

VG OIE

ANALIZA ISPLATIVOSTI PRIMJENE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U VIŠESTAMBENIM ZGRADAMA VELIKE GORICE

Izrađivač:

Društvo za oblikovanje održivog razvoja

Janka Rakuše 1, Zagreb

Autori:

Daniel Rodik, dipl.ing.

Marija Horvat, univ. bacc. ing. el. techn. inf.

Za izrađivača:

Izvršna direktorica, Slavica Robić, MSc., dipl.ing.el.

Naručitelj:

Upravni odjel za urbanizam i zaštitu okoliša

Grad Velika Gorica

Zagreb, prosinac 2019.



SADRŽAJ:

Sadržaj:	3
1. Uvod	8
1.1 Opis zadatka	8
2. Odabrane zgrade i lokacije	10
2.1 Osnovni podaci	10
2.1.1 Stambena zgrada Slavka Kolara 19-27	10
2.1.2 Stambena zgrada Josipa Pucekovića 1-13	11
2.2 Potrošnja električne energije	13
2.2.1 Slavka Kolara 19-27	13
2.2.2 Josipa Pucekovića 1-13	16
2.3 Klimatski podaci na odabranim lokacijama	18
3. Primjena fotonaponskih sustava	19
3.1 Opis tehnologije FN sustava	19
3.2 Dijelovi FN sustava	22
3.3 Postavljanje FN panela	22
3.4 Kupac s vlastitom proizvodnjom	25
3.5 Izračun perioda isplativosti	27
3.5.1 Zgrada Slavka Kolara 19-27	28
Ulaz 19	29
Ulaz 21	33
Ulaz 23	36
Ulaz 25	41
Ulaz 27	45
3.5.2 Zgrada Josipa Pucekovića 1-13	49
Svi ulazi	50
3.6 Koraci za priključenje kućanstva s vlastitom proizvodnjom	55
4. Mogućnost sufinanciranja putem fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost	56
5. Primjena ostalih obnovljivih izvora energije	57
5.1 Korištenje sunčeve energije za dogrijavanje PTV i prostora	57
5.1.1 Vrste sunčanih kolektora	58
5.1.2 Učinkovitost kolektora	59
5.1.3 Dimenzioniranje i isplativost sustava	60

5.2	Korištenje geotermalne energije za grijanje prostora i dogrijavanje PTV	61
5.2.1	Princip rada geotermalnih dizalica topline	63
6.	Zaključak	67
7.	Literatura	69
8.	Dodaci	70

POPIS SLIKA

Slika 1 Zgrada Slavka Kolara 19-27, pročelje i dio krova (Izvor: DOOR)	10
Slika 2 Prikaz krova zgrade na adresi Slavka Kolara 19-27 (Izvor: Državna geodetska uprava)	11
Slika 3 Zgrada J.Pucekovića 1-13, pročelje (Izvor: DOOR)	12
Slika 4 Prikaz krova zgrade na adresi Josipa Pucekovića 1-13 (Izvor: Državna geodetska uprava)	12
Slika 5 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za 2 vrste zajedničkih brojila, Slavka Kolara 19-27.....	14
Slika 6 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za kućanstva, S. Kolara 19-27	15
Slika 7 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za 2 vrste zajedničkih brojila, J.Pucekovića 1-13.....	17
Slika 8 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za kućanstva, J.Pucekovića 1-13	17
Slika 9: Razmak i zasjenjenost, montaža na ravnom krovu.....	23
Slika 10: Utjecaj stvarnog položaja fotonaponskog modula prema idealnom.....	24
Slika 11 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Rasvjeta stubišta i lift	30
Slika 12 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	31
Slika 13 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM toplinska stanica	31
Slika 14 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	32
Slika 15 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Rasvjeta stubišta i lift	34
Slika 16 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	34
Slika 17 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM toplinska stanica	35
Slika 18 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	36
Slika 19 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Rasvjeta stubišta i lift	37
Slika 20 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	38
Slika 21 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM toplinska stanica	39
Slika 22 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	40
Slika 23 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Rasvjeta stubišta i lift	42
Slika 24 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	43
Slika 25 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM toplinska stanica	43
Slika 26 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	44

Slika 27 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Rasvjeta stubišta i lift	46
Slika 28 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	47
Slika 29 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM toplinska stanica	47
Slika 30 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	48
Slika 31 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Josipa Pucekovića, prosječan ulaz, OMM Rasvjeta stubišta i lift	51
Slika 32 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	52
Slika 33 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Josipa Pucekovića, OMM toplinska stanica	53
Slika 34 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN	54
Slika 35 Prikaz postupka priključenja na mrežu za kupce s vlastitom proizvodnjom.....	55
Slika 36 Prikaz sunčevog toplinskog sustava	58
Slika 37 Varijante spajanja solarnog sustava sa postojećim sustavima grijanja u višestambenim zgradama	60
Slika 38 Prikaz sustava grijanja kućanstva sa toplinskom pumpom i	64

POPIS TABLICA

Tablica 1 Prosječna godišnja potrošnja električne energije zajedničkih brojila– S. Kolara 19-27.....	13
Tablica 2: Prosječna godišnja potrošnja električne energije zajedničkih brojila – J. Pucekovića 1-13.....	16
Tablica 3: Globalno Sunčevo zračenje, Zagreb Pleso aerodrom	18
Tablica 4: Svojstva fotonaponskih modula.....	20
Tablica 5: Parametri modula SV54 - 245	22
Tablica 6: Minimalni razmak između redova panela za različite kutove.....	23
Tablica 7: Godišnja proizvodnja električne energije za zgradu Slavka Kolara 19-27.....	28
Tablica 8: Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 19 (polikristalni paneli SV54 – 245).....	29
Tablica 9 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Rasvjeta stubišta i lift.....	30
Tablica 10 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Toplinska stanica.....	32
Tablica 11 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 21 (polikristalni paneli SV54 – 245).....	33
Tablica 12 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Rasvjeta stubišta i lift	34
Tablica 13 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Toplinska stanica.....	35
Tablica 14 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 23 (polikristalni paneli SV54 – 245).....	36
Tablica 15 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Rasvjeta stubišta i lift	37
Tablica 16 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Toplinska stanica.....	39

Tablica 17 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 25 (polikristalni paneli SV54 – 245).....	41
Tablica 18 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Rasvjeta stubišta i lift	42
Tablica 19 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Toplinska stanica.....	44
Tablica 20 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 27 (polikristalni paneli SV54 – 245).....	45
Tablica 21 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Rasvjeta stubišta i lift	46
Tablica 22 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Toplinska stanica.....	48
Tablica 23: Godišnja proizvodnja električne energije za zgradu Josipa Pucekovića 1-13	49
Tablica 24: Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za svaki ulaz (polikristalni paneli SV54 – 245).....	50
Tablica 25 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Josipa Pucekovića, jedan ulaz, OMM Rasvjeta stubišta i lift.....	51
Tablica 26 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Josipa Pucekovića, OMM Toplinska stanica	53
Tablica 27 Analiza primjene toplinske pumpe za grijanje i hlađenje obiteljske kuće	66
Tablica 28 Sumarni prikaz veličina FN elektrana, troškova i JPP	67

1. UVOD

Grad Velika Gorica već niz godina aktivno razvija i provodi projekte energetske učinkovitosti u javnim zgradama i javnoj rasvjeti. Gradsko stambeno gospodarstvo Velike Gorice (GSG VG) kao upravitelj najvećeg broja višestambenih zgrada uspješno provodi projekte energetske obnove višestambenih zgrada u Velikoj Gorici.

Također, na području razvoja obnovljivih izvora energije, Grad je u suradnji s udrugom DOOR proveo projekt Solarno mapiranje Velike Gorice <http://www.solarvg.info/> koji je rezultirao interaktivnom GIS kartom – aplikacijom koja prikazuje potencijal korištenja Sunčeve energije. Aplikacija Velika Gorica SOLARNI GRAD prikazuje interaktivnu kartu područja Grada Velika Gorica s javnim i stambenim zgradama, čiji su krovovi potencijalne površine za instalaciju sunčanih elektrana.

1.1 Opis zadatka

Analiza isplativosti primjene obnovljivih izvora energije u višestambenim zgradama Velike Gorice (u daljnjem tekstu: Analiza) izrađuje se na zahtjev Grada Velika Gorica, Upravni odjel za urbanizam i zaštitu okoliša. Cilj Analize je procijeniti isplativost – jednostavni period otplate i izvedivost postavljanja integriranih sunčanih elektrana na građevinama (dalje u tekstu: FN elektrane) na ravnim krovovima dviju višestambenih zgrada: zgrada Josipa Pucekovića 1-13 i zgrada Slavka Kolara 19-27. Obje mogućnosti pretpostavljaju korištenje zajedničkih površina – ravnih krovova, što pretpostavlja suglasnost suvlasnika zgrade.

U Analizi je razmatran slučaj da su FN elektrane koje proizvode električnu energiju spojene preko obračunskih mjernih mjesta (OMM) po modelu „krajnji kupac sa vlastitom proizvodnjom“. Obračun isporučene i preuzete električne energije se pri tome bazira na razlici potrošene (preuzete) i proizvedene (isporučene) električne energije preko jednog OMM¹.

Krajnji kupac (jedan ulaz zgrade ili kućanstvo) u tom slučaju treba steći status povlaštenog proizvođača električne energije te postaje krajnji kupac sa vlastitom proizvodnjom. Oba modela baziraju se na mogućnosti da elektrane proizvedu dio energije koja će se obračunati kao potrošena na lokaciji te će račun za električnu energiju biti manji. Prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 111/18, dalje u tekstu Zakon o OIE i VK) opskrbljivač električne energije u svakom obračunskom razdoblju izdaje račun krajnjem kupcu kategorije kućanstva za razliku između preuzete i isporučene električne energije (kWh) u višoj dnevnoj tarifi i razliku između isporučene i preuzete električne energije (kWh) u nižoj dnevnoj tarifi od strane krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom. Također višak proizvedene energije se predaje u mrežu i prodaje prema cijeni također određenoj Zakonom o OIE i VG.

Važan aspekt isplativosti ovih modela je preklapanje proizvodnje i potrošnje u obračunskom razdoblju jednom mjesecu. Proizvodnja FN elektrane ovisiti će o osunčanosti i godišnjem dobu, te je u Analizi procijenjena pomoću PVGIS online² alata, a potrošnja u oba modela ovisi o navikama potrošnje koje su

¹ Prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 111/18)

² PVGIS online, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP

procijenjene na temelju postojećih računa za električnu energiju. U Analizi su prikazani grafovi preklapanja proizvodnje i potrošnje na temelju kojega se može procijeniti ekonomska isplativost postavljanja FN elektrana.

2. ODABRANE ZGRADE I LOKACIJE

2.1 Osnovni podaci

2.1.1 Stambena zgrada Slavka Kolara 19-27

Zgrada u ulici Slavka Kolara 19-27 najvećim dijelom je stambene namjene. Smještena je na katastarskoj čestici 1540, k.o. Velika Gorica, a izgrađena je 1978. godine. Upravitelj zgrade je Gradsko stambeno gospodarstvo Velike Gorice (GSG VG).

Energetska obnova zgrade provedena je u sklopu projekta Energetska obnova višestambene zgrade na adresi Slavka Kolara 19-27, Velika Gorica (projekt 4c2.2.) u razdoblju od listopada 2016. do listopada 2018. godine. Ukupna vrijednost projekta iznosila je 15.372.940,00 kuna, od čega je 9.254.072,00 kuna sufinancirano iz Europskog fonda za regionalni razvoj - Operativnog programa "Konkurentnost i kohezija 2014-2020." U sklopu energetske obnove napravljena je rekonstrukcija krova iznad grijanog prostora, izolacija vanjskog zida, izolacija poda prema tlu ili negrijanom prostoru i zamjena vanjske stolarije. Nakon energetske obnove, koja uključuje poboljšanje toplinske zaštite ovojnice te zamjenu vanjske stolarije, projektirana je ušteda od 80% toplinske energije za grijanje/hlađenje.



Slika 1 Zgrada Slavka Kolara 19-27, pročelje i dio krova (Izvor: DOOR)

Ukupna neto stambena površina iznosi 18.360,62 m², a površina katastarske čestice je 2.239 m². Zgrada se sastoji od 258 stambene jedinice na 9 etaža (prizemlje + 8 katova), 3 poslovna prostora te od zajedničkog stubišta i dvorišta. Zgrada ima ravni krov ukupne površine 1.405,51 m².

S obzirom da je zgrada Slavka Kolara 19-27 energetska obnovljena, te da je postavljena toplinska izolacija na vanjskim zidovima i krov saniran, omogućeno je izravno postavljanje fotonaponske (FN) elektrane tj. panela na krov bez dodatne sanacije krova.



Slika 2 Prikaz krova zgrade na adresi Slavka Kolara 19-27 (Izvor: Državna geodetska uprava)

2.1.2 Stambena zgrada Josipa Pucekovića 1-13

Zgrada u ulici Josipa Pucekovića 1-13 je zgrada isključivo stambene namjene. Zgrada je smještena na katastarskoj čestici 1635, k.o. Velika Gorica, a upravitelj zgrade je Gradsko stambeno gospodarstvo Velike Gorice (GSG VG). Ukupna neto stambena površina iznosi 1.592 m², a površina katastarske čestice je 2.249 m². Zgrada se sastoji od 154 stambene jedinice na 6 etaža (suteran, prizemlje i 4 kata) te od zajedničkih podrumskih prostorija, stubišta i dvorišta.



Slika 3 Zgrada J.Pucekovića 1-13, pročelje (Izvor: DOOR)

Zgrada ima ravni krov ukupne površine 1.612,3 m², nije energetska obnovljena, te bi svakako prije postavljanja FN elektrane trebalo u potpunosti sanirati krov u smislu postavljanja odgovarajuće toplinske i hidro izolacije.



Slika 4 Prikaz krova zgrade na adresi Josipa Pucekovića 1-13 (Izvor: Državna geodetska uprava)

2.2 Potrošnja električne energije

U ovom poglavlju opisana je potrošnja električne energije u odabranim zgradama. Svi krajnji kupci u zgradama imaju svoju električnu instalaciju u stanu i svoje brojilo električne energije. Zajednička potrošnja odnosi se na rasvjetu u stubištima i zajedničkim prostorijama, pogon liftova (samo S. Kolara), pumpe i električnu opremu u toplinskim stanicama te ostale zajedničke uređaje npr. antenska pojačala. Sva brojila (obračunska mjerna mjesta, OMM), nalaze se unutar zgrada. Električna energija u kućanstvima troši se za uobičajene kućanske potrebe - hlađenje, ventilaciju i klimatizaciju, rasvjetu i kućanske uređaje. Prema sakupljenim podacima od stanara i upravitelja zgrada prikazana je prosječna potrošnja električne energije.

2.2.1 Slavka Kolara 19-27

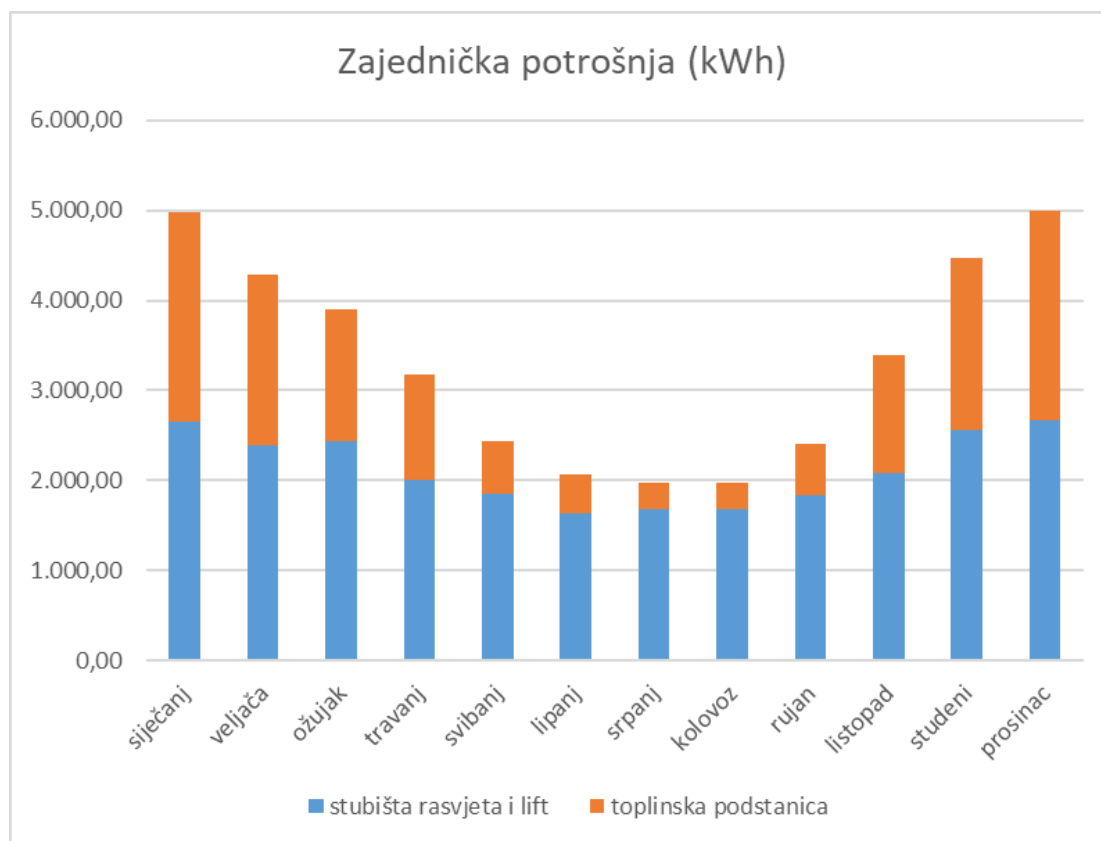
Zgrada na adresi Slavka Kolara 19-27 ima 5 ulaza i 7 OMM - brojila potrošnje električne energije za zajedničke potrebe, po jedno za rasvjetu i dizalo za svaki ulaz i dva za toplinske stanice. Električna energija za zajedničku potrošnju koristi se za pogon liftova, rasvjetu zajedničkih prostorija, stubišta i podruma, i pogon toplinskih stanica, a ukupna prosječna potrošnja na razini zgrade iznosi godišnje 28420 kWh. U tablici 1 u nastavku prikazana je prosječna potrošnja električne energije zajedničkih brojila za zgradu Slavka Kolara 19-27 po obračunskim mjernim mjestima u tekućoj godini.

Tablica 1 Prosječna godišnja potrošnja električne energije zajedničkih brojila– S. Kolara 19-27

Ulaz	Priključna snaga (kW)	OMM	UKUPNO (kWh)
19	13,8	Stubišna rasvjeta, dizalo	8076,79
21	13,8	Stubišna rasvjeta, dizalo	3775,45
23	13,8	Stubišna rasvjeta, dizalo	5945,58
25	13,8	Stubišna rasvjeta, dizalo	3019,64
27	13,8	Stubišna rasvjeta, dizalo	4656,87
19-21	Nema podatka	Toplinska podstanica (pumpe)	4334,55
23	Nema podatka	Toplinska podstanica (pumpe)	6112,36
25-27	Nema podatka	Toplinska podstanica (pumpe)	4152,06

Zbog nepotpunosti podataka na mjesečnoj razini, ukupna godišnja potrošnja električne energije za obje vrste brojila je raspodijeljena po mjesecima korištenjem udjela na temelju NKO (nadmjesna krivulja

opterećenja)³ za određenu grupu potrošača. Na slici 5 prikazana je mjesečna raspodjela prosječne potrošnje električne energije za obje vrste zajedničke potrošnje (OMM stubišta i toplinske stanica).

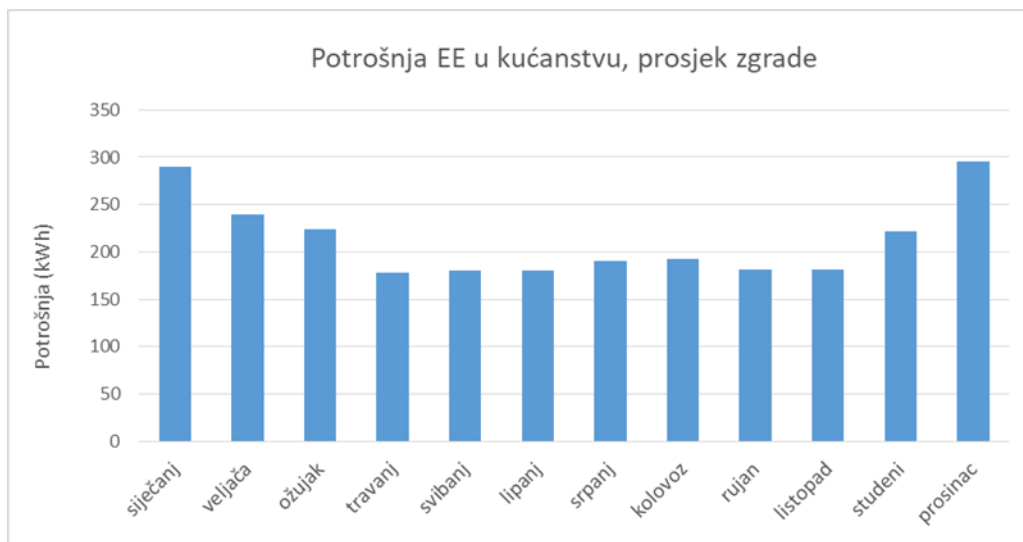


Slika 5 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za 2 vrste zajedničkih brojlara, Slavka Kolara 19-27

Električna energija u kućanstvima u zgradi se koristi za dodatno grijanje, klimatizaciju i ventilaciju, pripremu hrane, rasvjetu i kućanske uređaje. Prosječna potrošnja električne energije po stanu iznosi 2660 kWh⁴ godišnje. Na slici 6 prikazana je raspodjela potrošnje raspodijeljena po mjesecima korištenjem udjela na temelju NKO (nadomjesna krivulja opterećenja).

