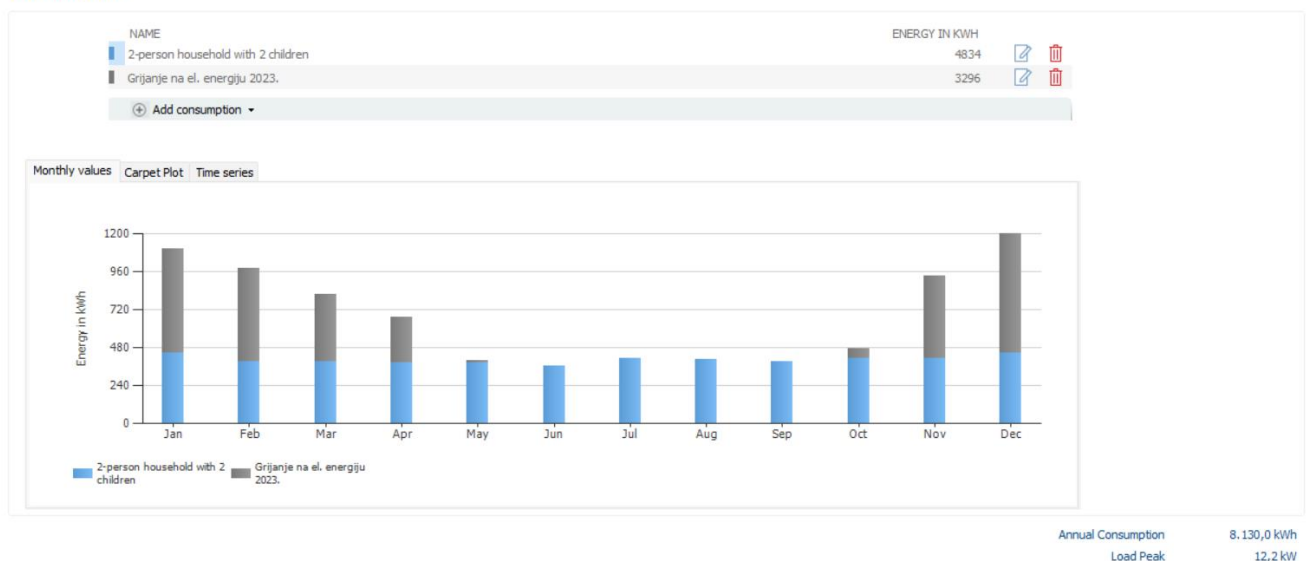
Consumption



Slika 5.5. Definiranje potrošnje električne energije

Za drugi slučaj potrošnje, na već definiranu potrošnju električne energije dodana je i potrošnja grijanja pomoću klima uređaja. Ranije je za grijanje korišteno gradsko grijanje toplovodom, čija je potrošnja iznosila 9888 kWh za 2023. godinu. Namjera je zamijeniti toplinsku energiju iz gradskog grijanja grijanjem putem klima uređaja. Pretpostavka je da je SCOP klima uređaja 3, čime se došlo do izračuna od 3296 kWh potrebnih za grijanje na električnu energiju odnosno klima uređaj. Potrošnja je definirana ručnim unosom, pri čemu je poznata točna mjesečna potrošnja energije.

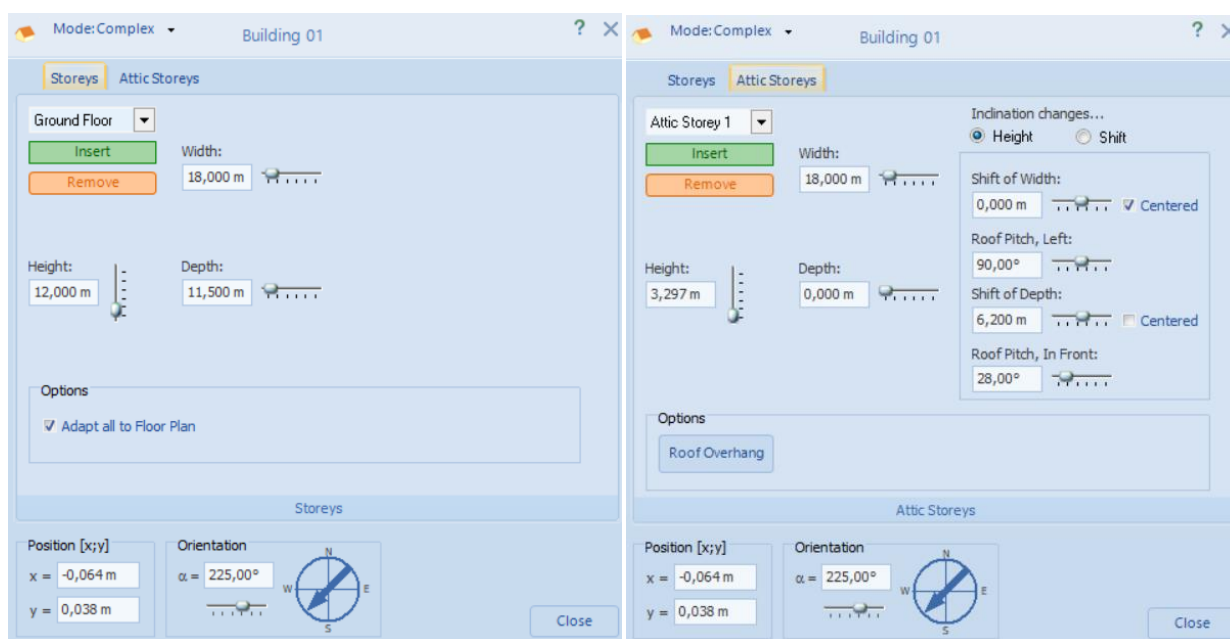
Consumption



Slika 5.6. Definiranje potrošnje električne energije + grijanje

Sljedeći korak u projektu je 3D modeliranje kuće i krova u sučelju "3D Design". Prvo su definirane sve dimenzije kuće i njena orijentacija. Zatim su određene dimenzije i nagib krova, te su postavljeni dimnjaci i krovni prozori.

Dimenzije krova iznose 7 x 18 metara, s površinom od 126 m². Nagib krova iznosi 28°, a orijentacija je jugozapad. Nagib je izračunat pomoću Pitagorinog poučka, pri čemu jedna strana krova predstavlja hipotenuzu, a ostale dvije katete. Taj izračun omogućava da se kut krova odredi kao kosinus omjera nasuprotne stranice i hipotenuze.

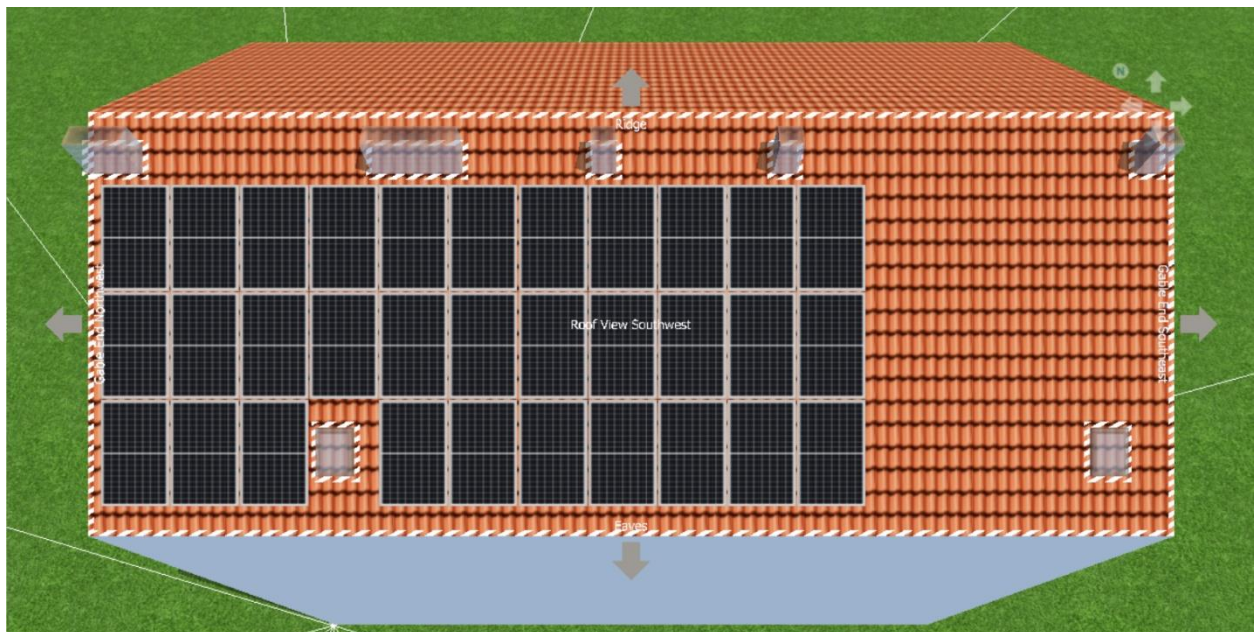


Slika 5.7. Definiranje dimenzija kuće i krova

Modeliranje kuće i krova je završeno, pri čemu su definirane sve stvarne dimenzije, nagib krova, te su dodani dimnjaci i krovni prozori. Nakon što je sve određeno, slijedi odabir FN modula. Odlučeno je postaviti 32 TrinaSolar TSM-420DE09R.08 modula, čije su specifikacije objašnjene ranije u poglavlju 3.1. FN moduli. U kartici „Module Coverage“ odabran je navedeni modul. Program automatski postavlja fotonaponske module uzimajući u obzir razmake, zabranjene zone, dimnjake i prozore, iako se moduli mogu postavljati i ručno, jedan po jedan.

