

Modeli i analiza isplativosti investicija u niskouglijčne tehnologije za turističke lokacije

Galović, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:470625>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 63

**MODELI I ANALIZA ISPLATIVOSTI INVESTICIJA U
NISKOUGLJIČNE TEHNOLOGIJE ZA TURISTIČKE
LOKACIJE**

Domagoj Galović

Zagreb, veljača 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 63

**MODELI I ANALIZA ISPLATIVOSTI INVESTICIJA U
NISKOUGLJIČNE TEHNOLOGIJE ZA TURISTIČKE
LOKACIJE**

Domagoj Galović

Zagreb, veljača 2024.

DIPLOMSKI ZADATAK br. 63

Pristupnik: **Domagoj Galović (0036506818)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Profil: Elektroenergetika
Mentor: izv. prof. dr. sc. Tomislav Capuder

Zadatak: **Modeli i analiza isplativosti investicija u niskouglične tehnologije za turističke lokacije**

Opis zadatka:

Krajnji korisnici budućeg energetskeg sustava biti će nositelji fleksibilnosti koja je potrebna za prilagodbu elektroenergetskog sustava promjenljivoj i distribuiranoj održivoj proizvodnji električne energije. Pad cijena i razvoj niskougličnih tehnologija otvaraju vrata dekarbonizaciji elektroenergetskog sustava posebno na strani krajnjih korisnika. Prema brojnim direktivama Europske unije, potrošači bi električnu energiju koju su sami proizveli trebali moći trošiti, skladištiti i prodavati tržištu te sudjelovati na svim tržištima električne energije omogućujući fleksibilnost sustava. Upravo različitosti obrazaca ponašanja krajnjih korisnika stvaraju izazove u definiranju ove fleksibilnosti, isplativosti i odabiru tehnologija koje su optimalne za određeni sustav. Upravo iz navedenih razloga, u diplomskom radu biti će analizirano turističko naselje koje čini niz krajnjih korisnika, sezonskih kuća, i karakterizirano je sezonalnim potrebama za energijom. Turističko naselje može se ponašati kao niz neovisnih pojedinaca, no u diplomskom radu biti će, na stvarnom primjeru, razmatran cjelovit prelazak naselja na niskougličnu zajednicu, te će biti optimirane i analizirane različite opcije dekarbonizacije postojećeg sustava te troškovna opravdanost istog

Rok za predaju rada: 9. veljače 2024.

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Camping Plitvice – Analiza postojećeg stanja	5
2.1. Izvedeno stanje elektroinstalacija	9
2.2. Centralni objekt s okolnim parkiralištem.....	14
2.3. Mobilne kućice	17
2.4. Parcele za kampere	20
2.5. Punionica za električna vozila	21
2.6. Potrošnja električne energije.....	25
3. Prijedlog prikladnih niskougličnih rješenja	29
3.1. Fotonaponska elektrana.....	30
3.1.1. Centralni objekt.....	33
3.1.2. Parkiralište centralnog objekta.....	37
3.1.3. Mobilne kućice	45
3.1.4. Parcele za kampere	58
3.2. Punionica za električna vozila.....	63
3.3. Cjelokupni pregled predloženih niskougličnih rješenja	67
4. Pregled predloženih niskougličnih rješenja s elektroenergetskog i ekonomskog aspekta	70
4.1. Slučaj A – FNE na krovovima postojećih objekata.....	73
4.2. Slučaj B – FNE na krovovima postojećih objekata te u obliku solarne nadstrešnice na području parkirališta	77
5. Zaključak.....	82
Literatura	84
Sažetak	86
Summary.....	87

1. Uvod

Danas pitanje održivosti i zaštite okoliša postaje sve važnije, posebno u sektorima koji imaju značajan utjecaj na emisiju stakleničkih plinova i koji čine važan dio gospodarstva pojedine zemlje. Jedan od tih sektora u Republici Hrvatskoj je turizam, koji je po podacima iz 2022. godine uprihodio 13.113,8 milijuna eura što je činilo 19,5% udjela u BDP-u, te je samim time ključan za gospodarstvo RH [1]. U cilju smanjenja negativnih utjecaja na okoliš i iskorištavanja potencijala obnovljivih izvora energije, sve veća pažnja posvećuje se ulaganjima u niskougljične tehnologije u turističkim objektima. Ovim radom analizira se isplativost takvih ulaganja na konkretnom primjeru turističkog objekta Camping Plitvice, analizirajući zašto je ulaganje u niskougljične tehnologije nužan korak prema održivom poslovanju turističkih objekata.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja RH donijelo je 2021. godine *Strategiju niskougljičnog razvoja RH do 2030. s pogledom na 2050 godinu*, gdje je kao jedan od zaključaka naveden taj da rast BDP-a doprinosi smanjenju emisija kada do njega dolazi kroz ulaganja u niskougljične tehnologije, industriju i usluge [2]. Niskougljične tehnologije obuhvaćaju različite tehnike, postupke i sustave koji imaju za cilj smanjenje emisije ugljičnog dioksida (CO₂) i drugih stakleničkih plinova u procesima proizvodnje i potrošnje energije te drugim sektorima gospodarstva [3]. Ove tehnologije mogu uključivati korištenje obnovljivih izvora energije, energetske učinkovitost, tehnologije za smanjenje emisija CO₂ u industriji, održive prometne sustave i druge inovativne pristupe. Njihova implementacija u turističke objekte može značajno doprinijeti smanjenju ekološkog otiska i dugoročno očuvati prirodne ljepote i resurse Republike Hrvatske.

Turizam predstavlja ključni sektor hrvatskog gospodarstva, koji donosi značajne prihode, stvara nova radna mjesta i potiče razvoj lokalnih zajednica diljem obale i otoka, ali i u unutrašnjosti. Stoga je važno osigurati održivost i konkurentnost turističkog sektora kroz primjenu inovativnih i ekološki prihvatljivih pristupa poput niskougljičnih tehnologija.

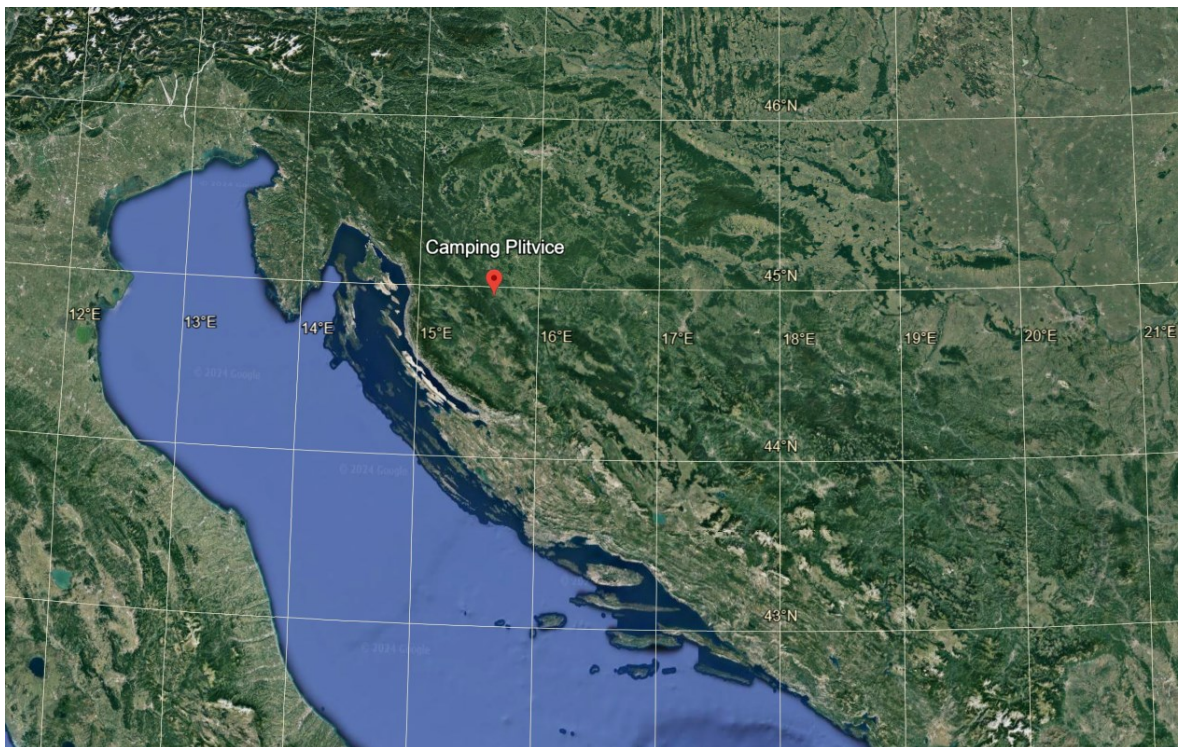
Turizam kao sektor ima inherentan interes za očuvanje okoliša i prirodnih ljepota, budući da su one ključni resursi za privlačenje turista. Ulaganja u niskougljične tehnologije turističkim objektima mogu donijeti brojne koristi, uključujući smanjenje troškova energije, poboljšanje kvalitete usluge, povećanje konkurentnosti na tržištu te pozitivan utjecaj na imidž destinacije kao ekološki osviještene i odgovorne turističke destinacije. Stoga je turizam kao sektor idealan za investicije u niskougljične tehnologije, jer one ne samo da pridonose zaštiti okoliša, već i osiguravaju dugoročnu održivost i profitabilnost poslovanja turističkih objekata.

Europska unija je donijela niz odluka i mjera koje promiču prelazak na niskougljična rješenja u različitim sektorima, uključujući i turizam. Europski zeleni plan (*European Green Deal*) predstavlja temeljni okvir politike Europske unije za postizanje održivosti i smanjenje emisija stakleničkih plinova do 2050. godine. Jedan od ključnih ciljeva Europskog zelenog plana je postizanje klimatske neutralnosti, što zahtijeva prelazak na niskougljične tehnologije u svim sektorima, uključujući i turizam [4]. Europska unija promiče korištenje obnovljivih izvora energije i povećanje energetske učinkovitosti u svim sektorima gospodarstva. To uključuje poticanje ulaganja u solarnu energiju, vjetar, hidroelektrane i druge niskougljične izvore energije u turističkim objektima. Direktiva o energetske učinkovitosti (*Energy Efficiency Directive*) propisuje ciljeve energetske učinkovitosti za države članice Europske unije te promiče mjere za smanjenje potrošnje energije i emisije stakleničkih plinova u građevinama, uključujući i turističke objekte [5].

Ove i druge inicijative Europske unije stvaraju zakonodavni okvir i poticajne mehanizme koji potiču turističke objekte na prelazak na niskougljične tehnologije radi smanjenja negativnih utjecaja na okoliš i postizanja održivosti turističkog sektora.

2. Camping Plitvice – Analiza postojećeg stanja

Turistički objekt Camping Plitvice nalazi se u središnjoj Hrvatskoj, točnije u naselju Smoljanac koje je dio Općine Plitvička jezera i Ličko-senjske županije, a od Nacionalnog parka Plitvička jezera udaljen je 3 km. Otvoren je 2019. godine i prostire se na nešto više od 16.000 m². Sastoji se od 17 mobilnih kućica, 29 parcela za kampere, 8 kamp mjesta za šatore te centralnog objekta s bazenom, restoranom, sanitarnim prostorijama te okolnim parkiralištem s 21 parkirnim mjestom. Ukupan kapacitet smještajnih jedinica je 200 osoba [6]. Na Sl. 2.1 prikazana je geografska pozicija promatranog objekta na podlozi satelitske karte preuzeta s internetske stranice Google Earth, a na Sl. 2.2 te Sl. 2.3 prikazane su zračne snimke objekta preuzete s internetske stranice Camping Plitvice.



Sl. 2.1 Camping plitvice - geografska pozicija na satelitskoj karti [7]

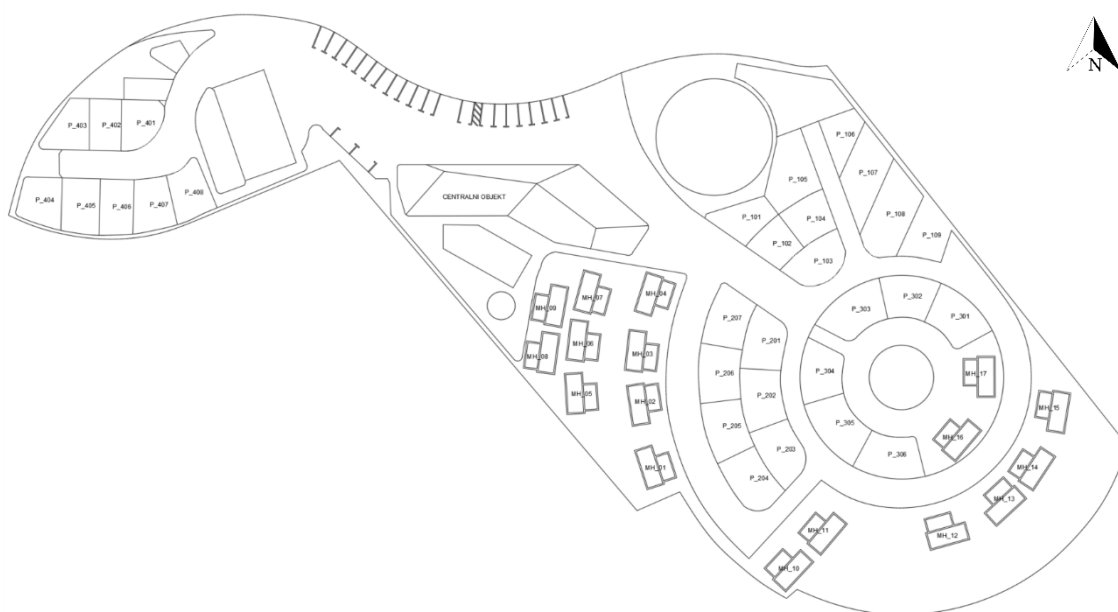


Sl. 2.2 Camping Plitvice, zračna snimka objekta - pogled istok [8]



Sl. 2.3 Camping Plitvice, zračna snimka objekta - pogled zapad [8]

Na Sl. 2.4 prikazan je tlocrt cijelog područja kampa s označenim navedenim dijelovima kampa – mobilnim kućicama, parcelama za kampere i centralnim objektom.



Sl. 2.4 Camping Plitvice, tlocrt

U sljedećim poglavljima detaljnije su obrađeni pojedini dijelovi promatranog turističkog objekta – njihovo postojeće stanje te potencijal za ulaganje u neke od promatranih niskougličnih tehnologija – fotonaponske elektrane te punionice za električna vozila.

Osnovni preduvjet za ulaganje u navedene niskouglične tehnologije je visoka razina energetske učinkovitosti promatranih objekata te zamjena svih fosilnih energenata električnom energijom. S obzirom na to da je gradnja promatranih objekata završena 2019. godine, da su korištene moderne tehnologije gradnje te činjenicu kako je grijanje objekta elektrificirano, promatrani objekt zadovoljava oba navedena preduvjeta.

U svim predloženim rješenjima važno je voditi se načelima najbolje dostupne tehnologije (BAT; Best Available Technology) i dobre inženjerske prakse (GEP; Good Engineering Practice) koje za rezultat imaju sprječavanje, uklanjanje i minimiziranje rizika utjecaja na sigurnost, zdravlje i zaštitu okoliša uz istovremeno zadovoljenje temeljnih zahtjeva industrijskih standarada i smjernica. Predložena rješenja biti će odabrana sukladno tehničkim propisima i normama kojima je obuhvaćena predmetna tehnologija.

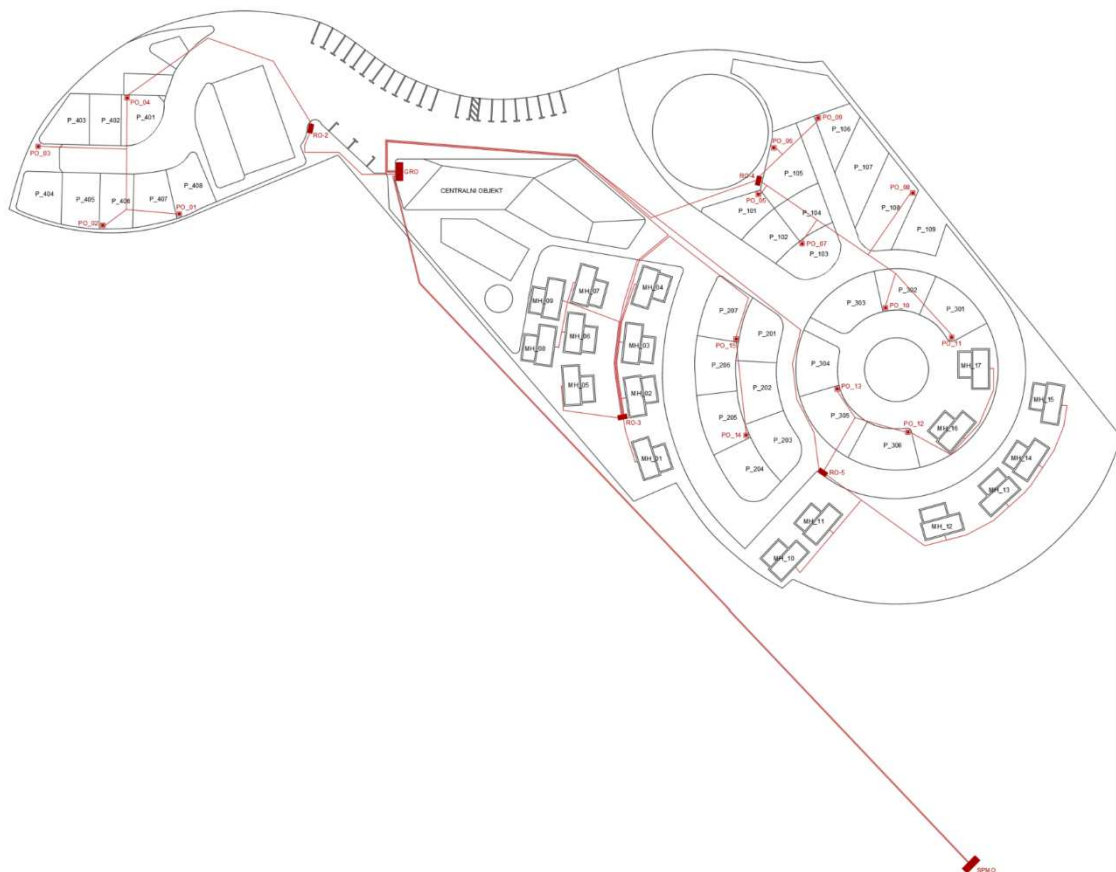
Osim toga, važno je voditi računa o tome da se u promatranom objektu obavlja turistička djelatnost te da predložena rješenja ne smiju značajno estetski narušiti izgled objekta i krajobraza. Iz tog razloga će svako predloženo rješenje biti ocijenjeno opisnom ocjenom o utjecaju na izgled objekta i krajobraza te će se isto uzeti u obzir pri odabiru optimalnog rješenja.

2.1. Izvedeno stanje elektroinstalacija

Izvidom stanja na terenu te uvidom u elektrotehnički projekt izvedenog stanja centralnog objekta Camping Plitvice s pratećim sadržajima, dobiven je cjelokupni uvid u postojeće stanje elektroinstalacija u promatranom objektu.

Sva predložena rješenja potrebno je u što većoj mjeri uskladiti s postojećim stanjem elektroinstalacija kako bi se minimalizirali troškovi potencijalnih investicija te potencijalni radovi na iskapanju i zamjeni postojećih kabelskih vodova unutar promatranog objekta.

Na Sl. 2.5 prikazan je tlocrt elektroinstalacija na promatranoj parceli koji uključuje pozicije razvodnih ormara te trase polaganja podzemnih kabela.



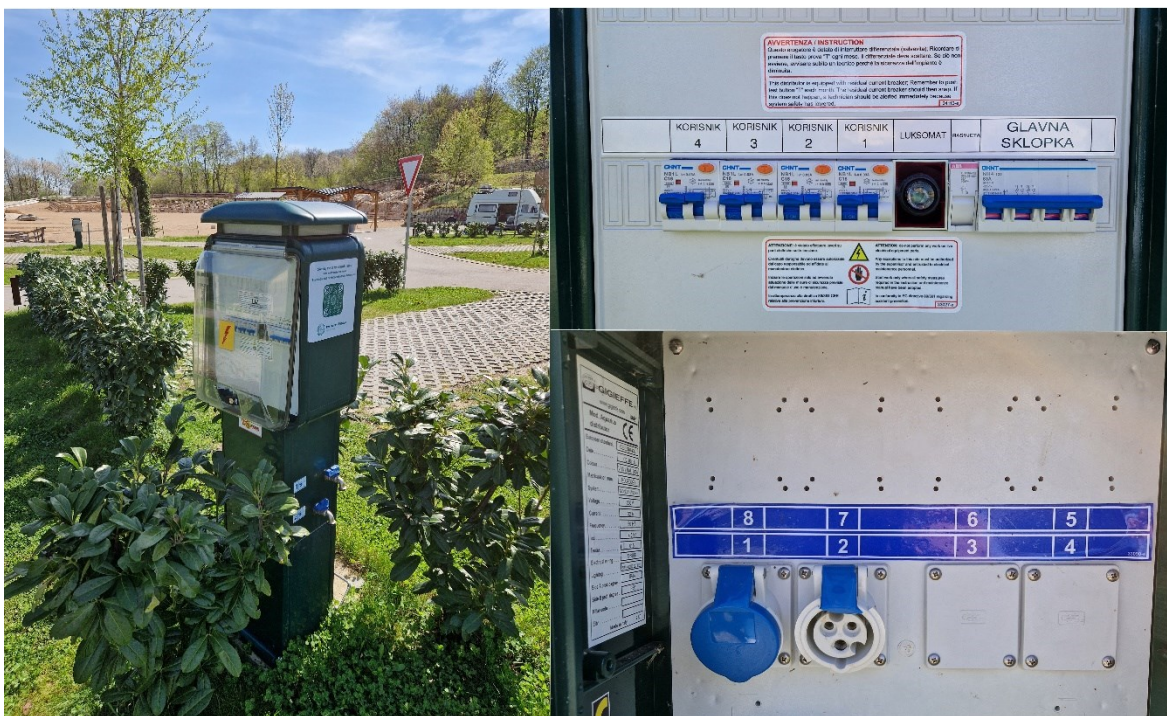
Sl. 2.5 Camping Plitvice - tlocrt elektroinstalacija

Glavni razvodni ormar (GRO) objekta Camping Plitvice nalazi se unutar centralnog objekta, u niskonaponskoj (NN) prostoriji koja se nalazi u suterenu u krajnjem zapadnom dijelu objekta. Iz GRO-a se napajaju četiri vanjska samostojeća razvodna ormara – RO-2, RO-3, RO-4 i RO-5, a jedan takav prikazan je na Sl. 2.6.