³ <http://hep.hr/ods/opskrbljivaci/pravila-primjene-nadomjesnih-krivulja-opterećenja/65>

⁴ Prosjek potrošnje električne energije u kućanstvima u Hrvatskoj je oko 4000 kWh, Izvor: EIHP, Energija u Hrvatskoj 2017.



Slika 6 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za kućanstva, S. Kolar 19-27

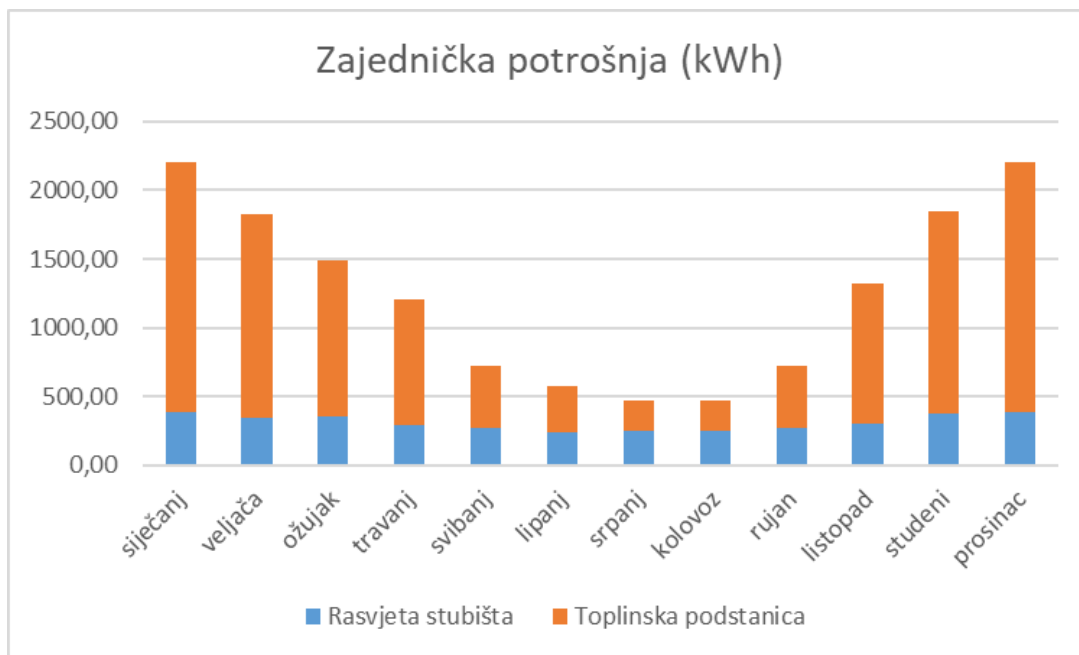
2.2.2 Josipa Pucekovića 1-13

Zgrada na adresi Josipa Pucekovića 1-13 ima 7 ulaza i 9 OMM - brojila potrošnje električne energije za zajedničke potrebe (po jedno za rasvjetu za svaki ulaz i 2 za toplinske stanice). Električna energija za zajedničku potrošnju koristi se za rasvjetu zajedničkih prostorija, stubišta i podruma, antenska pojačala u svakom ulazu i pogon toplinskih stanica, a prosječna potrošnja iznosi godišnje 9225 kWh. U tablici 3. u nastavku dana je potrošnja električne energije zajedničkih brojila za zgradu Josipa Pucekovića 1-13 po obračunskim mjernim mjestima za mjesece u tekućoj godini.

Tablica 2: Prosječna godišnja potrošnja električne energije zajedničkih brojila – J. Pucekovića 1-13

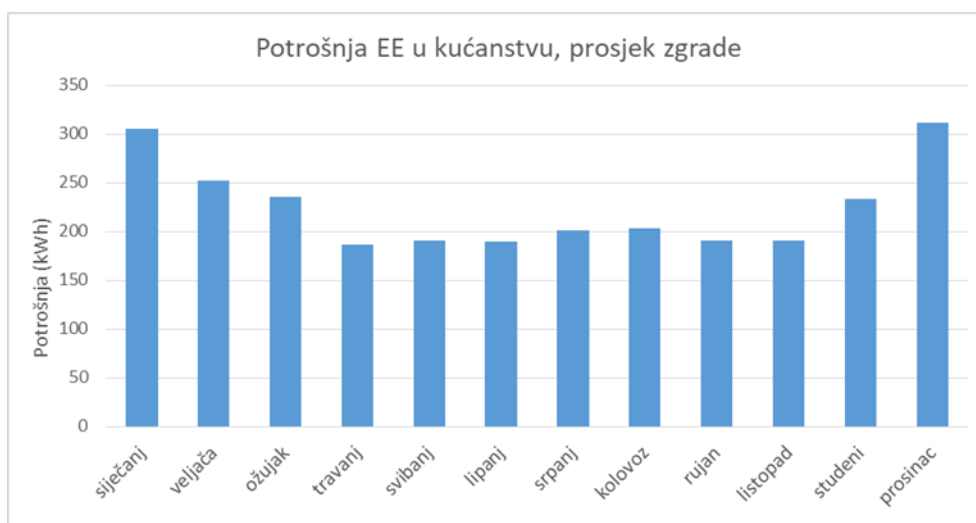
Ulaz	Priključna snaga (kW)	Potrošači	UKUPNO (kWh)
1	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	506,7
3	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	424,8
5	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	401,9
7	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	514,8
9	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	434,8
11	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	487,8
13	Nema podatka	Stubišna rasvjeta, ostalo	930,2
1-3-5	Nema podatka	Toplinska podstanica (pumpe) 1	5347,6
7-9-11-13	Nema podatka	Toplinska podstanica (pumpe) 2	6031,9

Kao i za slučaj zgrade u Kolarevoj, zbog nepotpunosti podataka ukupna godišnja potrošnja energije je raspodijeljena po mjesecima korištenjem udjela na temelju NKO (nadmjesna krivulja opterećenja) za određenu grupu potrošača. Na slici 7 prikazana je mjesečna raspodjela prosječne potrošnje električne energije za obje vrste zajedničke potrošnje (OMM stubišta i toplinske stanice).



Slika 7 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za 2 vrste zajedničkih brojila, J.Pucekovića 1-13

Električna energija u kućanstvima na lokaciji se koristi za dodatno grijanje, klimatizaciju i ventilaciju, pripremu hrane, rasvjetu i uređaje. Prosječna potrošnja električne energije na razini zgrade po kućanstvu iznosi 2692 kWh godišnje. Na slici 9 prikazana je raspodjela potrošnje električne energije kućanstva, raspodijeljena po mjesecima korištenjem udjela na temelju NKO (nadomjesna krivulja opterećenja).



Slika 8 Prosječna potrošnja električne energije po mjesecima za kućanstva, J.Pucekovića 1-13

2.3 Klimatski podaci na odabranim lokacijama

Klimatski podaci za obje lokacije odabrani su na temelju najbliže meteorološke postaje - Zagreb Pleso aerodrom. U Tablici 3 navedene su godišnje vrijednosti globalnog Sunčevog zračenja.

Tablica 3: Globalno Sunčevo zračenje, Zagreb Pleso aerodrom⁵

Globalno sunčevo zračenje [MJ/m ²]					
	orijentacija				
nagib [°]	S	SE, SW	E, W	NE, NW	N
0	4471	4471	4471	4471	4471
15	4757	4675	4436	4144	3965
30	4844	4727	4327	3741	3348
45	4719	4608	4135	3322	2733
60	4388	4318	3852	2918	2156
75	3878	3876	3482	2484	1731
90	3227	3316	3040	1941	1559

⁵ Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja,
https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Meteo_parametri_po_postajama.pdf

3. Primjena fotonaponskih sustava

S obzirom na dvije znanstveno dokazane globalne prijetnje, korištenje obnovljivih izvora energije danas je nužnost. Prva prijetnja je ugrožena sigurna opskrba energijom zbog ovisnosti o obnovljivim fosilnim gorivima, a druga su narušeni klimatski uvjeti uslijed sagorijevanja fosilnih goriva što uzrokuje povećanu globalnu koncentraciju ugljičnog dioksida. Korištenje energije Sunca kao obnovljivog i niskougljičnog izvora električne i toplinske energije ekološki je i ekonomski opravdano zbog daleko manjih eksternih troškova u odnosu na fosilna goriva.

3.1 Opis tehnologije FN sustava

Obnovljivi izvor energije koji je na raspolaganju za dobivanje električne energije na razmatranim lokacijama je energija sunca, a raspoloživa tehnologija fotonaponski sustavi.

Tehnički, na raspolaganju su dva rješenja:

1. zajednički sustav s posebnim priključkom i brojilom, za prodaju električne energije u „vanjsku“ električnu mrežu;
2. pojedinačni sustavi individualno spojeni na električne instalacije pojedinih stanova.

Osim tehničke izvedbe, postoje i dva načina prodaje/kupnje električne energije:

3. prodaja sve proizvedene električne energije opskrbljivaču po cijeni za povlaštenog proizvođača i kupnja dodatne potrebne električne po regularnoj cijeni;
4. prodaja tj. kupnja neto električne energije.

Fotonaponski sustav je sustav za generiranje električne energije iz Sunčevog zračenja pomoću fotoelektričnog efekta. Proizvedena električna energija se može predati u elektrodistribucijsku mrežu ili pohraniti u akumulatorima za potrošnju prema potrebi. Fotonaponski moduli sastoje se od međusobno spojenih sunčanih (solarnih) ćelija u kojima se, uslijed obasjavanja Sunčevim zračenjem generira istosmjerni napon pomoću fotoelektričnog efekta. Sunčane ćelije proizvode se u tehnologijama monokristaličnog, polikristaličnog ili trakastog kristaličnog silicija, te u tehnologiji tankog filma korištenjem amornog silicija, kadmij-telurija, bakar-indij-diselenida, bakar-indij-galij-diselenida ili galij-arsenida. Ovisno o tehnologiji, učinkovitost pretvorbe Sunčeve energije u električnu kreće se od 4% za tehnologiju amornog silicija do 17% za tehnologije monokristaličnog silicija. Tipičan odnos snage i površine modula kreće se između 110 i 140 W/m², dok je za transparentne module taj odnos manji i iznosi oko 50 W/m². U tablici 4 dan je pregled svojstava fotonaponskih modula izvedenih u različitim

tehnologijama. Serijskim i paralelnim spajanjem fotonaponskih modula ostvaruje se fotonaponsko polje željene snage, izlaznog napona i struje.⁶

Tablica 4: Svojstva fotonaponskih modula⁷

Vrsta						
Materijal	Monokristal	Polikristal	Amorfni silicij	Kadmij-telurij	Galij-arsenid	Bakar-indij-galij-diselenid
Učinkovitost (%)	15 – 20	13 – 16	6 – 8	12	27	20
Odnos snaga/površina (kW/m ²)	140	130	50	160	300	160

Mogućnosti primjene fotonaponskih modula su:

5. horizontalne ili vertikalne lamele kao dio sustava za zaštitu od Sunca – fiksni ili pokretni (tehnologija tankog filma ili neprovidni moduli u svim izvedbama);
6. elementi koji se postavljaju po principima krovnih pokrova – fotonaponske šindre, crjepovi ili krovne ploče (tehnologija tankog filma);
7. na krovu – učvršćeni na krovnu konstrukciju, kao neovisna potkonstrukcija ili kao nadstrešnica;
8. na pročelju – ispred čvrstog dijela fasade (neprovidni moduli), kao dio ostakljenja ili dvostruke ventilirane fasade (transparentni moduli);
9. neposredno uz zgradu (fotonaponska stabla).

Fotonaponski moduli koji se postavljaju kao neovisna konstrukcija na zgradi ili neposredno uz zgradu mogu ostvariti veću učinkovitosti jer se mogu postaviti pod optimalnim kutom u odnosu na Sunčevo zračenje. Također se ostvaruje odgovarajuće hlađenje sa stražnje strane modula. Osim oblikovnog uklapanja potrebno je predvidjeti i riješiti tehnička pitanja poput:

10. izvedbe potkonstrukcije;
11. osiguravanja optimalnih uvjeta za proizvodnju energije;
12. povezivanja s otočnim sustavom ili mrežom;
13. međusobnog povezivanja modula;

⁶ Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava, Ministarstvo graditeljstva i prostornog Uredjenja, <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=26632>

⁷ Fotonaponski sustavi, Doc. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl. ing., HSUSE – Hrvatska stručna udruga za sunčevu energiju

14. održavanja i reguliranja odnosa vlasnika i korisnika sustava.

Autonomni fotonaponski sustavi (otočni sustav) su sustavi koji nisu spojeni na električnu distributivnu mrežu, te zbog toga moraju imati i element za pohranu energije - akumulator. Prilikom projektiranja ovakvih sustava, u obzir treba uzeti očekivanu dnevnu proizvodnju po godišnjim periodima, očekivani režim rada (cjelogodišnje, sezonski) i učestalost korištenja sustava (svakodnevno, vikend), broj trošila, prosječno vrijeme korištenja i potrošnju i željenu autonomiju sustava.

Umreženi fotonaponski sustav sastoji se od fotonaponskih modula i DC/AC pretvarača. Kod umreženih fotonaponskih sustava, energija proizvedena u fotonaponskim modulima isporučuje se u elektrodistribucijsku mrežu, te otkupljuje od strane distributera, često po poticajnoj cijeni. Također, postoji i mogućnost „kupca s vlastitom proizvodnjom“, u okviru koje kupci dio vlastite potrošnje namiruju iz vlastitog fotonaponskog sustava, a u „vanjsku“ električnu mrežu isporučuju viškove kad do njih dođe ili preuzimaju električnu energiju kad im je u kućanstvu potrebno više nego sami u tom času proizvode.

U ovoj analizi promatra se primjena fotonaponskih modula koji se postavljaju kao neovisna konstrukcija na ravnom dijelu krova pod fiksnim kutom te koji se spajaju na distribucijsku mrežu.

3.2 Dijelovi fotonaponskog sustava

Mrežni fotonaponski (FN) sustavi koji se razmatraju u ovoj analizi sastoje se od FN panela, pretvarača, ožičenja i opreme za montažu.

15. Vrste panela koje će se razmatrati kao opcija za ugradnju

U tablici 5 navedeni su parametri za odabrani fotonaponski modul SV54 – 245 hrvatskog proizvođača Solvis d.o.o. Radi se o standardnom fotonaponskom modulu sa 54 serijski spojenih multikristaličnih silicijskih ćelija dimenzija 156 x 156 mm. Ćelije su izrađene u tehnici sitotiskanih prednjih i stražnjih električnih kontakata s difundiranim emiterom dopiranim fosforom na silicijskom supstratu dopiranom borom. Ćelije su međusobno zalemljene bakrenim pokositrenim vodičima i laminirane između stakla izvrsnih optičkih i mehaničkih svojstava s prednje i polimernog zaštitnog filma sa stražnje strane. Aluminijsko kućište modula je galvanski zaštićeno od korozije. Nazivna snaga modula je 245 W. Sunčane ćelije tijekom vremena zbog nepovratnih procesa unutar modula gube snagu. Proizvođač jamči da stvarna snaga modula tijekom 25 godina neće pasti ispod nazivne za više od 20%. Dimenzije modula su 1.492 mm x 992 mm x 35 mm. Masa modula je 17,5 kg.

Tablica 5: Parametri modula SV54 - 245

Modul	Tip	Efikasnost	Snaga [Wp]	Površina panela [m ²]
SV54 - 245	Polikristal	16,55%	245	1,48

3.3 Postavljanje FN panela

Udaljenost između kolektora i bilo kakve prepreke koja zasjenjuje mora biti barem 2,5 puta veća od visine prepreke.

Razmak između susjednih kolektora mora biti 25 mm.

Razmak između redova kolektora ovisi o dimenzijama tj. visini panela i kutu postavljanja, a minimalni razmak računa se prema izrazu

$$Z_{min} = h \cdot \left(\frac{\sin \beta}{\tan \alpha_p} + \cos \beta \right) \quad (1)$$

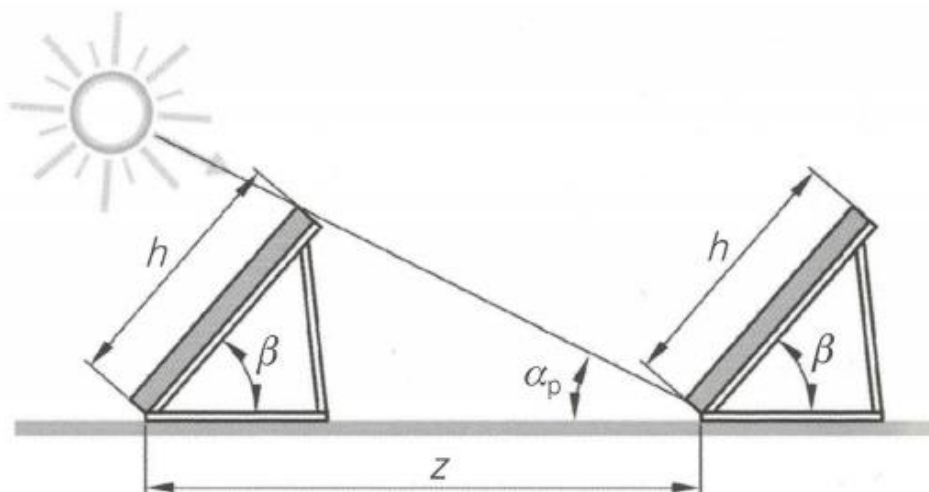
pri čemu je:

h – visina fotonaponskog panela,

β – nagib fotonaponskog panela u odnosu na vodoravnu plohu,

α_p – kut upada Sunčevih zraka (Slika 4).

Zasjenjenje tj. minimalna potrebna udaljenost između redova kolektora je najveća kod minimalnog kuta upada Sunčevih zraka (α_p) koji se za ravni krov uzima da iznosi 17°.



Slika 9: Razmak i zasjenjenost, montaža na ravnom krovu⁸

U tablici 6 u nastavku navedene su potrebne udaljenosti između redova kolektora s obzirom na dimenzije samih panela i nagib panela u odnosu na vodoravnu plohu.

Tablica 6: Minimalni razmak između redova panela za različite kutove

Nagib panela [°]	FN	Visina [mm]	Širina [mm]	Debljina [mm]	Kut upada Sunčevih zraka [°]	Minimalni razmak [m]
36		1492	992	35	17	4,08
30		1492	992	35	17	3,73
25		1492	992	35	17	3,41
20		1492	992	35	17	3,07
15		1492	992	35	17	2,7
10		1492	992	35	17	2,32
0		1492	992	35	17	0,035

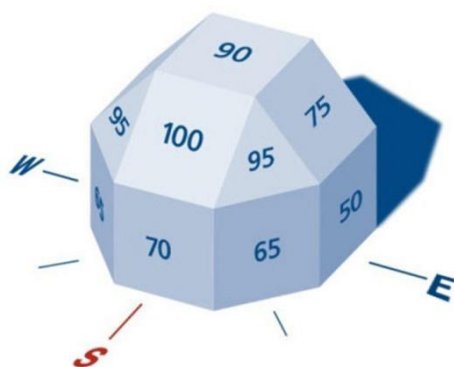
⁸ Dujak Goran: Izrada digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja, Diplomski rad, Sveučilište Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2012.

Optimalni kut postavljanja fotonaponskih panela ovisi o geografskoj širini lokacije, a najčešće se uzima godišnji optimalni kut tj. kut pod kojim će fotonaponski sustav proizvesti najviše moguće električne energije na godišnjoj razini. Za područje od 25° do 50° g.š. računa se prema jednadžbi

$$\alpha = 0,76 \cdot \phi + 3,1^\circ \quad (2)$$

gdje je ϕ geografska širina koja u ovom slučaju za obje lokacije iznosi 45,71°. Uvrštavanjem te veličine u izraz (2) dobiva se optimalni kut od 37,84°. U analizi se za optimalni kut uzima vrijednost od 36° dobivena programom PV GIS što je približno jednako kutu izračunatom gore navedenom formulom.

Azimut služi kao pokazatelj zakrenutosti fotonaponskog sustava. Da bi se dobila što veća učinkovitost sustava postavljenog pod fiksnim kutom on mora biti okrenut prema jugu tj. azimut mora iznositi 0° (Slika 6).



Slika 10: Utjecaj stvarnog položaja fotonaponskog modula prema idealnom

U ovoj analizi pretpostavljeno je da su fotonaponski paneli okrenuti prema jugu tj. da je njihova učinkovitost maksimalna.

U ovoj analizi promatra se učinkovitost fotonaponskog sustava u slučaju postavljanja fotonaponskih panela paralelno sa rubovima zgrade i u slučaju panela okrenutih prema jugu. Paralelnim postavljanjem može se bolje iskoristiti raspoloživa površina krova, dok se okretanjem prema jugu postiže maksimalna učinkovitost.