Efikasnost fotonaponskih modula ovisi o lokaciji, solarnim uvjetima i energetske potrebama. Južna strana krova omogućuje maksimalno iskorištavanje sunčeve svjetlosti, dok je sjeverna strana manje učinkovita u proizvodnji energije. Krov kuće je orijentiran prema jugozapadu, gdje će biti postavljeni moduli. Na krovu se nalaze dimnjaci i dva krovna prozora, ali dimnjaci ne bi

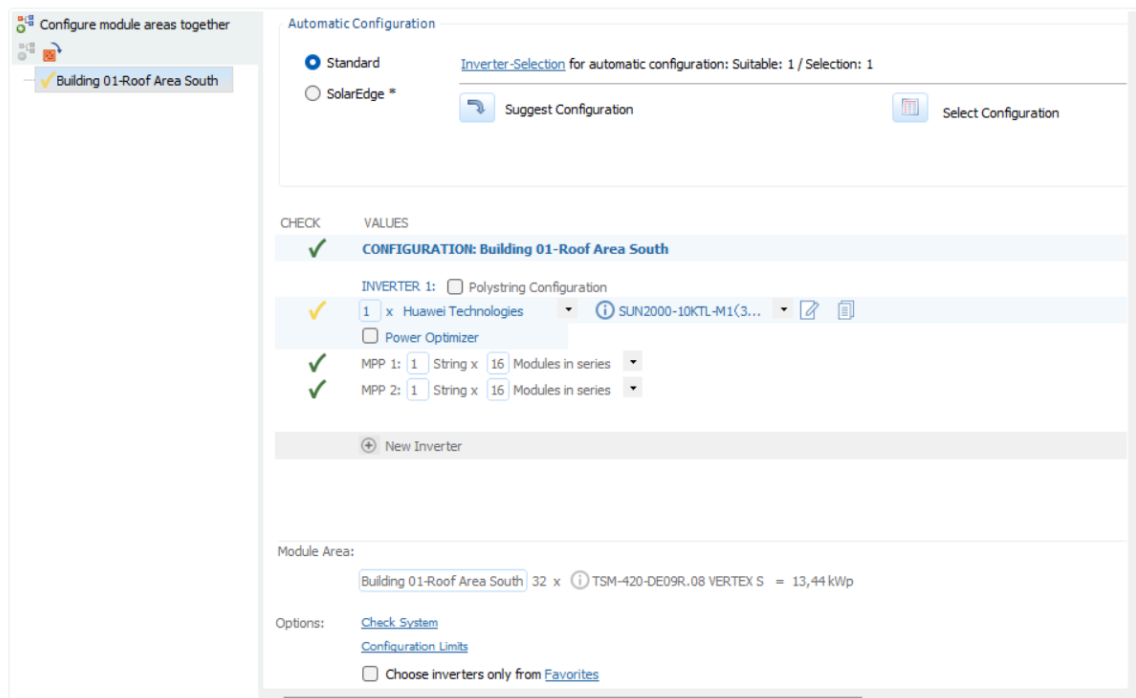
trebali predstavljati značajan problem za zasjenjenje modula, iako program računa male i zanemarive postotke zasjene.



Slika 5.8. Prikaz postavljenih FN modula

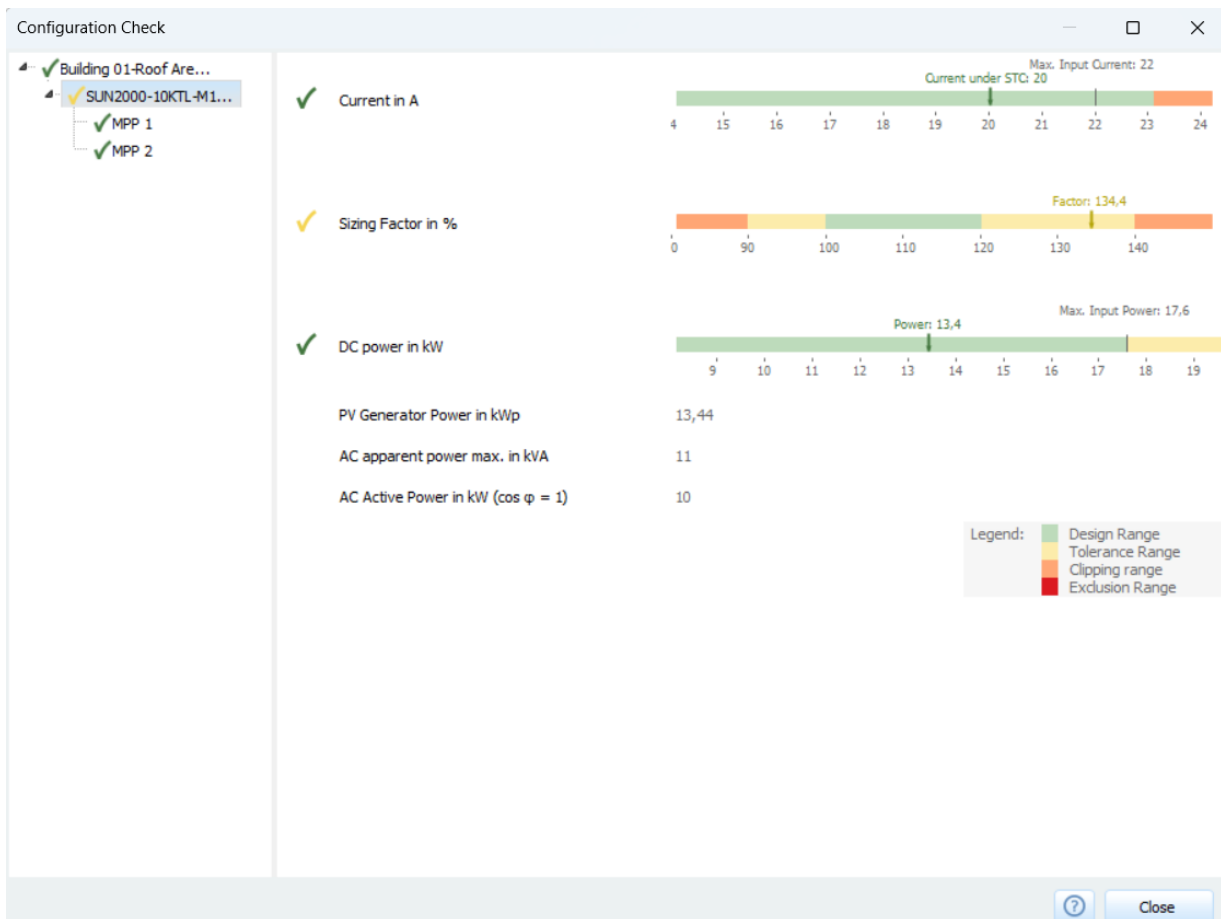
Nakon postavljanja modula, pristupa se odabiru izmjenjivača. Za potrebe projekta izabran je Huawei SUN2000-10KTL-M1 izmjenjivač, čije su specifikacije i način rada navedeni u poglavlju 3.2. Izmjenjivač.