Sl. 2.6 Vanjski samostojeći razvodni ormar RO-4

Iz vanjskih samostojećih razvodnih ormara napajaju se pojedine mobilne kućice i/ili priključni ormarići (PO) s elektroenergetskim priključcima za napajanje kampera. Priključni ormarići nalaze se uz rub pojedinih parcela za kampere i omogućuju napajanje jednog ili više kampera električnom energijom, a jedan takav prikazan je na Sl. 2.7.



Sl. 2.7 Priključni ormarić PO_07

Tablica 2.1 sadržava podatke o kabelima koji povezuju GRO s vanjskim samostojećim razvodnim ormarima te iste s mobilnim kućicama i/ili priključnim ormarčićima. Za svaki korišteni kabel navedena je njegova, za ovu situaciju mjerodavna, maksimalna dozvoljena struja pri polaganju u zemlju koja je preuzeta iz javno dostupnih tehničkih specifikacija kabela tipa NA2XY [9] i NYY [10], te vrsta zaštitnog uređaja s pripadajućom nazivnom strujom.

Vrste korištenih zaštitnih uređaja vizualno su prikazane na Sl. 2.8, a redom su:

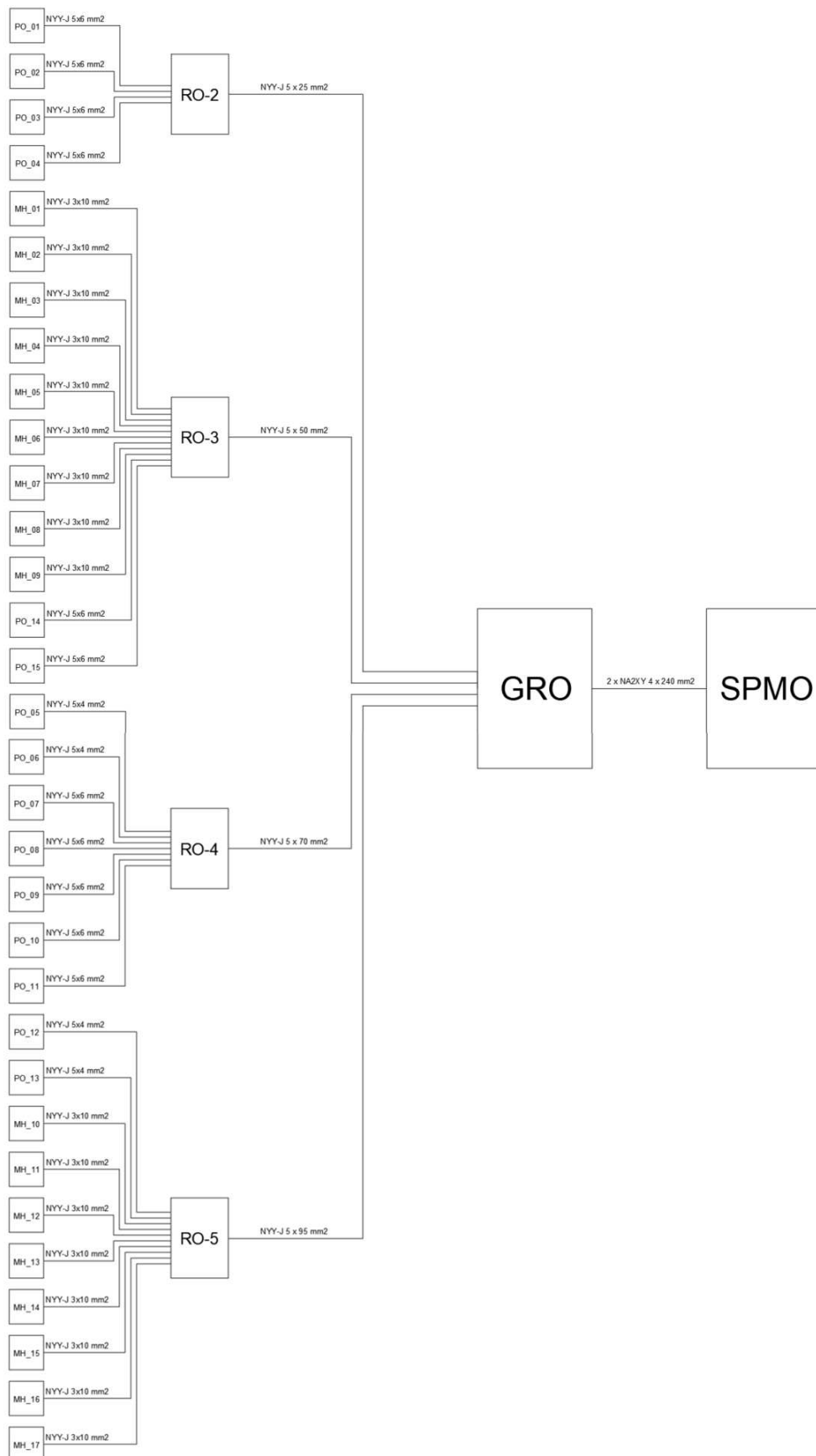
- Kompaktni prekidač snage tip A, 3P, 400A, 50kA, MC3
- Niskonaponski visokoučinski osigurači (NVO) 63/80/100 A
- Minijaturni zaštitni prekidači (MCB) B 32 A, C 32/40 A.



Sl. 2.8 Zaštitni uređaji - kompaktni prekidač, NVO, MCB [11][12][13]

Pri predlaganju konkretnih rješenja za implementaciju promatranih niskougličnih tehnologija potrebno je voditi računa o zadovoljavanju ograničenja koje postavljaju postojeći energetske kabeli. Moguća je zamjena pojedinih zaštitnih elemenata vrste NVO i MCB, ukoliko razina zaštite ostaje barem jednaka postojećoj, jer je zamjena istih relativno jednostavna i ne utječe značajno na iznos cjelokupne investicije.

Na Sl. 2.9 prikazana je pojednostavljena blok shema izvedenog stanja elektroinstalacija u objektu Camping Plitvice, gdje je, kao i na Sl. 2.5, zanemaren razvod elektroinstalacija unutar centralnog objekta, a fokus je na vanjskom kabelskom razvodu i vanjskim samostojećim razvodnim ormarima.



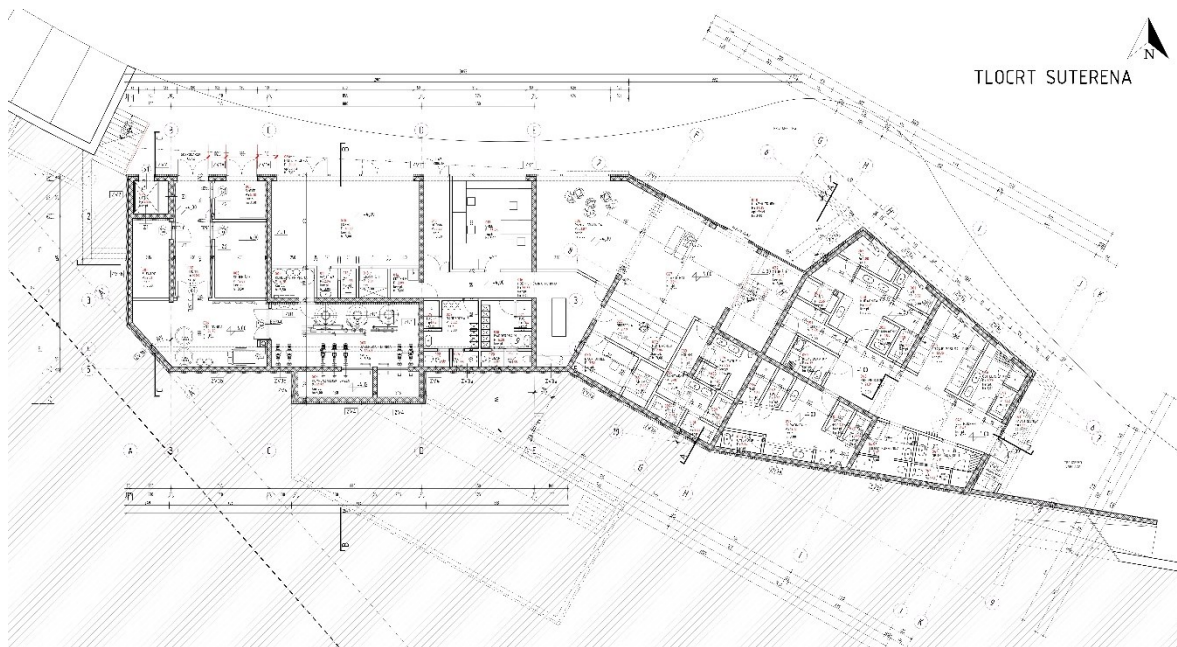
Sl. 2.9 Pojednostavljena blok shema izvedenog stanja elektroinstalacija

Tablica 2.1 Pregledna tablica postojećih kabela i pripadajućih zaštitnih uređaja

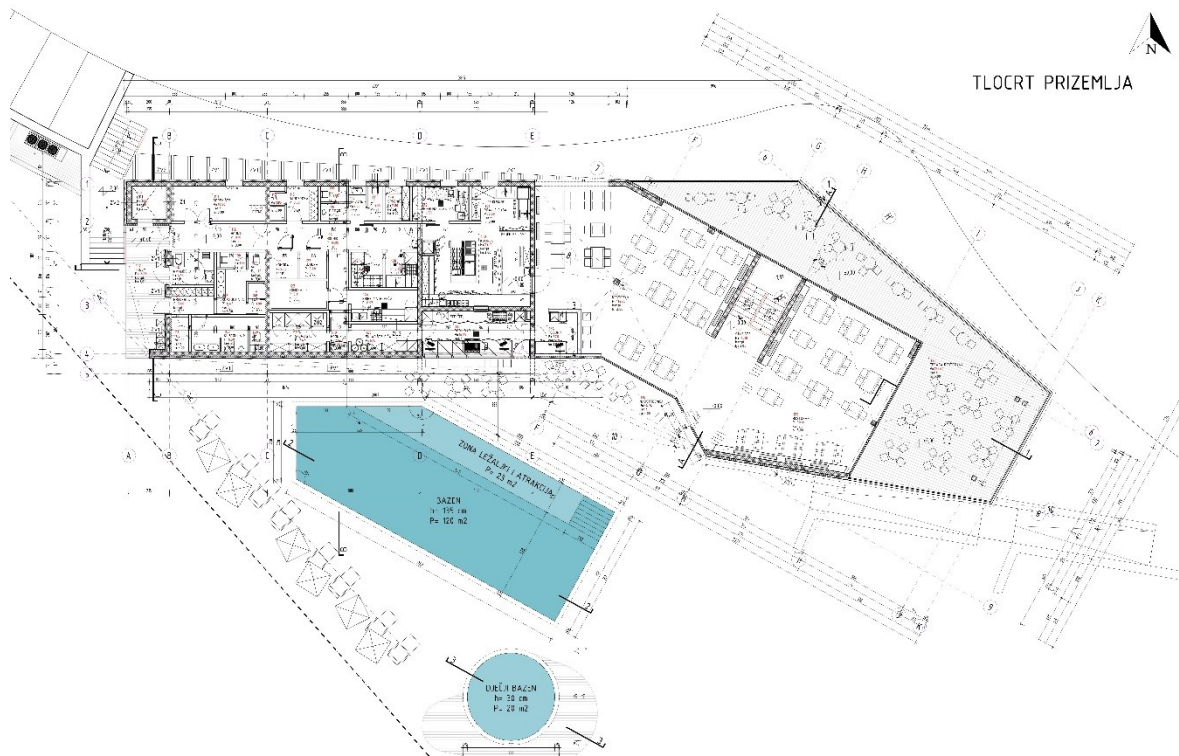
		Broj faza	Kabel [mm ²]	Maks. dozvoljena struja pri polaganju u zemlju [A]	Zaštitni uređaj		
					Vrsta	I _n [A]	
+GRO	Dolaz	SPMO	3F	2 x NA2XY 4x240	728	prekidač	400
	Odlaz	RO-2	3F	NYY-J 5x25	133	NVO	63
		RO-3	3F	NYY-J 5x50	188	NVO	80
		RO-4	3F	NYY-J 5x70	232	NVO	80
		RO-5	3F	NYY-J 5x95	280	NVO	100
+RO-2	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x25	133	NVO	63
	Odlaz	PO_01	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_02	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_03	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_04	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
+RO-3	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x50	188	NVO	80
	Odlaz	MH_01	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_02	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_03	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_04	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_05	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_06	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_07	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_08	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_09	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
	PO_14	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32	
	PO_15	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32	
	+RO-4	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x70	232	NVO
Odlaz		PO_05	3F	NYY-J 5x4	47	MCB	32
		PO_06	3F	NYY-J 5x4	47	MCB	32
		PO_07	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_08	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_09	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
		PO_10	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32
PO_11	3F	NYY-J 5x6	59	MCB	32		
+RO-5	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x95	280	NVO	100
	Odlaz	MH_10	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_11	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_12	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_13	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_14	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_15	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_16	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		MH_17	1F	NYY-J 3x10	79	MCB	40
		PO_12	3F	NYY-J 5x4	47	MCB	32
PO_13	3F	NYY-J 5x4	47	MCB	32		

2.2. Centralni objekt s okolnim parkiralištem

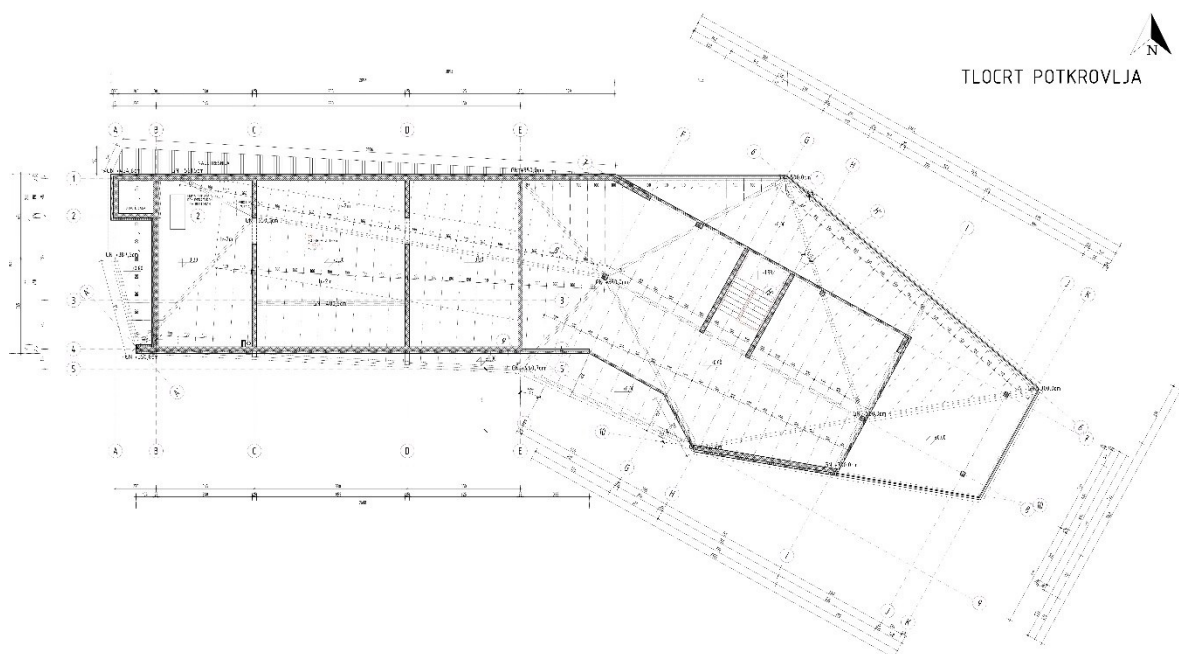
Centralni objekt je površine 639 m², a sastoji se od tri etaže – suterena, prizemlja i potkrovlja. U suterenu se nalazi ulazni prostor s recepcijom, igraonica za djecu, sanitarne prostorije, garderobe, uredi i tehničke prostorije poput kotlovnice, niskonaponske prostorije te prostorije s bazenskom tehnikom. U prizemlju se nalaze sanitarne prostorije i restoran sa 160 sjedećih mjesta te pratećim prostorijama za pripremu hrane i skladištenje namirnica. Tlocrti navedenih etaža centralnog objekta prikazani su na Sl. 2.10 - Sl. 2.13.



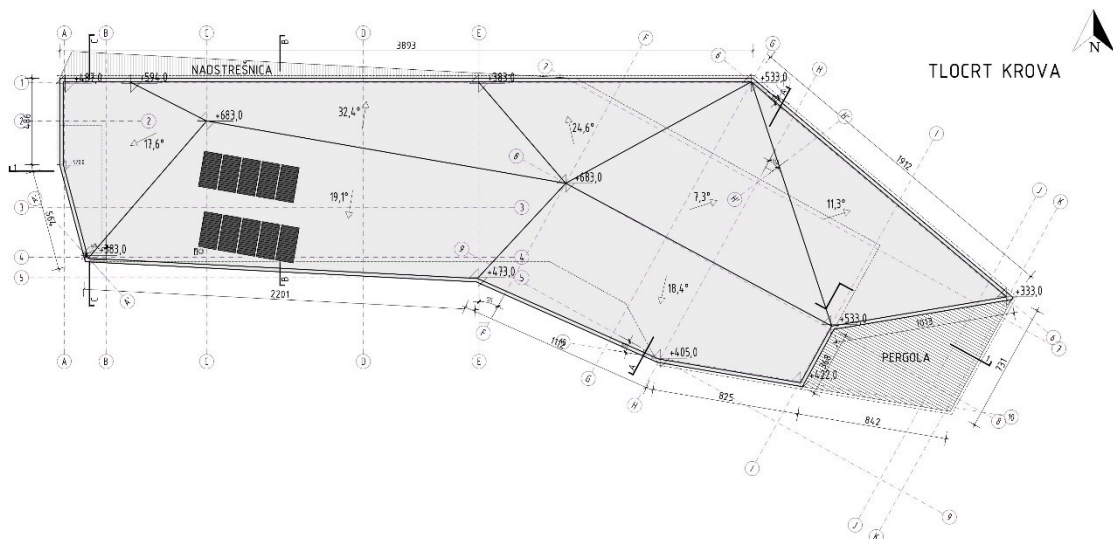
Sl. 2.10 Camping Plitvice, centralni objekt – tlocrt suterena [14]



Sl. 2.11 Camping Plitvice, centralni objekt – tlocrt prizemlja [14]



Sl. 2.12 Camping Plitvice, centralni objekt – tlocrt potkrovlja [14]



Sl. 2.13 Camping Plitvice, centralni objekt – tlocrt krova [14]

Vidljivo je kako je krov složene izvedbe – sastoji se od 8 dijelova različite orijentacije i nagiba. Krovni pokrov je trapezni lim koji je pogodan za jednostavnu instalaciju fotonaponskih modula na krovu objekta. Na južnoj strani krova instalirano je ukupno 10 solarnih kolektora za pripremu potrošne tople vode.

Na sjevernoj strani objekta nalazi se parkiralište s ukupno 21 parkirnim mjestom, od čega su četiri mjesta rezervirana za osobe s invaliditetom, a dva mjesta su rezervirana za punionicu električnih vozila. Postojeća punionica električnih vozila detaljnije je obrađena u poglavlju 2.5.