Izgradnja fotonaponske elektrane definira se u Pravilniku⁹ kao jednostavna građevina na sljedeći način: „Bez građevinske dozvole, a u skladu s glavnim projektom mogu se izvoditi radovi: Na postojećoj građevini priključenoj na elektroenergetsku mrežu kojim se postavlja sustav sunčanih kolektora, odnosno fotonaponskih modula u svrhu proizvodnje toplinske, odnosno električne energije s pripadajućim razdjelnim ormarom i sustavom priključenja na javnu mrežu za potrebe te građevine i/ili za predaju energije u mrežu.“

⁹ Prema Pravilniku o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, NN br. 79/14; 41/15; 75/15,112/17

3.4 Kupac s vlastitom proizvodnjom

Kupac s vlastitom proizvodnjom je postojeći ili novi korisnik mreže koji unutar svoje instalacije ima priključenu elektranu/e koju koristi za vlastite potrebe, a višak električne energije predaje u elektroenergetsku mrežu. Kupac s vlastitom proizvodnjom je korisnik mreže koji na istom obračunskom mjernom mjestu ima odobrenu priključnu snagu u smjeru kupca i priključnu snagu u smjeru proizvodnje.

Za kupca s vlastitom proizvodnjom naknada za priključenje je definirana Metodologijom utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže (NN 51/2017). Ako postojeći krajnji kupac na istoj lokaciji odnosno obračunskom mjernom mjestu zahtijeva priključenje kao novi proizvođač, naknada za priključenje određuje se kao naknada za priključenje građevine proizvođača.

Naknada za priključenje kupca s vlastitom proizvodnjom na mrežu se izračunava prema naknadi za priključenje kupca i naknadi za priključenje proizvođača, a kupac je dužan platiti samo jedno veću naknadu.

Preuzimanje električne energije od kupaca s vlastitom proizvodnjom se uređuje ugovorom o opskrbi krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom. Prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji opskrbljivači električne energije su dužni preuzimati viškove električne energije kupaca s vlastitom proizvodnjom koji zadovoljavaju sljedeće uvjete (članak 44.):

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

Ukoliko kupac s vlastitom proizvodnjom ne zadovoljava uvjete za sklapanje ugovora o opskrbi krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom, može zatražiti sklapanje ugovora o otkupu električne energije s bilo kojim tržišnim otkupljivačem. Za preuzetu električnu energiju od strane opskrbljivača električne energije iz stavka utvrđuje se minimalna vrijednost električne energije preuzete od krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom C_i (kn/kWh) u obračunskom razdoblju i na sljedeći način:

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

ako za obračunsko razdoblje i vrijedi: $E_{pi} \geq E_{ii}$

i

$$C_i = 0,9 * PKC_i * E_{pi}/E_{ii},$$

ako za obračunsko razdoblje i vrijedi: $E_{pi} < E_{ii}$

pri čemu je:

E_{pi} – ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja i, izražena u kn/kWh;

E_{ii} – ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu kupca, unutar obračunskog razdoblja i, izražena u kn/kWh;

PKCi – 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 i, izražena u kn/kWh.

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

Fotonaponski sustavi koji su razmatrani u analizi podijeljeni su prema tipovima potrošača na:

1. FN elektrane spojene na obračunska mjerna mjesta (OMM) zajedničke potrošnje u zgradi

Ovaj model pretpostavlja da zgrada postaje *krajnji kupac sa vlastitom proizvodnjom* (prosumer) što omogućuje *Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji* (NN 111/18 čl. 44). Model bi omogućio da se proizvedena energija iz fotonapona isporučuje opskrbljivaču prema otkupnim cijenama definiranim u poglavlju 3.4. To omogućuje uštedu električne energije i ostvarivanje zarade uslijed prodaje viška, kad proizvodnja premašuje potrošnju.

Mogući nositelji projekta su zgrada sa ovlaštenim predstavnikom ili upravitelj zgrade. **Korištenje krova za postavljanje fotonaponskih panela pretpostavlja suglasnost svih suvlasnika zajedničke površine.**

U obje zgrade postoje dvije vrste OMM za zajedničku potrošnju:

- Potrošnja za rasvjetu stubišta, dizala i ostalo
- Potrošnja el.energije u toplinskim podstanicama.

2. FN elektrane spojene na OMM kućanstava

Model pretpostavlja spajanje FN elektrana na obračunska mjerna mjesta pojedinih kućanstva, koji postaju krajnji kupci sa vlastitom proizvodnjom. Zajednički krov bi se koristio za postavljanje FN panela, pa je pri tome važno odrediti udjele korištenja krova kao zajedničke površine. Jedan način je da se krov koristi prema postotnom udjelu suvlasništva upisanog u vlasničke knjige. Drugi način je dogovor suvlasnika, ako postoji veći interes jednog dijela suvlasnika.

S obzirom na površinu krova pojedinih ulaza, broj kućanstava ulaza i prosječnu potrošnju kućanstva pokazalo se da krov nije dovoljno velik da se postave FN elektrane za podmirivanje potreba za više od 2-3 kućanstva po ulazu. Stoga u Analizi nije dalje razmatrana ta opcija.

S obzirom na vrste potrošača u izračunima perioda isplativosti razlikovali smo ukupno 3 tipa potrošnje električne energije i vrste OMM.

Zgrada	Vrsta OMM	
S.Kolara	OMM Rasvjeta stubišta i lift	OMM Toplinske podstanice
J.Pucekovića	OMM Rasvjeta stubišta i antenska pojačala	

Za svaki ulaz u obje zgrade napravljen je izračun perioda isplativosti za različite snage FN elektrana. Snage FN elektrana su odabirane s obzirom na dva promjenjiva čimbenika: **raspoloživa površina krova u svakom ulazu i potrošnja prema vrstama OMM**. Za OMM sa manjom potrošnjom odabirane su i manje elektrane kako bi dobili optimalni odnos investicije i proizvodnje električne energije, čime su osigurani kraći periodi otplate investicije. Izračuni perioda isplativosti temelje se na nepromijenjenim cijenama

električne energije i uvjeta otkupa isporučene električne energije u budućem periodu. Cijene investicije su određene prema prosječnim cijenama na tržištu¹⁰, izražene po kW.

3.5.1 Zgrada Slavka Kolara 19-27

Ukupna površina ravnog krova zgrade na navedenoj lokaciji iznosi oko 1.405,51 m². Raspoloživa površina za postavljanje integrirane sunčane elektrane na građevini tj. fotonaponskih panela je ukupna površina umanjena za prepreke (dimnjaci, antene i ostalo) i potrebne razmake između panela. Krov zgrade Slavka Kolara 19-27 ograđen je zidićem visine 0,5 m, pa se fotonaponski paneli radi zasjenjenja mogu postavljati najbliže na 1,25 m udaljenosti od zidića.

Uzevši u obzir to ograničenje i površinu koju zauzimaju prepreke, ukupna raspoloživa površina krova za postavljanje fotonaponskih panela iznosi 801,54 m².

Kako bi se omogućio prolaz između redova panela radi održavanja, navedena je površina umanjena za 15%, pa konačna raspoloživa površina krova cijele zgrade iznosi 681,31 m².

Raspoložive površine po ulazima iznose:

19	21	23	25	27
135,78 m ²	68,39 m ²	277,41 m ²	69,18 m ²	130,53 m ²

Prema proračunu alata PVGIS i ukupnoj dostupnoj površini određena je ukupna godišnja proizvodnja za različite kutove nagiba elektrane. Odabran je optimalni kut za proizvodnju tijekom cijele godine od 36°, a prema tome količina FN panela i odgovarajuća snaga na zadanoj površini iz čega je izračunata proizvodnja električne energije.

Tablica 7: Godišnja proizvodnja električne energije za zgradu Slavka Kolara 19-27

Kut nagiba FN panela	Max. instalirana snaga [kW]	Godišnja proizvodnja el. energije na razini zgrade [kWh]
0°	112,21	114572.28
10°	72,03	79283.24
15°	61,50	69458.59
20°	54,15	62252.74
25°	49,00	57440.31
30°	44,35	52402.51
36°	40,67	48076.28

¹⁰ SOLVIS, <https://solvis.hr/>

Ulaz 19

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za ulaz 19 iznosi 8,085 kW, pa je prema tome zadovoljen uvjet da je priključna snaga elektrane manja ili jednaka priključnoj snazi na OMM.

Tablica 8: Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 19 (polikristalni paneli SV54 – 245)

Raspoloživa površina krova [m ²]	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna raspoloživa snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
135,78	36	33	8,085	9520,28

U ulazu 19 analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potreba:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**

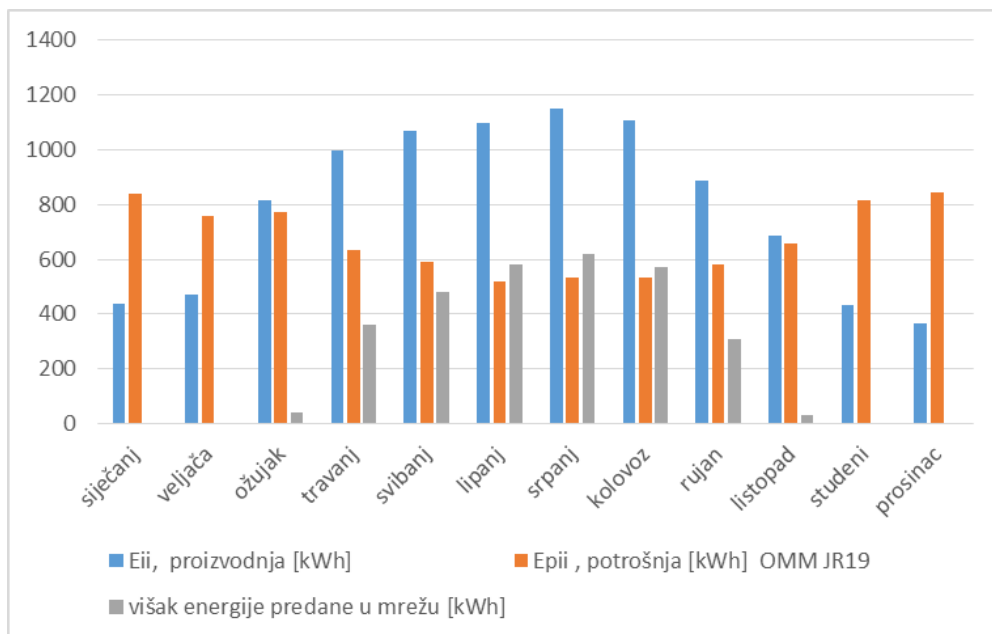
Priključna snaga na OMM za rasvjetu stubišta i dizalo iznosi 13,8 kW.

- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 2 kućanstva prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Slavka Kolara.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 11 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 8,09 kW po mjesecima.



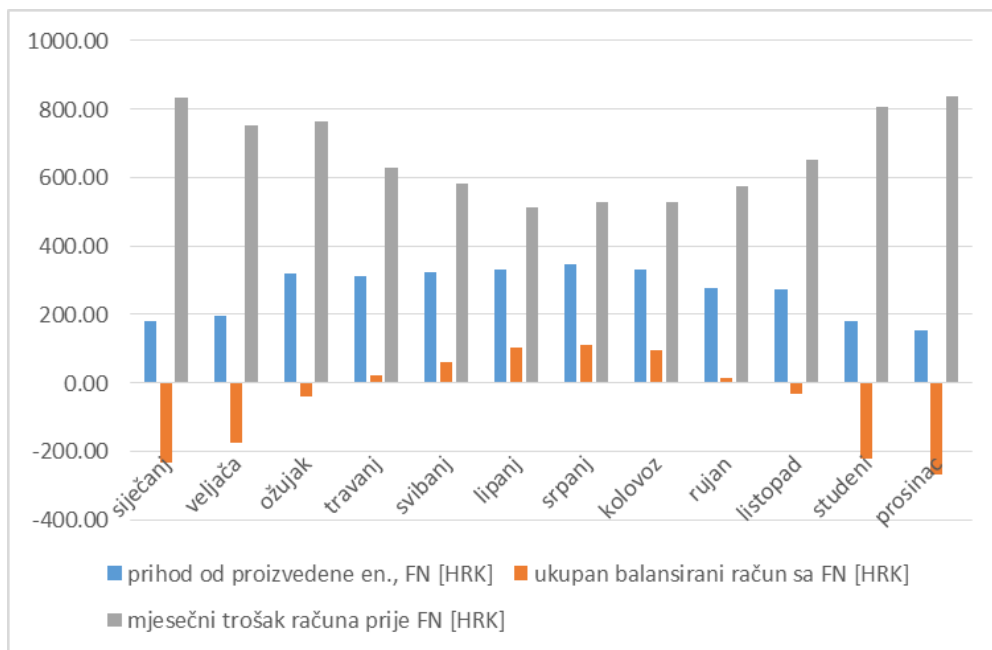
Slika 11 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od travnja do rujna. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 9 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	8,085
Trošak opreme [HRK]	48.510
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	4.042,5
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	606,375
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	808,5
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	52.552,50

Na slici 12 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM iznositi će 568,00 kn. Kada se ovaj iznos oduzme od trošku računa prije FN od 7.996,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 7.428,00 kn godišnje.

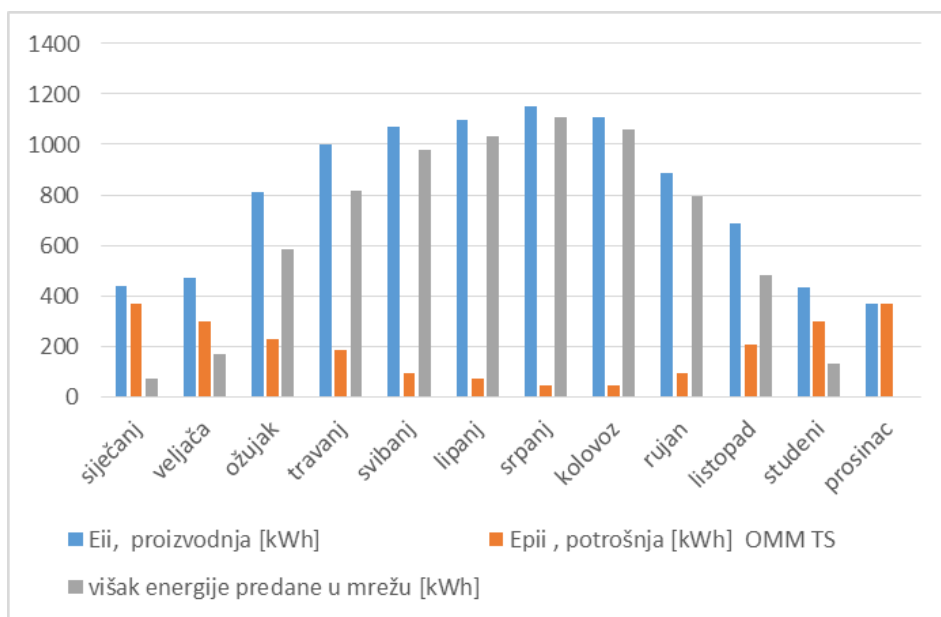


Slika 12 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 9. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Na slici 13 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 8,085 kW po mjesecima.



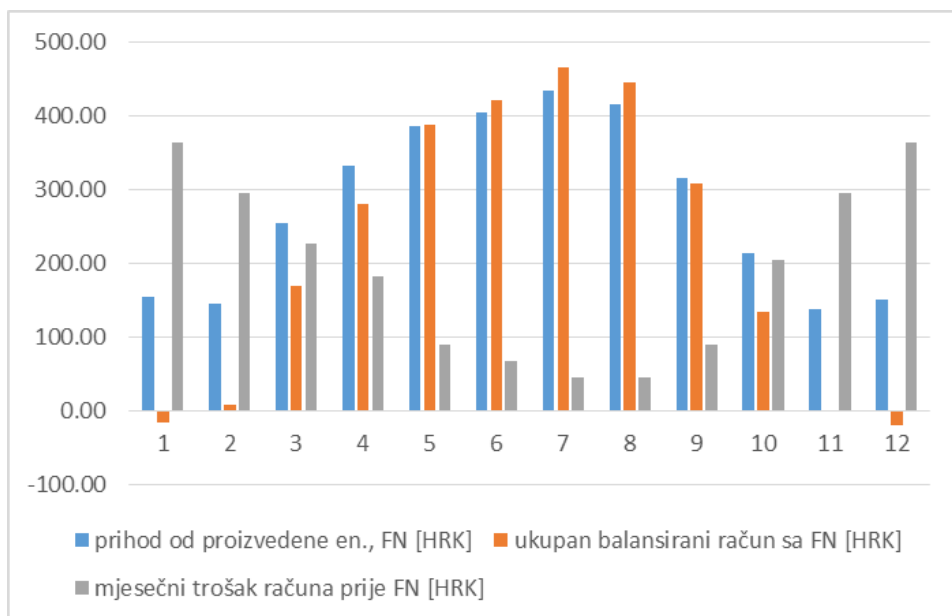
Slika 13 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od veljače do studenog. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 10 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 19, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	8,085
Trošak opreme [HRK]	48.510
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	4.042,5
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	606,375
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	808,5
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	52.552,50

Na slici 14 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 2.593,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 2.277,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 4.870,00 kn godišnje.



Slika 14 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 16. godini rada FN elektrane.

Ulaz 21

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za ulaz 21 iznosi 3,92 kW, pa je prema tome zadovoljen uvjet da je priključna snaga elektrane manja ili jednaka priključnoj snazi na OMM.

Tablica 11 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 21 (polikristalni paneli SV54 – 245)

Kućni broj	Raspoloživa površina krova m2	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna raspoloživa snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
21	68,39	36	16	3,92	4641,14

U ulazu 21 analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potrebe:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**

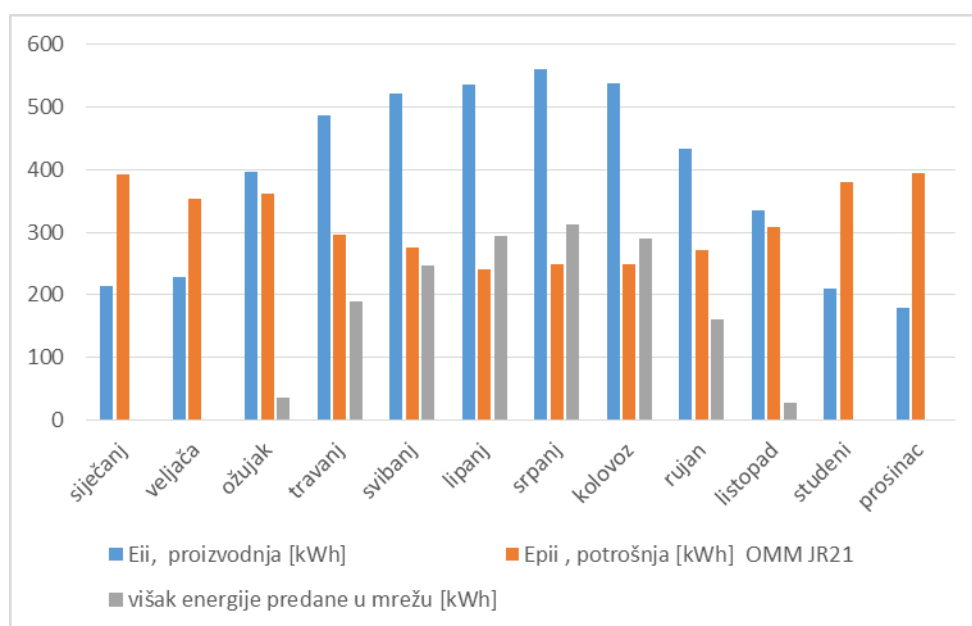
Priključna snaga na OMM za rasvjetu stubišta i dizalo iznosi 13,8 kW.

- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 1 kućanstvo prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Slavka Kolara.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 15 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 3,92 kW po mjesecima.



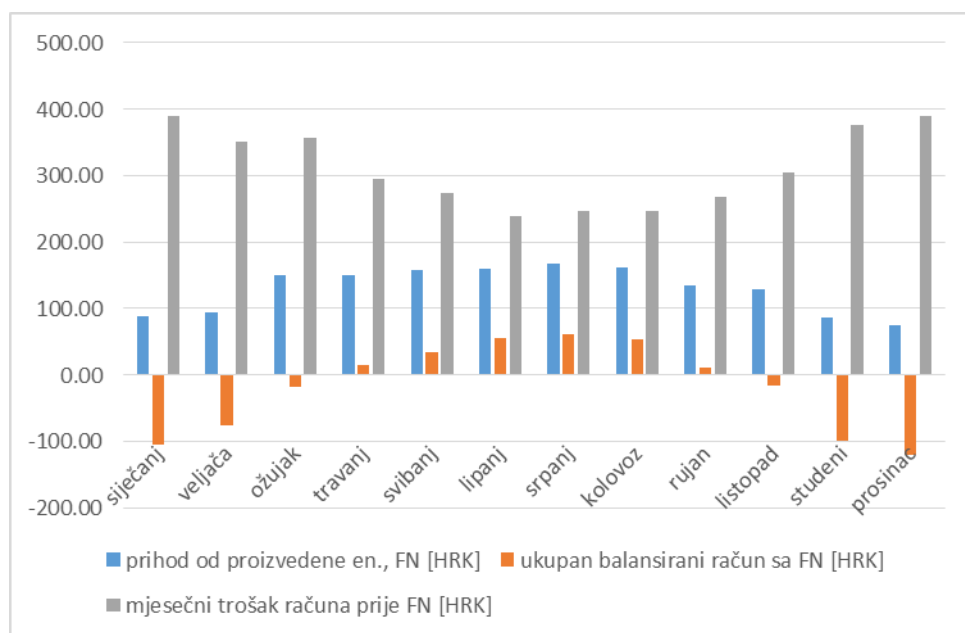
Slika 15 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od travnja do rujna. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 12 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	3,92
Trošak opreme [HRK]	23.520
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	1.960
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	294
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	392
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	25.480,00

Na slici 16 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM iznositi će 208,00 kn. Kada se ovaj iznos oduzme od troška računa prije FN od 3.737,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 3.529,00 kn godišnje.