Inverter



Slika 5.9. Odabir izmjenjivača

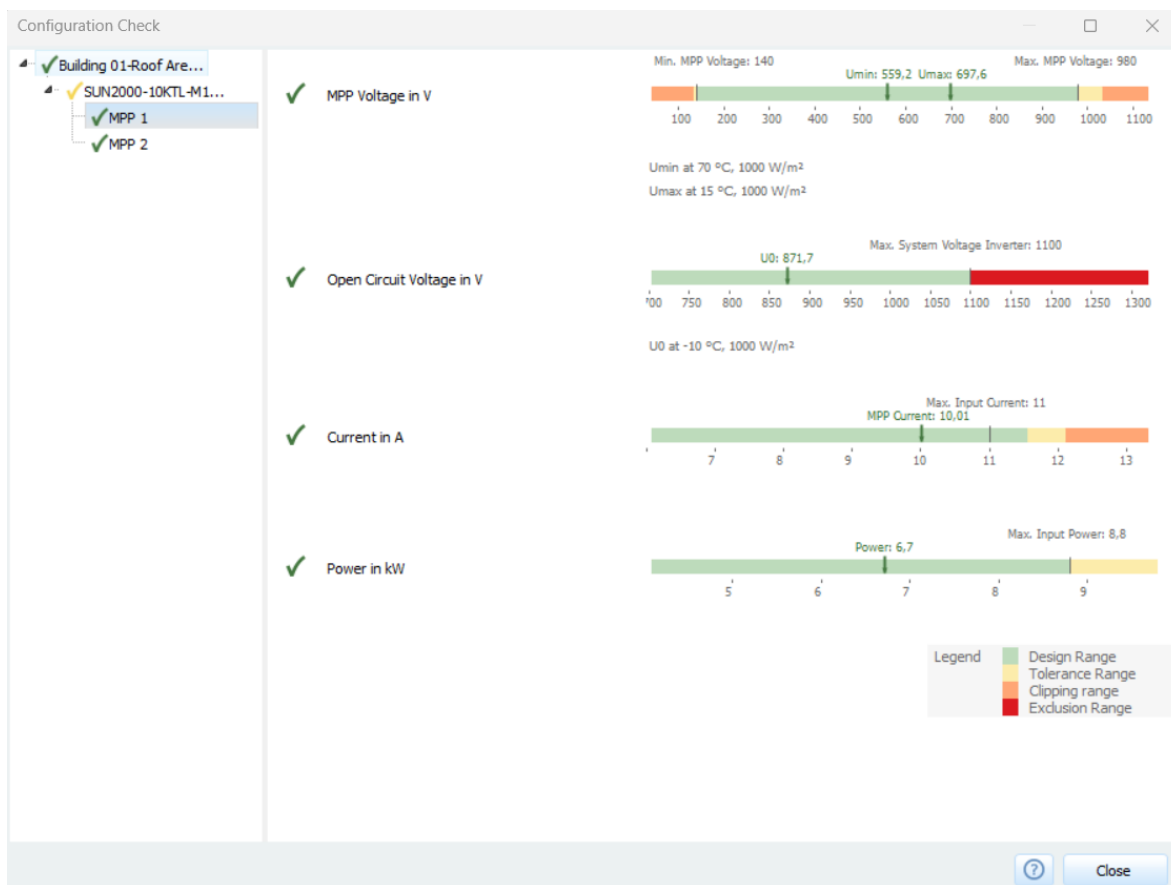
Na slici 5.9. prikazano je da je na ulaz MPP 1 spojen jedan niz od 16 modula spojenih u seriju, dok je na MPP 2 ulaz spojen također jedan niz od 16 modula spojenih u seriju. Programski paket omogućava provjeru ispravnosti izbora i konfiguracije izmjenjivača. Odabirom opcije „Check System“ otvara se prozor „Configuration Check“, gdje su prikazani parametri izmjenjivača (slika 5.10.).



Slika 5.10. Parametri izmjenjivača

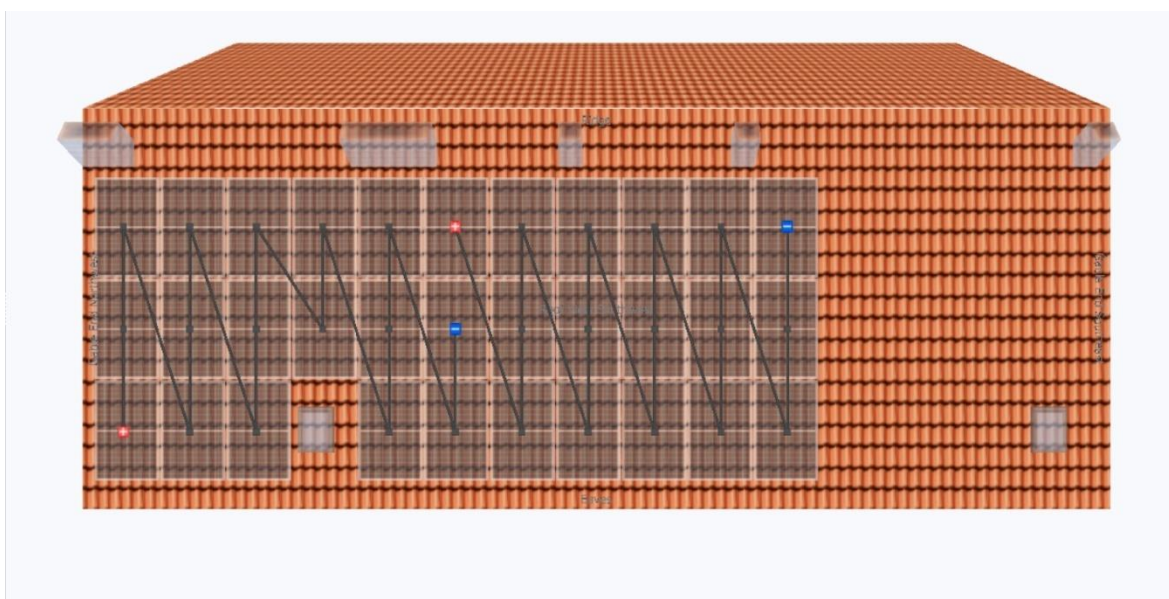
Na slici 5.10. faktor dimenzioniranja „Sizing Factor“ nalazi se u žutom dozvoljenom području. Ovo je namjerno učinjeno kako bi se postigao efekt overpanelinga, objašnjen u poglavlju 2.5., s ciljem povećanja učinkovitosti sustava.

Klikom na MPP 1 i MPP 2 može se provjeriti ključne parametre za svaki ulaz zasebno, uključujući napone u točki maksimalne snage, napone otvorenog kruga, struje i snage, kako je prikazano na slici 5.11.



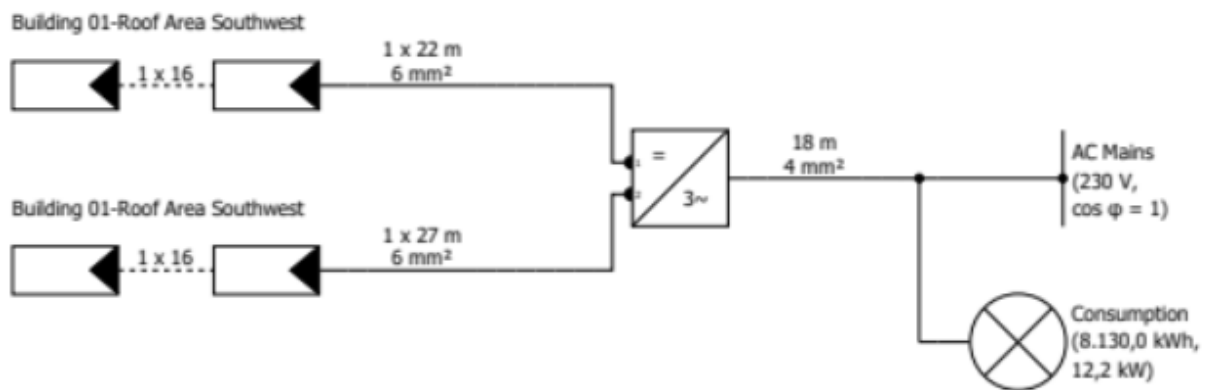
Slika 5.11. Prikaz parametara MPP1 ulaza izmjenjivača

Posljednji korak u modeliranju FN elektrane je povezivanje modula putem kabela. Također, program pruža opciju za automatsko povezivanje kabela.



Slika 5.12. Povezivanje FN modula kablom

U koraku „Cables“ unose se dužine i promjeri kablova u pojedinim dijelovima sustava, pomoću kojih se računaju gubici u vodičima te se generira shema prikazana na slici 5.13.