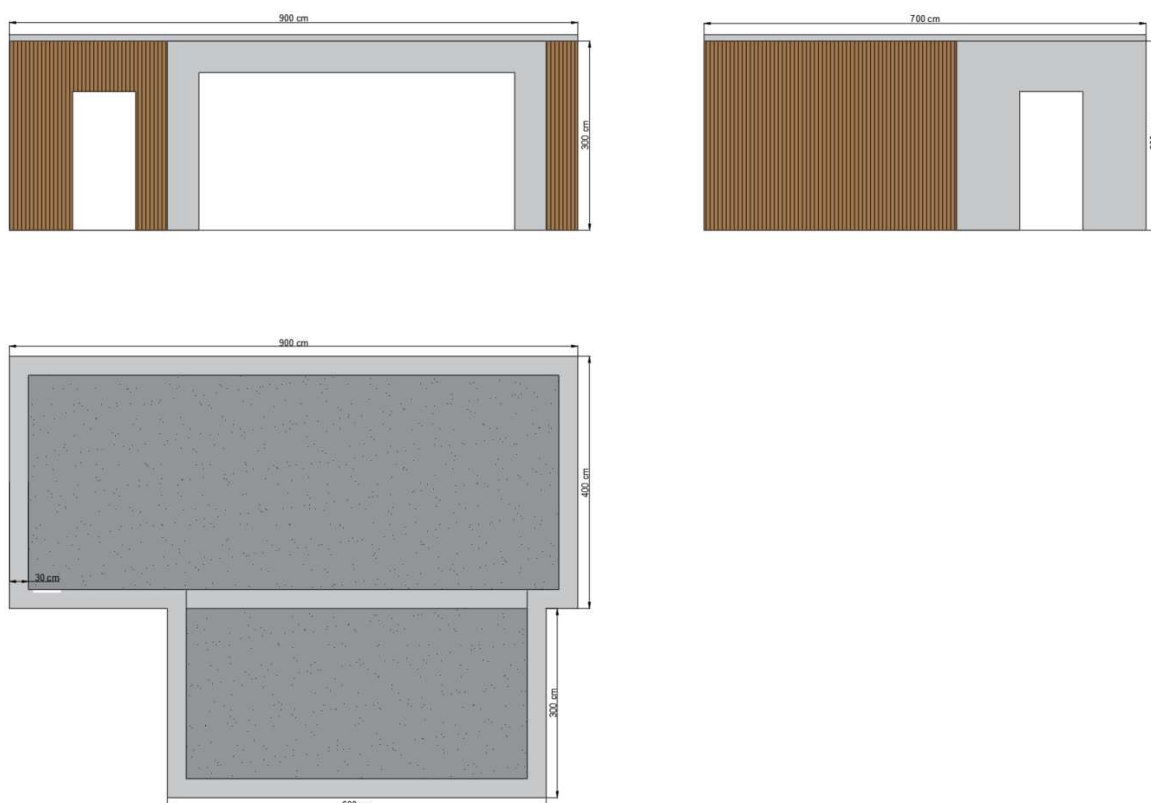
Niskonaponska prostorija s glavnim razvodnim ormarom nalazi se u suterenu u krajnjem zapadnom dijelu objekta. Obračunsko mjerno mjesto nalazi se u SPMO-u koji se nalazi u krajnjem južnom dijelu parcele na kojoj se nalazi promatrani objekt, a isti je od GRO-a udaljen cca. 200 metara.

Navedeni objekt je zbog svojih karakteristika prigodan za instalaciju fotonaponske elektrane. Potrebno je predložiti konkretna rješenja za:

- Fotonaponsku elektranu na krovu centralnog objekta
- Fotonaponsku elektranu u obliku solarne nadstrešnice iznad parkirališta.

2.3. Mobilne kućice

U sklopu objekta Camping Plitvice nalazi se ukupno 17 tipskih mobilnih kućica koje su kao takve jednakih dimenzija. Ukupna kvadratura svake kućice je 54 m² od čega 18 m² otpada na površinu natkrivene terase. Svaka mobilna kućica sastoji se od 2 spavaće sobe, 2 kupaonice i kuhinje te kao takva predstavlja smještaj za maksimalno 6 osoba [15]. Pojednostavljena vizualizacija s tlocrtom, nacrtom i bokocrtom mobilne kućice prikazana je na Sl. 2.14.



Sl. 2.14 Vizualizacija mobilne kućice - tlocrt, nacrt i bokocrt

Krov mobilne kućice je ravan i prekriven polimernom membranom za hidroizolaciju krovova. Krov obrubljuje atika visine cca. 10 cm, a ista je prisutna i na dijelu gdje se krov mobilne kućice spaja s krovom natkrivene terase. Kao što je vidljivo na slici Sl. 2.5, mobilne kućice su različite orijentacije. Krov mobilnih kućica detaljnije je prikazan na Sl. 2.15.



Sl. 2.15 Mobilne kućice MH_16 i MH_17 - snimka iz zraka [16]

Od potrošača električne energije u mobilnim kućicama prisutna je kuhinjska oprema poput hladnjaka, ploče za kuhanje, mikrovalne pećnice, nape i aparata za kavu, ali i klima uređaj, električni bojler za pripremu potrošne tople vode, dva televizora te rasvjetna tijela.

Kao što je prethodno navedeno u Tablici 2.1, svaka mobilna kućica ima monofazni priključak, tj. s pripadajućim samostojećim razvodnim ormarom povezana je kabelom NYY-J 3x10 mm² s dozvoljenim strujnim opterećenjem od 79 A u slučaju polaganja u zemlju [10], a isti je u pripadajućem samostojećem razvodnom ormaru štićen jednopolnim automatskim prekidačem C40A.

Što se tiče elektroinstalacija unutar mobilnih kućica, poznato je da postoji jedna dvopolna FID sklopka tipa Iskra NFI2 40/0,03 A, instalacijski sklopnik tipa Schrack BZ 326 444 te više jednopolnih minijaturnih zaštitnih prekidača tipa Iskra C 10/16 A. Unutar mobilnih kućica ne postoji nikakav oblik kontrolnog brojila potrošene električne energije.

Zbog navedenih karakteristika, mobilne kućice su prigodne za instalaciju fotonaponske elektrane na krov objekta. Kako postoji 17 tipskih mobilnih kućica, preporuka je izraditi tipsko rješenje FNE za krovove navedenih objekata.

Kako je ispred pojedinih mobilnih kućica (MH_01 – MH_04, MH_12 – MH_15) za njihove korisnike moguće parkiranje vozila, moguće je razmotriti opciju instalacije vanjske šuko utičnice prikladne za punjenje električnih vozila ili jednostavnog punjača za električna vozila manje snage na prikladna mjesta, prikazana na Sl. 2.16. Zbog jednostavnosti, navedeno rješenje nije obrađeno u ovom radu.



Sl. 2.16 Mobilna kućica MH_15 s pripadajućim mjestima za parkiranje [16]

2.4. Parcele za kampere

U promatranom objektu nalazi se ukupno 29 parcela za kampere. Parcele za kampere dostupne su u različitim veličinama, od 80 m² do 150 m², ovisno o veličini kampera ili kamp prikolice (kraćih ili dužih od 9 metara) te veličini dostupne popratne travnate površine [17].

Svaka parcela ima osiguran priključak za vodu i napajanje električnom energijom putem vanjskog priključnog ormarića (PO). Na Sl. 2.17 prikazane su dvije parcele za kampere te njihov zajednički vanjski priključni ormarić.



Sl. 2.17 Parcele za kampere P_405 i P_406 s pripadajućim PO_02 [16]

Parcele za kampere prigodne su za instalaciju fotonaponske elektrane u obliku solarne nadstrešnice iznad mjesta za parkiranje kampera ili kamp prikolice. Iako sve parcele za kampere nisu identičnih dimenzija, predlaže se izrada tipskog rješenja FNE u obliku solarne nadstrešnice iznad istih.

Na parcelama za kampiranje nije predviđeno parkiranje osobnih vozila pa iz tog razloga navedene lokacije nisu prigodne za instalaciju punjača za električna vozila.

2.5. Punionica za električna vozila

U sklopu objekta Camping Plitvice postavljena su dva punjača za električna vozila. Konkretno, radi se o modelu ZES4-AC22SLDMID-T2S proizvođača Zorlu Energy Solutions (ZES). Tehnički detalji punjača prikazani su u Tablici 2.2, a isti je prikazan na Sl. 2.18.

Tablica 2.2 Tehnički detalji postojeće punionice EV [18]

Nazivni napon	400 V
Frekvencija	50 (60) Hz
Nazivna snaga	22 kW (3P)
Nazivna struja	32 A
Mjesto postavljanja	Na otvorenom (IP54)



Sl. 2.18 Camping Plitvice - punionica za EV

Oba punjača imaju vlastito predgrađeno kontrolno brojilo s kojeg su preuzeti podaci o korištenju punjača za period od 8 mjeseci (travanj 2022. – studeni 2022.), a isti su prikazani u Tablici 2.3 i Tablici 2.4.

Tablica 2.3 Podaci s kontrolnog brojila - punjač Camping Plitvice 1

Datum	Početak punjenja	Kraj punjenja	Potrošnja [kWh]
24.11	23:19	0:31	13,72
13.11	20:04	22:16	15,25
5.11	16:45	16:46	0,00
30.10	22:20	00:05	20,11
28.10	20:08	21:24	14,70
28.10	17:42	18:51	9,71
28.10	15:07	16:54	12,75
27.10	17:35	08:37	57,65
7.10	20:23	20:55	6,04
2.10	17:38	18:42	20,30
2.10	13:00	13:03	0,00
4.9	15:25	16:20	18,01
2.9	13:57	15:03	19,48
29.8	17:19	20:16	29,21
27.8	16:54	18:01	7,64
27.8	16:54	16:54	0,34
27.8	16:46	16:54	0,00
27.8	16:24	16:44	2,03
26.8	18:56	18:57	0,00
26.8	16:53	18:56	20,11
22.7	17:38	15:05	3,16
22.7	17:37	17:37	0,00
22.7	17:37	17:37	0,00
22.7	16:50	17:37	16,27
21.7	20:57	21:40	8,20
21.7	16:29	19:22	9,12
21.7	12:14	13:12	4,22
20.7	18:40	20:08	10,73
20.7	16:14	17:46	30,52
19.7	13:02	15:58	10,08
18.7	14:57	15:19	7,52
17.7	18:44	19:14	9,25
15.7	19:14	7:36	5,35
15.7	13:04	13:07	0,42
15.7	12:34	13:04	8,13
14.7	18:22	19:09	5,38
13.7	18:14	20:16	14,16
13.7	5:19	6:02	4,93
12.7	3:34	3:36	6,82
4.7	14:16	15:14	3,23
3.7	16:14	17:14	9,47
3.7	12:51	14:05	9,19
27.6	13:45	15:05	10,47
27.6	11:23	12:54	17,27
26.6	14:23	15:09	59,77
22.6	10:02	11:39	12,20
18.6	12:56	14:07	13,32
17.6	17:02	17:04	0,360
17.6	16:35	16:48	1,90
15.6	20:00	21:30	31,73
15.6	14:37	14:37	0,00
6.6	14:35	17:07	27,97
5.6	15:07	6:01	12,71
5.6	8:28	12:07	14,29
3.6	16:23	6:07	24,65
2.6	12:38	16:00	22,56
1.6	15:20	16:41	10,10
28.5	14:56	18:38	10,47
27.5	18:36	20:13	11,01
27.5	14:47	17:22	2,68
26.5	18:06	20:44	14,02
26.5	10:58	18:05	5,18
25.5	12:46	6:20	18,11
24.5	18:37	5:55	11,63
12.5	8:21	8:24	0,00
12.5	7:21	7:42	1,18
10.5	14:18	16:53	17,97
8.5	17:59	18:26	3,01
7.5	17:16	18:11	19,46
7.5	9:16	12:11	13,80
6.5	15:08	16:22	8,16
30.4	12:52	13:14	2,69
30.4	12:43	12:49	0,72
28.4	12:45	12:45	0,00
28.4	12:45	12:45	0,00
24.4	15:29	17:27	22,97
18.4	7:18	9:01	20,00
15.4	5:48	7:03	6,15
14.4	17:04	19:23	26,55
14.4	11:14	11:28	0,76
14.4	10:58	11:04	0,32
14.4	9:52	10:54	3,02

Tablica 2.4 Podaci s kontrolnog brojila - punjač Camping Plitvice 2

Datum	Početak punjenja	Kraj punjenja	Potrošnja [kWh]	Datum	Početak punjenja	Kraj punjenja	Potrošnja [kWh]
30.11	15:36	16:54	8,99	4.9	17:12	18:03	9,98
24.11	23:19	0:31	13,72	4.9	14:33	15:32	15,05
24.11	9:55	10:38	4,47	2.9	18:59	19:11	2,13
19.11	14:11	15:12	17,20	1.9	16:42	17:23	11,82
18.11	10:14	11:25	21,63	31.8	10:16	11:37	4,76
17.11	18:06	19:51	12,25	29.8	20:52	20:55	9,29
13.11	20:04	22:16	15,25	27.8	19:51	21:08	9,80
13.11	18:35	21:08	15,47	27.8	16:54	16:54	0,00
13.11	13:00	13:47	4,85	27.8	16:44	16:45	0,00
6.11	18:27	19:30	6,62	26.8	18:58	19:05	0,92
6.11	18:26	18:27	0,06	30.7	10:33	10:35	5,51
5.11	19:08	22:57	27,68	27.7	15:43	9:14	24,55
5.11	16:46	17:16	3,47	26.7	22:24	22:24	0,00
5.11	16:45	16:46	0,00	14.7	20:10	7:22	6,07
2.11	19:38	20:31	10,37	14.7	14:16	18:15	11,36
29.10	19:39	19:53	1,52	14.7	11:46	12:03	2,03
21.10	18:44	19:16	3,68	13.7	18:54	21:11	15,71
18.10	13:26	13:47	2,31	13.7	15:44	18:37	20,33
17.10	20:31	22:27	20,03	12.7	12:31	12:51	7,29
16.10	14:09	14:45	7,10	3.7	11:56	13:28	11,63
14.10	18:56	20:00	11,18	3.7	11:56	11:56	0,00
13.10	23:08	1:10	23,48	21.6	15:11	16:42	10,98
11.10	20:21	21:36	14,30	21.6	14:38	15:11	3,84
10.10	17:40	19:44	25,58	19.6	15:02	15:58	18,00
10.10	8:38	9:07	10,33	19.6	8:30	11:03	28,42
9.10	11:40	15:34	20,26	17.6	16:55	17:02	34,34
6.10	22:17	22:47	10,29	17.6	16:48	16:55	23,82
2.10	18:03	18:30	3,41	17.6	16:48	16:48	3,91
2.10	18:02	18:03	0,00	8.6	14:52	18:11	21,54
2.10	16:59	18:02	8,01	5.6	15:47	17:31	12,19
25.9	20:31	22:49	26,05	4.6	10:05	12:14	14,52
25.9	17:40	19:31	19,65	2.6	17:43	17:48	14,00
25.9	13:50	14:39	14,04	1.6	15:20	15:20	0,050
25.9	11:17	12:13	10,72	31.5	18:21	19:33	8,81
25.9	8:47	10:05	19,44	15.5	13:02	13:53	0,36
23.9	17:16	17:55	10,78	15.5	8:29	8:35	0,00
22.9	18:13	19:37	9,26	15.5	8:20	8:21	0,00
22.9	12:55	13:44	5,24	15.5	8:20	8:20	0,00
21.9	16:07	7:59	5,71	15.5	8:20	8:20	0,01
20.9	19:42	9:07	25,37	15.5	7:21	7:21	1,00
18.9	14:31	15:00	3,12	30.4	13:15	13:23	0,00
16.9	19:45	20:29	4,46	30.4	12:51	12:51	0,00
16.9	18:17	19:31	8,77	30.4	12:51	12:51	0,00
14.9	7:29	10:33	23,67	30.4	12:51	12:51	0,00
12.9	18:34	19:52	14,86	28.4	12:37	12:37	0,00
12.9	14:35	16:06	10,58	28.4	12:37	12:37	0,00
11.9	18:30	18:49	2,33	28.4	12:36	12:37	112,28
10.9	20:13	21:15	21,29	17.4	15:20	16:24	1,09
11.9	18:30	18:49	2,33	14.4	11:39	11:58	2,25
10.9	20:13	21:15	21,29	14.4	11:15	11:34	0,84
9.9	18:53	19:53	18,83	14.4	10:57	11:04	2,55
9.9	14:59	15:51	5,72	14.4	10:35	10:56	0,04
9.9	11:36	12:31	10,11	14.4	9:51	9:52	0,00
8.9	19:19	20:56	18,68	14.4	9:50	9:50	0,06
7.9	20:33	7:25	4,16	14.4	9:48	9:50	0,00
4.9	23:36	1:29	14,38	14.4	9:47	9:47	0,00

Podaci s kontrolnih brojila punjača, prikazani u Tablicama 2.3 i 2.4, detaljnije su obrađeni u poglavlju 3.2.

Valja spomenuti kako postojeća punionica nije u vlasništvu objekta Camping Plitvice, već u vlasništvu vanjskog investitora. Međusobna prava i obveze objekta Camping Plitvice i investitora u punionicu za električna vozila definirana su zajedničkim ugovorom čiji detalji ostaju tajni. Poznato je kako je objekt Camping Plitvice ustupio investitoru površinu od dva parkirališna mjesta, a zauzvrat se investitor obvezuje postaviti i održavati punionicu s dva punjača za EV te objektu Camping Plitvice isplatiti određeni postotak prihoda od pružanja usluge punjenja električnih vozila za određeni vremenski period za koji je ugovor sklopljen. Osim toga, investitor je dužan objektu Camping Plitvice podmiriti troškove za preuzetu električnu energiju.

Detalji elektroinstalacija vezanih za postojeću punionicu za EV nisu poznati jer je ista instalirana u prosincu 2021. godine, odnosno dvije i pol godine nakon izrade elektrotehničkog projekta izvedenog stanja. Uvidom u postojeće stanje u glavnom razvodnom ormaru objekta, utvrđeno je kako se punionica za EV ne napaja direktno iz GRO-a. Pretpostavka je kako se ista napaja iz nekog od vanjskih razvodnih ormara, točnije iz RO-2 jer je isti prostorno najbliži punionici.

Potrebno je analizirati dostupne podatke o punionici te ukoliko postoji potreba za proširenjem iste, predložiti konkretno tehničko rješenje.

2.5.1. Potrošnja električne energije

Od samog objekta Camping Plitvice dobiveni su sljedeći podaci:

- Elektroenergetska suglasnost
- Računi za električnu energiju za period od 12 mjeseci (2022. godina)
- Broj gostiju u mobilnim kućicama i parcelama za kampere na mjesečnoj razini za period od 12 mjeseci (2022. godina).

Iz postojeće elektroenergetske suglasnosti objekta vidljivo je kako objekt ima priključnu snagu od 200,00 kW u smjeru preuzimanja iz mreže te priključnu snagu od 95,00 kW u smjeru predaje u mrežu iako trenutno u sklopu objekta Camping Plitvice nije instalirana fotonaponska elektrana niti ikakav drugi oblik distribuiranog izvora energije [19].

Iz dobivenih računa za električnu energiju vidljivo je kako je opskrbljivač objekta Camping Plitvice HEP Elektra d.o.o. čiji su podaci o tarifnim modelima te tarifnim stavkama (cijenama) javno dostupni. Promatrani objekt pripada Crvenom tarifnom modelu koji se odnosi na korisnike mreže iz kategorije poduzetništvo s priključnom snagom većom od 20 kW i sadrži tarifne stavke za sljedeće tarifne elemente:

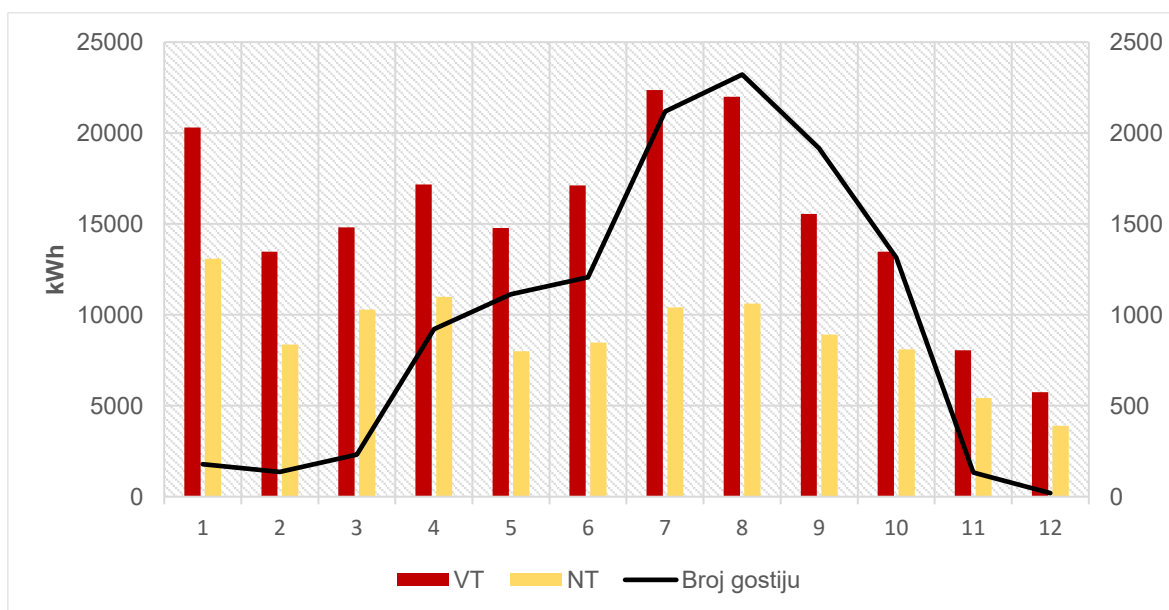
- Radna energija po višoj dnevnoj tarifi [€/kWh]
- Radna energija po nižoj dnevnoj tarifi [€/kWh]
- Obračunska vršna radna snaga [€/kW]
- Prekomjerna jalova energija [€/kVArh]
- Naknada za obračunsko mjerno mjesto (OMM) [€/mj].

Tarifne stavke (cijene) za kupce kategorije poduzetništvo koje su u primjeni od 1.1.2024. godine prikazane su u Tablici 2.5, gdje su iste vidljive i za opisani tarifni model Crveni.