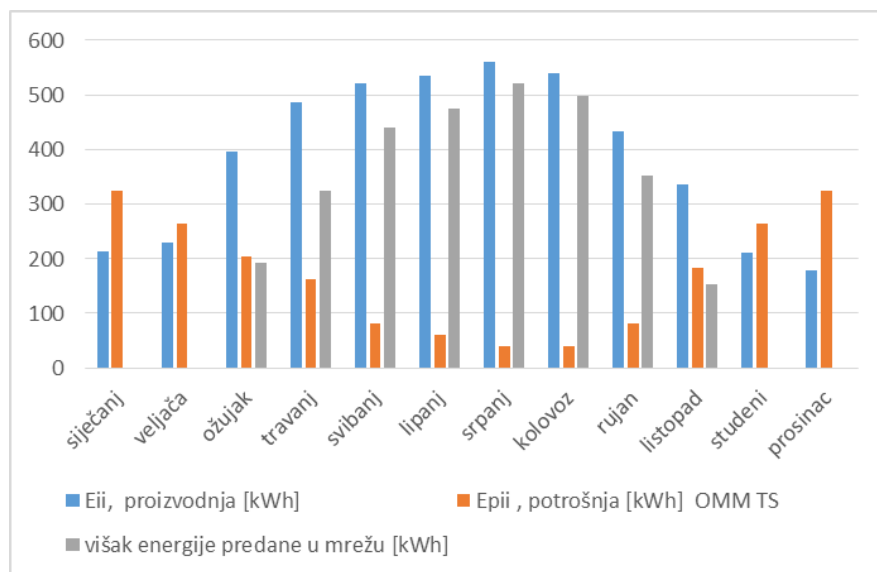


Slika 16 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 9. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Na slici 17 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 3,92kW po mjesecima.



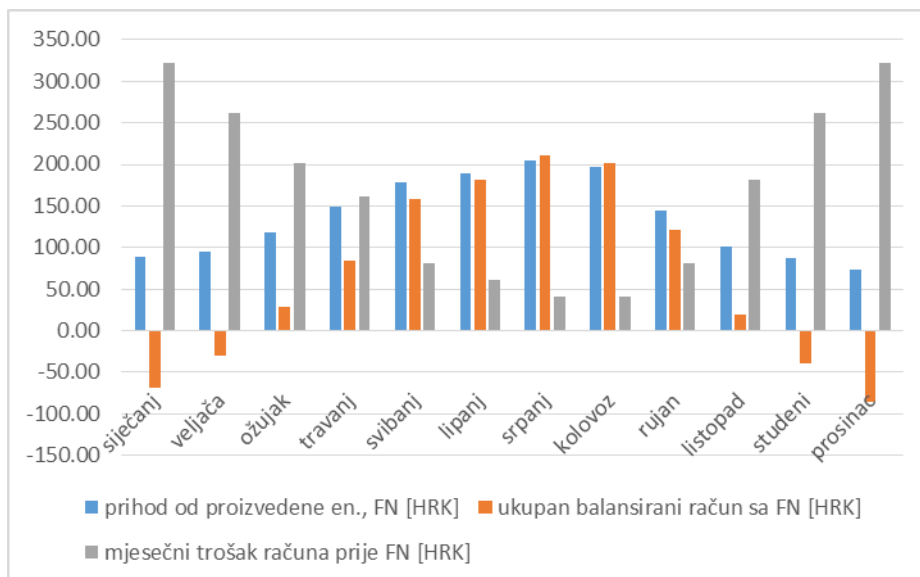
Slika 17 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana na godišnjoj razini neće u potpunosti pokrivati potrošnju u zimskim mjesecima, ali će proizvoditi sa značajne viškove od ožujka do listopada. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 13 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 21, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	3,92
Trošak opreme [HRK]	23.520
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	1.960
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	294
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	392
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	25.480,00

Na slici 18 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 781,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 2.014,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 2.795,00 kn godišnje.



Slika 18 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 13. godini rada FN elektrane.

Ulaz 23

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za ulaz 23 iznosi 16,66 kW. Priključna snaga OMM za rasvjetu je 13,8kW pa je prema tome i određena maksimalna snaga FN elektrane za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta.

Tablica 14 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 23 (polikristalni paneli SV54 – 245)

Kućni broj	Raspoloživa površina krova m2	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna raspoloživa snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
23	277,41	36	68	16,66	19754.69

U ulazu 23 analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potreba:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**

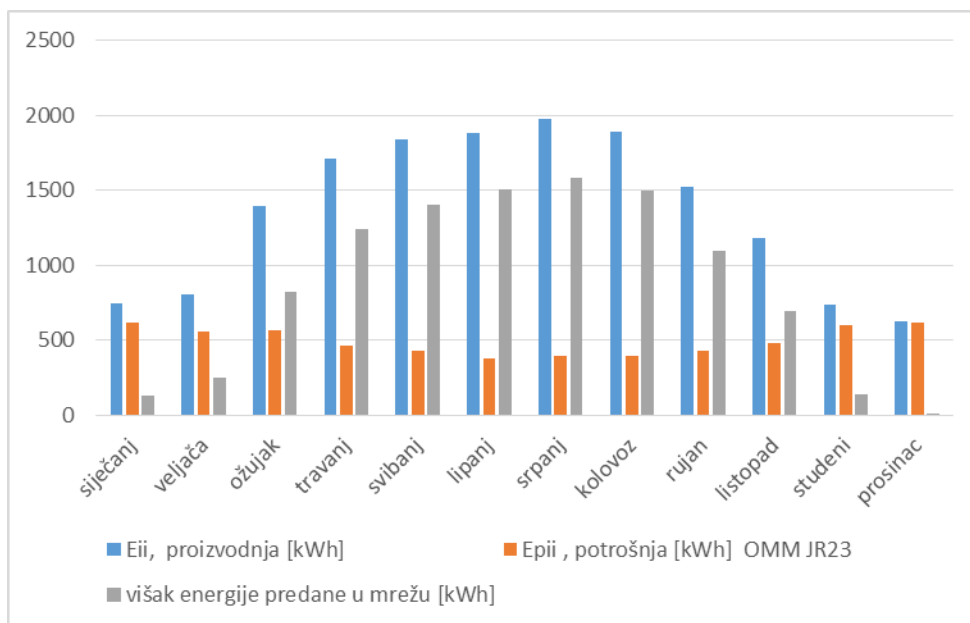
Priključna snaga na OMM za rasvjetu stubišta i dizalo iznosi 13,8 kW.

- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 3 kućanstva prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Slavka Kolara.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 19 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 13,72 kW po mjesecima.



Slika 19 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Rasvjeta stubišta i lift

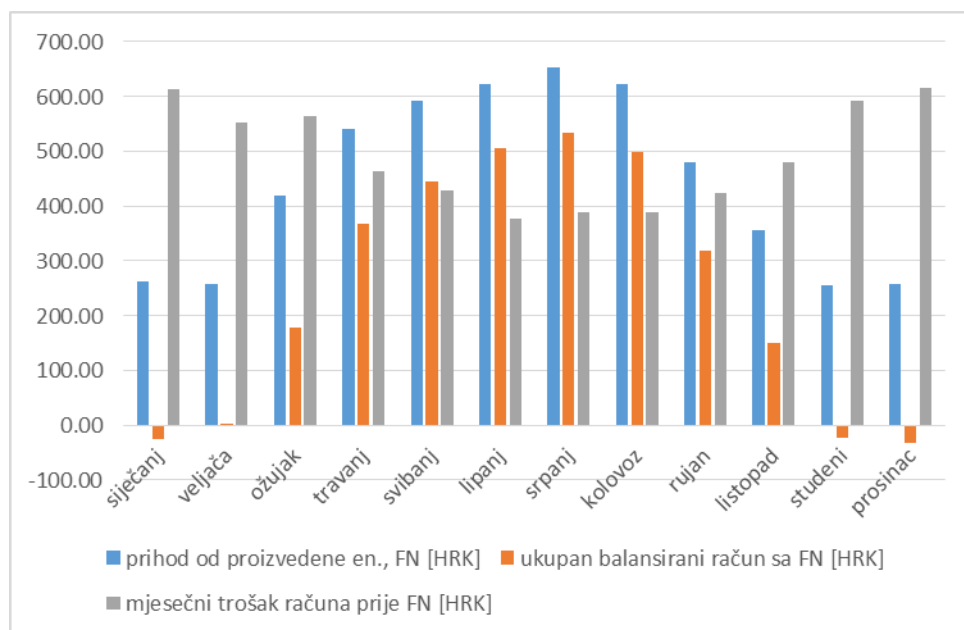
Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od ožujka do listopada. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 15 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	13,92
Trošak opreme [HRK]	82.320
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	6.860
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	1.029
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	1.372
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	89.180,00

Na slici 20 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 2.919,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku

računa prije FN od 5.886,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 8.805,00 kn godišnje.

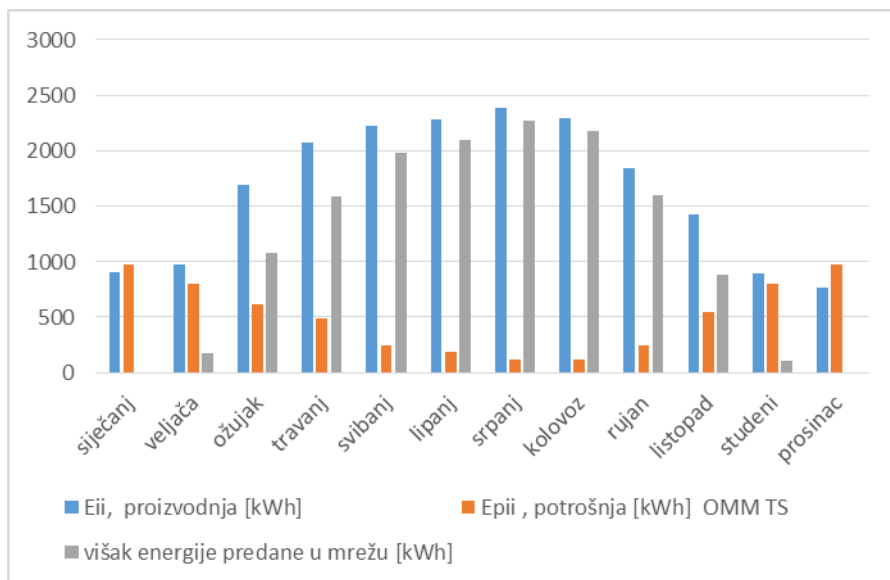


Slika 20 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 14. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Pošto ne postoji podatak za priključnu snagu OMM za toplinsku podstanicu, u izračunu je korištena optimalna priključna snaga FN elektrane. Na slici 21 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 16,66 kW po mjesecima.



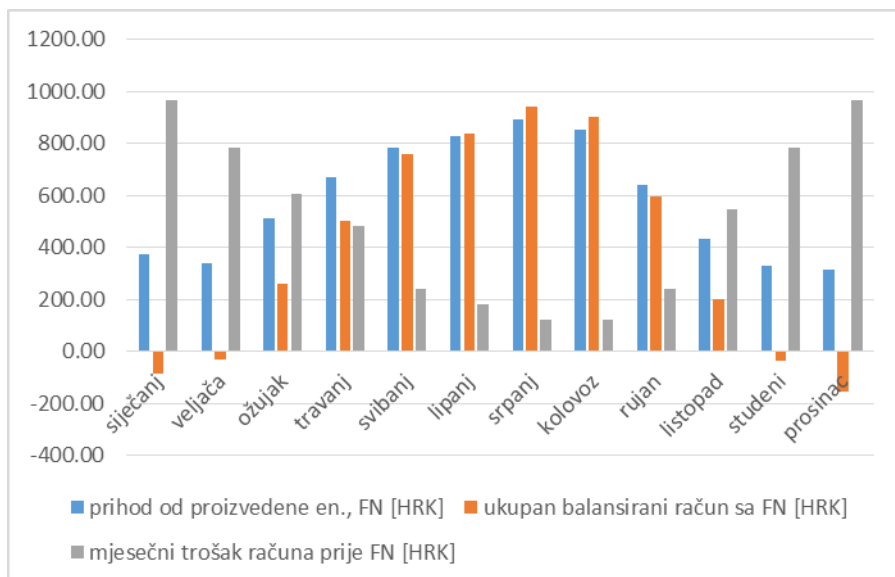
Slika 21 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju osim u siječnju i prosincu, sa značajnim viškovima od veljače do studenog. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 16 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 23, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	16,66
Trošak opreme [HRK]	99.960
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	8.330
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	1.249,5
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	1.666
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	108.290,00

Na slici 22 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 4.704,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 6.051,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 10.755,00 kn godišnje.



Slika 22 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 14. godini rada FN elektrane.

Ulaz 25

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za ulaz 25 iznosi 4,165 kW, pa je prema tome zadovoljen uvjet da je priključna snaga elektrane manja ili jednaka priključnoj snazi na OMM.

Tablica 17 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 25 (polikristalni paneli SV54 – 245)

Kućni broj	Raspoloživa površina krova m ²	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna raspoloživa snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
25	69,18	36	17	4,165	4879.18

U ulazu 25 analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potreba:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**

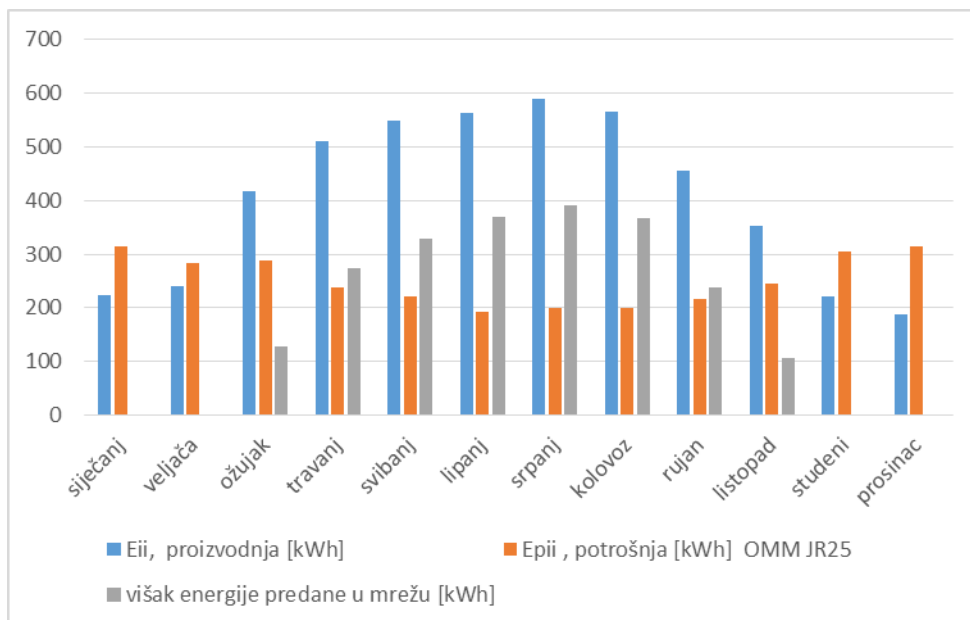
Priključna snaga na OMM za rasvjetu stubišta i dizalo iznosi 13,8 kW.

- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 1 kućanstvo prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Slavka Kolara.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 23 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 4,165 kW po mjesecima.



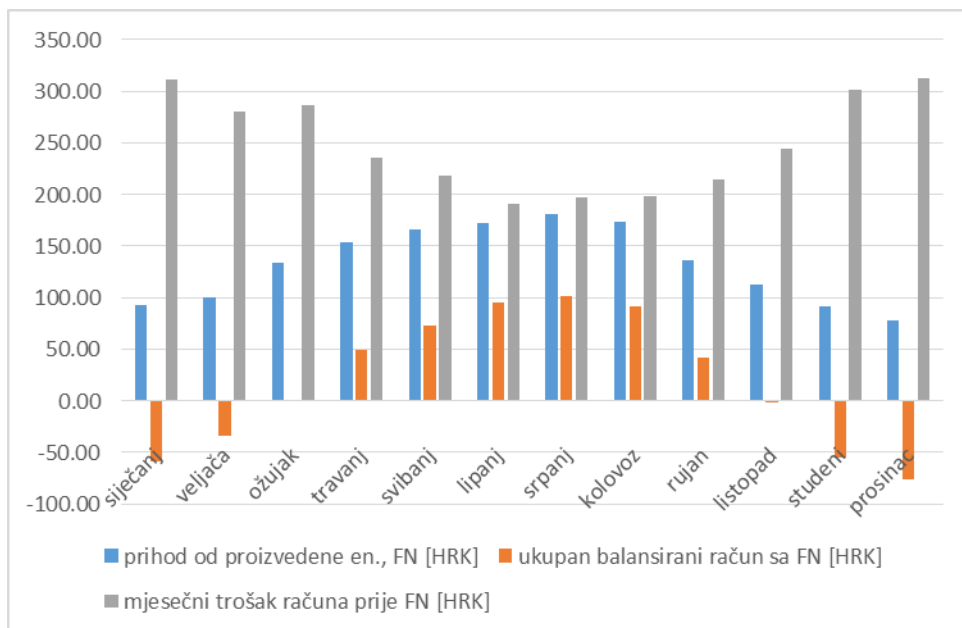
Slika 23 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Prema izračunu FN elektrana neće u potpunosti pokrivati potrošnju u zimskim mjesecima, ali će proizvoditi značajne viškove od ožujka do listopada. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 18 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	4,165
Trošak opreme [HRK]	24.990
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	2.082,5
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	312,375
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	416,5
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	27.072,50

Na slici 24 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 226,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 2.989,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 3.215,00 kn godišnje.

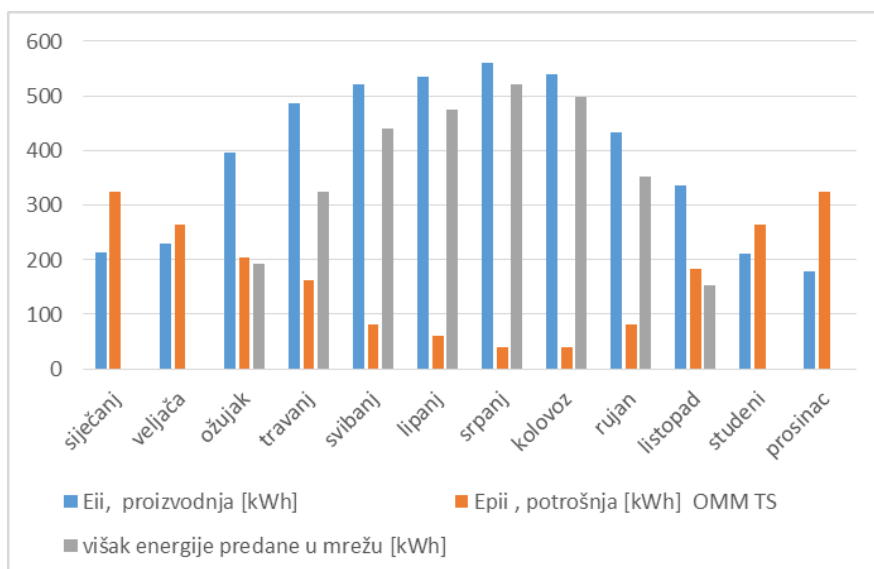


Slika 24 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 11. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Na slici 25 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 4,165kW po mjesecima.



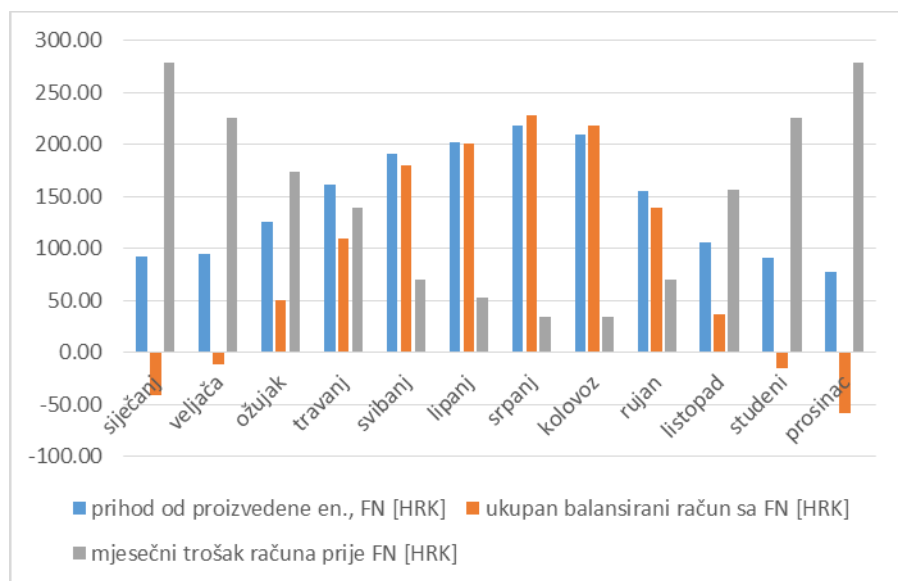
Slika 25 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana na godišnjoj razini neće u potpunosti pokrivati potrošnju u zimskim mjesecima, ali će proizvoditi značajne viškove od ožujka do listopada. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 19 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 25, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	4,165
Trošak opreme [HRK]	24.990
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	2.082,5
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	312,375
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	416,5
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	27.072,50

Na slici 26 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 1.036,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 1.740,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 2.776,00 kn godišnje.