Slika 5.13. Shematski prikaz FN elektrane

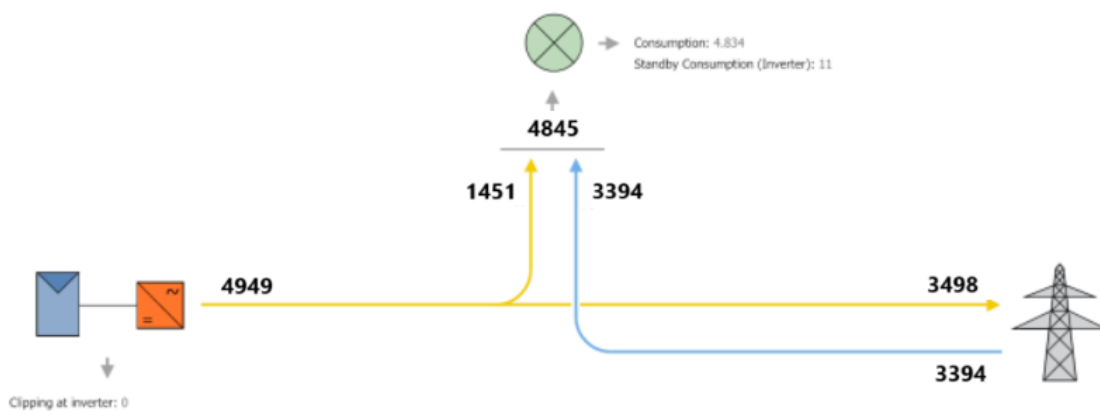
5.3. Rezultati simulacija

U ovom poglavlju završnog rada obradit će se tri slučaja fotonaponskih (FN) elektrana. Svaki od slučajeva bit će zasebno obrađen u programu, uz korištenje različitih potrošnji za koje su elektrane dimenzionirane. Nakon dimenzioniranja i unosa podataka o potrošnji, rezultati simulacija i procjena isplativosti projekta bit će automatski generirani od strane programa. Kako su u poglavlju 5.2. Izrada projekta u PV SOL premiumu koraci modeliranja FN elektrane detaljno objašnjeni, u ovom dijelu bit će stavljen naglasak isključivo na dobivene rezultate.

5.3.1. Prvi slučaj

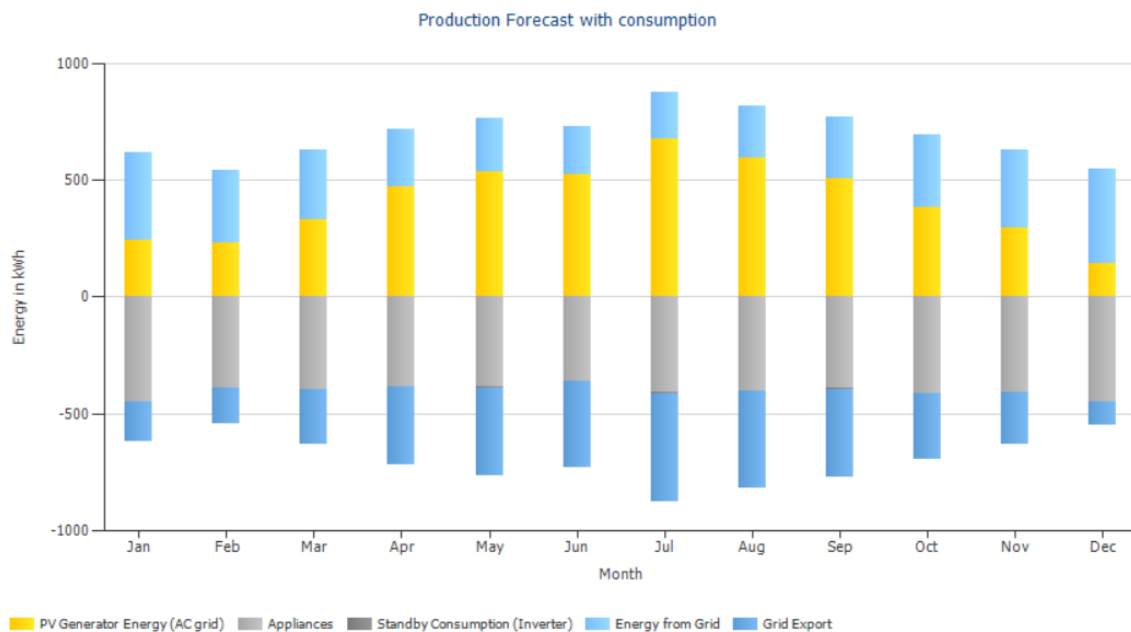
U prvom slučaju za potrebe dimenzioniranja fotonaponske elektrane u skladu s potrošnjom električne energije kućanstva, utvrđeno je da je kućanstvo u 2023. godini imalo potrošnju od 4834 kWh. Izračunom je dobiveno da je za pokrivanje te potrošnje potrebna snaga elektrane od 3,36 kWp. Za postizanje željene snage, potrebno je postaviti 8 modula te je korišten inverter Huawei SUN2000-3KLT-1 nazivne snage 3kW. Za potrebni slučaj definirana je potrošnja kao na slici 5.5. iz poglavlja 5.2. Izrada projekta u PV SOL premiumu.

Nakon unosa svih podataka i modeliranja elektrane, procijenjeno je da će fotonaponska elektrana godišnje proizvoditi 4949 kWh, od čega će 3498 kWh biti poslano u distribucijsku mrežu, dok će 1451 kWh biti poslano u kućanstvo za potrebe potrošnje. Kako solarna energija nije konstantno dostupna tokom dana, a baterijski sustavi za pohranu energije nisu prisutni, procijenjeno je da će kućanstvu trebati dodatnih 3394 kWh električne energije, koja će biti preuzeta iz distribucijske mreže na godišnjoj razini. (Slika 5.14)



Slika 5.14. Tokovi energije Prvi slučaj

Također, program nudi i grafički prikaz dobivenih rezultata, prikazan grafom na slici 5.15. Na grafu je svijetloplavom bojom prikazana energija preuzeta iz mreže, dok je žutom bojom prikazana energija generirana u FN elektrani, pri čemu se može uočiti povećana proizvodnja tokom ljetnih mjeseci. Prikazano je kako se energija iz mreže i energija proizvedena u FN elektrani nadopunjuju, pri čemu se manjak proizvedene energije nadomješta energijom iz mreže. Potrošnja energije invertera u stanju pripravnosti označena je sivom bojom, a energija poslana u mrežu tamnoplavom.



Slika 5.15. Graf potrošnje i proizvodnje energije Prvi slučaj

Za računanje isplativosti, potrebno je utvrditi cijenu investicije u sustav koji se ugrađuje, koja u ovom slučaju iznosi 4.019,58 €. Zatim je potrebna otkupna cijena jednog kWh električne energije, koja iznosi 0,049472 €/kWh, budući da se višak proizvedene električne energije prodaje distributeru po toj cijeni. Procjenjuje se da sustav ima radni vijek od oko 20 godina, unutar kojeg se računa isplativost. Nakon unosa svih potrebnih podataka, program samostalno izračunava isplativost za prethodno modelirani sustav, kao što je prikazano u Tablici 5.1. Isplativost sustava Prvog slučaja. Iz tablice isplativosti se može zaključiti da se sustav neće isplatiti niti ostvariti dobit, nego će rezultirati gubitkom od -717,48 €, zbog čega se procjenjuje kao neisplativ za ulaganje.

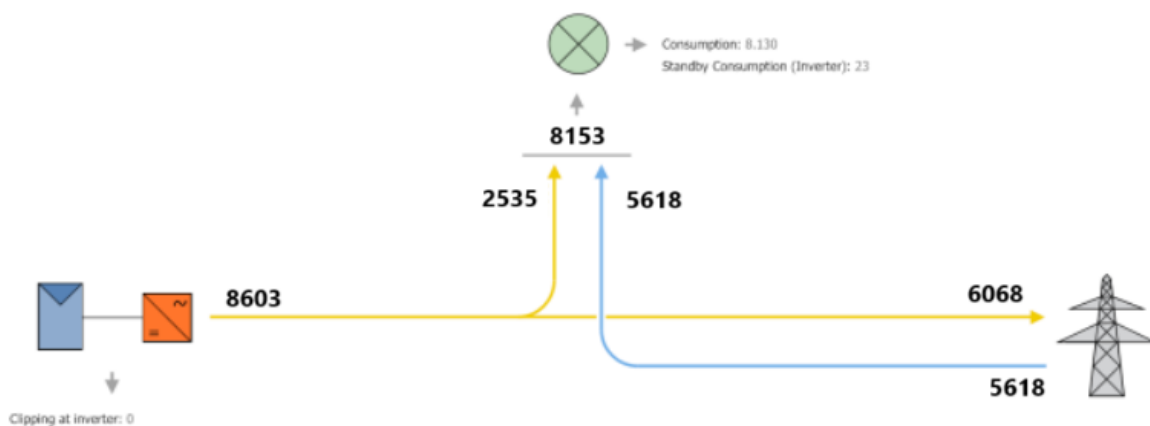
Tablica 5.1. Isplativost sustava Prvog slučaja