Tablica 2.5 Tarifne stavke za kupce kategorije poduzetništvo (HEP Elektra) [20]

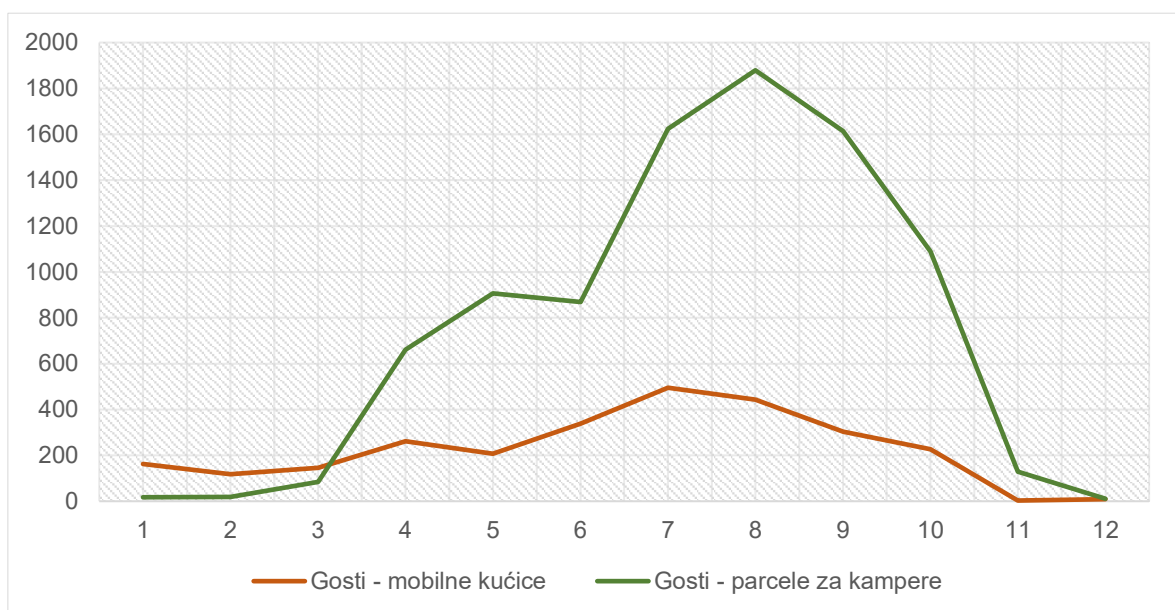
Kategorija/ naponska razina		Tarifni model	Tarifni element			
			Radna energija			Naknada za opskrbu
			JT	VT	NT	
			[EUR/kWh]	[EUR/kWh]	[EUR/kWh]	[EUR/mjesec]
		Tarifne stavke				
		Tarifne stavke				
Poduzetništvo	Visoki napon	Bijeli	-	0,226598	0,133294	4,645
	Srednji napon	Bijeli	-	0,212728	0,125131	4,645
	Niski napon	Plavi	0,207247	-	-	4,645
		Bijeli	-	0,238622	0,140368	4,645
		Crveni	-	0,207870	0,122278	4,645
		Žuti (javna rasvjeta)	0,162187	-	-	0,000

Na Sl. 2.19 usporedno su prikazani podaci o potrošnji električne energije (viša i niža tarifa) i podaci o ukupnom broju gostiju u kampu na mjesečnoj razini za 2022. godinu. Vidljiva je izrazita sezonalnost što se tiče broja gostiju s najvećim brojem gostiju u ljetnim mjesecima. Također je vidljivo kako na primjeru 2022. godine potrošnja električne energije ne korelira u potpunosti s brojem gostiju. Period u kojem je vidljivo značajno odstupanje, tj. veća potrošnja električne energije od očekivane je siječanj – travanj, a razlog istoga nije poznat.



Sl. 2.19 Usporedni prikaz potrošnje električne energije (VT i NT) s brojem gostiju (2022.)

Na Sl. 2.20 prikazan je usporedni prikaz gostiju objekta Camping Plitvice na mjesečnoj razini za 2022. godinu s obzirom na vrstu smještaja. U promatranom objektu postoji samo jedno brojilo električne energije, a postoje tri različita mjesta na kojima se ista može trošiti – centralni objekt s punionicom EV, mobilne kućice i parcele za kampere – pa stoga nije poznato koji udio potrošene električne energije otpada na pojedino mjesto potrošnje. Sl. 2.20 navodi na pretpostavku kako se više električne energije potroši na parcelama za kampere, tj. u pripadajućim priključnim ormarima nego u mobilnim kućicama zbog mnogo većeg broja gostiju kroz godinu, a pogotovo u ljetnim mjesecima. Također, vidljivo je kako je sezonalnost mnogo više izražena u slučaju gostiju na parcelama za kampere.



Sl. 2.20 Usporedni prikaz gostiju u mobilnim kućicama i gostiju na parcelama za kampere

Od nadležnog HEP ODS-a, Elektrolike Gospić, dobiveni su sljedeći podaci:

- Povijesne 15-minutne krivulje srednje snage i/ili energije za period od 12 mjeseci
- Energetska kartica za period od 36 mjeseci.

Povijesne 15-minutne krivulje srednje snage i/ili energije za period od 12 mjeseci uključuju podatke o:

- Preuzetoj električnoj energiji [kWh]
- Potrošena jalova energija [kVArh]
- Fazno strujno opterećenje [A]
- Apsolutni iznosi faznog napona [V],

a isti su detaljnije obrađeni i korišteni u poglavlju 4 pri računanju energetske bilance koja uključuje energetske doprinos predloženih niskougličnih rješenja.

Energetska kartica objekta Camping Plitvice sadrži sljedeće podatke za period od 36 mjeseci:

- Preuzetoj električnoj energiji (VT i NT) [kWh]
- Potrošenoj jalovoj energiji [kVArh]
- Angažiranoj snazi (VT i NT) [kW].

3. Prijedlog prikladnih niskougličnih rješenja

U ovom poglavlju obrađena su i detaljnije predstavljena sva niskouglična rješenja koja su prikladna za ulaganje u turističke objekte poput Camping Plitvice. Predstavljena su konkretna rješenja fotonaponskih elektrana na krovovima postojećih objekata – centralnog objekta i mobilnih kućica, a razmotrene su i opcije izgradnje fotonaponskih elektrana u obliku solarnih nadstrešnica iznad parkirališta u blizini centralnog objekta te iznad parcela za kampere.

Fotonaponska elektrana je prvi izbor za ulaganje u niskouglične tehnologije jer je električna energija osnovna energija koja pokreće infrastrukturu promatranog objekta, a ostale korisne oblike energije također dobiva iz električne energije, što za posljedicu ima značajne izdatke promatranog objekta za opskrbu električnom energijom. Samim time investicija u FNE logična je iz energetskeg, ali i ekonomskog aspekta.

Nakon što je razmotrena niskouglična tehnologija koja služi za proizvodnju električne energije, razmatra se ulaganje u punionice za električna vozila kao potrošačkog dijela elektroenergetske instalacije objekta Camping Plitvice. Zbog sve većeg broja električnih vozila na cesti, punionice za EV postaju nužne u turističkim mjestima poput promatranog objekta. U sklopu Camping Plitvice nalazi se postojeća EV punionica, ali se razmatra njena adekvatnost te se razmatra potencijalno ulaganje u širenje ili unapređenje iste.

3.1. Fotonaponska elektrana

Glavne komponente svake fotonaponske elektrane su fotonaponski moduli i izmjenjivači. U ovim rješenjima predviđena je oprema koja je dostupna na hrvatskom tržištu u prvom kvartalu 2024. godine.

Ovim rješenjima predviđeno je korištenje fotonaponskih modula tipa kao Vertex S proizvođača Trina Solar, nazivne snage FN modula od 430 W. Detaljnije tehničke karakteristike istih navedene su u Tablici 3.1.

Tablica 3.1 Tehničke specifikacije FN modula [21]

Električne karakteristike (STC)	
Nazivna snaga [W _P]	430
Efikasnost [%]	21,5
Napon u MPP [V]	42,3
Struja u MPP [A]	10,17
Napon otvorenog kruga [V]	50,3
Struja kratkog spoja [A]	10,64
Mehaničke karakteristike	
Vrsta solarnih ćelija	Monokristalne
Broj solarnih ćelija	144
Dimenzije [mm]	1762 x 1134 x 30
Masa [kg]	21,8
Stupanj zaštite priključne kutije	IP 68
Presjek priključnih kabela [mm ²]	4
Duljina priključnih kabela [mm]	350/280
Tip konektora	MC4 EVO2
Temperaturni koeficijent	
Temp. koef. snage P _{MPP} (γ) [%/°C]	-0,34
Temp. koef. struje I _{SC} (α) [%/°C]	-0,25
Temp. koef. napona U _{OC} (β) [%/°C]	0,04
Uvjeti rada	
Temperaturni opseg [°C]	-40 – 85
Maksimalni napon [V _{DC}]	1500
Maksimalno pozitivno opterećenje površine (snijeg) [Pa]	6000
Maksimalno negativno opterećenje površine (vjetar) [Pa]	4000
Garancije i gubitak efikasnosti	
Garancija na proizvod	15 godina
Garancija na snagu	25 godina na 84,8% nazivne snage
Gubitak snage	2% u prvoj godini 0,55% godišnje

Osim navedenih FN modula, ovim rješenjima predviđeno je korištenje izmjenjivača tipa kao SUN2000 proizvođača Huawei, različitih nazivnih snaga. Detaljnije tehničke specifikacije hibridnih izmjenjivača manje snage navedene su u Tablici 3.2, dok su detaljnije tehničke specifikacije izmjenjivača veće snage navedene u Tablici 3.3.

Tablica 3.2 Tehničke specifikacije hibridnih izmjenjivača manje snage [22][23]

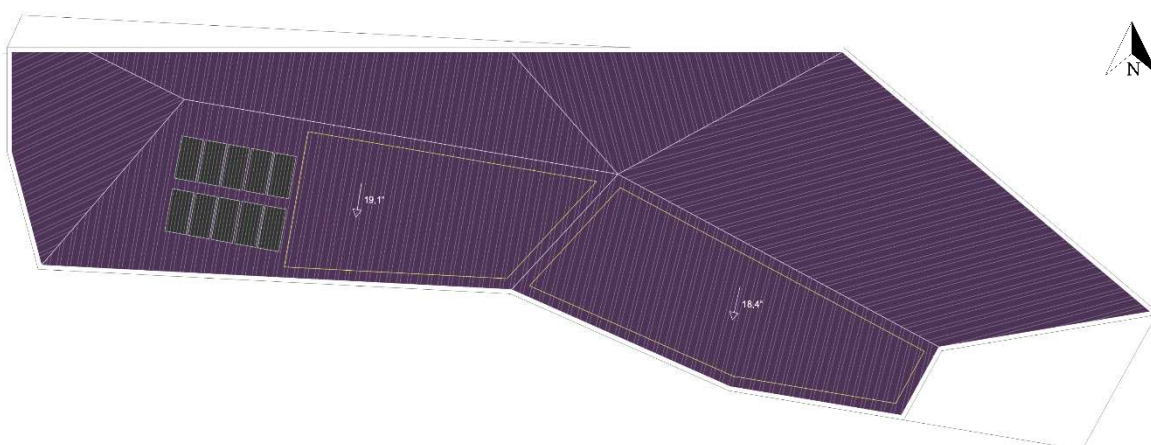
Naziv modela	SUN2000-5KTL-L1	SUN2000-5KTL-M1
Maksimalna efikasnost [%]	98,4	98,4
Efikasnost po EU standardima [%]	97,8	97,5
Ulazni podaci (FN)		
Maksimalna dozv. snaga [WP]	7.500	7.500
Maksimalni dozv. napon [V]	600	1.100
Raspon radnog napona [V]	100 – 560	200 – 980
Nazivni radni napon [V]	360	600
Maks. dozv. struja po MPPT-u [A]	12,4	11
Maks. dozv. struja kratkog spoja [A]	18	15
Ulazni podaci (baterija)		
Naziv kompatibilne baterije	Huawei Smart ESS Battery	Huawei Smart String ESS
Kapacitet kompatibilne baterije [kWh]	5 – 30	5 – 30
Maksimalna dozv. snaga punjenja [W]	5.000	10.000
Maksimalna dozv. snaga pražnjenja [W]	5.000	5.500
Raspon radnog napona [V]	350 – 560	600 – 980
Maks. dozv. struja [A]	15	16,7
Izlazni podaci (mrežni način rada)		
Priključak	1F	3F
Nazivna snaga [W]	5.000	5.000
Maks. prividna snaga [VA]	5.500	5.500
Nazivni napon [V]	230	230/400, 3W / N + PE
Nazivna frekvencija [Hz]	50	50
Maks. izlazna struja [A]	25	8,5
Faktor snage	0,8 (ind.) – 0,8 (kap.)	0,8 (ind.) – 0,8 (kap.)
Maks. THD [%]	≤ 3	≤ 3
Prekidni i zaštitni elementi		
Grebenasta sklopka DC ulaza		
Zaštita od rada u otočnom pogonu		
Zaštita od inverznog polariteta (DC)		
Nadzor izolacije		
Prenaponska zaštita tipa II na DC strani		
Prenaponska zaštita tipa II na AC strani		
Nadzor ostatnih struja		
Nadstrujna zaštita (AC)		
Zaštita od kratkog spoja (AC)		
Zaštita od električnog luka		
Općenito		
Temperaturni opseg rada [°C]	-25 – 60	-25 – 60
Hlađenje	pasivno	pasivno
Komunikacija	RS485, WLAN/Ethernet, 4G/3G/2G	RS485, WLAN/Ethernet, 4G/3G/2G
Dimenzije [mm]	365 x 365 x 156	525 x 470 x 146,5
Masa [kg]	12	17
Stupanj zaštite	IP 65	IP 65

Tablica 3.3 Tehničke specifikacije izmjenjivača veće snage (do 25 kW) [24]

Naziv modela	SUN2000-12KTL-M5	SUN2000-25KTL-M5
Maksimalna efikasnost [%]	98,4	98,4
Efikasnost po EU standardima [%]	97,9	98,2
Ulazni podaci (FN)		
Maksimalna dozv. snaga [W_P]	18.000	37.500
Maksimalni dozv. napon [V]	1.100	1.100
Raspon radnog napona [V]	200 – 1000	200 – 1.000
Nazivni radni napon [V]	600	600
Maks. dozv. struja po MPPT-u [A]	30 (2 niza) / 20 (1 niz)	30 (2 niza) / 20 (1 niz)
Maks. dozv. struja kratkog spoja [A]	40	40
Izlazni podaci (mrežni način rada)		
Priključak	3F	3F
Nazivna snaga [W]	12.000	25.000
Maks. prividna snaga [VA]	13.200	27.500
Nazivni napon [V]	230/400, 3W / N + PE	230/400, 3W / N + PE
Nazivna frekvencija [Hz]	50	50
Maks. izlazna struja [A]	17,3	39,9
Faktor snage	0,8 (ind.) – 0,8 (kap.)	0,8 (ind.) – 0,8 (kap.)
Maks. THD [%]	≤ 3	≤ 3
Prekidni i zaštitni elementi		
Grebenasta sklopka DC ulaza		
Zaštita od rada u otočnom pogonu		
Zaštita od inverznog polariteta (DC)		
Nadzor izolacije		
Prenaponska zaštita tipa II na DC strani		
Prenaponska zaštita tipa II na AC strani		
Nadzor ostatnih struja		
Nadstrujna zaštita (AC)		
Zaštita od kratkog spoja (AC)		
Zaštita od električnog luka		
Općenito		
Temperaturni opseg rada [°C]	-25 – 60	-25 – 60
Hlađenje	pasivno	pasivno
Komunikacija	RS485, WLAN/Ethernet, 4G/3G/2G	RS485, WLAN/Ethernet, 4G/3G/2G
Dimenzije [mm]	525 x 470 x 146,5	546 x 460 x 228
Masa [kg]	21	21
Stupanj zaštite	IP 66	IP 66

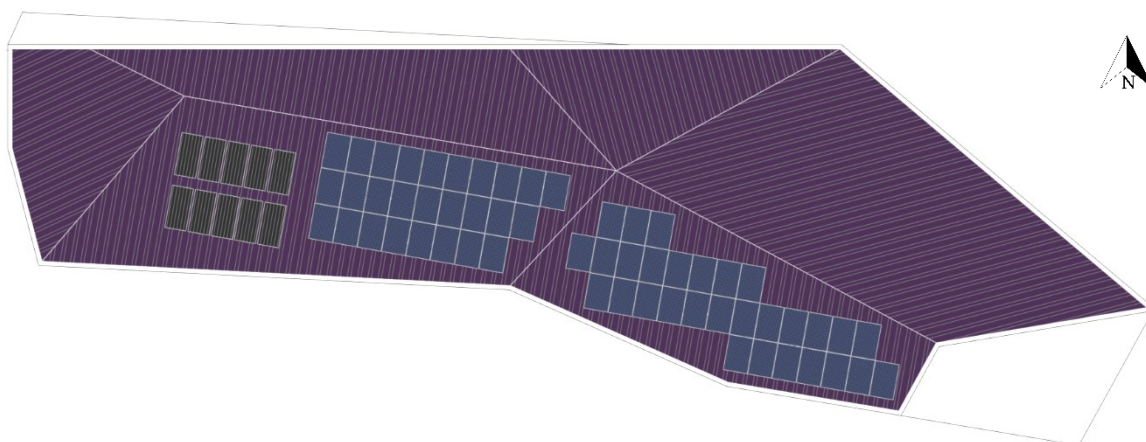
3.1.1. Centralni objekt

Na Sl. 3.1 prikazano je postojeće stanje krova centralnog objekta. Razmatra se instalacija FN modula na označenoj slobodnoj površini (žuta linija) jer je ista pogodna zbog nagiba od cca. 19° i južne orijentacije. Žuta linija ujedno predstavlja i sigurnosni razmak od 50 cm od rubova krova. Krovni pokrov je trapezni lim koji omogućuje jednostavnu instalaciju FN modula pomoću tipske aluminijske potkonstrukcije za trapezni lim.



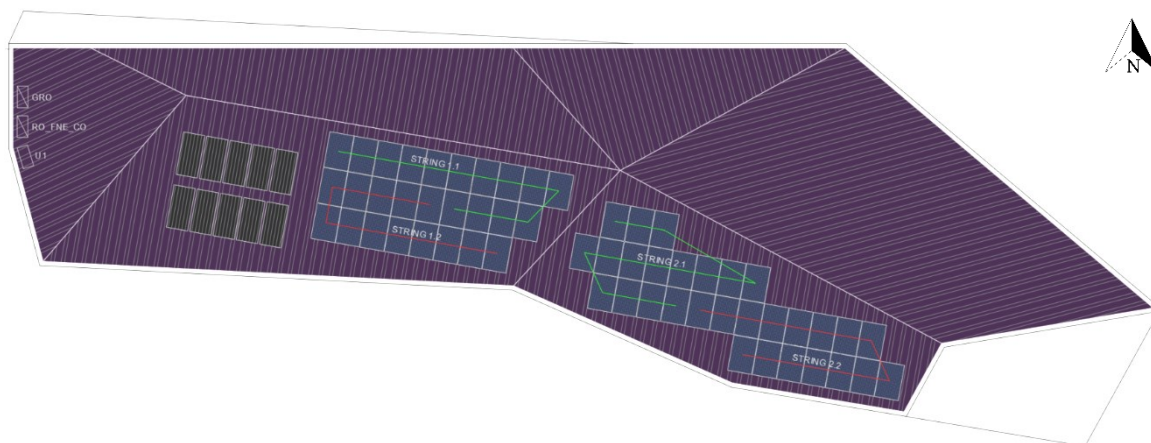
Sl. 3.1 Centralni objekt - postojeće stanje krovne površine

Na Sl. 3.2 prikazan je preliminarni raspored FN modula na slobodnoj krovnoj površini. Ukupno je predviđeno 57 FN modula jedinične snage 430 W što daje instaliranu snagu od 24,51 kW_{DC}. S obzirom na instaliranu snagu te postojeće elektroinstalacije u objektu, predlaže se instalacija trofaznog izmjenjivača nazivne snage 25 kW čije su tehničke specifikacije detaljnije obrađene u Tablici 3.3.



Sl. 3.2 Centralni objekt - preliminarni raspored FN modula na krovu

Na Sl. 3.3 prikazan je preliminarni način povezivanja FN modula u nizove (*stringove*) te pozicije invertera U1 i pripadajućeg razvodnog ormara RO_FNE_CO. Predviđeno je povezivanje FN modula u 4 niza, a pripadajući osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.4.