Slika 26 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansirano račun sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 14. godini rada FN elektrane.

Ulaz 27

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za ulaz 27 iznosi 7,84 kW, pa je prema tome zadovoljen uvjet da je priključna snaga elektrane manja ili jednaka priključnoj snazi na OMM.

Tablica 20 Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za ulaz 27 (polikristalni paneli SV54 – 245)

Kućni broj	Raspoloživa površina krova m ²	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna raspoloživa snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
27	130,53	36	32	7,84	9280.99

U ulazu 27 analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potreba:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**

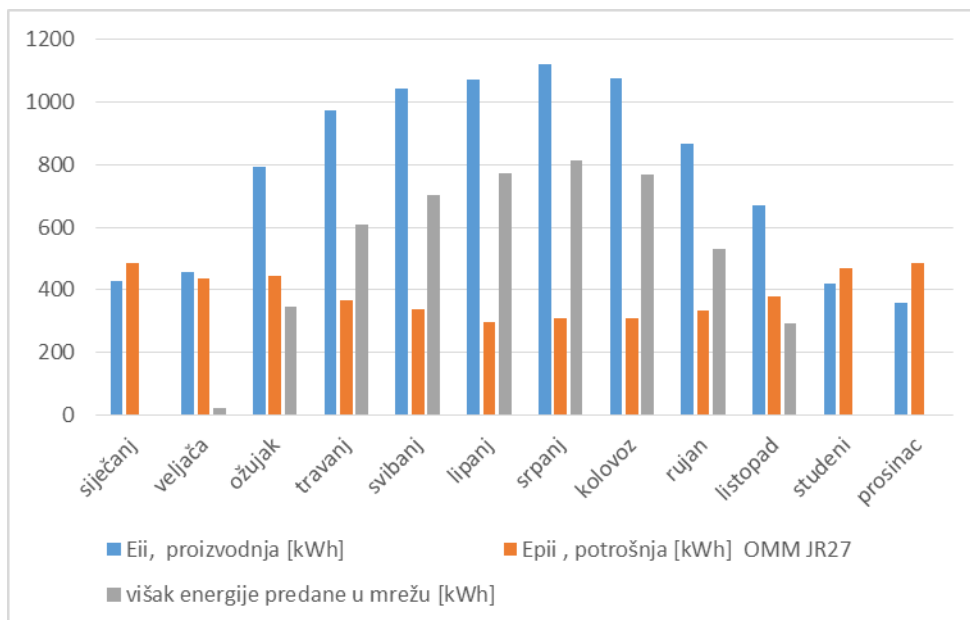
Priključna snaga na OMM za rasvjetu stubišta i dizalo iznosi 13,8 kW.

- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 2 kućanstva prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Slavka Kolara.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 27 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 7,84 kW po mjesecima.



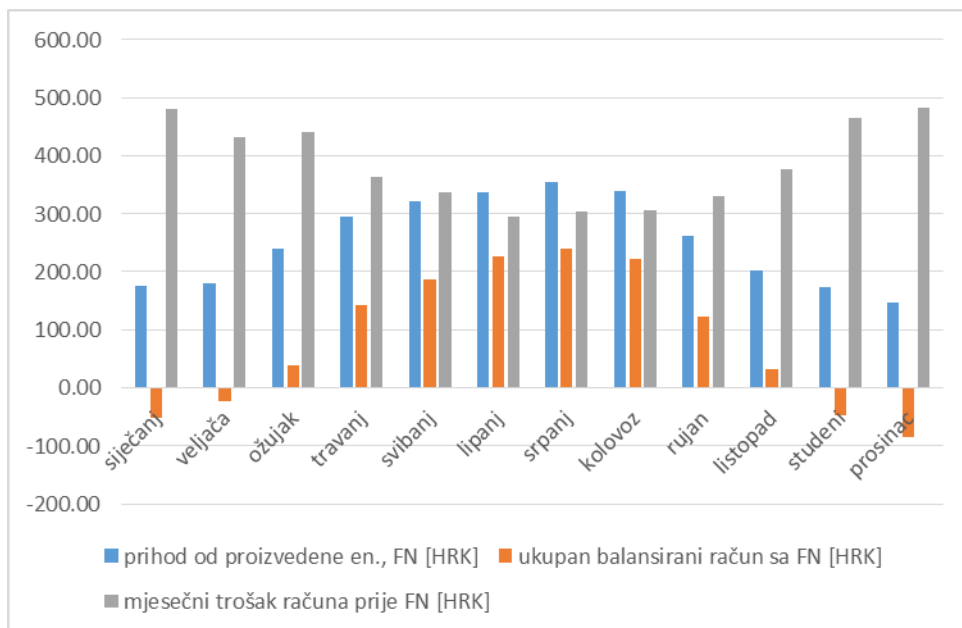
Slika 27 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Prema izračunu FN elektrana neće u potpunosti pokrivati potrošnju u zimskim mjesecima, ali će proizvoditi značajne viškove od ožujka do listopada. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 21 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	7,84
Trošak opreme [HRK]	47.040
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	3.920
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	588
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	784
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	50.960,00

Na slici 28 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 1.004,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 4.610,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 5.615,00 kn godišnje.

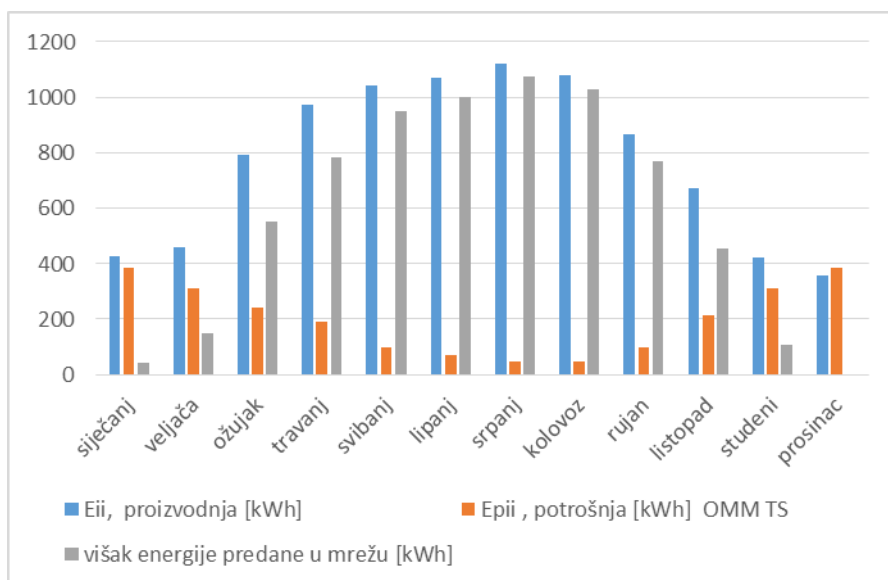


Slika 28 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 13. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Na slici 29 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 7,84 kW po mjesecima.



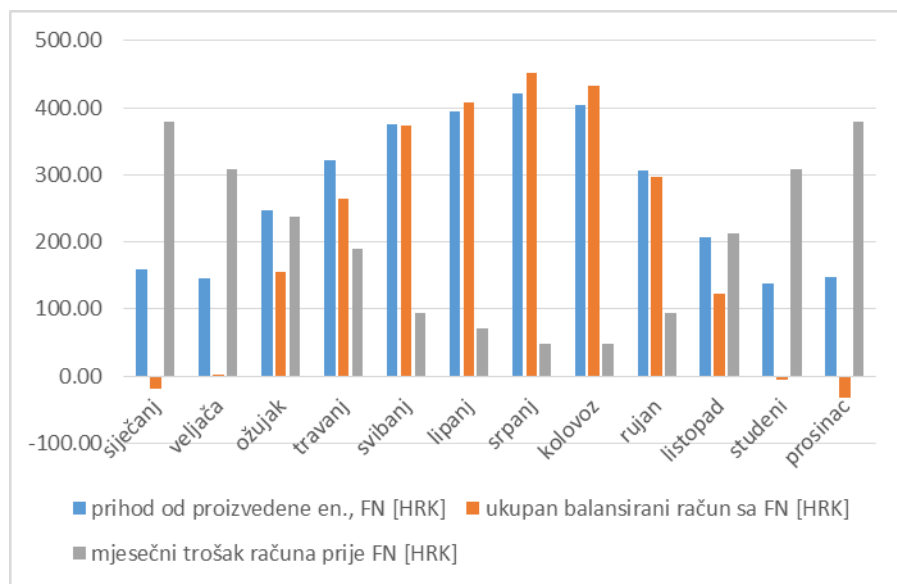
Slika 29 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju (osim u prosincu), sa značajnim viškovima od veljače do studenog. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 22 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Slavka Kolara, ulaz 27, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	7,84
Trošak opreme [HRK]	47.040
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	3.920
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	588
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	784
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	50.960,00

Na slici 30 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u preplati 2.449,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 2.371,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 4.820,00 kn godišnje.



Slika 30 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 15. godini rada FN elektrane.

Ukupna površina ravnog krova zgrade na navedenoj lokaciji iznosi oko 1.612,3 m². Raspoloživa površina za postavljanje fotonaponskih panela je ukupna površina umanjena za prepreke (dimnjaci) i potrebne razmake između panela. Krov zgrade Josipa Pucekovića 1-13 ograđen je zidićem visine 0,5 m, pa se fotonaponski paneli radi zasjenjenja mogu postavljati najbliže na 1,25 m udaljenosti od zidića. Uzevši u obzir to ograničenje i površinu koju zauzimaju dimnjaci, ukupna raspoloživa površina krova za postavljanje fotonaponskih panela iznosi 915,44 m².

Kako bi se omogućio prolaz između redova panela radi održavanja, navedena je površina umanjena za 15%, pa konačna raspoloživa površina iznosi 778,12 m².

Raspoložive površine po ulazima iznose:

1	3	5	7	9	11	13
111,901 m ²	111,693 m ²	112,419 m ²	109,827 m ²	110,553 m ²	109,827 m ²	111,901 m ²

S obzirom da su raspoložive površine približno jednake za svaki ulaz, daljnji proračun je rađen sa prosječnom površinom (111,160 m²) kao reprezentativnom površinom za pojedini ulaz.

Prema proračunu alata PVGiS i ukupnoj dostupnoj površini određena je ukupna godišnja proizvodnja za različite kutove nagiba elektrane. Odabran je optimalni kut za proizvodnju tijekom cijele godine od 36°, a prema tome količina FN panela i odgovarajuća snaga na zadanoj površini iz čega je izračunata proizvodnja električne energije.

Tablica 23: Godišnja proizvodnja električne energije za zgradu Josipa Pucekovića 1-13

Kut nagiba FN panela	Max. instalirana snaga [kW]	Godišnja proizvodnja el. energije na razini zgrade [kWh]
0°	128,63	131027.33
10°	82,32	90301.33
15°	70,32	79239.58
20°	61,74	71272.39
25°	54,88	64130.85
30°	51,45	60578.77
36°	46,31	54974.85

Svi ulazi

Maksimalna snaga elektrane prema raspoloživoj površini za svaki ulaz iznosi 6,615 kW, pa je prema tome zadovoljen uvjet da je priključna snaga elektrane manja ili jednaka priključnoj snazi na OMM.

Tablica 24: Maksimalna moguća instalirana snaga i godišnja proizvodnja električne energije za svaki ulaz (polikristalni paneli SV54 – 245)

Raspoloživa površina krova m ²	Kut nagiba FN panela	Broj panela	Ukupna snaga [kW]	Godišnja proizvodnja energije [kWh]
111,16	36	27	6,615	7.853,55

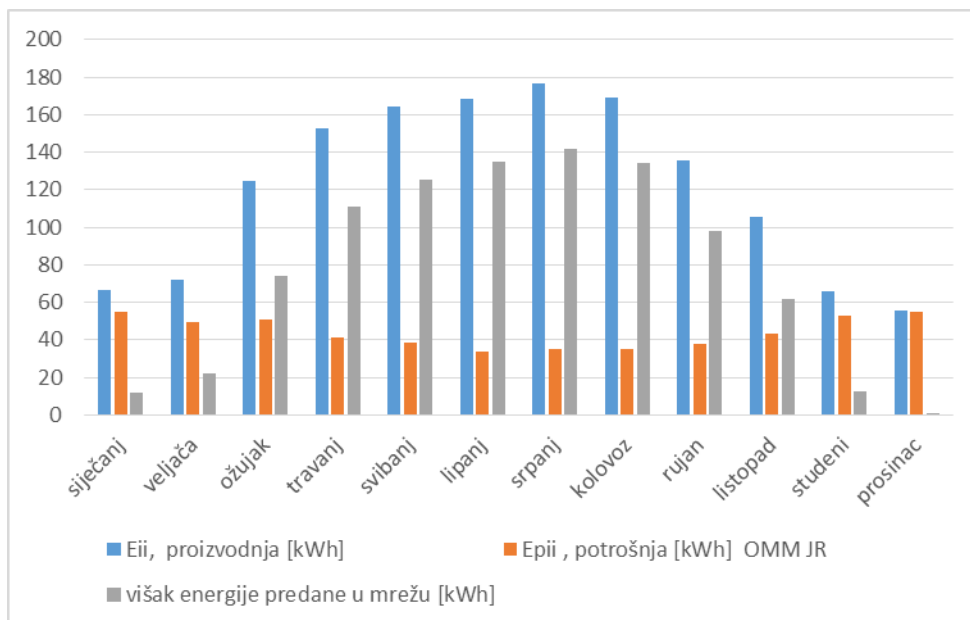
Za svaki ulaz analizirala se isplativost za dvije vrste OMM i uzorka potrošnje, pa se odvojeno razmatralo postavljanje dvije vrste FN elektrane za pokrivanje energetske potreba:

- **FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta**
- **FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice**

FN elektrana za potrebe kućanstva se nije razmatrala jer je raspoloživa površina dovoljna za samo 1 kućanstvo prema uzorcima potrošnje električne energije u kućanstvima zgrade Josipa Pucekovića.

FN elektrana za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta

Na slici 31 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe zajedničke potrošnje rasvjeta stubišta i lifta, priključne snage 1,225 kW po mjesecima.



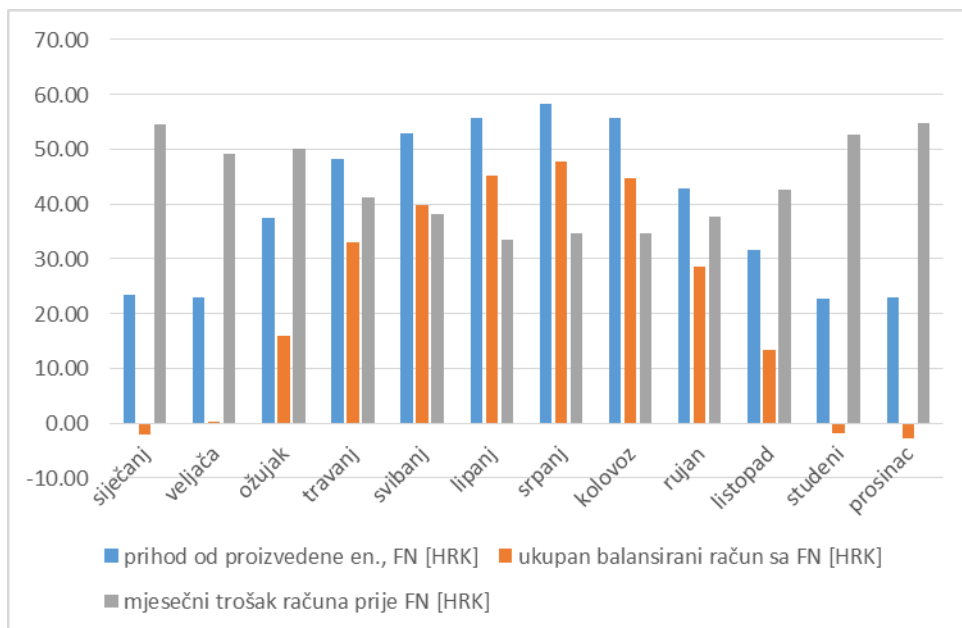
Slika 31 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Josipa Pucekovića, prosječan ulaz, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od veljače do studenog. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 25 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Josipa Pucekovića, jedan ulaz, OMM Rasvjeta stubišta i lift

Ukupna snaga [kW]	1,225
Trošak opreme [HRK]	7.350
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	612,5
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	91,875
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	122,5
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	7.962,50

Na slici 32 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u plusu 262,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 523,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 785,00 kn godišnje.

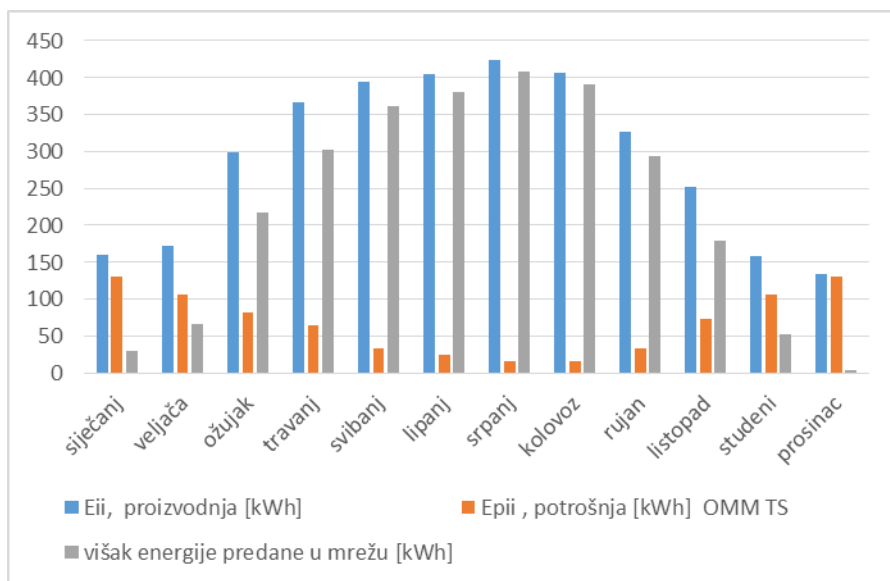


Slika 32 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 14. godini rada FN elektrane.

FN elektrana za potrebe električne potrošnje toplinske podstanice

Na slici 33 prikazana je potrošnja i predviđena proizvodnja električne energije za FN elektranu za potrebe toplinske stanice, priključne snage 2,94 kW po mjesecima.



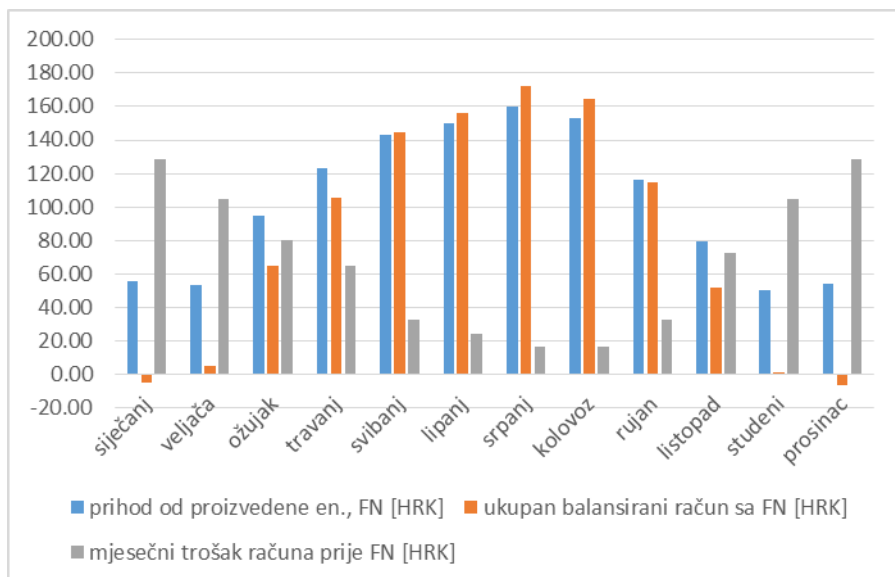
Slika 33 Graf proizvodnje i potrošnje električne energije, zgrada Josipa Pucekovića, OMM toplinska stanica

Prema izračunu FN elektrana će na godišnjoj razini u potpunosti pokrivati potrošnju, sa značajnim viškovima od veljače do studenog. Ukupan trošak investicije prikazan je u tablici.