Godine	1. godina	2. godina	3. godina	4. godina	5. godina
Ulaganje	-4.019,58 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-39,80 €	-39,40 €	-39,01 €	-38,63 €	-38,25 €
Uvoz/izvoz iz mreže	155,58 €	169,56 €	167,88 €	166,22 €	164,57 €
Ušteda	40,37 €	42,39 €	42,81 €	43,24 €	43,66 €
Godišnji prihod	-3.863,43 €	172,55 €	171,68 €	170,83 €	169,99 €
Ukupno	-3.863,43 €	-3.690,88 €	-3.519,20 €	-3.348,37 €	-3.178,38 €
Godine	6. godina	7. godina	8. godina	9. godina	10. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-37,87 €	-37,49 €	-37,12 €	-36,75 €	-36,39 €
Uvoz/izvoz iz mreže	162,95 €	161,33 €	159,73 €	158,15 €	156,59 €
Ušteda	44,10 €	44,53 €	44,97 €	45,42 €	45,87 €
Godišnji prihod	169,18 €	168,37 €	167,59 €	166,82 €	166,07 €
Ukupno	-3.009,20 €	-2.840,83 €	-2.673,24 €	-2.506,42 €	-2.340,35 €
Godine	11. godina	12. godina	13. godina	14. godina	15. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-36,03 €	-35,67 €	35,32 €	-34,97 €	-34,62 €
Uvoz/izvoz iz mreže	155,04 €	153,50 €	151,98 €	150,48 €	148,99 €
Ušteda	46,32 €	46,78 €	47,25 €	47,71 €	48,19 €
Godišnji prihod	165,33 €	164,61 €	163,91 €	163,22 €	162,55 €
Ukupno	-2.175,02 €	-2.010,41 €	-1.846,50 €	-1.683,27 €	-1.520,72 €
Godine	16. godina	17. godina	18. godina	19. godina	20. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-34,28 €	-33,94 €	-33,60 €	-33,27 €	-32,94 €
Uvoz/izvoz iz mreže	147,51 €	146,05 €	144,61 €	143,17 €	141,76 €
Ušteda	48,66 €	49,14 €	49,63 €	50,12 €	50,62 €
Godišnji prihod	161,90 €	161,26 €	160,63 €	160,03 €	159,43 €
Ukupno	-1.358,83 €	-1.197,57 €	-1.036,94 €	-876,92 €	-717,48 €

5.3.2. Drugi slučaj

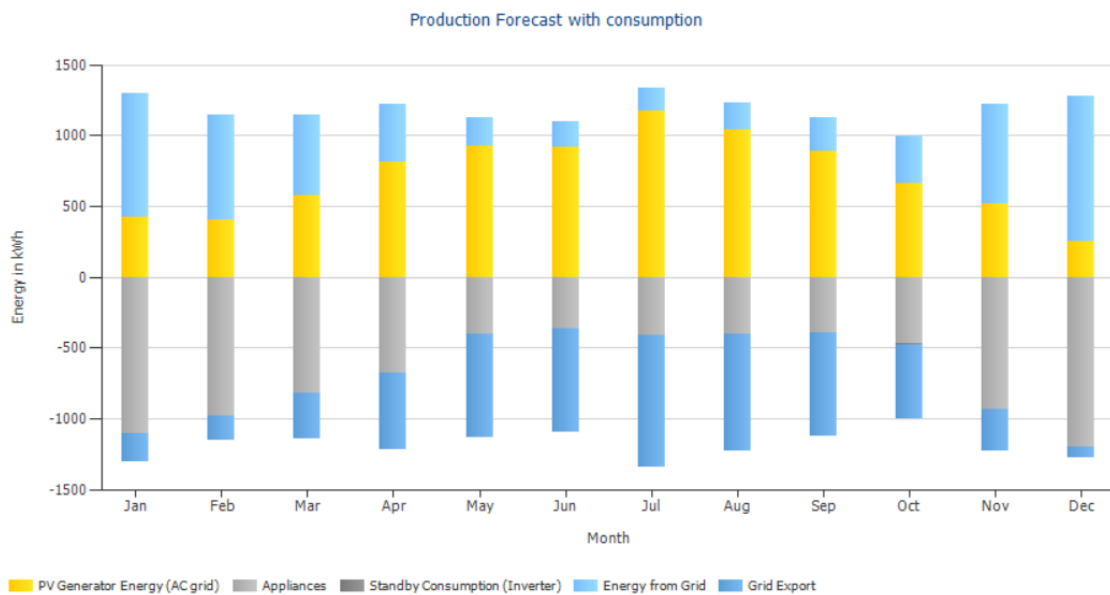
Za drugi slučaj bilo je potrebno dimenzionirati fotonaponsku elektranu koja će pokrivati potrošnju električne energije kućanstva i potrošnju klima uređaja za grijanje kojima se zamjenjuje grijanje gradskim toplovodom. Potrošnja za grijanje gradskim toplovodom, koja je iznosila 9888 kWh u 2023. godini, podijeljena je s SCOP-om klima uređaja koji iznosi 3, čime je dobiveno 3296 kWh potrebne energije za grijanje na klima uređaje. Potrošnja električne energije za 2023. godinu iznosila je 4834 kWh. Potrošnja za ovaj slučaj definirana je kao što je prikazano na slici 5.6. iz poglavlja 5.2. "Izrada projekta u PV SOL Premiumu". Daljnjim izračunom procijenjeno je da je za pokrivanje potreba potrošnje energije potrebno dimenzionirati elektranu snage 5,88 kWp. Kako bi se postigla željena snaga, postavljeno je 14 modula, a korišten je inverter Huawei SUN2000-5KLT-M1 nazivne snage 5 kW.

Nakon unosa svih podataka i modeliranja elektrane, procijenjeno je da će fotonaponska elektrana godišnje proizvoditi 8603 kWh, od čega će 6068 kWh biti poslano u distribucijsku mrežu, dok će 2535 kWh biti poslano u kućanstvo za potrebe potrošnje. Procijenjeno je da će kućanstvu trebati dodatnih 5618 kWh električne energije, koja će biti preuzeta iz distribucijske mreže na godišnjoj razini. (Slika 5.16.)



Slika 5.16. Tokovi energije Drugi slučaj

Sa grafa na slici 5.17. može se zaključiti da je proizvodnja znatno povećana tijekom ljetnih mjeseci, kada dostiže svoje maksimume, dok je u tom razdoblju zabilježena niska potrošnja energije iz distribucijske mreže. Istovremeno, značajna količina energije se šalje u distribucijsku mrežu. S druge strane, u zimskim mjesecima proizvodnja i slanje energije u mrežu su znatno manji, pa je tada potrebno nadomjestiti potrošnju kućanstva energijom iz mreže. Budući da se u zimskim mjesecima za grijanje koriste klima uređaji, a proizvodnja energije je tada smanjena, minimalne količine će biti poslone u distribucijsku mrežu, dok će maksimalne vrijednosti energije biti preuzete iz mreže.



Slika 5.17. Graf potrošnje i proizvodnje energije Drugi slučaj

Za izračun isplativosti drugog slučaja, utvrđena je cijena sustava od 5.810,23 €, dok je otkupna cijena jednog kWh električne energije postavljena na 0,049472 €/kWh. Radni vijek sustava procijenjen je na oko 20 godina. Nakon unosa tih podataka u program, generira se tablica isplativosti kojoj je potrebno dodati godišnju uštedu od grijanja. Ova ušteda izračunava se množenjem količine od 9888 kWh toplinske energije i cijene toplinske energije od 0,02481 €/kWh, čime se dobiva godišnja ušteda od 245,37 €.

U Tablici 5.2. prikazana je isplativost drugog slučaja. Iz tablice se može zaključiti da će sustav generirati profit, no taj profit će se ostvariti tek u posljednje dvije godine, u ukupnom iznosu od 376,65 €. Ovaj iznos predstavlja neznatan povrat u odnosu na inicijalnu investiciju. Kao razlog slabog profita navodi se povećana potrošnja električne energije za grijanje putem klima uređaja tijekom zimskih mjeseci, kada je proizvodnja smanjena zbog nedostatka sunčeve svjetlosti, te je

potrebna nadoknada energije iz mreže. Za razliku od zimskih, u ljetnim mjesecima ostvaruje se veći izvoz energije u distribucijsku mrežu, što je vidljivo na grafu sa slike 5.17. Kao rješenje ovog problema nameće se povećanje instalirane snage sustava i veći broj solarnih panela.