Sl. 3.3 Centralni objekt - preliminarni način povezivanja FN modula

Tablica 3.4 Osnovni DC i AC proračun - FNE_CO

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 1.1	14 x 0,43 kW = 6,02 kW
String 1.2	13 x 0,43 kW = 5,59 kW
String 2.1	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
String 2.1	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
Ukupna DC snaga	57 x 0,43 kW = 24,51 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-25KTL-M5
Broj faza na izlazu	3F
Nazivna snaga izmjenjivača	25 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	0,98
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 13 \times 42,3 \text{ V} = 549,9 \text{ V} > 200 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 15 \times 42,3 \text{ V} = 634,5 \text{ V} < 1000 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 2 \times 10,17 \text{ A} = 20,34 \text{ A} < 30 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	39,9 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYN 5x10 mm ² (59 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 4P, 40 A, 300 mA MCB, 3P, C 50 A

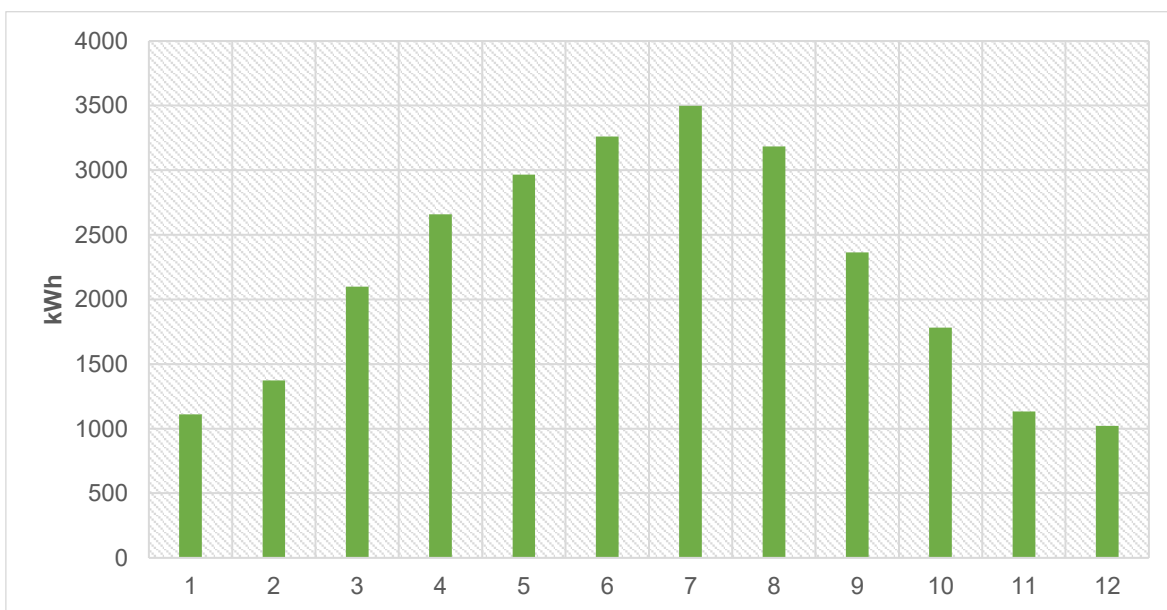
Pripadajući razvodni ormar opisane fotonaponske elektrane, RO_FNE_CO, spaja se u GRO objekta te se pri tome ne koristi postojeći kabel čije je opterećenje potrebno provjeriti.

Fotonaponska elektrana na krovu centralnog objekta ima minimalan utjecaj na estetiku objekta i krajobraza te zbog toga i zbog zadovoljavanja osnovnog tehničkog proračuna predstavlja prikladno rješenje.

Na Sl. 3.4 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predloženog rješenja FNE na krovu centralnog objekta na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.5.

Tablica 3.5 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE CO

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]
Instalirana DC snaga	24,51 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	25 kW
Orijentacija	Jug
Azimut	10°
Nagib	19°
Godišnja proizvodnja	26.447,00 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	1.411,36 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	1.077,16
Ukupni procijenjeni gubici	23,68 %



Sl. 3.4 Procjena proizvodnje električne energije - FNE CO

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Procjena troškova instalacije predviđene FNE na krovu centralnog objekta prikazana je u Tablici 3.6. Pri procjeni troškova korištene su cijene predviđene opreme na hrvatskom tržištu u prvom kvartalu 2024. godine.

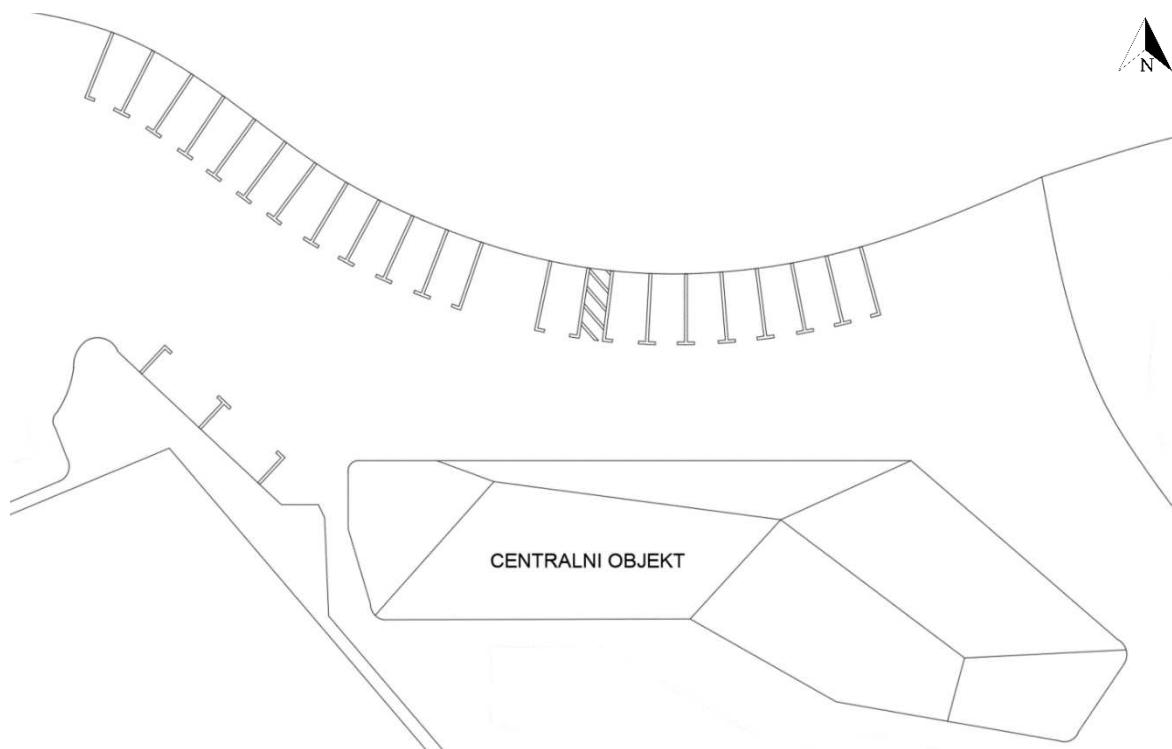
Tablica 3.6 Procjena troškova - FNE CO

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
FN moduli	komad	57	77,40 €	4.411,80 €
Izmjenjivač	komad	1	2.485,00 €	2.485,00 €
Potkonstrukcija	komplet	1	1.032,30 €	1.032,30 €
Kabel i potrošni materijal	komplet	1	200,00 €	200,00 €
Ormar i zaštitni elementi	komplet	1	1100,30 €	1100,30 €
Potrošni materijal	komplet	1	200,00 €	200,00 €
Rad montera	sat	96	30,00 €	2880,00 €
			Ukupno:	12.309,40 €

Navedena procjena troškova koristi se kao baza za analizu isplativosti ulaganja u određena niskouglijčna rješenja u poglavlju 4.

3.1.2. Parkiralište centralnog objekta

Na Sl. 3.5 prikazano je parkiralište u okolici centralnog objekta. Potrebno je pronaći tipsko rješenje FN elektrane koja bi se postavila iznad parkirališta u obliku solarnih nadstrešnica te provjeriti zadovoljava li predloženo rješenje osnovne tehničke proračune te procijeniti utjecaj istog na estetiku prostora i krajobraza.

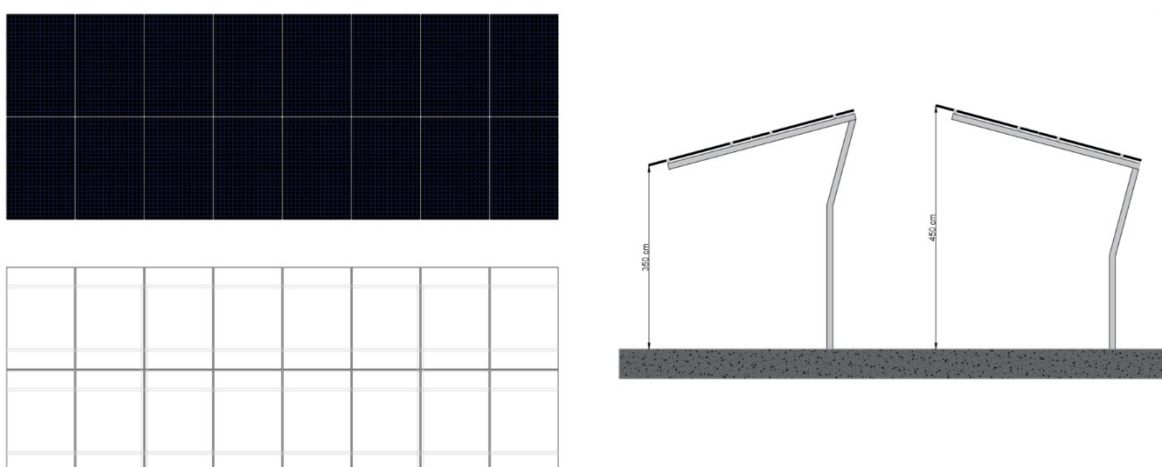


Sl. 3.5 Tlocrt parkirališta u okolici centralnog objekta

S obzirom da na promatranom parkiralištu postoje dva različita tipa parkirnih mjesta, okomita i paralelna, koja se međusobno razlikuju u dimenzijama, potrebno je predložiti dva različita modela solarnih nadstrešnica prikladnih za pojedina parkirna mjesta.

Model P1 – Solarna nadstrešnica iznad paralelnih parkirnih mjesta

Iznad dvaju paralelnih parkirnih mjesta koja se nalaze zapadno od centralnog objekta predlaže se instalacija tipske solarne nadstrešnice prikazane na Sl. 3.6, gdje je prikazan pogled na gornju stranu FN modula, pogled na donju stranu FN modula s potkonstrukcijom te bokocrt samog rješenja. Jedna solarna nadstrešnica sastoji se od dva reda po 8 FN modula, što daje instaliranu snagu od 6,88 kW_P po nadstrešnici. Model promatrane solarne nadstrešnice je visine od cca. 350 cm na nižem dijelu te cca. 450 cm na višem dijelu, što omogućava nesmetano parkiranje za većinu osobnih vozila za koja je parkiralište i namijenjeno.



Sl. 3.6 Solarna nadstrešnica iznad paralelnih parkirnih mjesta – Model P1

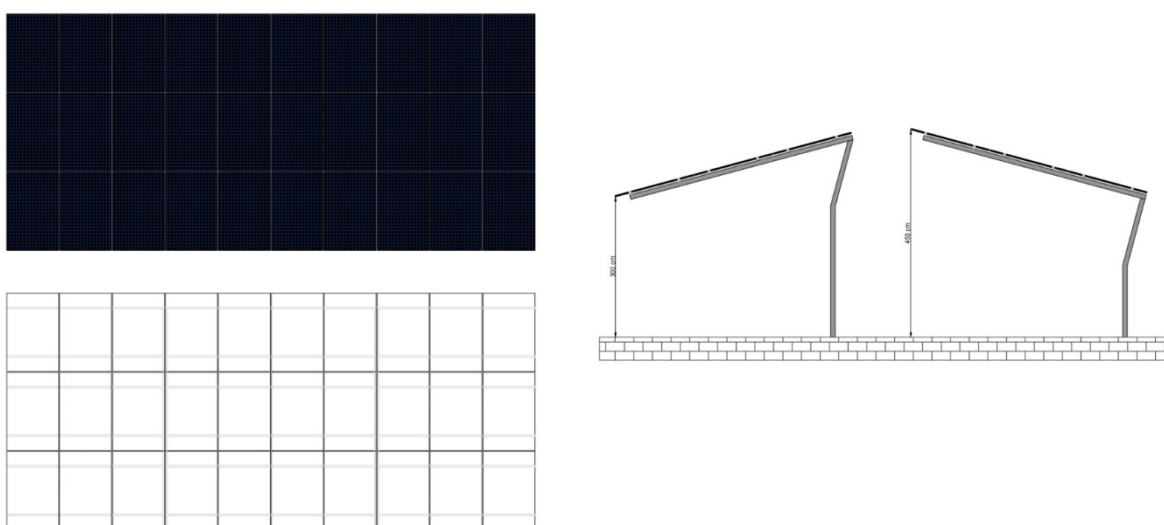
Iznad promatrana dva paralelna parkirna mjesta predviđa se instalacija dvije solarne nadstrešnice, što daje ukupno 13,76 kW_P instalirane snage, a iste se povezuju na trofazni izmjenjivač nazivne snage 12 kW čije su tehničke specifikacije prikazane u Tablici 3.3. Što se tiče povezivanja FN modula u nizove, jedna nadstrešnica čini jedan niz od 16 FN modula, a razmještaj solarnih nadstrešnica iznad promatranih parkirnih mjesta s prikazom povezivanja FN modula u nizove prikazan je na Sl. 3.8. Osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.7.

Tablica 3.7 Osnovni DC i AC proračun – FNE Parkiralište Model P1

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 1.1	16 x 0,43 kW = 6,88 kW
String 2.1	16 x 0,43 kW = 6,88 kW
Ukupna DC snaga	32 x 0,43 kW = 13,76 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-12KTL-M5
Broj faza na izlazu	3F
Nazivna snaga izmjenjivača	12 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,15
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 16 \times 42,3 \text{ V} = 676,8 \text{ V} > 200 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 16 \times 42,3 \text{ V} = 676,8 \text{ V} < 1000 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 1 \times 10,17 \text{ A} = 10,17 \text{ A} < 20 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	17,3 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYN 5x2,5 mm ² (25 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 4P, 25 A, 300 mA MCB, 3P, C 25 A

Model P2 – Solarna nadstrešnica iznad okomitih parkirnih mjesta

Iznad okomitih parkirnih mjesta koja se nalaze sjeverno od centralnog objekta predlaže se instalacija tipske solarne nadstrešnice prikazane na Sl. 3.7, gdje je prikazan pogled na gornju stranu FN modula, pogled na donju stranu FN modula s potkonstrukcijom te bokocrt samog rješenja. Jedna solarna nadstrešnica sastoji se od tri reda po 10 FN modula, što daje instaliranu snagu od 12,9 kW_P po nadstrešnici. Model promatrane solarne nadstrešnice je visine od cca. 350 cm na nižem dijelu te cca. 450 cm na višem dijelu, što omogućava nesmetano parkiranje za većinu osobnih vozila za koja je parkiralište i namijenjeno.



Sl. 3.7 Solarna nadstrešnica iznad okomitih parkirnih mjesta – Model P2

Iznad promatranih okomitih parkirnih mjesta predviđa se instalacija četiri solarne nadstrešnice, što daje ukupno 51,6 kW_P instalirane snage, a iste se povezuju na dva trofazna izmjenjivača nazivne snage 25 kW čije su tehničke specifikacije prikazane u Tablici 3.3. Što se tiče povezivanja FN modula u nizove, jedna nadstrešnica čini dva niza od 15 FN modula, a razmještaj solarnih nadstrešnica iznad promatranih parkirnih mjesta s prikazom povezivanja FN modula u nizove prikazan je na Sl. 3.8. Osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.8.

Tablica 3.8 Osnovni DC i AC proračun – FNE Parkiralište Model P2

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 3.1	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
String 3.2	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
String 4.1	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
String 4.2	15 x 0,43 kW = 6,45 kW
Ukupna DC snaga	60 x 0,43 kW = 25,8 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-25KTL-M5
Broj faza na izlazu	3F
Nazivna snaga izmjenjivača	25 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,032
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 15 \times 42,3 \text{ V} = 634,5 \text{ V} > 200 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 15 \times 42,3 \text{ V} = 634,5 \text{ V} < 1000 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 2 \times 10,17 \text{ A} = 20,34 \text{ A} < 30 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	39,9 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NY Y 5x10 mm ² (59 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 4P, 40 A, 300 mA MCB, 3P, C 50 A

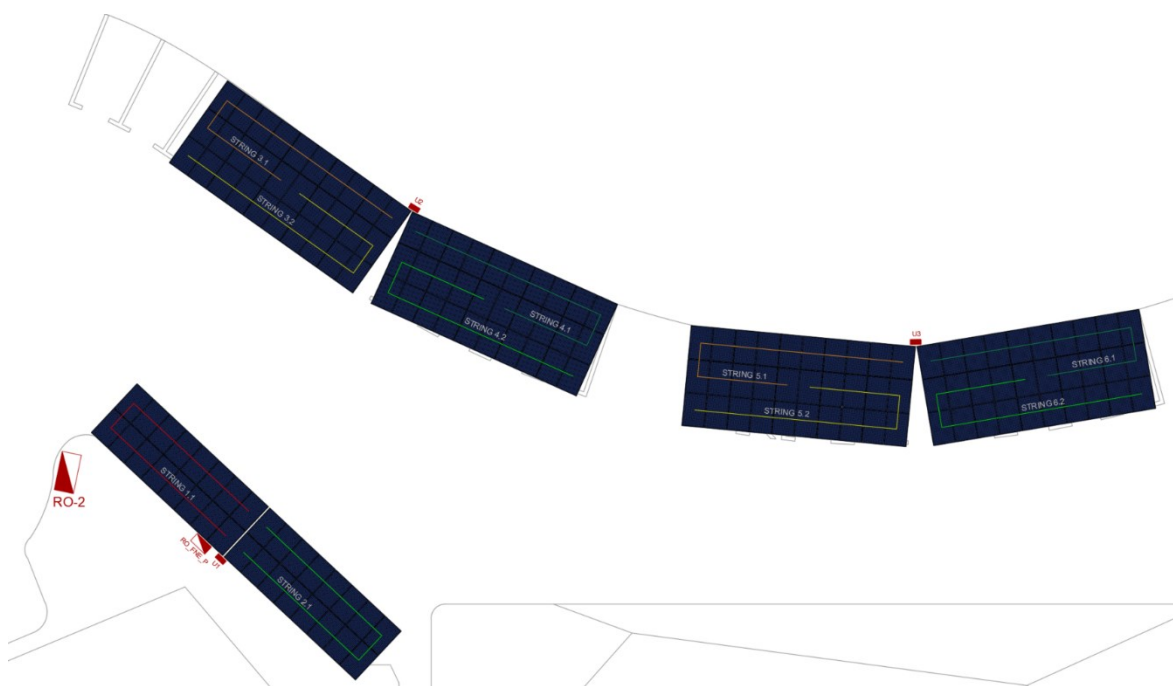
Pregled promatranih modela, procjena proizvodnje EE i procjena troškova

Pripadajući razvodni ormar opisane fotonaponske elektrane, RO_FNE_P, spaja se u vanjski razvodni ormar RO-2 koji se nalazi u neposrednoj blizini promatranog parkirališta. U Tablici 3.9 prikazan je osnovni proračun dimenzioniranja kabela za povezivanje RO_FNE_P i RO-2 s pripadajućim zaštitnim uređajima.

Tablica 3.9 Osnovni proračun kabela RO_FNE_P - RO-2

Maksimalna izlazna struja INV 1 (12 kW)	17,3 A
Maksimalna izlazna struja INV 2 (25 kW)	39,9 A
Maksimalna izlazna struja INV 3 (25 kW)	39,9 A
Ukupna maksimalna izlazna struja	97,1 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYY 5x25 mm ² (106 A) [10]
Zaštitni uređaji	Kompaktni prekidač snage Tip A / 4P / 100A / 25 kA

Kao što je vidljivo na Sl. 3.8, na promatranom području parkirališta moguće je izgraditi kombinaciju jednog Modela 1 i dvaju Modela 2 što daje ukupnu instaliranu snagu od 65,36 kW_P te snagu od 62 kW na razini izmjenjivača.



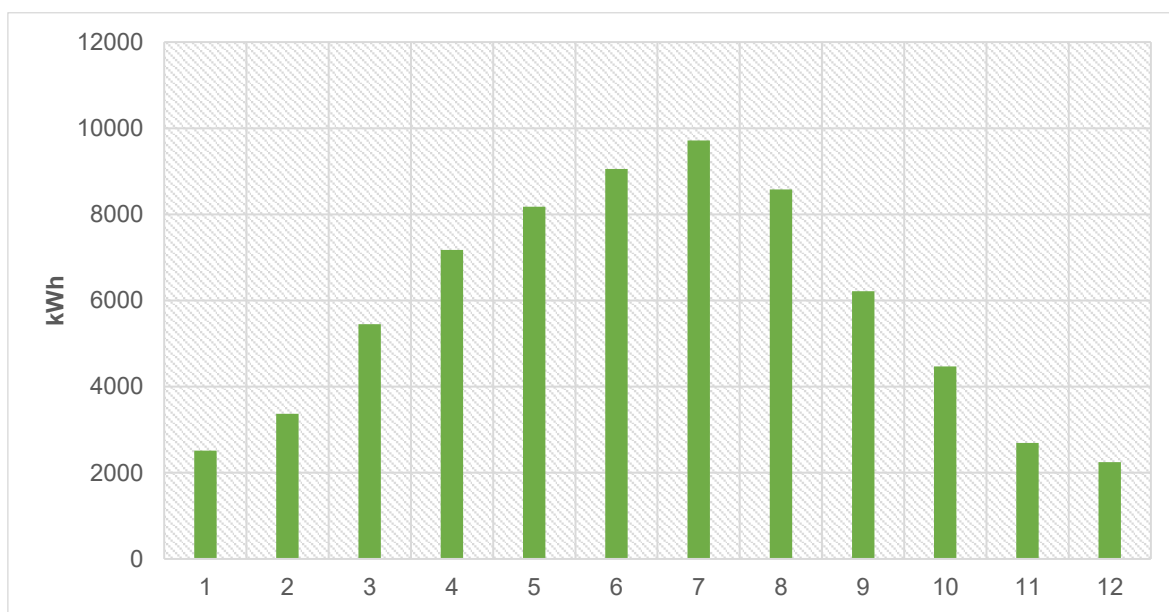
Sl. 3.8 Pozicije solarnih nadstrešnica i razvodnih ormara te povezivanje FN modula u nizove

Fotonaponska elektrana u obliku solarne nadstrešnice iznad parkirališta ima značajan utjecaj na estetiku objekta i krajobraza te zbog toga i zbog zadovoljavanja osnovnog tehničkog proračuna predstavlja djelomično prikladno rješenje.