Tablica 26 Okvirni troškovnik FN elektrane, zgrada Josipa Pucekovića, OMM Toplinska stanica

Ukupna snaga [kW]	2,94
Trošak opreme [HRK]	17.640
Dostava, montaža i cijena priključka [HRK]	1.470
Trošak osiguranja, godišnje [HRK]	220.5
Trošak održavanja, godišnje [HRK]	294
UKUPAN TROŠAK INVESTICIJE [HRK]	19.110,00

Na slici 34 prikazan je ukupni balansirani račun po mjesecima za OMM. Ova procjena predstavlja trošak (negativna vrijednost) ili prihod (pozitivna vrijednost) prema opskrbljivaču. Na godišnjoj razini ukupan račun za električnu energiju na ovom OMM biti će u plusu 969,00 kn. Kada se ovaj iznos doda trošku računa prije FN od 804,00 kn godišnje, možemo procijeniti ukupnu uštedu nakon postavljanja FN elektrane koja iznosi 1.773,00 kn godišnje.



Slika 34 Graf usporedbe prihoda, ukupnog balansiranog računa sa FN i mjesečnog troška za EE prije FN

Na osnovu ukupnog troška investicije, godišnjih troškova i ukupne uštede može se procijeniti povrat investicije u 16. godini rada FN elektrane.

3.6 Koraci za priključenje kućanstva s vlastitom proizvodnjom

Postupak priključenja kućanstva s vlastitom proizvodnjom je preuzet sa web stranica HEP ODS d.d.¹¹

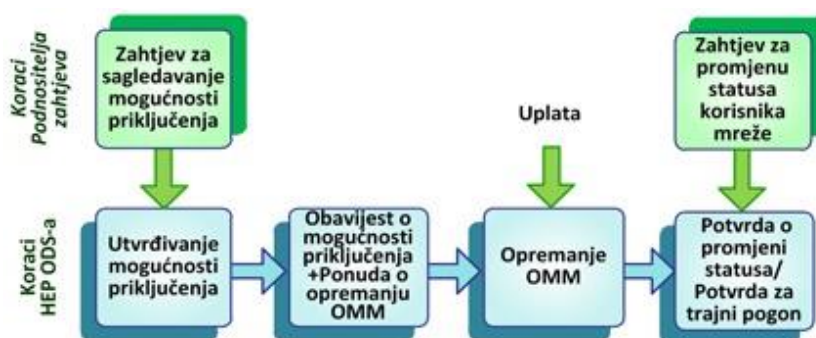
Iznimno od koraka pri jednostavnom priključenju u slučaju da postojeći kupac kategorije kućanstvo traži priključenje elektrane na svoju postojeću instalaciju, instalirane snage elektrane do iznosa priključne snage kupca (navedene u postojećoj EES), postupak se provodi prema sljedećim osnovnim koracima:

- *podnošenje zahtjeva za provjeru mogućnosti priključenja elektrane na postojeću instalaciju*

Podaci koje je potrebno imati u ovom koraku su: Naziv podnosioca zahtjeva, priključna snaga elektrane na OMM, planirana godišnja proizvodnja elektrane, procijenjena potrošnja na OMM, izvadak iz katastarskog plana. Također potrebno je izraditi glavni projekt elektrane za vlastite potrebe.

Ostali potrebni podaci mogu se vidjeti u kopiji Zahtjeva koji se nalazi u poglavlju 7. Dodaci

- *izdavanje obavijesti o mogućnosti priključenja i prijedloga novog ugovora o korištenju mreže*
- *uplata troškova za opremanje obračunskog mjernog mjesta*
- *radovi na opremanju obračunskog mjernog mjesta*
- *sklapanja ugovora o korištenju mreže i podnošenje zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže*
- *izdavanja potvrde za trajni pogon.*



Slika 35 Prikaz postupka priključenja na mrežu za kupce s vlastitom proizvodnjom

¹¹ <http://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/prikljucenje-na-mrezu-28/proizvodjaci-185/185>

4. MOGUĆNOST SUFINANCIRANJA PUTEM FONDA ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ENERGETSKU UČINKOVITOST

U poglavlju 3.5 prikazani su izračuni perioda isplativosti pojedinih fotonaponskih sustava bez poticaja za početnu investiciju. Trenutni sustav otkupa električne energije od kupaca sa vlastitom proizvodnjom i korisnika postrojenja za samopskrbu prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji omogućuje da se investicije isplate u periodu od 9-14 godina. Sufinanciranje početne investicije fotonaponskog sustava značajno bi smanjilo period povrata.

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost

2019. godine objavljen je javni poziv za sufinanciranje korištenja obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u kućanstvima, za vlastitu potrošnju.¹² Poticaj je namijenjen fizičkim osobama za postavljanje fotonaponske elektrane za vlastite potrebe. Najveći iznos poticaja je 75.000 kn sa PDV-om za opravdane troškove. Poticaji se dodjeljuju za:

1. Provođenje stručnog nadzora
 - 40% ili najviše 1000 kn
 - Za brdsko-planinska područja i drugu skupinu otoka iznos je 60% ili najviše 1500 kn
 - Za područja posebne državne skrbi i prvu skupinu otoka iznos je 80% ili najviše 2000 kn
2. Nabavu i ugradnju FN elektrane
 - 40% ili najviše 36500 kn
 - Za brdsko-planinska područja i drugu skupinu otoka iznos je 60% ili najviše 54750 kn
 - Za područja posebne državne skrbi i prvu skupinu otoka iznos je 80% ili najviše 73000 kn

Pored ispunjenih prijavnih obrazaca, dokaza zakonitosti i dokaza vlasništva potrebno je dostaviti i Glavni projekt s troškovnikom opreme, radova i stručnog nadzora sukladno Zakonu o Gradnji.

Glavni projekt uz ostalo, mora sadržavati:

- 1) Tekstualni dio koji sadrži sve tehničke, tehnološke i druge podatke, proračune i rješenja kojima se dokazuje da će građevina ispunjavati temeljne zahtjeve za građevinu te druge zahtjeve i uvjete koje građevina mora ispunjavati.
- 2) Grafičke prikaze kojima se prikazuje oblik i veličina građevine i njezinog dijela, te instalacija i opreme kada je projektirana, kao i njihov međusobni položaj te položaj u prostoru,
- 3) Troškovnik opreme i usluga s jediničnim cijenama, rekapitulacijom troškovnika i istaknutim PDV-om,

¹² Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, http://www.fzoeu.hr/hr/nacionalni_javni_pozivi_i_natjecaji/

5. PRIMJENA OSTALIH OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

5.1 Korištenje sunčeve energije za dogrijavanje PTV i prostora

Sunčeva energija može se iskoristiti za grijanje vode (ili zraka) potrebnih u domaćinstvu. Sustavi za grijanje vode Sunčevom energijom najčešće se koriste za pripremu sanitarne tople vode (potrošna topla voda, PTV), a nešto rjeđe za dogrijavanje prostora. Osim različitih mogućnosti primjene, sustavi se mogu razlikovati i po načinu strujanja radnog fluida tj. postoje sustavi s prisilnom i prirodnom cirkulacijom.

Osnovni dijelovi sunčanog toplovodnog sustava su solarni kolektori, spremnik tople vode s izmjenjivačem topline, solarne stanice sa crpkom i regulacijom (kod sustava s prisilnom regulacijom) te razvod sa odgovarajućim radnim medijem. Sustav za pripremu potrošne tople vode funkcionira na način da se zagrijava toplinski medij koju cirkulacijska crpka prebacuje u spremnik potrošne tople vode, dok izmjenjivač topline zagrijava vodu. Solarna regulacija automatski uključuje cirkulacijsku crpku kada je temperatura medija u solarnim kolektorima veća od temperature pitke vode u spremniku, odnosno isključuje kada je temperatura jednaka ili manja. U periodu kada solarni kolektori ne mogu zagrijati potrošnu toplu vodu dogrijavanje se vrši preko centralnog grijanja odnosno toplane ukoliko je objekt spojen na toplanu.

Na slici 17 u nastavku prikazan je tipičan sustav za pripremu PTV za obiteljske kuće. Potrebno je istaknuti da solarni sustavi prikupljaju i skladište energiju samo za sunčanog vremena, pa u periodima nedovoljnog osunčanja i povećane potrošnje može doći do manjka tople vode. Zbog toga je poželjno imati dovoljno veliki spremnik koji može pohraniti energiju akumuliranu za vrijeme sunčanih sati kako bi se koristila kada nema sunčeve energije. U slučajevima kada ni to nije dovoljno voda se dogrijava preko dodatnog izmjenjivača topline kroz koji struji topla voda grijana preko drugog izvora topline npr. plinski bojler, sustav centralnog grijanja i sl. U ljetnim mjesecima je za dogrijavanje uputno koristiti električni grijač ugrađen direktno u spremnik (koji služi i kao zaštita od smrzavanja zimi), obzirom da sustav grijanja ne radi, tako da zagrijavanje cijelog kotla i vode u sustavu nije ekonomično.



Slika 36 Prikaz sunčevog toplinskog sustava

Sunčevi kolektori se najčešće postavljaju na krovove kuća i zgrada vodoravno ili pod određenim kutom kako bi primili najviše Sunčeve energije, ovisno o geografskoj širini. Također se kad je god to moguće usmjeravaju u pravcu juga, uz odstupanje do $\pm 30^\circ$. Spremnik ne smije biti previše udaljen od kolektora koji ga zagrijava kako bi se što je više moguće smanjili toplinski gubici u spojnim cjevovodima. Očekivani vijek trajanja solarnog sustava je 30 godina.

Pored sustava sa prisilnom cirkulacijom treba spomenuti i sustave s prirodnom cirkulacijom kod kojih toplinski medij (tekućina) cirkulira uslijed razlike gustoće dijela fluida u spremniku i kolektoru. Prednost im je što nije potrebno ugraditi niti regulaciju niti pumpu, no imaju nižu efikasnost zbog manjih protoka u kolektoru i većih toplinskih gubitaka ukoliko je spremnik montiran izvan objekta. Stoga su takvi sustavi prikladni za pripremu PTV u manjim objektima u ljetnim mjesecima.

5.1.1 Vrste sunčanih kolektora

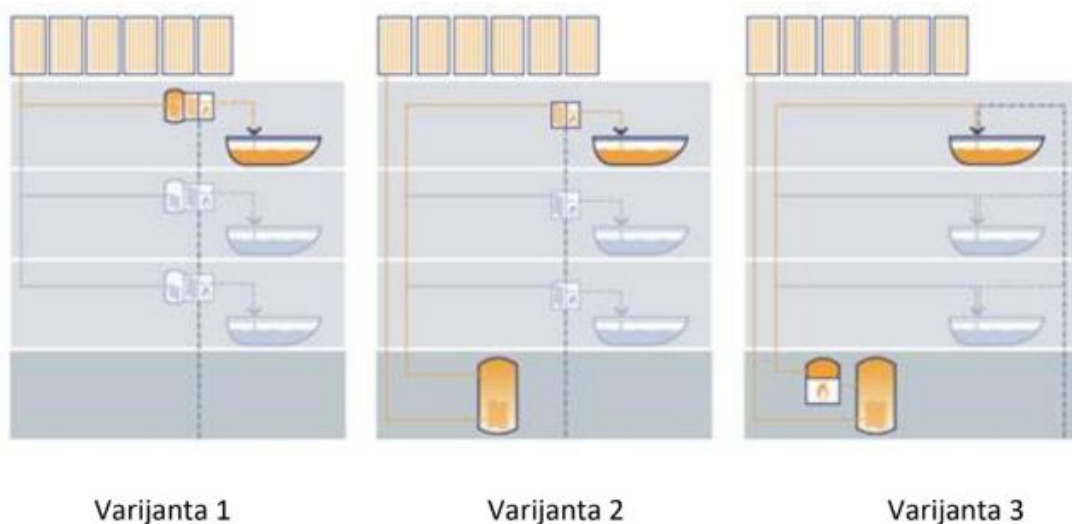
Sunčani kolektori se mogu podijeliti na pločaste, vakuumske i neostakljene apsorbere. Na našem su tržištu najviše zastupljeni pločasti kolektori uz manji broj vakuumskih. Pločasti kolektori se sastoje od tanke (0,3 – 0,5 mm) metalne apsorberske ploče prosječnih dimenzija 1x2 m na koju su pričvršćene cijevi kroz koje teče nosioc topline. Sunčevo se zračenje apsorbira u tankom premazu apsorberske ploče (apsorpcija 90 – 95%). Apsorbirana se toplina potom provodi kroz materijal ploče i cijevi do nosioca topline. Apsorber s cijevima je smješten u izolirano (mineralna vuna, stiropor, sjena) kućište (metalno ili plastično) i pokriven specijalnim staklom visoke propusnosti (90%) radi smanjenja toplinskih gubitaka od zagrijane apsorberske ploče na okoliš te zaštite od vremenskih utjecaja. Vakuumski kolektori se sastoje od određenog broja staklenih vakuumiranih cijevi (6 - 10) u kojima se nalaze metalne (bakrene) cijevi kroz koje protječe toplinski medij (voda, propilen glikol/voda, alkohol, freon i dr.) preuzimajući toplinu od apsorbera koji može biti u obliku ravne trake ili trake obavijene oko same unutrašnje cijevi. U staklenim cijevima je vakuum kako bi se smanjili toplinski gubici s apsorbera na okolišni zrak, što povoljno

utječe na krivulju efikasnosti vakuumskih kolektora koja je manje strma nego kod pločastih. To znači da u odnosu na pločaste vakuumski kolektori postižu bolju učinkovitost u zimskim mjesecima, a u ljetnim omogućuju postizanje viših temperatura. Njihovi glavni nedostaci u odnosu na pločaste kolektore su znatno viša cijena koju ne prati povećanje učinkovitosti te gubitak vakuuma tijekom nekoliko godina korištenja, a time i pad učinkovitosti. Također, omjer ukupne površine (projicirane površine koju cijeli sustav cijevi zauzima npr. na krovu, a na koji se svodi cijena i efikasnost kolektora) i efektivne površine apsorbera je nepovoljniji u odnosu na pločaste kolektore. Posebnu grupu neostakljenih kolektora čine tzv. apsorberi. Oni su napravljeni od gume otporne na UV ili plastike, a zbog velikih toplinskih gubitaka su prikladni samo za niskotemperaturne aplikacije (24 - 32°C). Osim propadanja materijala uslijed direktne izloženosti vremenskim uvjetima i UV zračenju, odlikuju ih i niska cijena i jednostavnost ugradnje.

5.1.2 Učinkovitost kolektora

Učinkovitost kolektora definirana je omjerom korisne topline prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog Sunčevog zračenja na plohu apsorbera kolektora. Na učinkovitost kolektora najviše utječu svojstva premaza apsorbera te kvaliteta pričvršćivanja cijevi za apsorbersku ploču (tj. veličina toplinskog otpora provođenju topline prema toplinskom mediju u cijevima). Na posljednje treba obratiti pozornost jer mnogi proizvođači u tehničkoj dokumentaciji uz kolektore navode samo karakteristike premaza (apsorpcija 90-95%) i stakla (propusnost 90%) koji su danas uglavnom standardni. Stoga je pri nabavi kolektora uputno tražiti krivulje učinkovitosti rada kolektora koja omogućava određivanje učinkovitosti kolektora (time i njegovog toplinskog učinka) pri proizvoljnim radnim i vremenskim uvjetima te usporedbu toplinskih karakteristika raznih modela kolektora. Najbolje karakteristike imaju spojevi ostvareni laserskim zavarivanjem cijevi na ravnu ploču te specijalnim postupcima točkastog lemljenja. Općenito, učinkovitost kolektora pada sa smanjenjem insolacije i temperature zraka, te s povećanjem srednje temperature toplinskog medija. Zbog toga je poželjno osigurati da temperatura u kolektoru ne bude previsoka s obzirom na željenu temperaturu vode u spremniku (50°C). Također važnu ulogu ima i temperaturna stratifikacija u spremniku, učinkovitost izmjenjivača kolektorskog kruga u spremniku kao i pravilan odabir protoka toplinskog medija (tj. pumpe i promjera cjevovoda) te način spajanja i broj kolektora u spoju.

Na slici 18 prikazane su tri varijante spajanja sunčevog toplinskog sustava. Prve dvije varijante pretpostavljaju da stanovi imaju etažne bojlere za dogrijavanje PTV. Prva varijanta je da svaki stan ima svoj spremnik topline, a druga pretpostavlja zajednički spremnik topline. Treća varijanta pretpostavlja kombinaciju solarnog sustava sa zajedničkim sustavom za centralno grijanje tj. jednim (ili dva) spremnika i sustavom za dogrijavanje.



Slika 37 Varijante spajanja solarnog sustava sa postojećim sustavima grijanja u višestambenim zgradama

Na lokacijama Slavka Kolara 19-27 i Josipa Pucekovića 1-13 postoji tehnička mogućnost korištenja sunčevog sustava za grijanje PTV koja se koristi u zgradi u kombinaciji sa postojećim sustavom daljinskog grijanja (varijanta 3). Radi ograničene površine za instalaciju kolektora i slabe osunčanosti u zimskim mjesecima, u ovom rješenju nije predložen sustav koji bi se koristio za dogrijavanje prostora.

S obzirom na površine krovova zgrada moguće je postaviti oko 272 m² solarnih pločastih kolektora pod kutem od 40° na lokaciji Slavka Kolara 19-27 te oko 308 m² na lokaciji Josipa Pucekovića 1-13.

Prije postavljanja solarnih toplinskih kolektora na krov obavezno je potrebno napraviti statički proračun čvrstoće konstrukcije, zbog znatne težine. Isto se preporučuje prije postavljanja spremnika topline u tavanskom prostoru. Također kao i kod fotonaponskih modula prije postavljanja je potrebno napraviti pregled krova i po potrebi toplinsku izolaciju i hidroizolaciju, jer bi nakon instaliranja sustava to bilo otežano. Na površini ravnog krova mogu se postaviti samo solarni kolektori ili fotonaponski paneli s pretpostavljenim površinama (snagama). Ako bi se postavljala oba sustava, površine (snage) bi bile smanjene.

5.1.3 Dimenzioniranje i isplativost sustava

Ovisno o lokaciji, sunčani sustav u ljetnom periodu zadovoljava 90-100% potrebe tople vode, u prijelaznom periodu 50-70% te u zimskom periodu 10-25%. Kod sunčanih sustava namijenjenih isključivo pripremi PTV odabir broja kolektora i njihovog nagiba te veličine spremnika ponajviše ovisi dnevnoj potrošnji vode u pojedinom dijelu godine, klimatskom području (kontinentalni ili primorski dio), te orijentaciji kolektora u odnosu na strane svijeta. Tipične vrijednosti za obitelj s 4-5 članova su 5-6 m² kolektora u kontinentalnom dijelu i 4m² u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 Lit. Tada je kroz cijelu godinu moguće prikupiti oko 600 kWh/m² toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m² u primorskom dijelu naše zemlje. Cijena sustava za jedno kućanstvo koji uključuju visokoučinkovite pločaste kolektore kreće se između 16.000-30.000 HRK (uključujući montažu). Ako su instalirani pod kutem 45° i usmjereni prema jugu, i pokrivaju sve potrebe za energijom u ljetnim mjesecima, najkraći period povrata investicije (omjer investicije i godišnje uštede na pojedinom energentu) u odnosu na grijanje vode plinom iznosi 24 godina u kontinentalnom dijelu i 16 godina u primorskom dijelu, te u odnosu na električno grijanje 8,5 odnosno 5,5 godine. Dakako, kod većih sustava

periodi povrata investicije su znatno niži jer u investiciju za sunčani dio sustava ne ulazi cijeli spremnik nego samo povećanje cijene u odnosu na spremnik koji bi se instalirao za klasično grijanje kotlom.

S obzirom na vrlo niske vrijednosti osunčanja tijekom hladnije polovice godine u našim krajevima, te posebice niske temperature u kontinentalnom dijelu koje dodatno snižavaju učinkovitost kolektora (oko 35% zimi dok u ljeti >55%), uporaba sunčanih sustava za grijanje prostora zahtijeva stručni odabir i dimenzioniranje sustava uz dobru procjenu stvarnih potreba za energijom kako bi tehničko rješenje sustava bilo ekonomski prihvatljivo.

Prednosti:

- Besplatan energent za proizvodnju toplinske energije
- Niska početna cijena investicije za izgradnju kolektora u usporedbi s fotonaponskim sustavom
- Relativno jednostavna instalacija, regulacija i održavanje

Nedostaci

- Nedostupnost za vrijeme naoblake i noću.
- Slaba izdašnost zimi
- Potreba za akumulacijom topline

5.2 Korištenje geotermalne energije za grijanje prostora i dogrijavanje PTV

Dizalice topline, poznate još i kao toplinske pumpe, koriste geotermalnu energiju iz zemlje, podzemnih voda ili zraka te preko sustava grijanja prenose toplinu u stambeni prostor. Toplinske pumpe ne proizvode štetne plinove te rade vrlo učinkovito čak i na niskim vanjskim temperaturama.

Dizalice topline se prvenstveno koriste u sustavima grijanja, međutim ako se radi o dizalici topline kod koje toplinu ne odvodimo zrakom već vodom, ta toplina se može iskoristiti i za pripremu potrošne tople vode. Sustav se jednostavno primjenjuje i na već postojeće instalacije te je na ovakav način moguće osigurati toplinsku energiju i potrošnu toplu vodu za kućanstvo tijekom cijele godine. Uz to, za vrijeme ljetnih mjeseci dizalice topline se koriste za hlađenje objekta.