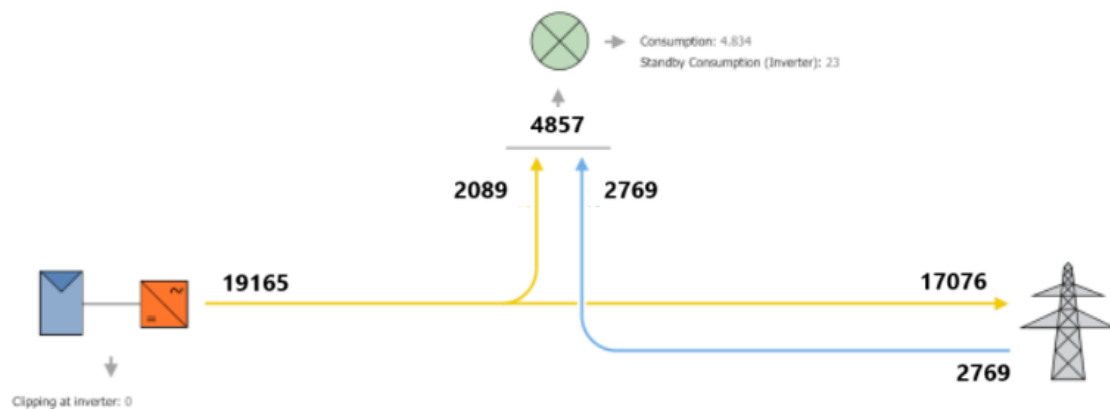
Tablica 5.2. Isplativost Drugog slučaja

Godine	1. godina	2. godina	3. godina	4. godina	5. godina
Ulaganje	-5.810,23 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-57,53 €	-56,96 €	-56,39 €	-55,84 €	-55,28 €
Uvoz/izvoz iz mreže	265,90 €	294,19 €	291,28 €	288,40 €	285,54 €
Ušteda	68,18 €	73,94 €	74,68 €	75,42 €	76,16 €
Godišnji prihod	-5.533,68 €	311,18 €	309,57 €	307,98 €	306,42 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-5.288,31 €	-4.976,46 €	-4.667,56 €	-4.359,58 €	-4.053,16 €
Godine	6. godina	7. godina	8. godina	9. godina	10. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-54,73 €	-54,19 €	53,66 €	-53,12 €	-52,60 €
Uvoz/izvoz iz mreže	282,72 €	279,92 €	277,15 €	274,40 €	271,68 €
Ušteda	76,92 €	77,68 €	78,45 €	79,22 €	80,01 €
Godišnji prihod	304,90 €	303,40 €	301,94 €	300,50 €	299,09 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-3.748,26 €	-3.444,86 €	-3.142,93 €	-2.842,43 €	-2.543,33 €
Godine	11. godina	12. godina	13. godina	14. godina	15. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-52,08 €	-51,56 €	-51,05 €	-50,55 €	-50,05 €
Uvoz/izvoz iz mreže	268,99 €	266,33 €	263,69 €	261,08 €	258,50 €
Ušteda	80,80 €	81,60 €	82,41 €	83,22 €	84,05 €
Godišnji prihod	297,72 €	296,37 €	295,05 €	293,76 €	292,39 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-2.245,62 €	-1.949,25 €	-1.654,20 €	-1.360,44 €	-1.067,94 €
Godine	16. godina	17. godina	18. godina	19. godina	20. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-49,55 €	-49,06 €	-48,57 €	-48,09 €	-47,62 €
Uvoz/izvoz iz mreže	255,94 €	253,41 €	250,90 €	248,41 €	245,95 €
Ušteda	84,88 €	85,72 €	86,57 €	87,43 €	88,29 €
Godišnji prihod	291,27 €	290,06 €	288,89 €	287,74 €	286,63 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-776,67 €	-486,61 €	-197,72 €	90,03 €	376,65 €

5.3.3. Treći slučaj A

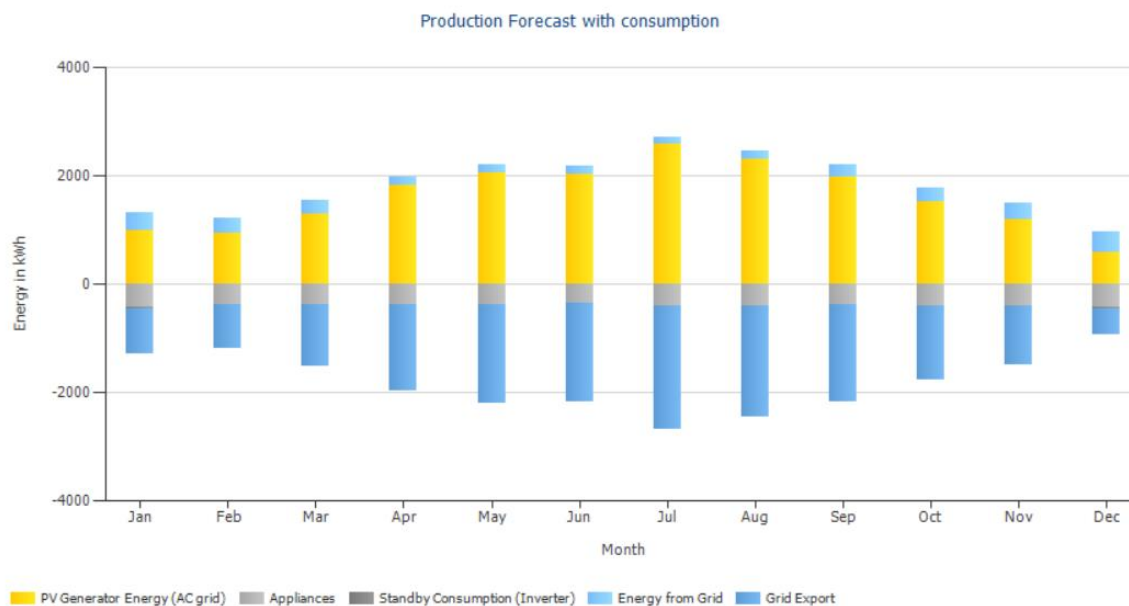
Za potrebe trećeg slučaja dimenzionirana je elektrana snage 13,2 kWp koja se sastoji od 32 modula i invertera Huawei SUN2000-10KTL-M1 nazivne snage 10 kW. Za potrebni slučaj definirana je potrošnja električne energije od 4834 kWh kao na slici 5.5. iz poglavlja 5.2. Izrada projekta u PV SOL premiumu.

Nakon unosa svih podataka i modeliranja elektrane, procijenjeno je da će fotonaponska elektrana godišnje proizvoditi 19165 kWh, od čega će 17076 kWh biti poslano u distribucijsku mrežu, dok će 2089 kWh biti poslano u kućanstvo za potrebe potrošnje. Procijenjeno je da će kućanstvu trebati dodatnih 2769 kWh električne energije, koja će biti preuzeta iz distribucijske mreže na godišnjoj razini. (Slika 5.18.)



Slika 5.18. Tokovi energije Treći slučaj A

Na grafu sa slike 5.19 vidljivo je da elektrana proizvodi znatno veće količine energije u odnosu na prethodne slučajeve, što je postignuto povećanjem broja solarnih panela i snage sustava. Primjećuje se kako se iz mreže povlače minimalne količine energije, dok je proizvodnja najviša tijekom ljetnih mjeseci, kada se ostvaruje i najveći izvoz. Također, dolazi do izvoza električne energije i tijekom zimskih mjeseci, što u ranijim slučajevima nije bilo prisutno u tolikoj mjeri.



Slika 5.19. Graf potrošnje i proizvodnje energije Treći slučaj A

Za izračun isplativosti trećeg slučaja A, utvrđena je cijena sustava od 10.786,00 €, dok je otkupna cijena jednog kWh električne energije postavljena na 0,049472 €/kWh. Radni vijek sustava procijenjen je na oko 20 godina. Nakon unosa tih podataka u program, generira se tablica isplativosti.

Tablica 5.3. Isplativost Trećeg A slučaja

Godine	1. godina	2. godina	3. godina	4. godina	5. godina
Ulaganje	-10.786,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-106,79 €	-105,73 €	-104,69 €	-103,65 €	-102,63 €
Uvoz/izvoz iz mreže	758,57 €	828,01 €	819,81 €	811,69 €	803,66 €
Ušteda	57,64 €	60,80 €	61,40 €	62,01 €	62,62 €
Godišnji prihod	-10.076,58 €	783,07 €	776,52 €	770,05 €	763,65 €
Ukupno	-10.076,58 €	-9.293,51 €	-8.516,98 €	-7.746,94 €	-6.983,28 €
Godine	6. godina	7. godina	8. godina	9. godina	10. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-101,61 €	-100,60 €	-99,61 €	-98,62 €	-97,64 €
Uvoz/izvoz iz mreže	795,70 €	787,82 €	780,02 €	772,30 €	764,65 €
Ušteda	63,24 €	63,87 €	64,50 €	65,14 €	65,78 €
Godišnji prihod	757,33 €	751,09 €	744,91 €	738,81 €	732,79 €
Ukupno	-6.225,95 €	-5.474,87 €	-4.729,96 €	-3.991,14 €	-3.258,35 €
Godine	11. godina	12. godina	13. godina	14. godina	15. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-96,68 €	-95,72 €	-94,77 €	-93,83 €	-92,90 €
Uvoz/izvoz iz mreže	757,08 €	749,58 €	742,16 €	734,81 €	727,54 €
Ušteda	66,44 €	67,09 €	67,76 €	68,43 €	69,11 €
Godišnji prihod	726,84 €	720,96 €	715,15 €	709,41 €	703,74 €
Ukupno	-2.531,51 €	-1.810,56 €	-1.095,41 €	-386,00 €	317,74 €
Godine	16. godina	17. godina	18. godina	19. godina	20. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-91,98 €	-91,07 €	-90,17 €	-89,28 €	-88,40 €
Uvoz/izvoz iz mreže	720,33 €	713,20 €	706,14 €	699,15 €	692,23 €
Ušteda	69,79 €	70,48 €	71,18 €	71,88 €	72,60 €
Godišnji prihod	698,14 €	692,61 €	687,15 €	681,75 €	676,43 €
Ukupno	1.015,88 €	1.708,48 €	2.395,63 €	3.077,39 €	3.753,81 €