Na Sl. 3.9 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predloženog rješenja FNE u obliku solarnih nadstrešnica iznad parkirališta na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.10.

Tablica 3.10 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE Parkiralište

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]		
Instalirana DC snaga	13,76 kW _P	25,80 kW _P	25,80 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	12 kW	25 kW	25 kW
Orijentacija	Jugozapad	Jugozapad	Jug
Azimet	43°	30°	0°
Nagib	16°	11°	11°
Godišnja proizvodnja	14.603,60 kWh	27.342,28 kWh	27.706,80 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	837,50 kWh	1.567,14 kWh	1.620,05 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	1.061,31	1.059,78	1.073,91
Ukupni procijenjeni gubici	21,11 %	21,06 %	20,97 %
Ukupna godišnja proizvodnja	69.652,68 kWh		



Sl. 3.9 Procjena proizvodnje električne energije - FNE Parkiralište

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Procjena troškova instalacije predviđene FNE u obliku solarnih nadstrešnica Model P1 i Model P2 iznad parkirališta prikazana je u Tablici 3.11 i Tablici 3.12. Pri procjeni troškova korištene su cijene predviđene opreme na hrvatskom tržištu u prvom kvartalu 2024. godine.

Tablica 3.11 Procjena troškova - FNE Parkiralište Model P1

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
FN moduli	komad	32	77,40 €	2.476,80 €
Izmjenjivač	komad	1	1.975,00 €	1.975,00 €
Potkonstrukcija	komplet	1	4.100,90 €	4.100,90 €
Kabel i potrošni materijal	komplet	1	150,00 €	150,00 €
Ormar i zaštitni elementi	komplet	1	850,30 €	850,30 €
Potrošni materijal	komplet	1	150,00 €	150,00 €
Rad montera	sat	96	30,00 €	2880,00 €
			Ukupno:	12.583,00 €

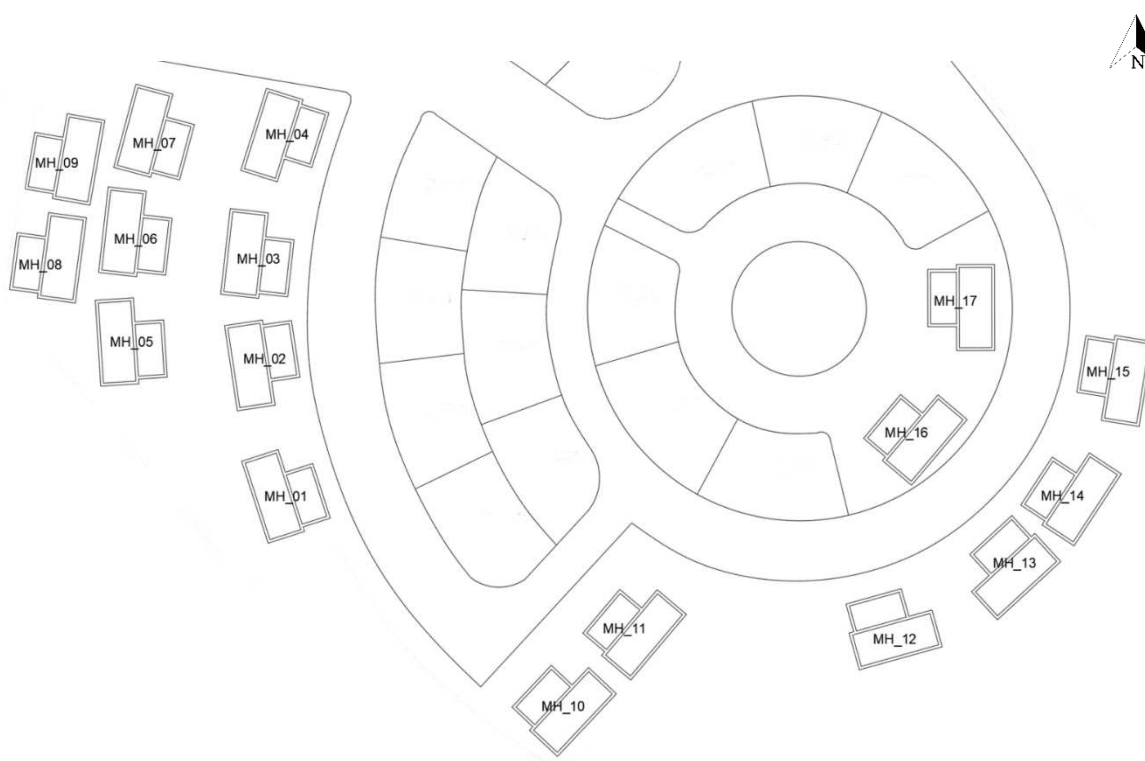
Tablica 3.12 Procjena troškova - FNE Parkiralište Model P2

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
FN moduli	komad	120	77,40 €	9.288,00 €
Izmjenjivač	komad	1	2.485,00 €	2.485,00 €
Potkonstrukcija	komplet	1	7.900,30 €	7.900,30 €
Kabel i potrošni materijal	komplet	1	250,00 €	250,00 €
Ormar i zaštitni elementi	komplet	1	960,30 €	960,30 €
Potrošni materijal	komplet	1	250,00 €	250,00 €
Rad montera	sat	120	30,00 €	3600,00 €
			Ukupno:	24.733,60 €

Navedena procjena troškova koristi se kao baza za analizu isplativosti ulaganja u određena niskouglična rješenja u poglavlju 4.

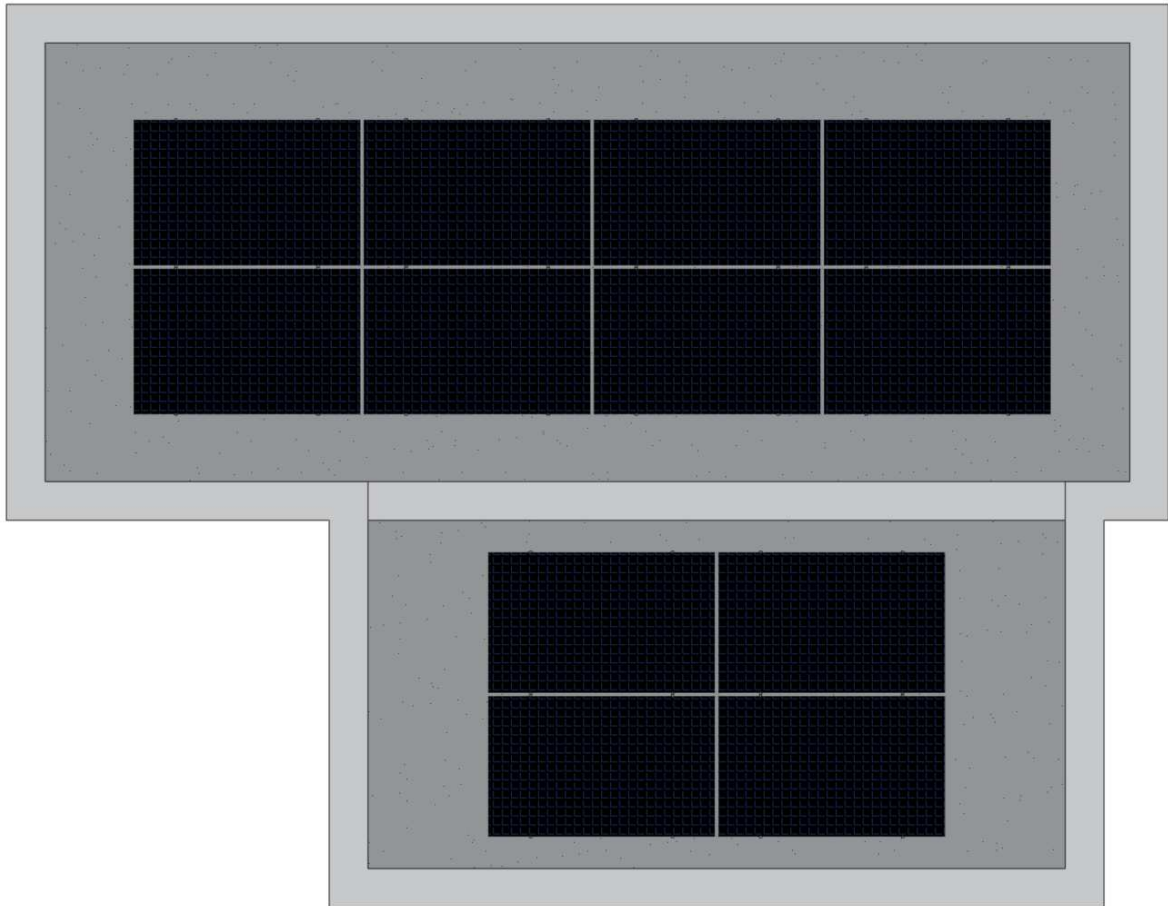
3.1.3. Mobilne kućice

Na Sl. 3.10 prikazan je raspored mobilnih kućica u prostoru Camping Plitvice, a iz istog je vidljivo kako su mobilne kućice različitih orijentacija. Kao što je već navedeno, krov na mobilnim kućicama je ravan te je zbog toga moguće postavljanje FN modula pod proizvoljnim kutom i orijentacijom. Potrebno je pronaći tipsko rješenje FN elektrane koja bi se postavila na ravan krov mobilnih kućica, uz mogućnost prilagodbe s obzirom na orijentaciju pojedine mobilne kućice.



Sl. 3.10 Raspored mobilnih kućica u prostoru kampa

Najveći broj FN modula može se na krov mobilne kućice postaviti na način prikazan na Sl. 3.11, što za posljedicu ima najveću moguću instaliranu snagu po objektu. Moguća je prilagodba nagiba FN modula ovisno o orijentaciji pojedine mobilne kućice, a nagib FN modula se u ovom slučaju definira s obzirom na nagib njegove kraće stranice.



Sl. 3.11 Optimalan način postavljanja FN modula na krovu MH

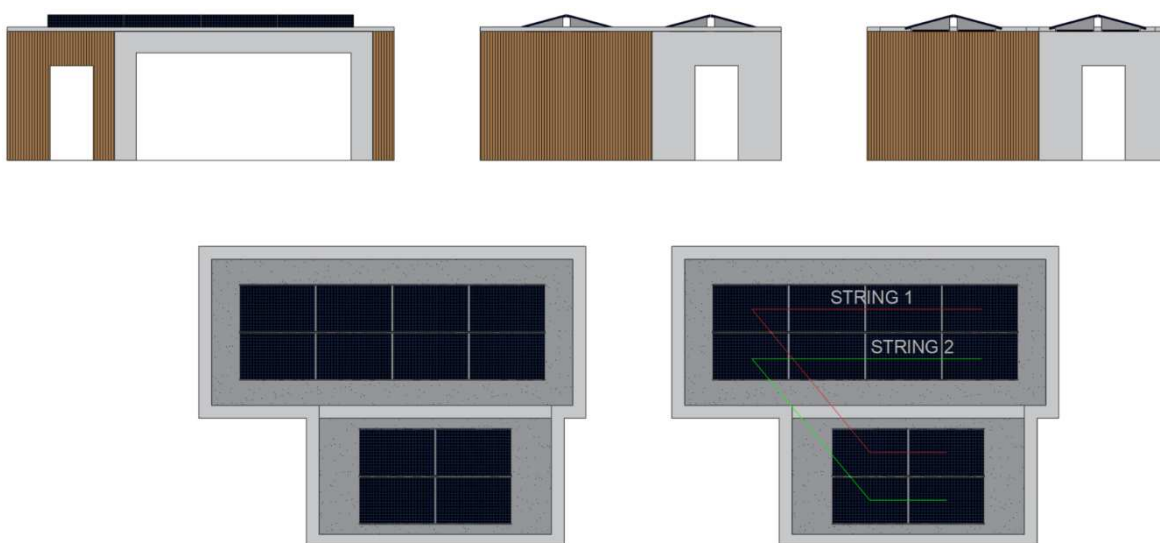
S obzirom na orijentacije mobilnih kućica i mogućnosti postavljanja tipske potkonstrukcije, razmatraju se tri moguća modela postavljanja FN modula na krovnim površinama mobilnih kućica – dvosmjerna orijentacija (istok-zapad), jednosmjerna orijentacija (jug) te horizontalno postavljanje FN modula.

U svakom od tri opisana modela, na krov mobilne kućice moguće je postaviti ukupno 12 FN modula jedinične snage 430 W što daje instaliranu snagu od 5,16 kW_{DC}. S obzirom na instaliranu snagu te postojeće elektroinstalacije u objektu, predlaže se instalacija monofaznog izmjenjivača nazivne snage 5 kW čije su tehničke specifikacije detaljnije obrađene u Tablici 3.2.

Model MH1 – Dvosmjerna orijentacija (istok-zapad) s nagibom od 15°

Ovaj način postavljanja FN modula prikazan je na Sl. 3.12, a karakterizira ga:

- Minimalan razmak između susjednih redova FN modula zbog minimalnog međusobnog zasjenjenja što za posljedicu ima veliku gustoću instalirane snage
- Nagib postavljanja FN modula do 15°
- Uravnoteženija proizvodnja električne energije kroz dan
- Povezivanje FN modula u najmanje 2 različita niza zbog dvije različite orijentacije istih, a posljedično je potreban izmjenjivač s barem 2 ulaza (MPPT-a).



Sl. 3.12 Nacrt, bokocrt, tlocrt MH - dvosmjerna orijentacija FN modula – Model MH1

FN moduli povezuju se u dva niza, a pripadajući osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.13.

Tablica 3.13 Osnovni DC i AC proračun - FNE MH, Model MH1

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 1	6 x 0,43 kW = 2,58 kW
String 2	6 x 0,43 kW = 2,58 kW
Ukupna DC snaga	12 x 0,43 kW = 5,16 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-5KTL-L1
Broj faza na izlazu	1F
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,032
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 6 \times 42,3 \text{ V} = 253,8 \text{ V} > 100 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 6 \times 42,3 \text{ V} = 253,8 \text{ V} < 560 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 1 \times 10,17 \text{ A} = 10,17 \text{ A} < 12,5 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	25 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYN 3x6 mm ² (43 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 2P, 40 A, 300 mA MCB, 1P, C 32A

Smještaj pripadajućeg izmjenjivača i razvodnog ormara fotonaponske elektrane (RO_FNE_MH_xx) predviđen je u tehničkoj prostoriji koja se nalazi u stražnjem dijelu mobilne kućice, a u istoj se nalazi i električni bojler za grijanje potrošne tople vode te postojeći razvodni ormar elektroinstalacija mobilne kućice. Gosti mobilnih kućica nemaju pristup spomenutoj tehničkoj prostoriji.

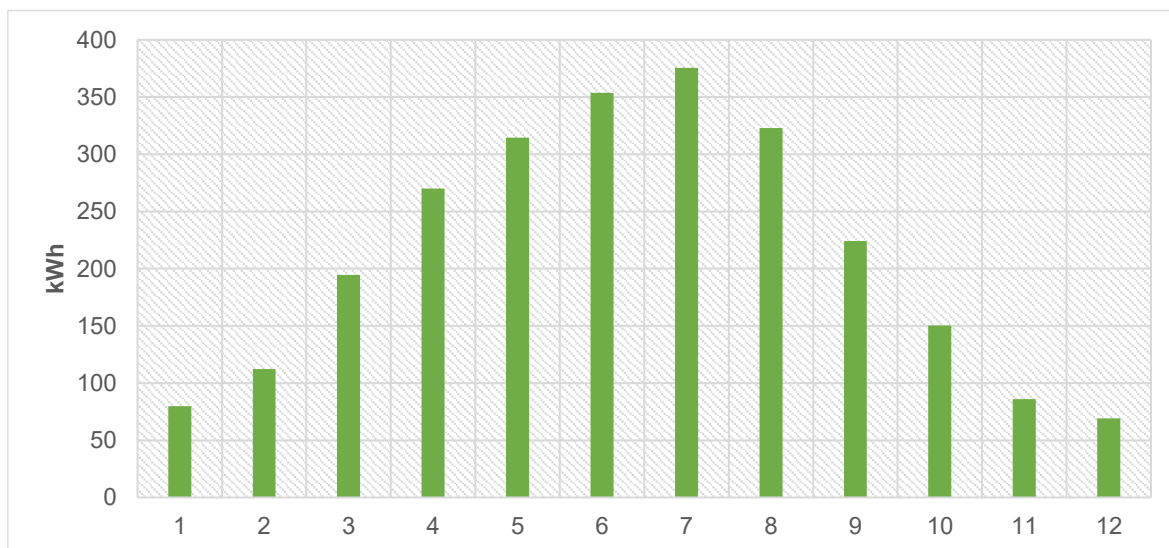
Fotonaponska elektrana opisanog modela na krovu mobilne kućice ima određen utjecaj na estetiku objekta i krajobraza zbog toga što predviđeni elementi FNE izlaze iz postojećih gabarita objekta (vidljivo na nacrtu i bokocrtu na Sl. 3.12). Smatra se da opisani model potpuno zadovoljava osnovni tehnički proračun te da djelomično zadovoljava uvjet utjecaja na estetiku prostora te time predstavlja djelomično prikladno rješenje.

FNE opisanog modela prikladna je za postavljanje na krovove mobilnih kućica MH_01 – MH_09 te MH_15 i MH_17. Na Sl. 3.13 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predloženog modela FNE na krovu mobilne kućice na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.14.

Tablica 3.14 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE MH, Model MH1

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]
Instalirana DC snaga	2,58 (E) + 2,58 (W) = 5,16 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Orijentacija	Istok, zapad
Azimut	-90°, 90°
Nagib	15°
Godišnja proizvodnja	5.041,90 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	137,76 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	977,11
Ukupni procijenjeni gubici	21,63 %

Od ukupno proizvedenih 5.041,9 kWh, istočno orijentirani FN moduli proizvedu 2552,75 kWh, odnosno 50,63%, dok zapadno orijentirani FN moduli proizvedu 2489,15 kWh, odnosno 49,37%.



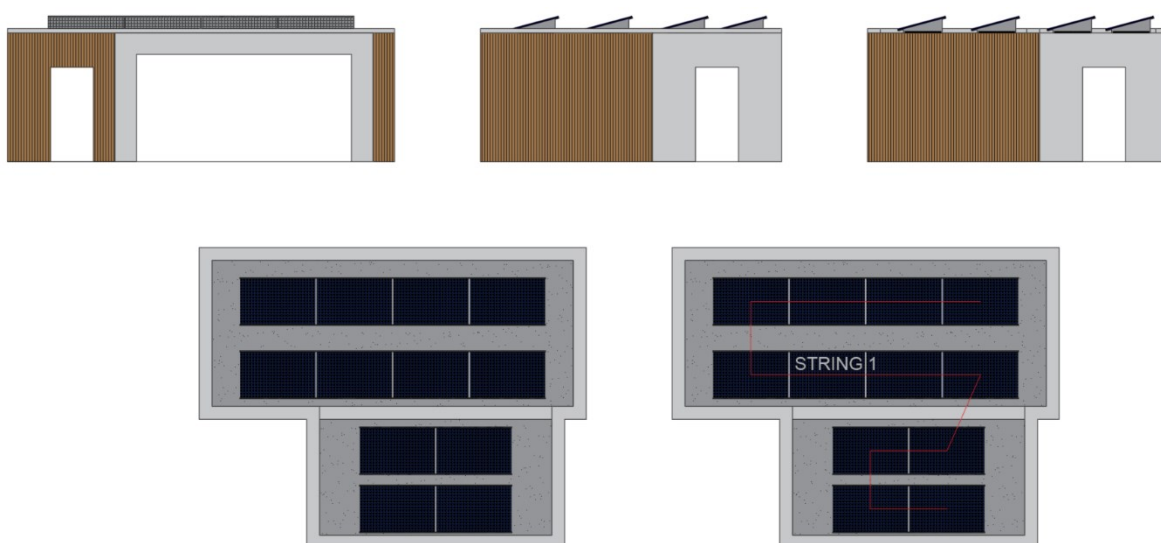
Sl. 3.13 Procjena proizvodnje električne energije - FNE MH, Model MH1

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije odabranog modela FNE MH s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Model MH2 – Jednosmjerna orijentacija (jugoistok) s nagibom od 15°

Ovaj način postavljanja FN modula prikazan je na Sl. 3.14, a karakterizira ga:

- Povećani razmak između susjednih redova FN modula zbog potencijalnog međusobnog zasjenjenja što za posljedicu ima manju gustoću instalirane snage
- Nagib postavljanja FN modula do 15°
- Jasno izražena vršna dnevna proizvodnja električne energije
- Povezivanje FN modula u jedan zajednički niz.



Sl. 3.14 Nacrt, bokocrt, tlocrt MH - jednosmjerna orijentacija FN modula – Model MH2

FN moduli povezuju se u jedan niz, a pripadajući osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.15.