Energija okoline (zemlja, zrak, voda) prenosi se radnom tvari do kompresora koji tlači radnu tvar čime joj se povećava temperatura koja se putem kondenzatora i izmjenjivača unutar kondenzatora zaprima toplinu i šalje toplu vodu u odgovarajući sustav distribucije topline. Nakon toga se radni medij preko ekspanzijskog ventila vraća u isparivač. U ekspanzijskom ventilu radni medij expandira s višeg tlaka kondenzatora na niži tlak isparivača i ohlađuje se. Time je zatvoren kružni proces isparivanje-kompresija-kondenzacija-ekspanzija koji se stalno ponavlja.

U svrhu grijanja prostora najčešće se koristi toplina podzemlja ugradnjom dubinskih ili površinskih izmjenjivača topline u tlo. Ako je na raspolaganju vodotok dovoljne izdašnosti, jezero ili more vrlo ih je povoljno koristiti kao izvor topline. Manje povoljan izvor je zrak okoline zbog malog toplinskog kapaciteta i poteškoća s izlučivanjeminja na isparivaču pri temperaturama nižim od 0°C. Dizalica topline povoljno

se koristi i za povrat otpadne topline iz ventilacijskih i klimatizacijskih sustava. Općenito je poželjno da se kao toplinski spremnik, u svrhu postizanja što više učinkovitosti koriste raspoloživi okolni izvori kao toplinski spremnici. Pritom se mogu promatrati ove varijante:

a. Vanjski zrak kao toplinski spremnik

Toplinski ili rashladni spremnik je vanjski zrak, što je standardna izvedba dizalica topline. Koeficijent učinka (Coefficient of performance – COP) grijanja ili hlađenja je najniži u ovom slučaju i direktno je ovisan o vanjskoj temperaturi. Uz nove generacije kompresora i integrirane standardne sustave za odmrzavanje, dizalice topline mogu funkcionirati i na ekstremno niskim vanjskim temperaturama. Korištenje vanjskog zraka kao toplinskog spremnika za pogon grijanja ili hlađenja se ne klasificira kao korištenje obnovljivih izvora energije, te se u europskoj praksi ni ne potiče.

b. Korištenje okolnih površinskih voda

Ovaj princip se odnosi na korištenje raspoloživih bliskih vodenih masa kao toplinskih spremnika za potrebe grijanja i hlađenja. To podrazumijeva morsku vodu u obalnom području, rijeke, jezera i druge bliske vode stajačice. Točka zahvata i ispusta vode moraju biti dovoljno udaljene, a izvedba cjevovoda od zahvata do postrojenja mora udovoljavati tehničkim i prostornim zahtjevima. Ovdje se javlja problem filtriranja vode na zahvatu – mikroorganizmi kod morske vode, mulj kod riječne itd. i drugi čimbenici koji izvedbu čine složenom.

c. Korištenje bliskih toplinskih izvora

Moguće je i korištenje obližnje raspoložive otpadne topline u kombinaciji sa sunčevim toplinskim kolektorima. U načelu, kod korištenja vanjskog zraka kao toplinskog spremnika, uvijek treba razmotriti mogućnost iskorištavanja obližnjih izvora topline koji su inače neiskorišteni. Otpadni zrak iz ventilacije, otpadna toplina iz industrijskih procesa i slično, daju mogućnosti bitnog povećanja energetske učinkovitosti dizalice topline, te njihovo korištenje treba poticati. Kombinacija s toplinskim sunčanim kolektorima se klasificira kao korištenje obnovljivog izvora energije za potrebe grijanja, no zbog složenosti i cijene sustava, te manje raspoloživosti izvora topline, treba analizirati isplativost ovog principa.

d. Korištenje topline tla

Korištenje topline tla predstavlja najšire područje kombiniranja rada dizalica topline s obnovljivim izvorima energije. Razlikujemo korištenje duboke geotermalne energije, koje je zbog složenosti i cijene zahvata u većini slučajeva neisplativo, osim ako se radi o kombiniranom korištenju geotermalnih voda (za toplice, lječilišta dr.) Korištenje plitke geotermalne energije je izvedivo u različitim opcijama:

- **polje plošnih kolektora**, koji iskorištavaju većinom sunčevu energiju akumuliranu u zemlji s manjim udjelom geotermalne energije - koriste se površinski slojevi tla čija je temperatura razmjerno konstantna tijekom cijele godine; plošni kolektori sastoje se od horizontalno postavljenih cijevi ispod površine zemlje, kroz koje cirkulira radni medij, cijevi su na dubini od 1,2 -1,5 m i prenose toplinu od tla do dizalice topline;
- **korištenje podzemne vode**, koje imaju relativno konstantnu prosječnu godišnju temperaturu od +8°C do +12°C, podzemna voda se crpi iz jednog bunara, vodi do dizalice topline i ohlađena vraća u drugi udaljeni bunar;

- **korištenje geotermalne topline** putem vertikalno položenih sondi koje se polažu na dubinu od 60 do 100 m ili više. Polažu se obično dvije sonde, kroz jedan krak cijevi ulazi ohlađeni radni medij, a kroz drugi se zagrijan vraća u dizalicu topline.

Kod svih slučajeva korištenja dizalica topline s kompresijom radne tvari u svrhu hlađenja, bitno je razmotriti mogućnosti korištenja nastale otpadne topline koja se mora odvoditi. Ukoliko se takva toplina može upotrijebiti za pripremu PTV ili druge svrhe, onda je pravilno ogrjevni/rashladni učinak računati na temelju ukupno dobivene korisne energije, rashladne i toplinske, te na taj način poticati ovakav princip korištenja otpadne topline iz dizalice.

5.2.1 Princip rada geotermalnih dizalica topline

Geotermalne dizalice topline koriste se pri temperaturama geotermalnog fluida ili tla od 5–35 °C, kada izravni sustavi grijanja ili hlađenja geotermalnom energijom nisu ekonomski isplativi. Instaliranje geotermalnih dizalica topline u Europi ima značajan porast u zadnjem desetljeću, s 20 % godišnjim prirastom. Individualni sustavi mogu biti u rasponu od 5 kW za grijanje kuća, pa sve do velikih sustava, snaga većih i od 150 MW. Sustavi najčešće služe za potrebe grijanja, a faktor iskorištenja kapaciteta kreće se od 2.000 do 6.000 sati godišnje, ovisno o namjeni za grijanje, hlađenje ili oboje.

Osnovne komponente sustava su kompresor s elektromotorom, povratni i prigušni ventil te dva izmjenjivača topline (kondenzator i isparivač). Dodatni izmjenjivač topline (pregrijač) može se pridodati zbog grijanja potrošne tople vode. Rashladno sredstvo je obično R-407C ili R-410A, koje za razliku od prvobitno korištenog freona 12 (CF₂Cl₂) ne djeluje negativno na ozon.

Postoje dva osnovna tipa sustava geotermalnih dizalica topline, s otvorenim i zatvorenim krugom. Ova dva tipa se mogu podijeliti na sljedeće podsustave:

- 1) Sustav sa zatvorenim krugom
 - Okomiti
 - Vodoravni
 - Zatvoreni sustav s površinskom vodom
- 2) Sustav s otvorenim krugom
 - dvije bušotine (proizvodna i utisna, ili izljev)

Okomiti izmjenjivači ili toplinske sonde su osobito prikladni, pa i nužni, u gusto naseljenim područjima gdje nema raspoloživog zemljišta. Sonde se polažu na dubine od 30 do 60, a najviše do 100 m, pri čemu se kao najčešći materijal za cijevi koristi polietilen (PE) koji jamči dobru izmjenu topline i jednostavno rukovanje, a otporan je prema uvjetima u podzemlju (vlaga, tlak, glodavci, mikroorganizmi). U zemlju se najčešće polažu dvije osnovne izvedbe:

- kao dvostruka U cijev, pri čemu kroz jedan krak ulazi ohlađeni radni medij, a kroz drugi se u toplinsku crpku vraća ugrijan
- kao koaksijalne cijevi, pri čemu je unutarnja od PE i kroz nju struji hladni radni medij, dok je vanjska metalna i kroz nju prema toplinskoj crpki struji ugrijani medij.

Ovisno o uvjetima u tlu, može se ostvariti prosječni učinak od 50 do 100 W/m duljine sonde, odnosno dubini tla, a kada u tlu ima (toplih) podzemnih voda, moguće su i veće vrijednosti. Osim topline tla, kao

toplinski izvor za toplinske crpke se može koristiti i toplina podzemnih voda, pri čemu je sustav po svojoj izvedbi vrlo sličan geotermalnim toplanama. Osnovni je preduvjet takvog rješenja raspoloživost podzemnih voda u većim količinama. Pri tome su također potrebne dvije bušotine (bunari) na udaljenosti najmanje 15 m. Iz jedne od njih se crpi podzemna voda prosječne temperature 10 °C i uvodi u isparivač toplinske crpke u kojem se hladi predajući toplinu radnoj tvari te se potom, kroz drugu bušotinu, ohlađena vraća natrag u podzemlje. Pri tome se velika pozornost treba obratiti na kvalitetu i sastav podzemne vode i tla jer razne nečistoće mogu uzrokovati smetnje i začepljenje cjevovoda. Isparivač toplinske crpke također se treba izvesti od korozijski postojanih materijala (npr. nehrđajućih čelika) zbog mogućih udjela korozivnih tvari.



Slika 38 Prikaz sustava grijanja kućanstva sa toplinskom pumpom i

Upotrebom dizalica topline moguće je smanjiti potrošnju energije za pripremu PTV za dvije trećine.

Prednosti dizalica topline:

- Dizalice topline podižu temperaturnu razinu topline uz relativno mali utrošak mehaničke energije (kompresor - električna pumpa)
- Omogućavaju iskorištavanje toplinskog potencijala niskotemperaturnih izvora topline
- Pouzdani uređaji

Nedostaci dizalica topline:

- Visoka početna investicija
- Relativna potrošnja električne energije
- Energetska učinkovitost pada s porastom raspona dizanja temperaturne razine nosioca topline.

U cilju daljnjeg razmatranja ovog rješenja potrebno je ustanoviti da li na lokaciji postoje tehnička ograničenja (dovoljno prostora, postojeće podzemne instalacije) za bušotinu u svrhu instalacije zemne sonde koja je dio sustava za grijanje i hlađenje prostora s dizalicom topline. Ako je taj uvjet zadovoljen na lokacije se može predvidjeti instalacija sustava dizalice topline umjesto postojećeg sustava grijanja i klima uređaja za hlađenje.

Napomena: Za korištenje dizalica topline s okomitim izmjenjivačima topline (zemnim sondama) potrebna su geomehnička i vodoistražna ispitivanja od strane ovlaštenih stručnih tvrtki. Također u slučaju korištenja topline podzemne vode potrebno je ishoditi i vodopravne uvjete od strane Hrvatskih voda, a na temelju programa vodoistražnih radova.

Instalacija uključuje sljedeće dijelove sustava:

- Dizalica topline (toplinska pumpa)
- Bušotina s okomitim izmjenjivačem topline
- Razvod cijevi i spojevi na postojeći sustav grijanja (radijatore).

Dizalicu topline moguće je smjestiti u podrumске prostorije zgrade ili u zasebnu kotlovnici u dvorištu.

Kako bi se odredila dimenzija sustava (snaga) potrebno je napraviti proračun na temelju potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade. Primjer proračuna za obiteljsku kuću površine 250 m² je u Tablici 13. Dimenzije sustava ovisit će o postojećoj toplinskoj izolaciji zgrade, tj. snaga potrebnog sustava je manja ako je potrebno manje toplinske energije za grijanje.

Cijena dizalice topline na tržištu se kreće oko 40.000kn bez montaže i bušotine sa zemnim sondama koja čini znatni udio u investiciji, a čija cijena ovisi o dubini i vrsti (oko 35Eur/m²). Od ostalih troškova tu su: geomehnički i vodo istražni radovi, izrada strojarskog projekta i troškovnika, dobivanje dozvola i suglasnosti, te ostali strojarski i građevinski radovi.

Iako je početna investicija kod dizalica topline znatno visoka, mjesečni pogonski troškovi su najniži u usporedbi s drugim sustavima grijanja. Koliko zapravo iznose troškovi kupovine i instalacije dizalica topline te nakon koliko godina se isplate, pokazano je u studiji „Tehnoekonomska analiza primjene dizalica topline“ koju je 2015. godine napravio doc.dr.sc. Marino Grozdek. U istraživanju su uspoređeni troškovi početne investicije te pogonski troškovi, godišnji i kroz period od 20 godina, za obiteljsku kuću veličine 250 m² na lokaciji Zagreb za različite sustave grijanja (prirodni plin, loživo ulje, dizalica topline zrak-voda, dizalica topline voda-voda, dizalica topline tlo-voda). Na slici u nastavku dani su rezultati te analize.

Tablica 27 Analiza primjene toplinske pumpe za grijanje i hlađenje obiteljske kuće

Obiteljska kuća: $A=250 \text{ m}^2$, $Q_{gr} = 22.500 \text{ kWh/god}$, $q_{gr} = 90 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ god})$, $\Phi_{gr} = 12.5 \text{ kW}$
 $Q_{hl} = 6.750 \text{ kWh/god}$, $q_{hl} = 27 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ god})$, $\Phi_{hl} = 7 \text{ kW}$

ZAGREB	Prirodni plin	Loživo ulje	DT tlo-voda	DT voda-voda	DT zrak-voda
ENERGETSKA ANALIZA					
Potrebna topl. en. za gr., kWh/god	22.500	22.500	22.500	22.500	22.500
Stupanj djelovanja/faktor grijanja	0,9	0,8	3,8	5,0	3,0
Potrebna energija za hl., kWh/god	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750
Faktor hlađenja	3,0	3,0	4,0	5,2	3,2
Efektivna energija za gr., kWh/god	25.000	28.125	5.921	4.500	7.500
Efektivna energija za hl., kWh/god	2.250	2.250	1.688	1.298	2.109
Emisija CO ₂ , kg	6.193	8.505	4.033	3.073	5.093
EKONOMSKA ANALIZA					
Investicija, kn	116.274	110.143	193.021	162.721	132.500
Faktor anuiteta	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
Trošak kapitala, kn/god	10.137	9.603	16.828	14.187	11.552
Cijena energenta, kn/jed mjeri					
Cijena energenta, kn/kWh	0,40	0,442	1,20 (VT) 80% 0,60 (NT) 20%	1,20 (VT) 80% 0,60 (NT) 20%	1,20 (VT) 80% 0,60 (NT) 20%
Pogonski troškovi, kn/god	12.430	14.848	8.217	6.262	10.378
Održavanje, kn/god	500	500	900	900	900
Troškovi kapitala i pogona, kn/god	23.067	24.951	24.333	21.349	22.830
TROŠKOVI KROZ 20 GODINA, kn	461.346	499.016	486.664	426.974	456.602

Početna investicija kod dizalica topline je znatno veća u odnosu na druge tehnologije, posebno kod dizalice topline tlo-voda. Daleko najmanje mjesečne pogonske troškove zahtijeva dizalica topline voda-voda, čak duplo manje od prirodnog plina. Kada se uzme u obzir početno ulaganje i mjesečni pogonski troškovi za 20 godina korištenja, dobije se rezultat koji kaže da je sustav koji koristi dizalicu topline voda-voda najisplativiji od navedenih. Očekivani životni vijek sustava s dizalicom topline je 25 godina.

6. ZAKLJUČAK

Fotonaponske elektrane na višestambenim zgradama mogu se koristiti za potrebe zadovoljavanja potrošnje električne energije za zajedničke potrebe u zgradi. Analiza je pokazala da se bez poticaja FN elektrane za zadovoljavanje vlastite potrošnje mogu isplatiti u razumnom roku, a porast cijene električne energije, niže cijene fotonaponskih panela te veća učinkovitost tehnologije utjecati će da investicija u FN elektranu rezultirati većim uštedama i bržom isplativosti u budućnosti. Također FN elektrana utječe na manje indirektno emisije CO₂, te zgrada postaje ugljično neutralnija.

Ova Analiza može poslužiti kao priprema za izradu Glavnih projekata FN (sunčanih) elektrana sukladno Zakonu o Gradnji. Glavni projekt je uvjet za dobivanje poticaja i realizaciju FN elektrane.

Potrošnja električne energije zgrade je razmatrana s obzirom na tipove potrošača po obračunskim mjernim mjestima (OMM). Za potrebe analize razmatrana su tri tipa potrošnje (krivulje) po obračunskim mjernim mjestima (OMM): kućanstva, rasvjeta zajedničkih prostorija i liftova, toplinska podstanica. Veličine elektrana, tj. razine priključne snage, dimenzionirane su s obzirom na tri različita faktora: površina krova, priključna snaga (OMM) i tip potrošnje električne energije na OMM. S obzirom na površinu krova pojedinih ulaza, broj kućanstava ulaza i prosječnu potrošnju električne energije u kućanstvima pokazalo se da krovovi nisu dovoljni da se postave FN elektrane za podmirivanje potreba za više od 2-3 kućanstva po ulazu. Stoga u Analizi nije razmatrana isplativost FN elektrana za kućanstva. Za ostale tipove potrošnje, rasvjetu zajedničkih prostorija, liftove i toplinske podstanice pokazalo se da ima dovoljno površine, i da su priključne snage dovoljne.

U tablici 28 su prikazani podaci za kombinacije FN elektrana i OMM u obje zgrade.

Za zgradu Slavka Kolara prikazani su podaci za svaki ulaz jer imaju različite raspoložive površine krovova. Na svakom krovu ulaza moguće je smjestiti samo jedan tip elektrane zbog veće potrošnje na OMM.

Za zgradu J.Pucekovića prikazana su dva tipa elektrane za jedan prosječni ulaz jer je površina krovova približno ista. Također potrošnja na OMM za zajedničku rasvjetu je manja jer nema liftova. Iz tog razloga na svaki krov ulaza moguće je smjestiti oba tipa elektrane: OMM za zajedničku rasvjetu i OMM za toplinsku podstanicu.

Tablica 28 Sumarni prikaz veličina FN elektrana, troškova i JPP

Zgrada i ulaz	Raspoloživa površina krova ulaza [m ²]	Optimalna snaga FN elektrane [kW]	Ukupan trošak investicije [HRK]	JPP, jednostavni period povrata [god]	Godišnje izbjegnute emisije CO ₂ [t]
Slavka Kolara 19 OMM rasvjeta, lift	135,78	8,085	52.552,50	9	1,97
Slavka Kolara 19 OMM toplinska podstanica	135,78	8,085	52.552,50	16	1,97

Slavka Kolara 21 OMM rasvjeta, lift	68,39	3,92	25.480,00	9	0,96
Slavka Kolara 21 OMM toplinska podstanica	68,39	3,92	25.480,00	13	0,96
Slavka Kolara 23 OMM rasvjeta, lift	277,41	13,72	89.180,00	14	3,38
Slavka Kolara 23 OMM toplinska podstanica	277,41	16,66	108.290,00	14	4,09
Slavka Kolara 25 OMM rasvjeta, lift	69,18	4,165	27.072,50	11	1,01
Slavka Kolara 25 OMM toplinska podstanica	69,18	4,165	27.072,50	14	1,01
Slavka Kolara 27 OMM rasvjeta, lift	130,53	7,84	50.960,00	13	1,92
Slavka Kolara 27 OMM toplinska podstanica	130,53	7,84	50.960,00	15	1,92
Josipa Pucekovića ulaz 1-13, OMM rasvjeta x 7	111,160	1,225	7.962,50	14	0,3
Josipa Pucekovića ulaz 1-13 OMM toplinska podstanica x2	111,160	2,94	19.110,00	16	1,63

Ako bi se u obje zgrade odabrale FN elektrane sa najpovoljnijim JPP za svaki ulaz (žuto označeni redovi) ukupan trošak za nabavu i montažu okvirno bi iznosio 245.244 kn za Slavka Kolara i 93.954 kn za Josipa Pucekovića. Ukupna izbjegnuta emisija u obje zgrade procijenjena je na 14,6 t CO₂ godišnje na osnovu predviđene ukupne proizvodnje i specifičnog faktora emisije CO₂ po proizvedenoj električnoj energiji u Hrvatskoj¹³.

¹³ Specifični faktor emisije CO₂ po ukupno proizvedenoj el. energiji u Hrvatskoj za 2017. godinu iznosi 0,207 kg/kWh, Izvor: Energija u Hrvatskoj 2017, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Republike Hrvatske, 2018.

7. LITERATURA

- Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji, NN 100/2015-1937
- Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava, Ministarstvo graditeljstva i prostornog Uređenja.
- Studija primjenjivosti alternativnih sustava, Elementi za izradu Elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, 2014
- Metodologija utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže, NN 51/2017
- Fotonaponski sustavi, Doc. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl. ing., HSUSE – Hrvatska stručna udruga za sunčevu energiju.
- Dujak Goran: Izrada digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja, Diplomski rad, Sveučilište Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavskom Brodu, 2012.
- Gregorić, Domagoj. "Projekt grijanja stambene zgrade sustavom s dizalicom topline." Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.
- Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, NN br. 79/14; 41/15; 75/15,112/17

Poveznice

- https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/EnergetskaUcinkovitost/Propisi/STUDIJA_primjenjivosti_AS.pdf
- <http://zgradekojestede.fzoeu.hr/projekti/slavka-kolara-19-27-velika-gorica/491.html>
- <https://www.schrack.hr/know-how/alternativni-izvori/osnove-o-fn-celiji-i-modulu/>
- <http://www.solarne-elektrane.hr/vrste-fn-panela-i-ucinkovitost-2/>
- <https://regulator.hr/zanimljivosti/priprema-potrosne-tople-vode-3-dio-solarni-kolektori-i-dizalice-topline/>
- <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/priprema-potrosne-tople-vode/priprema-ptv-solarnim-kolektorima>
- <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=26632>

8. DODACI

Zahtjev za provjeru mogućnosti priključenja kućanstva s vlastitom proizvodnjom



Obrazac PM-1.7.