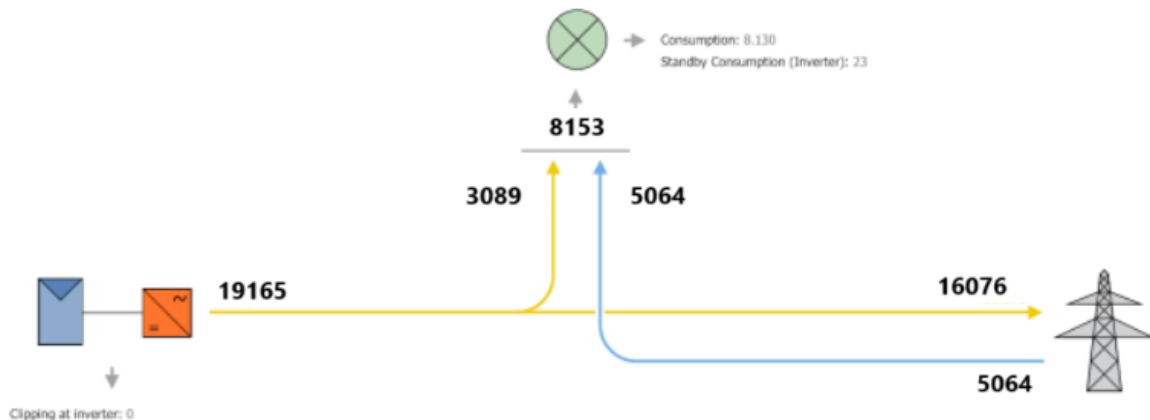
Iz tablice 5.3. može se zaključiti da je, uz veću početnu investiciju u odnosu na prethodne slučajeve, ostvaren konačni profit nakon četrnaeste godine rada sustava. Na kraju dvadesete godine, sustav je donio ukupnu zaradu od 3.753,81 €.

5.3.4. Treći slučaj B

Za potrebe trećeg slučaja B dimenzionirana je ista elektrana kao i u A slučaju (snage 13,2 kWp, 32 modula i invertera nazivne snage 10 kW)

Za treći slučaj B bilo je potrebno definirati potrošnju električne energije kućanstva i potrošnju klima uređaja za grijanje kojima se zamjenjuje grijanje gradskim toplovodom kao i u poglavlju 5.3.2. Drugi slučaj. Gdje je objašnjeno kako se dolazi do željenog zbroja potrošnji te je isto tako potrošnja za ovaj slučaj definirana kao što je prikazano na slici 5.6. iz poglavlja 5.2. Izrada projekta u PV SOL Premiumu.

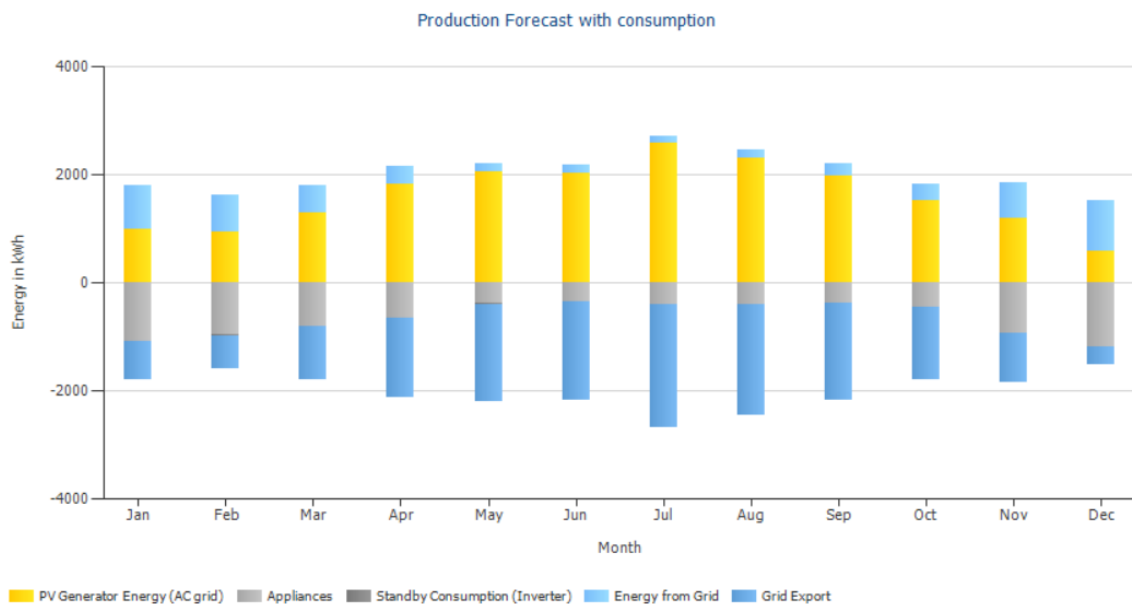
Nakon unosa svih podataka i modeliranja elektrane, procijenjeno je da će fotonaponska elektrana godišnje proizvoditi 19165 kWh, od čega će 16076 kWh biti poslano u distribucijsku mrežu, dok će 3089 kWh biti poslano u kućanstvo za potrebe potrošnje. Procijenjeno je da će kućanstvu trebati dodatnih 5064 kWh električne energije, koja će biti preuzeta iz distribucijske mreže na godišnjoj razini. (Slika 5.20.)



Slika 5.20. Tokovi energije Treći slučaj B

Na grafu sa slike 5.21 prikazana proizvodnja energije je identična kao u Trećem slučaju A, budući da se radi o istom sustavu. Uočava se, za razliku od grafa sa slike 5.19, da je tijekom zimskog razdoblja korišteno više energije iz mreže. To je razumljivo, s obzirom na smanjenu proizvodnju energije zimi zbog manjka sunčeve svjetlosti. Veća potrošnja rezultat je korištenja klima uređaja za grijanje, no unatoč povećanoj potrošnji, sustav je uspio generirati i određenu

količinu energije za izvoz u distribucijsku mrežu. To je omogućeno povećanjem broja modula i ukupne snage sustava.



Slika 5.21. Graf potrošnje i proizvodnje energije Treći slučaj B

Za izračun isplativosti ovog slučaja, utvrđena je cijena sustava od 10.786,00 €, dok je otkupna cijena jednog kWh električne energije postavljena na 0,049472 €/kWh. Radni vijek sustava procijenjen je na oko 20 godina. Nakon unosa tih podataka u program, generira se tablica isplativosti kojoj je potrebno dodati godišnju uštedu od grijanja. Ova ušteda izračunava se množenjem količine od 9888 kWh toplinske energije i cijene toplinske energije od 0,02481 €/kWh, čime se dobiva godišnja ušteda od 245,37 € (kao i u drugom slučaju).

U Tablici 5.4. prikazana je isplativost Trećeg B slučaja. Iz tablice se može zaključiti da će sustav generirati profit nakon četrnaeste godine rada. Ostvarit će se zarada od 3.743,77 € što je omogućilo povećanje broja modula, snage sustava i početne investicije.