Tablica 3.15 Osnovni DC i AC proračun - FNE MH, Model MH2

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 1	12 x 0,43 kW = 5,16 kW
Ukupna DC snaga	12 x 0,43 kW = 5,16 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-5KTL-L1
Broj faza na izlazu	1F
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,032
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 12 \times 42,3 \text{ V} = 507,6 \text{ V} > 100 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 12 \times 42,3 \text{ V} = 507,6 \text{ V} < 560 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 1 \times 10,17 \text{ A} = 10,17 \text{ A} < 12,5 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	25 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NY 3x6 mm ² (43 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 2P, 40 A, 300 mA MCB, 1P, C 32A

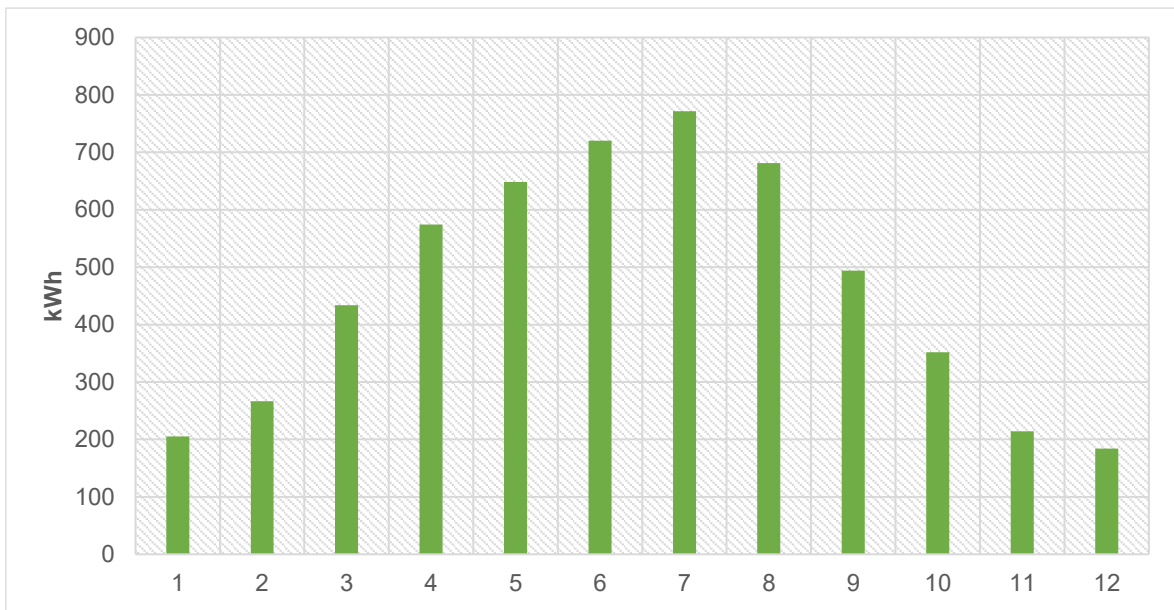
Smještaj pripadajućeg izmjenjivača i razvodnog ormara fotonaponske elektrane (RO_FNE_MH_xx) predviđen je u tehničkoj prostoriji koja se nalazi u stražnjem dijelu mobilne kućice, a u istoj se nalazi i električni bojler za grijanje potrošne tople vode te postojeći razvodni ormar elektroinstalacija mobilne kućice. Gosti mobilnih kućica nemaju pristup spomenutoj tehničkoj prostoriji.

Fotonaponska elektrana opisanog modela na krovu mobilne kućice ima određen utjecaj na estetiku objekta i krajobraza zbog toga što predviđeni elementi FNE izlaze iz postojećih gabarita objekta (vidljivo na nacrtu i bokocrtu na Sl. 3.14). Smatra se da opisani model potpuno zadovoljava osnovni tehnički proračun te da djelomično zadovoljava uvjet utjecaja na estetiku prostora te time predstavlja djelomično prikladno rješenje.

FNE opisanog modela prikladna je za postavljanje na krovove mobilnih kućica MH_10 – MH_14 te MH_16. Na Sl. 3.15 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predloženog modela FNE na krovu mobilne kućice na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.16.

Tablica 3.16 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE MH, Model MH2

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]
Instalirana DC snaga	5,16 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Orijentacija	Jugoistok
Azimut	-45°
Nagib	15°
Godišnja proizvodnja	5.545,96 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	330,14 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	1.074,80
Ukupni procijenjeni gubici	21,00 %



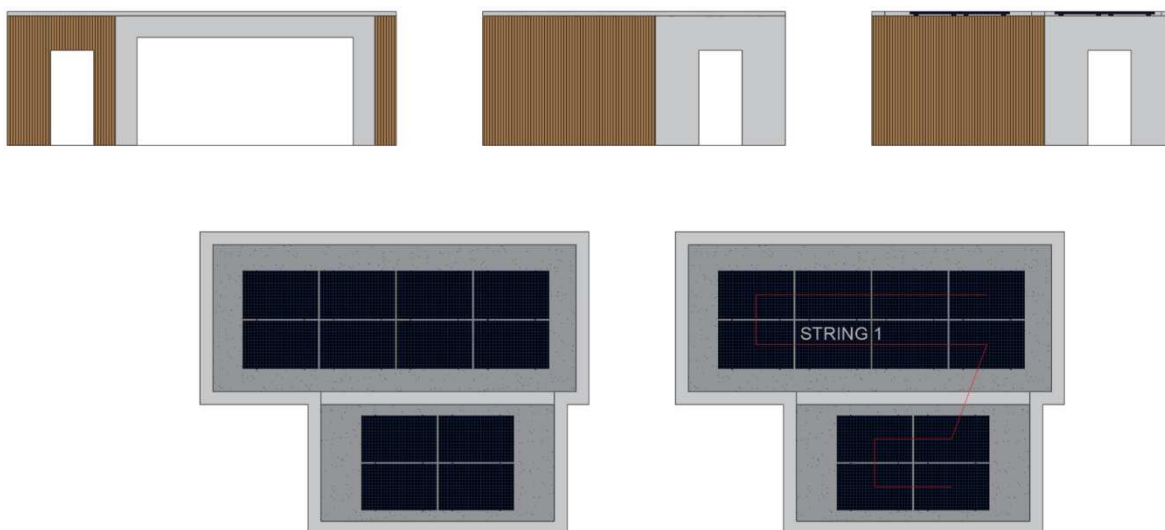
Sl. 3.15 Procjena proizvodnje električne energije - FNE MH, Model MH2

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije odabranog modela FNE MH s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Model MH3 – Horizontalno postavljanje FN modula

Ovaj način postavljanja FN modula prikazan je na Sl. 3.16, a karakterizira ga:

- Minimalan razmak između susjednih redova FN modula zbog minimalnog međusobnog zasjenjenja što za posljedicu ima veliku gustoću instalirane snage
- Nagib postavljanja FN modula od gotovo 0° (do 3° radi lakšeg otjecanja vode s FN modula)
- Manji energetske doprinos
- Povezivanje FN modula u jedan zajednički niz.



Sl. 3.16 Nacrt, bokocrt, tlocrt MH - horizontalno postavljanje FN modula – Model MH3

FN moduli povezuju se u jedan niz, a pripadajući osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.17.

Tablica 3.17 Osnovni DC i AC proračun - FNE MH, Model MH3

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 1	12 x 0,43 kW = 5,16 kW
Ukupna DC snaga	12 x 0,43 kW = 5,16 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-5KTL-L1
Broj faza na izlazu	1F
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,032
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 12 \times 42,3 \text{ V} = 507,6 \text{ V} > 100 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 12 \times 42,3 \text{ V} = 507,6 \text{ V} < 560 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 1 \times 10,17 \text{ A} = 10,17 \text{ A} < 12,5 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	25 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYN 3x6 mm ² (43 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 2P, 40 A, 300 mA MCB, 1P, C 32A

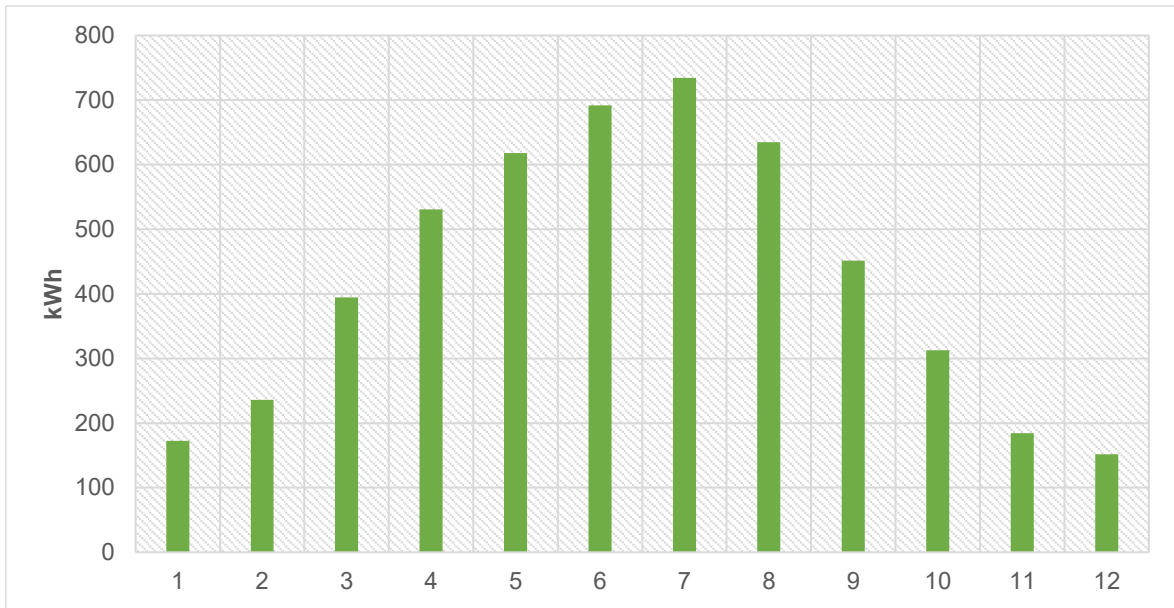
Smještaj pripadajućeg izmjenjivača i razvodnog ormara fotonaponske elektrane (RO_FNE_MH_xx) predviđen je u tehničkoj prostoriji koja se nalazi u stražnjem dijelu mobilne kućice, a u istoj se nalazi i električni bojler za grijanje potrošne tople vode te postojeći razvodni ormar elektroinstalacija mobilne kućice. Gosti mobilnih kućica nemaju pristup spomenutoj tehničkoj prostoriji.

Fotonaponska elektrana opisanog modela na krovu mobilne kućice ima minimalan utjecaj na estetiku objekta i krajobraza zbog toga što predviđeni elementi FNE ne izlaze iz postojećih gabarita objekta (vidljivo na nacrtu i bokocrtu na Sl. 3.16). Smatra se da opisani model potpuno zadovoljava osnovni tehnički proračun i uvjet utjecaja na estetiku prostora te time predstavlja u potpunosti prikladno rješenje.

FNE opisanog modela prikladna je za postavljanje na krovove svih mobilnih kućica. Na Sl. 3.17 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predloženog modela FNE na krovu mobilne kućice na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.18.

Tablica 3.18 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE MH, Model MH3

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]
Instalirana DC snaga	5,16 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW
Orijentacija	Horizontalno postavljanje
Azimut	-
Nagib	0°
Godišnja proizvodnja	5.113,25 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	280,40 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	990,94
Ukupni procijenjeni gubici	23,84 %



Sl. 3.17 Procjena proizvodnje električne energije - FNE MH, Model MH3

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije odabranog modela FNE MH s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Procjena troškova, usporedba modela te odabir optimalnog modela

Procjena troškova instalacije predviđene FNE na krovu mobilne kućice prikazana je u Tablici 3.19. Kako je u sva tri promatrana modela predviđena instalacija jednake snage, a kako su razlike u cijeni određene potkonstrukcije minimalne, za sva tri modela vrijedi ista procjena troškova. Pri procjeni troškova korištene su cijene predviđene opreme na hrvatskom tržištu u prvom kvartalu 2024. godine.

Tablica 3.19 Procjena troškova - FNE MH

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
FN moduli	komad	12	77,40 €	928,80 €
Izmjenjivač	komad	1	1.096,00 €	1.096,00 €
Potkonstrukcija	komplet	1	344,00 €	344,00 €
Kabel i potrošni materijal	komplet	1	100,00 €	100,00 €
Ormar i zaštitni elementi	komplet	1	700,30 €	700,30 €
Potrošni materijal	komplet	1	100,00 €	100,00 €
Rad montera	sat	32	30,00 €	960,00 €
Ukupno:				4.229,10 €

Navedena procjena troškova koristi se kao baza za analizu isplativosti ulaganja u određena niskougljična rješenja u poglavlju 4. Kao što je već navedeno, mobilne kućice su različite orijentacije te se zbog toga tri promatrana modela ogledaju kroz dva moguća prikladna rješenja – kombinaciju Modela MH1 i Modela MH2 te jedinstveno rješenje jednako Modelu MH3. Usporedba navedenih rješenja prikazana je u Tablici 3.20.

Tablica 3.20 Usporedba promatranih rješenja FNE MH

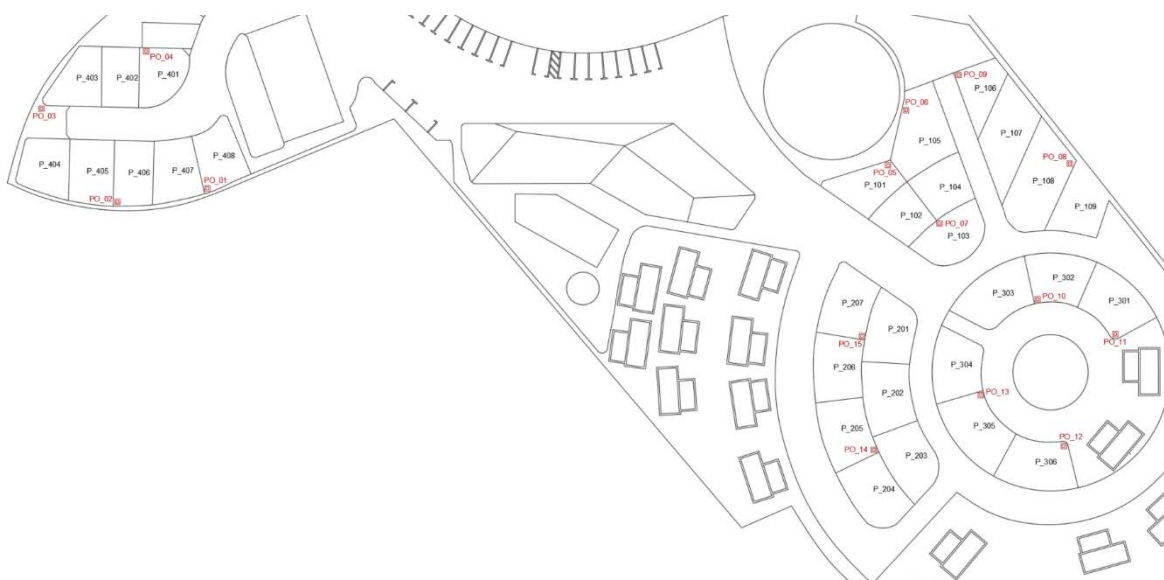
Rješenje	Kombinirano rješenje		Jedinstveno rješenje
	Model MH1	Model MH2	Model MH3
Instalirana snaga	5,16 kW _P	5,16 kW _P	5,16 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	5 kW	5 kW	5 kW
Orijentacija	istok, zapad	jugoistok	-
Mobilne kućice	MH_01 – MH_09, MH_15, MH_17	MH_10 – MH_14, MH_16	MH_01 – MH_17
Broj mobilnih kućica	11	6	17
Ukupna instalirana snaga	88,23 kW_P		88,23 kW_P
Ukupna snaga izmjenjivača	85 kW		85 kW
Energetski doprinos po MH	5.041,9 kWh	5545,96 kWh	5113,25 kWh
Odnos kWh/kWp	977,11	1074,8	990,94
Energetski doprinos	55.460,9 kWh	33.275,76 kWh	86.925,25 kWh
Ukupni energetski doprinos	88.736,66 kWh		86.925,25 kWh
Cijena po MH	4.229,10 €	4.229,10 €	4.229,10 €
Cijena	46.520,10 €	25.374,6	71.894,70 €
Ukupna cijena	71.894,70 €		71.894,70 €
Utjecaj na estetiku prostora	postoji	postoji	minimalan

Po podacima iz Tablice 3.20 vidljivo je kako je ukupna instalirana snaga jednaka za oba rješenja, kao i ukupna snaga na razini izmjenjivača. Cijena za oba rješenja je također jednaka, a jedine dvije relevantne razlike su ukupni energetski doprinos i utjecaj na estetiku prostora.

Kombinirano rješenje Modela MH1 i Modela MH2 ima procijenjeni godišnji energetski doprinos od 88.736,66 kWh, dok jedinstveno rješenje Modela MH3 ima procijenjeni godišnji energetski doprinos od 86.925,25 kWh, odnosno 2,04 % manje. S obzirom na tako malu razliku u procijenjenom godišnjem energetskom doprinosu, Model MH3 pokazuje se kao optimalno rješenje zbog jednostavnije izvedbe s obzirom na to da predstavlja jedinstveno rješenje za sve mobilne kućice te zbog manjeg utjecaja na estetiku prostora.

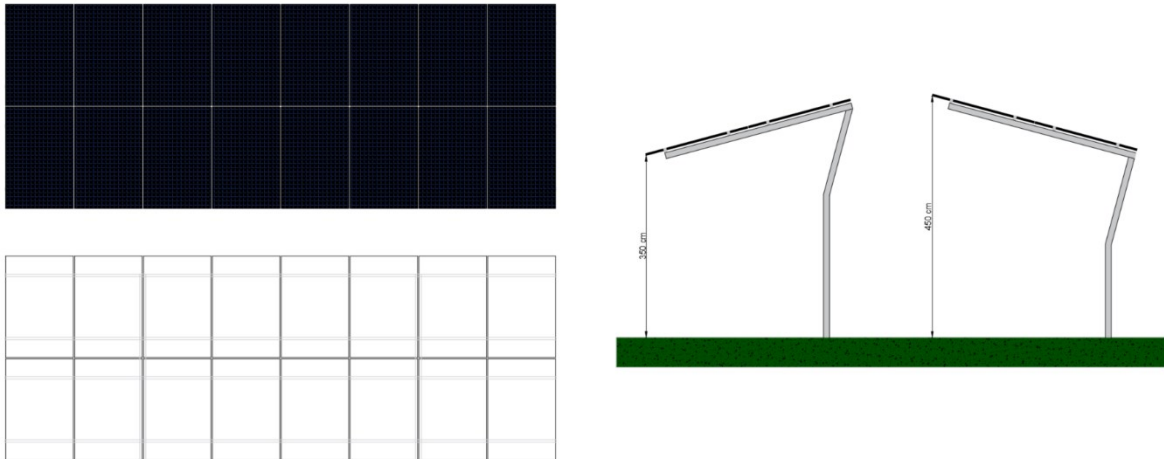
3.1.4. Parcele za kampere

Na Sl. 3.18 prikazan je raspored parcela za kampere u prostoru Camping Plitvice, a iz istog je vidljivo kako su parcele za kampere različitih dimenzija i različitih orijentacija. Također su prikazane pozicije pripadajućih priključnih ormara koji će služiti kao točka spajanja predviđenih FNE na postojeće elektroinstalacije objekta Camping Plitvice. Potrebno je pronaći tipsko rješenje FN elektrane koja bi se postavila iznad parcela za kampere u obliku solarnih nadstrešnica te provjeriti zadovoljava li predloženo rješenje osnovne tehničke proračune te procijeniti utjecaj istog na estetiku prostora i krajobraza.



Sl. 3.18 Raspored parcela za kampere u prostoru kampa

Na Sl. 3.19 prikazano je jedno od tipskih rješenja solarne nadstrešnice kakvo se razmatra za izgradnju iznad parcela za kampere, a konkretno je prikazan pogled na gornju stranu FN modula, pogled na donju stranu FN modula s potkonstrukcijom te bokocrt samog rješenja. Na rješenju su vidljive visine ovog tipskog rješenja, 350 cm na nižem dijelu te 450 cm na višem dijelu, a iste omogućavaju nesmetano parkiranje za većinu kampera i kamp prikolica za koja su parcele i namijenjene.



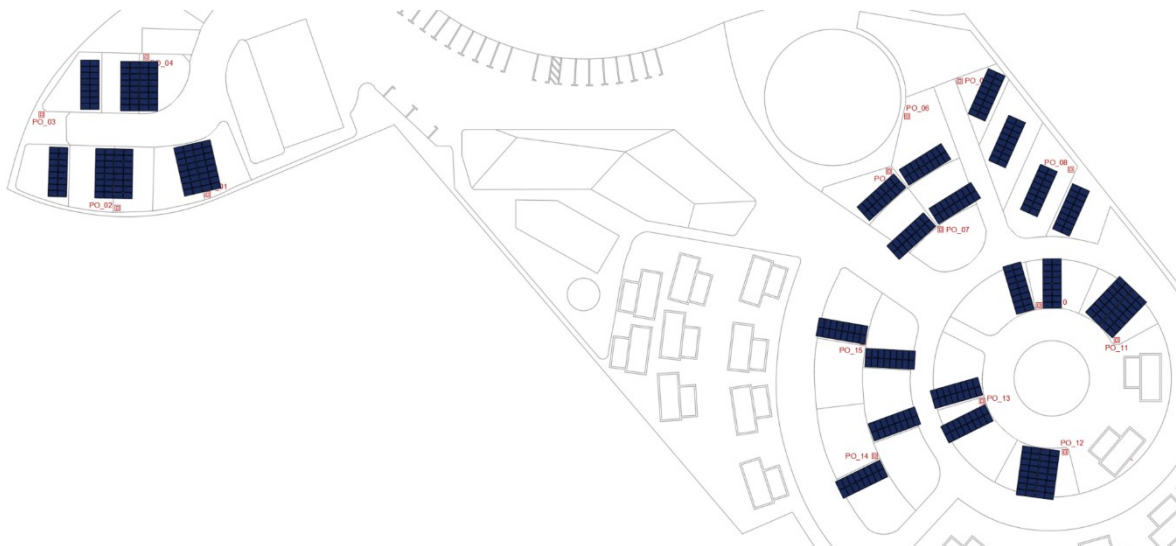
Sl. 3.19 Solarna nadstrešnica - parcela za kampere

Svaka solarna nadstrešnica sastoji se od 16 FN modula instalirane snage 6,88 kW_P te ujedno čini i jedan niz (string). Dvije susjedne solarne nadstrešnice povezuju se na zajednički trofazni izmjenjivač nazivne snage 12 kW čije su detaljnije tehničke specifikacije prikazane u Tablici 3.3. Osnovni proračun prikazan je u Tablici 3.21.