Na temelju Uredbe o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu i Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu

PODNOŠITELJ ZAHTEVA

Ime i prezime / naziv tvrtke: _____ OIB: _____

Adresa: Mjesto: _____ Poštanski broj: _____

Ulica: _____ Broj: _____

Osoba za kontakt: _____ E-mail: _____ Telefon: _____

zastupan po **OPUNOMOĆENIKU** (ukoliko podnositelj zahtjeva ima opunomoćenika)

Ime i prezime / naziv tvrtke: _____ OIB: _____

Adresa: Mjesto: _____ Poštanski broj: _____

Ulica: _____ Broj: _____

Osoba za kontakt: _____ E-mail: _____ Telefon: _____

podnosi

ZAHTJEV ZA PROVJERU MOGUĆNOSTI PRIKLJUČENJA KUĆANSTVA S VLASTITOM PROIZVODNJOM

I. SVRHA PODNOŠENJA ZAHTEVA

- priključenje proizvodnog postrojenja na INSTALACIJU POSTOJEĆEG kupca kategorije kućanstvo (kupac s vlastitom proizvodnjom)
- promjena priključne snage u smjeru predaje u mrežu na OMM POSTOJEĆEG kupca s vlastitom proizvodnjom (opisati):

II. PODACI O GRAĐEVINI

a) Lokacija građevine

Adresa: Mjesto: _____ Poštanski broj: _____

Ulica: _____; Broj: _____ k.č. br.: _____ k.o.: _____

b) Naziv i vrsta elektrane

Naziv: _____

Vrsta elektrane: _____

c) Smještaj i vrsta fotonaponskih modula (popunjava se samo za sunčane elektrane)

- na građevini (integrirana sunčana elektrana),
- na tlu (neintegrirana sunčana elektrana)

Zahtjev - kućanstvo s vlastitom proizvodnjom

d) Podaci o generatoru odnosno izmjenjivaču (*vrsta, nazivna snaga, faznost, broj*)**e) Ukupna tražena priključna snaga na OMM**

- u smjeru PREDAJE električne energije u mrežu, P (proizvodnja): _____ kW

Napomena: u slučaju da podnositelj zahtjeva ne želi isporučivati električnu energiju u mrežu i sam će o svom trošku u vlastitoj instalaciji ugraditi blokadu predaje energije u mrežu, upisati priključnu snagu 0 kW.

f) Planirana godišnja proizvodnja/potrošnja na OMM

- planirana godišnja proizvodnja PREDAJE u mrežu: _____ kWh
- planirana godišnja proizvodnja PREUZIMANJA iz mreže: _____ kWh

g) Način pogona

- paralelno s distribucijskom mrežom
 paralelno s distribucijskom mrežom i s mogućnošću izoliranog pogona

h) Podaci o postojećem OMM

Šifra obračunskog mjernog mjesta: _____ Naziv _____ Priključna snaga _____

III. OSTALI PODACI

a) Elektrana će biti spremna za priključenje do: _____

b) Napomena (*u slučaju potrebe navesti ostale značajne podatke ili posebnosti*)

Mjesto: _____

Podnositelj zahtjeva

Datum: _____

/potpis**/

**** Svojim potpisom potvrđujem točnost i potpunost podataka navedenih u ovom Zahtjevu i suglasan sam da ovaj zahtjev predstavlja ujedno i zahtjev za sklapanje ugovora o korištenju mreže**

OBVEZNI PRILOZI

- Punomoć za zastupanje (*kada zahtjev podnosi opunomoćenik*)
 Glavni projekt elektrane
 Izvadak iz katastarskog plana, odnosno odgovarajuću podlogu s ucrtanom građevinom
 Dokaz pravnog interesa (*prema Zakonu o gradnji*)

OSTALI PRILOZI

Zahtjev - kućanstvo s vlastitom proizvodnjom

POPIS PROPISA KOJI SE ODNOSE NA UVJETE PRIKLJUČENJA I KORIŠTENJE MREŽE

- Zakon o energiji
- Zakon o tržištu električne energije
- Uredba o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu
- Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu
- Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom
- Metodologija utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže
- Odluka o iznosu naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage
- Mrežna pravila distribucijskog sustava
- Cjenik nestandardnih usluga HEP ODS

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. _____, (u daljnjem tekstu: HEP ODS), na osnovi Uredbe o izdavanju energetskih suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu i Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu, u postupku pokrenutom na zahtjev vlasnika/investitora građevine _____, OIB: _____ (u daljnjem tekstu: Podnositelj zahtjeva), zastupanog po opunomoćniku _____, OIB: _____, (*opcija, ako postoji opunomoćenik*) izdaje:

OBAVIJEST O MOGUĆNOSTI PRIKLJUČENJA NA MREŽU KUĆANSTVA S VLASTITOM PROIZVODNJOM

broj _____

Prihvaća se uredno podnesen zahtjev Podnositelja zahtjeva zaprimljenog dana _____ godine, pod urudžbenim brojem _____,

za priključenje elektrane na postojeću instalaciju kupca kategorije kućanstvo na građevini _____ (*opis predmeta i građevine*) (u daljnjem tekstu: Građevina),

na lokaciji:

_____, k.č.br. _____, k.o. _____.

Utvrđuje se da su ispunjeni uvjeti za izdavanje ove obavijesti o mogućnosti priključenja na mrežu kućanstva s vlastitom proizvodnjom (u daljnjem tekstu: obavijest), te se: (*opcije*)

1. utvrđuje da **ne postoji** mogućnost priključenje elektrane na postojeću instalaciju Građevine.

Na temelju izrađenog kontrolnog proračuna, koji se nalazi u prilogu ove obavijesti, a kojim su se analizirali porast napona u razmatranoj mreži niskog napona te strujno opterećenja vodova, zaključuje se da je utjecaj priključenja predmetne elektrane izvan dopuštenih granica definiranih Pravilima o priključenju na distribucijsku mrežu.

2. određuju sljedeći uvjeti priključenja na elektroenergetsku distribucijsku mrežu radi promjene kategorije korisnika mreže, a na temelju glavnog projekta Građevine.

I. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI O GRAĐEVINI

Vrsta i namjena Građevine: _____

Vrsta elektrane: _____

Ukupna instalirana snaga elektrane: _____ kVA

Predvidiva godišnja proizvodnja električne energije: _____ kWh

Predvidiva godišnja potrošnja električne energije: _____ kWh

II. POSEBNI UVJETI ZA LOKACIJU GRAĐEVINE

Na široj lokaciji predmetnog zahvata u prostoru, a prema raspoloživoj dokumentaciji, ne nalazi se postojeća i/ili planirana distribucijska elektroenergetska mreža. (*opcija, ako nema posebnih uvjeta*)

(*ako postoje posebni uvjeti, načelne točke posebnih uvjeta su:*)

Na široj lokaciji predmetnog zahvata u prostoru, a prema raspoloživoj dokumentaciji, nalazi se postojeća elektroenergetska mreža, kao što je vidljivo u prilogu 2. ove obavijesti.

Prigodom projektiranja Građevine potrebno je uvažiti minimalne sigurnosne udaljenosti i razmake navedene u „Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 do 400 kV“, a za podzemne kabele uvažiti minimalne sigurnosne udaljenosti križanja i paralelnog vođenja kabela navedene u „Tehničkim uvjetima za polaganje elektroenergetskih kabela nazivnog napona 1 kV do 35 kV“.

U slučaju neizbježnog izmještanja distribucijskih nadzemnih i/ili podzemnih vodova, Podnositelj zahtjeva dužan je, za izvođenje radova izmještanja, sklopiti ugovor s HEP ODS-om koji će za navedeno izraditi svu potrebnu dokumentaciju i ishoditi dozvole. Navedena projektna dokumentacija i dozvole preduvjet su za izdavanje potvrde glavnog projekta Građevine.

Na mjestima izvođenja radova u blizini podzemnih elektroenergetskih vodova iskop treba obaviti ručno, a njihov položaj prethodno utvrditi probnim iskopima u nazočnosti predstavnika HEP ODS-a.

Sve troškove izmještanja, zaštite i popravka zbog mogućih oštećenja distribucijske mreže podmiruje Podnositelj zahtjeva, a posao je dužan naručiti od HEP ODS-a. Navedeni troškovi nisu obuhvaćeni Ponudom za opremanje obračunskog mjernog mjesta.

III. UVJETI PRIKLJUČENJA

1. IZVEDBA PRIKLJUČKA

2.1. Priključna snaga i mjesto priključenja na mrežu

Ukupna priključna snaga u smjeru preuzimanja iz mreže: _____ kW

Postojeća priključna snaga u smjeru preuzimanja iz mreže: _____ kW na OMM broj _____

Ukupna priključna snaga u smjeru predaje u mrežu: _____ kW

Postojeća priključna snaga u smjeru predaje u mrežu: _____ kW na OMM broj _____ *(kod promjene na postojećem priključku)*

Nazivni napon na mjestu priključenja na mrežu: 0,4 kV

Mjesto priključenja na mrežu: _____

Napajanje mjesta priključenja iz: _____

2.2. Opis izvedbe priključka

Mjesto razgraničenja vlasništva i odgovornosti između Podnositelja zahtjeva i HEP ODS-a (mjesto predaje/preuzimanja energije) je: _____.

Uređaj za odvajanje smješten je u: _____.

2.3. Obračunska mjerna mjesta

Popis obračunskih mjernih mjesta Građevine s tehničkim podacima nalazi se u Prilogu 1.

Mjesta mjerenja električne energije: _____

Oprema mjernog mjesta treba biti u skladu s Tehničkim uvjetima za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP-ODS-a.

IV. UVJETI PRIKLJUČENJA KOJE MORA ISPUNITI GRAĐEVINA

Postrojenje i električna instalacija Građevine trebaju biti projektirani i izvedeni prema važećim zakonima, tehničkim propisima, normama i preporukama, Mrežnim pravilima i Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom te uvjetima iz ove obavijesti.

Izvedba spoja Građevine na susretno postrojenje mora biti usklađena s tehničkim karakteristikama uređaja u susretnom postrojenju na kojeg se priključuje.

Postrojenje i električna instalacija Građevine moraju ispunjavati minimalne tehničke uvjete propisane Mrežnim pravilima, koji se odnose na: valni oblik napona, nesimetriju napona, pogonsko i zaštitno uzemljenje, razinu kratkog spoja, razinu izolacije, zaštitu od kvarova i smetnji, faktor snage i povratno djelovanje na mrežu.

Razina izolacije opreme u postrojenju i električnoj instalaciji Građevine mora biti dimenzionirana sukladno naponskoj razini na koju se priključuje.

Dimenzioniranje postrojenja i električne instalacije Građevine prema očekivanoj maksimalnoj struji trolnog kratkog spoja u mreži: *(opcije)*

- na razini napona 0,4 kV: 10 kA za priključnu snagu do 20 kW
- na razini napona 0,4 kV: 25 kA za priključnu snagu iznad 20 kW

U niskonaponskoj električnoj instalaciji Građevine zaštita od električnog udara u slučaju kvara (indirektnog dodira) treba biti izvedena: *(opcije)*

- TN-C-S sustavom uzemljenja
- TN-S sustavom uzemljenja
- TT sustavom uzemljenja.

U niskonaponskoj električnoj instalaciji Građevine kod primjene TN sustava uzemljenja obvezno je zasebno izvođenje neutralnog vodiča (N-vodiča) i zaštitnog vodiča (PE-vodiča) do mjesta razgraničenja vlasništva između Podnositelja zahtjeva i HEP ODS-a.

Vrijednost faktora ukupnoga harmonijskog izobličenja (THD) napona uzrokovanog priključenjem postrojenja i instalacija Građevine može iznositi najviše:

- na razini napona 0,4 kV: 2,5%,

Navedene vrijednosti odnose se na 95% 10-minutnih prosjeka efektivnih vrijednosti napona za razdoblje od tjedan dana.

Podnositelj zahtjeva dužan je zaštitu Građevine od kvarova uskladiti s odgovarajućom zaštitom u distribucijskoj mreži, tako da kvarovi na njegovu postrojenju i električnoj instalaciji ne uzrokuju poremećaje u distribucijskoj mreži ili kod drugih korisnika mreže.

Ukoliko podnositelj zahtjeva u svojoj instalaciji koristi vlastiti izvor napajanja koji se uključuje isključivo u slučaju prekida napajanja električnom energijom iz mreže, dužan je projektirati i izvesti blokadu uklopa vlastitog izvora napajanja na mrežu.

Postrojenje i električna instalacija Građevine ne smije biti spojeno s postrojenjem i električnom instalacijom građevine drugog korisnika mreže (priključenih preko drugog obračunskog mjernog mjesta).

Podnositelj zahtjeva je dužan u svojoj instalaciji u dolazu s mreže predvidjeti prostor za ugradnju ograničavala strujnog opterećenja (OSO), koje ugrađuje i plombira HEP ODS. *(opcija za OMM do 20 kW)*

V. DODATNI UVJETI PRIKLJUČENJA ZA ELEKTRANU

Način pogona: paralelno s distribucijskom mrežom

Izolirani pogon: nije predviđen

Otočni pogon: nije dopušten

Uređaj za sinkronizaciju: _____

Sinkronizacija mora biti automatska uz sljedeće uvjete:

a) elektrane sa sinkronim generatorom ili izmjenjivačem:

- razlika napona manja od $\pm 10\%$ nazivnog napona,
- razlika frekvencije manja od $\pm 0,5$ Hz ($\pm 0,1$ Hz za vjetroelektrane sa sinkronim generatorom)
- razlika faznog kuta manja od ± 10 stupnjeva.

b) elektrane sa asinkronim generatorom:

- Prije uključivanja na distribucijsku mrežu pogonskim strojem postići brzinu vrtnje u granicama $\pm 5\%$ u odnosu na sinkronu brzinu.

Uvjete paralelnog pogona osiguravaju međusobno usklađene zaštite elektrane i distribucijske mreže. U slučaju odstupanja od propisanih uvjeta za paralelni pogon, zaštita mora odvojiti elektranu iz paralelnog pogona. Za paralelni pogon elektrana s mrežom, elektrana mora biti opremljena:

- Zaštitom koja osigurava uvjete paralelnog pogona: pod/nadnaponskom, pod/nadfrekventnom;
- Zaštitom od smetnji i kvarova u mreži i elektrani: nadstrujnom, kratkospojnom, zemljospojnom, ograničenje istosmjeme komponente struje;
- Zaštitom od otočnog pogona.

Zaštita mora imati mogućnost zatezanja djelovanja pojedinačne zaštite i memoriranja događaja koji su uzrokovali proradu zaštite.

Instalacija sunčane elektrane treba biti izvedena prema HRN HD 60364-7-712. *(opcija za sunčane elektrane)*

Svaka proizvodna jedinica u elektrani mora biti opremljena generatorskim prekidačem, koji može biti i samostalni uređaj ili integriran u izmjenjivač. U slučaju više proizvodnih jedinica, više uređaja/mjesta za sinkronizaciju ili mogućnosti izoliranog pogona elektrana mora biti opremljena i glavnim prekidačem.

Podešenja proradnih vrijednosti zaštite koje djeluju na proradu uređaja za isključenje s mreže moraju biti usuglašena s HEP ODS-om. HEP ODS pridržava pravo promjene podešenja zaštite u mreži radi specifičnosti konfiguracije lokalne mreže ili temeljem rezultata ispitivanja u pokusnom radu elektrane.

Ako je ukupna instalirana snaga elektrane veća od odobrene priključne snage u smjeru predaje u mrežu na obračunskom mjernom mjestu, projekt Građevine mora sadržavati tehničko rješenje automatske blokade predaje viška proizvedene električne energije u mrežu u slučaju prekoračenja odobrene priključne snage. *(opcija)*

U elektrani mora biti ugrađen regulator snaga/frekvencija, koji treba biti opremljen i podešen tako da skokovita promjena snage pri opterećenju i rasterećenju bude manja od 10% nazivne snage generatora. *(opcija, za sve elektrane osim sunčanih)*

Načelni prikaz sustava zaštite na sučelju elektrane i mreže s prijedlogom podešenja proradnih vrijednosti zaštite u elektrani je u prilogu ____ (*opcija samo za sunčane elektrane*)

VI. EKONOMSKI UVJETI

U slučaju postojanja troškova priključenja Podnositelj zahtjeva je dužan s HEP ODS-om zaključiti ugovorni odnos iz ponude za opremanje obračunskog mjernog mjesta, čime se uređuju uvjeti opremanja obračunskog mjernog mjesta radi promjene kategorije korisnika mreže, iznos troškova i dinamika plaćanja, te odnosi (prava, dužnosti i obveze) Podnositelja zahtjeva i HEP ODS-a u postupku promjene kategorije korisnika mreže. (*opcija*)

Obveza Podnositelja zahtjeva je s HEP ODS-om sklopiti ugovore za reguliranje imovinsko-pravnih odnosa na svojim nekretninama za izgradnju elektroenergetskih objekata nužnih za priključenje njegove građevine na mrežu.

VII. UVJETI ZA POSTUPAK PRIKLJUČENJA NA MREŽU

Na temelju ove obavijesti, Podnositelj zahtjeva ne može priključiti elektranu na postojeću instalaciju kupca kategorije kućanstvo.

Za priključenje na mrežu Podnositelj zahtjeva treba:

- ishoditi potvrdu glavnog projekta (ako je propisano),
- potpisati prijedlog ugovora o korištenju mreže iz priloga 5. ove obavijesti,
- dostaviti zahtjev za promjenu statusa korisnika mreže.

Prije podnošenja Zahtjeva za izdavanje elektroenergetske suglasnosti i sklapanje ugovora o korištenju mreže Podnositelj zahtjeva dužan je izraditi i ishoditi suglasnost HEP ODS-a na: (*opcije*)

- elaborat podešenja zaštite, u kojem treba razraditi i potvrditi usklađenost podešenja (selektivnost) zaštite elektrane i mreže,
- elaborat utjecaja na elektroenergetsku mrežu.

Podnositelj zahtjeva je dužan od HEP ODS-a zatražiti Smjernice za izradu Elaborata utjecaja na elektroenergetsku mrežu i Elaborata podešenja zaštite. (*opcija*)

Elaborat podešenja zaštite, Elaborat utjecaja na elektroenergetsku mrežu moraju biti dostavljeni na suglasnost u HEP ODS, najmanje 30 dana prije podnošenja zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže. (*opcija*)

Podnositelj zahtjeva dužan je prije priključenja elektrane na postojeću instalaciju, podnijeti Zahtjev za promjenu statusa korisnika mreže, te u prilogu posebice dostaviti:

- glavni ili izvedbeni projekt,
- certifikat za ugrađenu opremu elektrane, koji je izdan od ovlaštenog certifikatora, a u skladu s Uredbom Komisije (EU) 2016/631 od 14. travnja 2016. o uspostavljanju mrežnih pravila za zahtjeve za priključivanje proizvođača električne energije na mrežu i Uredbom (EZ) br. 765/2008 Europskog parlamenta i Vijeća od 9. srpnja 2008. o utvrđivanju zahtjeva za akreditaciju i za nadzor tržišta u odnosu na stavljanje proizvoda na tržište i o stavljanju izvan snage Uredbe (EEZ) br. 339/93.

HEP ODS će u roku od 15 dana od primitka urednog zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže, izdati Podnositelju zahtjeva potvrdu o promjeni statusa korisnika mreže u obliku Potvrde za trajni pogon.

VIII. OSTALI UVJETI

Rok važenja ove obavijesti je dvije godine od dana izdavanja.

IX. UPUTA O PRAVNOM LIJEKU (*opcija 1 i 2*)

Protiv ove obavijesti zainteresirane strane mogu u roku 15 dana od dana dostave obavijesti, podnijeti žalbu Hrvatskoj energetskej regulatornoj agenciji, Ulica grada Vukovara 14, 10000 Zagreb. Žalba se predaje HEP ODS-u, _____, neposredno pisanim putem ili poštom. Za žalbu se plaća upravna pristojba u iznosu od 50,00 kn prema Tarifnom broju 3 Uredbe o tarifi upravnih pristojbi i Zakonu o upravnim pristojbama.

Prilozi:

1. Kontrolni proračun (*samo za opciju 1*)
ili za *opciju 2*:
1. Tablica obračunskih mjernih mjesta
2. Prikaz postojeće i planirane distribucijske elektroenergetske mreže na lokaciji
3. Jednopolna shema susretnog postrojenja
4. Ponuda o priključenju
5. Ugovor o korištenju mreže

Direktor

Dostaviti:

- Podnositelju zahtjeva
- Opunomoćeniku (*opcija*)
- HEP ODS, _____
- Pismohrani

Prilog 1. Tablica obračunskih mjernih mjesta

Šifra OMM	Naziv OMM	Kategorija korisnika mreže	Napon OMM (kV)	Priključna snaga - potrošnja (kW)	Priključna snaga - proizvodnja (kW)	Dopušteni faktor snage - potrošnja	Dopušteni faktor snage - proizvodnja *	1F/3F
		kupac s vlastitom proizvodnjom	0,4			0,95 ind.-1	1	

*na zahtjev HEP ODS-a i u drugačijem opsegu u okviru propisanih granica