Tablica 5.4. Isplativost Trećeg B slučaja

Godine	1. godina	2. godina	3. godina	4. godina	5. godina
Ulaganje	-10.786,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-106,79 €	105,73 €	-104,69 €	-103,65 €	-102,63 €
Uvoz/izvoz iz mreže	709,57 €	779,49 €	771,78 €	764,13 €	756,57 €
Ušteda	82,98 €	90,25 €	91,14 €	92,04 €	92,95 €
Godišnji prihod	-10.100,23 €	764,01 €	758,23 €	752,53 €	746,90 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-9.854,86 €	-9.090,86 €	-8.332,63 €	-7.580,10 €	-6.833,21 €
Godine	6. godina	7. godina	8. godina	9. godina	10. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-101,61 €	-100,60 €	-99,61 €	-98,62 €	-97,64 €
Uvoz/izvoz iz mreže	749,08 €	741,66 €	734,32 €	727,05 €	719,85 €
Ušteda	93,87 €	94,80 €	95,74 €	96,69 €	97,65 €
Godišnji prihod	741,34 €	735,86 €	730,45 €	725,12 €	719,85 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-6.091,86 €	-5.356,00 €	-4.625,55 €	-3.900,43 €	-3.180,58 €
Godine	11. godina	12. godina	13. godina	14. godina	15. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-96,68 €	-95,72 €	-94,77 €	-93,83 €	-92,90 €
Uvoz/izvoz iz mreže	712,72 €	705,66 €	698,68 €	691,76 €	684,91 €
Ušteda	98,61 €	99,59 €	100,51 €	101,57 €	102,58 €
Godišnji prihod	714,66 €	709,53 €	704,48 €	699,50 €	694,58 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	-2.465,92 €	-1.756,39 €	-1.051,90 €	-352,41 €	342,18 €
Godine	16. godina	17. godina	18. godina	19. godina	20. godina
Ulaganje	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Troškovi održavanja	-91,98 €	-91,07 €	-90,17 €	-89,28 €	-88,40 €
Uvoz/izvoz iz mreže	678,13 €	671,42 €	664,77 €	658,19 €	651,67 €
Ušteda	103,59 €	104,62 €	105,66 €	106,70 €	107,76 €
Godišnji prihod	689,74 €	684,96 €	680,25 €	675,61 €	671,03 €
Ušteda grijanje	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €	245,37 €
Ukupno	1.031,92 €	1.716,88 €	2.397,13 €	3.072,74 €	3.743,77 €

6. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom dolazimo do zaključka gdje se ističe važnost implementacije fotonaponskih sustava kao održivog i isplativog rješenja za proizvodnju električne energije u kućanstvima. Kroz analizu podataka o potrošnji i proizvodnji električne energije tijekom 20 godina, potvrđena je financijska isplativost ovog ulaganja. Unatoč početnim troškovima, sustav fotonaponske elektrane dugoročno donosi značajne uštede na računima za električnu energiju, a dodatno omogućuje prodaju viška proizvedene energije distributeru, čime se povećava ukupna korist.

Korištenjem programa PV SOL premium omogućena je precizna analiza i simulacija performansi fotonaponske elektrane u različitim uvjetima potrošnje. Rezultati simulacija triju slučajeva ukazuju na to da su manji sustavi često neisplativi, dok sustavi s većom instaliranom snagom, kao u trećem slučaju, ostvaruju značajan profit na dulji rok. To naglašava važnost pažljivog dimenzioniranja sustava prema potrebama kućanstva.

Fotonaponski sustavi tako predstavljaju pouzdano rješenje za kućanstva, doprinoseći smanjenju ovisnosti o fosilnim gorivima te smanjenju emisije štetnih tvari. Ovaj projekt također podržava zelenu tranziciju, promovirajući održivi razvoj i čistu energiju za budućnost.

Zaključno, rezultati proračuna jasno ukazuju da fotonaponski sustavi pružaju dugoročno isplativo i održivo rješenje za kućanstva, uz mogućnost ostvarivanja značajnih financijskih i ekoloških koristi.

LITERATURA:

- [1] EKO SUSTAV. <https://eko-sustav.hr/strucni-clanci/sunceva-solarna-energija/>. Pristupljeno: 5. lipanj 2024.
- [2] Šljivac, Damir i Topić, Danijel. Obnovljivi izvori električne energije. Osijek : Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, 2018.
- [3] Na sunčanoj strani. <https://nasuncanojstrani.hr/oprema/solarni-ili-fotonaponski-fn-paneli/>. Pristupljeno : 15. kolovoz 2024.
- [4] Technical Application Papers No.10 Photovoltaic plants. SACE, ABB. Bergamo : ABB, 2014.
- [5] WANHOS. <https://hr.pv-mounting.com/solar-energy-system/monocrystalline-solar-module-mono-solar.html>. Pristupljeno: 25. kolovoz 2024.
- [6] SVALAR HR. <https://svalar.hr/>. Pristupljeno: 15. srpanj 2024.
- [7] Topić, Danijel, Varjú, Viktor i Horváthné Kovács, Bernadett. Obnovljivi izvori energije i energetska učinkovitost u ruralnim područjima. Pécs : MTA KRTK Institute for Regional Studies, 2018.
- [8] Ilić, Igor. Bloomberg Adria. <https://hr.bloombergadria.com/trzista/robe/58397/hrvatska-na-putu-da-do-2030-polovica-struje-dolazi-iz-sunca-i-vjetra/news>. Pristupljeno: 30. kolovoz 2024.
- [9] IQ CENTAR. <https://iqcentar.hr/trinasolar-420w-tsm-de09r-08-hc-120c-1500>. Pristupljeno: 30. kolovoz 2024.
- [10] HUAWEI. <https://solar.huawei.com/en-GB/download?p=%2F%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2F%2Fdatasheet%2FSUN2000-3-10KTL-M1.pdf>. Pristupljeno: 31. kolovoz 2024.
- [11] Senetic. <https://www.senetic.hr/product/SUN2000-10KTL-M1-HC>. Pristupljeno: 31. kolovoz 2024
- [12] Pelin, Denis, Šljivac, Damir i Topić, Danijel. Utjecaj fotonaponskih sustava na regiju. Pécs : MTA RKK, 2014.
- [13] Does Solar, Gary. Solar Array Oversizing - All the Benefits and Considerations. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=5y2dJ8S6zDU&t=51s>. Pristupljeno: 20. lipanj 2024.
- [14] Biedermann, Sofie. CroReal BLOG. <https://www.croreal.com/blog/hr/fotovoltaicka-elektrana-u-hrvatskoj-2024-za-i-protiv>. Pristupljeno: 25. lipanj 2024.
- [15] Zgradonačelnik.hr. <https://www.zgradonacelnik.hr/savjeti/besplatna-brosura-preuzmite-prirucnik-za-postavljanje-fotonapona-na-krov-kuce-ili-zgrade/959>. Pristupljeno: 20. svibanj 2024.

https://static.trinasolar.com/sites/default/files/DT_M_A%20Datasheet_VertexS_DE09R.08_EN_2022_A_web.pdf. Pristupljeno: 30. kolovoz 2024.

SAŽETAK

Rad „Projektiranje fotonaponske elektrane za kućanstvo“ bavi se projektiranjem i analizom fotonaponske elektrane namijenjene kućanstvima. Detaljno su opisani fotonaponski sustavi, njihove komponente te postupak pretvorbe sunčeve energije u električnu energiju. Poseban naglasak stavljen je na analizu isplativosti sustava korištenjem softvera PV SOL premium, koji je omogućio simulaciju rada elektrane u različitim uvjetima potrošnje i proizvodnje energije. Rezultati pokazuju da instalacija fotonaponske elektrane predstavlja financijski isplativo ulaganje, omogućujući dugoročne uštede na troškovima energije i potencijal za dodatnu zaradu prodajom viška proizvedene energije. Fotonaponski sustavi ističu se kao važan alat za smanjenje emisije štetnih plinova te doprinos energetskej neovisnosti i održivom razvoju.

Ključne riječi: fotonapon, fotonaponska pretvorba, modul, solarna elektrana, izmjenjivač, program PV SOL, projektiranje, analiza isplativosti.

SUMMARY

The thesis “ Designing a photovoltaic power plant for the household ” focuses on the design and analysis of photovoltaic power plants intended for households. Photovoltaic systems, their components, and the process of converting solar energy into electricity are described in detail. Special emphasis is placed on analyzing the cost-effectiveness of the system using PV SOL premium software, which enabled the simulation of the power plant's operation under different energy consumption and production conditions. The results show that the installation of a photovoltaic power plant represents a financially viable investment, allowing long-term savings on energy costs and potential additional income through the sale of excess produced energy. Photovoltaic systems stand out as an important tool for reducing harmful gas emissions and contributing to energy independence and sustainable development.

Keywords: Photovoltaics, photovoltaic conversion, module, solar power plant, inverter, PV SOL software, design, cost-benefit analysis

ŽIVOTOPIS

Dominik Ferić, rođen 12. travnja 2002. godine u Slavonskom Brodu. Djetinjstvo je proveo u Stupničkim Kutima, gdje je pohađao Osnovnu školu Antun Matija Reljković. Nakon završetka osnovne škole, upisuje Gimnaziju Matija Mesić u Slavonskom Brodu, gdje se seli i nastavlja živjeti.

U srpnju 2021. godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, gdje pohađa stručni studij smjer elektroenergetika. Tijekom studija razvija interes za daljnje školovanje i usavršavanje u svojoj struci te planira nastaviti obrazovanje nakon završetka trenutnog studija.

Motiviran za stjecanje dodatnih znanja i vještina u području elektroenergetike, s ciljem uspješne integracije u profesionalni svijet i daljnji profesionalni razvoj.