Tablica 3.21 Osnovni DC i AC proračun – FNE Parcele za kampere

Pregled nizova (<i>stringova</i>)	
String 3.1	16 x 0,43 kW = 6,88 kW
String 3.2	16 x 0,43 kW = 6,88 kW
Ukupna DC snaga	32 x 0,43 kW = 13,76 kW
Tip izmjenjivača	SUN2000-12KTL-M5
Broj faza na izlazu	3F
Nazivna snaga izmjenjivača	12 kW
Faktor predimenzioniranosti (P_{DC}/P_{AC})	1,147
Minimalni ulazni napon	$U_{MIN} = 16 \times 42,3 \text{ V} = 676,8 \text{ V} > 200 \text{ V}$
Maksimalni ulazni napon	$U_{MAX} = 16 \times 42,3 \text{ V} = 676,8 \text{ V} < 1000 \text{ V}$
Maksimalna ulazna struja	$I_{MAX} = 1 \times 10,17 \text{ A} = 10,17 \text{ A} < 20 \text{ A}$
Maksimalna izlazna struja	17,3 A
Predloženi kabel (maks. dozv. struja)	NYN 5x2,5 mm ² (25 A) [10]
Zaštitni uređaji	RCD, 4P, 25 A, 300 mA MCB, 3P, C 25 A

Pripadajući razvodni ormar opisanih fotonaponskih elektrana, RO_FNE_Pxx, spaja se u obližnji priključni ormar koji se nalazi na pojedinim parcelama za kampere, a raspored istih kao i preliminarni raspored solarnih nadstrešnica na području kampa prikazan je na Sl. 3.20.



Sl. 3.20 Preliminaran razmještaj solarnih nadstrešnica nad parcelama za kampere s pozicijama priključnih ormara

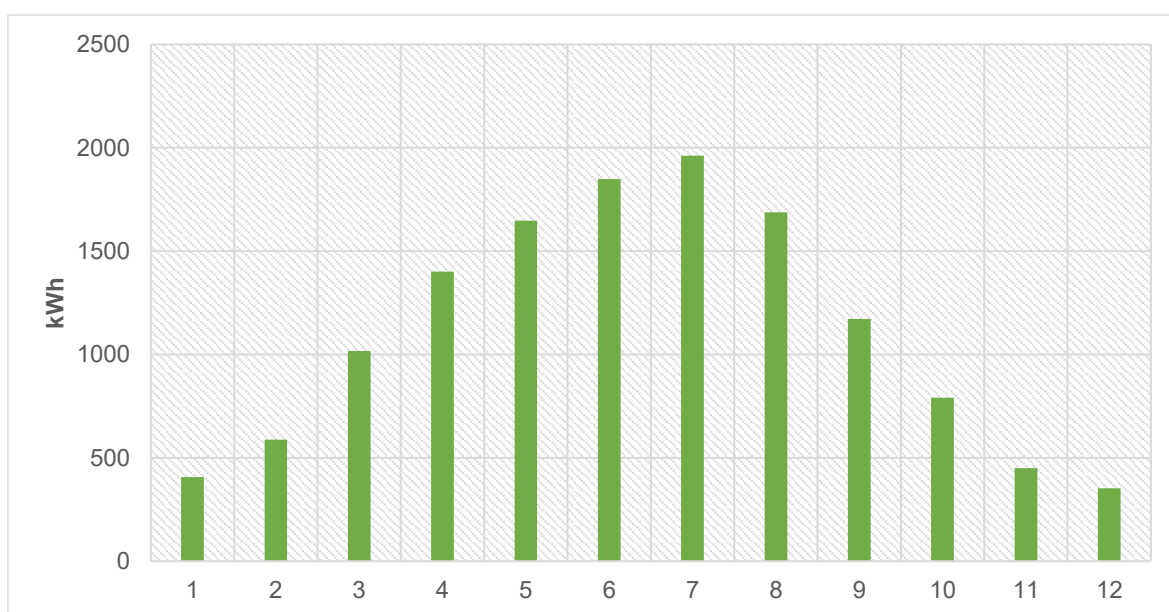
Predviđeno je povezivanje opisane tipske FNE na sve priključne ormare osim PO_06 što daje ukupan broj od 14 tipskih FNE, ukupne instalirane snage 192,64 kWp te snage 168 kW na razini izmjenjivača.

Fotonaponske elektrane u obliku solarnih nadstrešnica iznad parcela za kampere zadovoljavaju osnovni tehnički proračun, ali imaju negativan utjecaj na estetiku objekta i krajobraza te zbog toga predstavljaju djelomično prikladno rješenje.

Orijentacija pojedine solarne nadstrešnice ovisi o orijentaciji pojedine parcele za kampere te iz tog razloga nije moguće odrediti tipsku procjenu proizvodnje električne energije. Na Sl. 3.21 prikazana je godišnja procjena proizvodnje električne energije iz predložene tipske FNE u obliku solarne nadstrešnice iznad parcele za kampere za primjer dvosmjerne orijentacije (istok-zapad) poput FNE_P02 na mjesečnoj razini, sa svim relevantnim podacima navedenima u Tablici 3.22.

Tablica 3.22 Pregled parametara za procjenu proizvodnje EE - FNE Parcele za kampere

Meteorološka baza podataka	PVGIS-SARAH2 [25]
Instalirana DC snaga	13,76 kW _P
Nazivna snaga izmjenjivača	12 kW
Orijentacija	Istok-zapad
Azimut	-90° - 90
Nagib	16°
Godišnja proizvodnja	13.321,33 kWh
Procijenjena godišnja varijabilnost	363,79 kWh
Relativna proizvodnja kWh/kW _P	968,12
Ukupni procijenjeni gubici	21,69 %



Sl. 3.21 Procjena proizvodnje električne energije - FNE Parcele za kampere

Detaljnija analiza predviđene proizvodnje električne energije s energetsom bilancom obrađena je u poglavlju 4.

Procjena troškova instalacije predviđene FNE u obliku solarnih nadstrešnica iznad parcela za kampere prikazana je u Tablici 3.23. Pri procjeni troškova korištene su cijene predviđene opreme na hrvatskom tržištu u prvom kvartalu 2024. godine.

Tablica 3.23 Procjena troškova - FNE Parcele za kampere

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
FN moduli	komad	32	77,40 €	2.476,80 €
Izmjenjivač	komad	1	1.975,00 €	1.975,00 €
Potkonstrukcija	komplet	1	4.100,90 €	4.100,90 €
Kabel i potrošni materijal	komplet	1	150,00 €	150,00 €
Ormar i zaštitni elementi	komplet	1	850,30 €	850,30 €
Potrošni materijal	komplet	1	150,00 €	150,00 €
Rad montera	sat	96	30,00 €	2880,00 €
			Ukupno:	12.583,00 €

Navedena procjena troškova koristi se kao baza za analizu isplativosti ulaganja u određena niskouglijčna rješenja u poglavlju 4.

3.2. Punionica za električna vozila

Analizirani su sirovi podaci preuzeti s brojila predugrađenih u postojeće punjače električnih vozila prikazani prethodno u Tablicama 2.3 i 2.4 i ustanovljeno je kako je iste potrebno pročitati od neispravnih zapisa. Tipični neispravni zapisi koji se pojavljuju su:

- Zapisi o kratkotrajnom punjenju pri kojemu nije došlo do potrošnje električne energije
- Jedno neprekinuto punjenje električnog vozila zapisano s nekoliko kraćih zapisa.

Inicijalni podaci su pročišćeni i zapisani u kronološkom redu, a prikazani su u Tablici 3.24.

Tablica 3.24 Pročišćeni zapisi s brojila postojeće punionice EV

Datum	Camping Plitvice – Punjač 1					Camping Plitvice – Punjač 2				
	Početak	Kraj	Trajanje [h]	Potrošnja [kWh]	Prosječna snaga [kW]	Početak	Kraj	Trajanje [h]	Potrošnja [kWh]	Prosječna snaga [kW]
14.4.	9:52	11:28	1,6	4,10	2,56	9:50	11:58	2,13	5,74	2,69
14.4.	17:04	19:23	2,3	26,55	11,46					
15.4.	5:48	7:03	1,3	6,15	4,92					
17.4.						15:20	16:24	1,07	1,09	1,02
18.4.	7:18	9:01	1,7	20,00	11,65					
24.4.	15:29	17:27	2,0	22,97	11,68					
30.4.	12:43	13:14	0,5	3,41	6,60					
6.5.	15:08	16:22	1,2	8,16	6,62					
7.5.	9:16	12:11	2,9	13,80	4,73					
7.5.	17:16	18:11	0,9	19,46	21,23					
8.5.	17:59	18:26	0,5	3,01	6,69					
10.5.	14:18	16:53	2,6	17,97	6,96					
12.5.	7:21	7:42	0,4	1,18	3,37					
15.5.						7:21	8:35	1,23	1,01	0,82
15.5.						13:02	13:53	0,85	0,36	0,42
24.5.	18:37	5:55	11,3	11,63	1,03					
25.5.	12:46	6:20	17,6	18,11	1,03					
26.5.	10:58	18:05	7,1	5,18	0,73					
26.5.	18:06	20:44	2,6	14,02	5,32					
27.5.	14:47	17:22	2,6	2,68	1,04					
27.5.	18:36	20:13	1,6	11,01	6,81					
28.5.	14:56	18:38	3,7	10,47	2,83					
31.5.						18:21	19:33	1,20	8,81	7,34
1.6.	15:20	16:41	1,3	10,10	7,50					
2.6.	12:38	16:00	3,4	22,56	6,68	17:43	17:48	24,00	14,00	0,58
3.6.	16:23	6:07	13,7	24,65	1,80					
4.6.						10:05	12:14	2,14	14,52	6,79
5.6.	8:28	12:07	3,7	14,29	3,91					

5.6.	15:07	6:01	14,9	12,71	0,85	15:47	17:31	1,73	12,19	7,04
6.6.	14:35	17:07	2,5	27,97	11,03					
8.6.						14:52	18:11	3,31	21,54	6,51
15.6.	20:00	21:30	1,5	31,73	21,22					
17.6.	16:35	17:04	0,5	2,26	4,68	16:48	17:02	23,23	62,07	2,67
18.6.	12:56	14:07	1,2	13,32	11,17					
19.6.						8:30	11:03	2,54	28,42	11,19
19.6.						15:02	15:58	0,93	18,00	19,36
21.6.						14:38	16:42	2,07	14,82	7,17
22.6.	10:02	11:39	1,6	12,20	7,51					
26.6.	14:23	15:09	24,1	59,77	2,48					
27.6.	11:23	12:54	1,5	17,27	11,34					
27.6.	13:45	15:05	1,3	10,47	7,87					
3.7.	12:51	14:05	1,2	9,19	7,45	11:56	13:28	1,53	11,63	7,58
3.7.	16:14	17:14	1,0	9,47	9,47					
4.7.	14:16	15:14	1,0	3,23	3,34					
12.7.	3:34	3:36	24,0	6,82	0,28	12:31	12:51	0,33	7,29	21,87
13.7.	5:19	6:02	0,7	4,93	6,88	15:44	18:37	2,88	20,33	7,05
13.7.	18:14	20:16	2,0	14,16	6,96	18:54	21:11	2,28	15,71	6,88
14.7.	18:22	19:09	0,8	5,38	6,87	11:46	12:03	0,28	2,03	7,16
14.7.						14:16	18:15	3,98	11,36	2,85
14.7.						20:10	7:22	11,20	6,07	0,54
15.7.	12:34	13:07	0,6	8,55	15,55					
15.7.	19:14	7:36	12,4	5,35	0,43					
17.7.	18:44	19:14	0,5	9,25	18,50					
18.7.	14:57	15:19	0,4	7,52	20,51					
19.7.	13:02	15:58	2,9	10,08	3,44					
20.7.	16:14	17:46	1,5	30,52	19,90					
20.7.	18:40	20:08	1,5	10,73	7,32					
21.7.	12:14	13:12	1,0	4,22	4,37					
21.7.	16:29	19:22	2,9	9,12	3,16					
21.7.	20:57	21:40	0,7	8,20	11,44					
22.7.	16:50	17:37	0,8	16,27	20,77					
22.7.	17:38	15:05	21,4	3,16	0,15					
27.7.						15:43	9:14	17,52	24,55	1,40
30.7.						10:33	10:35	24,00	5,51	0,23
26.8.	16:53	18:56	2,1	20,11	9,81	18:58	19:05	0,12	0,92	7,51
27.8.	16:24	18:01	1,6	10,35	6,41	19:51	21:08	1,29	9,80	7,60
29.8.	17:19	20:16	2,9	29,21	9,91	20:52	20:55	24,00	9,29	0,39
31.8.						10:16	11:37	1,35	4,76	3,54
1.9.						16:42	17:23	0,68	11,82	17,27
2.9.	13:57	15:03	1,1	19,48	17,89	18:59	19:11	0,19	2,13	11,29
4.9.	15:25	16:20	0,9	18,01	19,85	14:33	15:32	0,99	15,05	15,23
4.9.						17:12	18:03	0,84	9,98	11,83
4.9.						23:36	1:29	1,88	14,38	7,65
7.9.						20:33	7:25	10,86	4,16	0,38
8.9.						19:19	20:56	1,63	18,68	11,49
9.9.						11:36	12:31	0,93	10,11	10,87
9.9.						14:59	15:51	0,87	5,72	6,56
9.9.						18:53	19:53	0,99	18,83	19,07
10.9.						20:13	21:15	1,04	21,29	20,56
11.9.						18:30	18:49	0,33	2,33	7,03
12.9.						14:35	16:06	1,51	10,58	7,01

12.9.						18:34	19:52	1,30	14,86	11,41
14.9.						7:29	10:33	3,06	23,67	7,73
16.9.						18:17	19:31	1,23	8,77	7,12
16.9.						19:45	20:29	0,73	4,46	6,07
18.9.						14:31	15:00	0,47	3,12	6,59
20.9.						19:42	9:07	13,41	25,37	1,89
21.9.						16:07	7:59	15,86	5,71	0,36
22.9.						12:55	13:44	0,82	5,24	6,35
22.9.						18:13	19:37	1,40	9,26	6,60
23.9.						17:16	17:55	0,65	10,78	16,54
25.9.						8:47	10:05	1,31	19,44	14,89
25.9.						11:17	12:13	0,94	10,72	11,42
25.9.						13:50	14:39	0,82	14,04	17,19
25.9.						17:40	19:31	1,85	19,65	10,61
25.9.						20:31	22:49	2,30	26,05	11,34
2.10.	17:38	18:42	1,1	20,30	19,19	16:59	18:30	1,51	11,42	7,57
6.10.						22:17	22:47	0,49	10,29	20,86
7.10.	20:23	20:55	0,5	6,04	11,65					
9.10.						11:40	15:34	3,90	20,26	5,20
10.10.						8:38	9:07	0,47	10,33	22,11
10.10.						17:40	19:44	2,08	25,58	12,31
11.10.						20:21	21:36	1,24	14,30	11,52
13.10.						23:08	1:10	2,03	23,48	11,57
14.10.						18:56	20:00	1,06	11,18	10,59
16.10.						14:09	14:45	0,60	7,10	11,74
17.10.						20:31	22:27	1,93	20,03	10,39
18.10.						13:26	13:47	0,35	2,31	6,62
21.10.						18:44	19:16	0,53	3,68	6,91
27.10.	17:35	8:37	15,0	57,65	3,84					
28.10.	15:07	16:54	1,8	12,75	7,16					
28.10.	17:42	18:51	1,1	9,71	8,50					
28.10.	20:08	21:24	1,3	14,70	11,69					
29.10.						19:39	19:53	0,23	1,52	6,55
30.10.	22:20	0:05	1,7	20,11	11,83					
2.11.						19:38	20:31	0,89	10,37	11,70
5.11.						16:46	17:16	0,49	3,47	7,02
5.11.						19:08	22:57	3,82	27,68	7,24
6.11.						18:27	19:30	1,04	6,62	6,39
13.11.	20:04	22:16	2,2	15,25	6,91	13:00	13:47	0,77	4,85	6,29
13.11.						18:35	22:16	3,68	30,72	8,35
17.11.						18:06	19:51	1,75	12,25	7,01
18.11.						10:14	11:25	1,18	21,63	18,28
19.11.						14:11	15:12	1,01	17,20	17,03
24.11.	23:19	0:31	1,2	13,72	11,43	9:55	10:38	0,72	4,47	6,22
24.11.						23:19	0:31	1,20	13,72	11,43
30.11.						15:36	16:54	1,30	8,99	6,92

Iz tablice pročišćenih zapisa izvučeno je nekoliko statističkih podataka koji daju bolji uvid u korištenje postojeće punionice EV u promatranom periodu (14.4.2022. – 30.11.2022.), a isti su prikazani u Tablici 3.25.

Tablica 3.25 Statistički pregled korištenja postojeće punionice EV

	Punjač 1	Punjač 2	Ukupno
Broj punjenja	65 (45,14 %)	79 (54,86 %)	144
Prosječno vrijeme punjenja	3,8 h	3,3 h	3,53 h
Ukupno vrijeme punjenja	247,3 h	260,37 h	507,67 h
Prosječna potrošena energija	14,20 kWh	12,68 kWh	13,36 kWh
Ukupna potrošena energija	922,70 kWh	1.001,47 kWh	1.924,17 kWh
Prosječna snaga punjenja	8,28 kW	8,71 kW	8,52 kW
Maksimalna snaga punjenja	21,23 kW	22,11 kW	22,11 kW
Relativna vremenska zauzetost	4,46 %	4,70 %	4,58 %

Iz navedenog statističkog pregleda može se zaključiti kako se oba punjača koriste vrlo ujednačeno, a iz relativne vremenske zauzetosti, koja iznosi 4,58 %, može se zaključiti kako postojeći punjači imaju mnogo prostora za povećanje vremenske zauzetosti, što dovodi do zaključka kako je postojeća punionica EV ispravno dimenzionirana te trenutno ne postoji potreba za proširenjem iste. Tome dodatno u prilog ide činjenica kako se od ukupno 144 punjenja samo 14 (9,72 %) punjenja odvija istovremeno. Točnije, oba punjača su istovremena bila zauzeta u samo 7 vremenskih perioda čije je prosječno trajanje 56 minuta, a ukupno trajanje tih perioda je 6,56 h, odnosno 0,12% ukupno promatranog vremenskog intervala u periodu od 14.4.2022. do 30.11.2022.

3.3. Cjelokupni pregled predloženih niskougličnih rješenja

Cjelokupni prostor objekta Camping Plitvice je razmotren i predloženo je nekoliko mogućih rješenja za postavljanje fotonaponske elektrane, a osim toga je detaljno analizirana postojeća punionica električnih vozila za koju je zaključeno kako je ispravno dimenzionirana te nema potrebe za proširenjem iste.

Predložene FNE ocijenjene s obzirom na zadovoljenje osnovnog tehničkog proračuna, utjecaja na estetiku prostora i cijenu. Sva rješenja u potpunosti zadovoljavaju osnovni tehnički proračun, a s obzirom na njihov utjecaj na estetiku prostora i njihovu cijenu, složena je lista prioriternih investicija, dostupna u Tablici 3.26.

Tablica 3.26 Lista prioriternih investicija u FNE

Prior.	Naziv	DC snaga [kW]	AC snaga [kW]	Cijena [€]	Relativna cijena [€/kW]	Utjecaj na estetiku prostora
1.	FNE CO	24,51	25	12.309,40	502,22	Minimalan
2.	FNE MH	87,72	85	71.894,70	819,59	Minimalan
3.	FNE Parkiralište	65,36	62	62.050,20	949,36	Značajan
4.	FNE Kamp 401-408	55,04	48	50.332,00	914,46	Negativan
5.	FNE Kamp 101-306	137,6	120	125.830,00	914,46	Izrazito negativan

S obzirom na navedeno u Tablici 3.26, rješenje FNE u obliku solarnih nadstrešnica iznad parcela za kampere koje se nalaze u središnjem dijelu kampa ne predstavlja prikladno rješenje i nije obuhvaćeno daljnom analizom. Za ostala rješenja provedena je dodatna analiza usklađenosti predloženih rješenja s postojećim stanjem elektroinstalacija u objektu Camping Plitvice, vidljiva u Tablici 3.27, te analiza isplativosti ulaganja u pojedina rješenja.

Tablica 3.27 Usklađenost promatranih rješenja FNE s postojećim stanjem elektroinstalacija u objektu Camping Plitvice

			Broj faza	Kabel [mm ²]	I _N / I _{MAX} [A]	Zaštitni uređaj	
						Vrsta	I _N [A]
+GRO	Dolaz	SPMO	3F	2 x NA2XY 4x240	- / 728	prekidač	400
	Odlaz	RO-2	3F	NYY-J 5x25	- / 133	NVO	63
		RO-3	3F	NYY-J 5x50	- / 188	NVO	80
		RO-4	3F	NYY-J 5x70	- / 232	NVO	80
		RO-5	3F	NYY-J 5x95	- / 280	NVO	100
	RO_FNE_CO	3F	NYY-J 5x10	39,9 / 59	MCB	50	

+RO-2	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x25	- / 133	NVO	63
	Odlaz	PO_01	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		FNE	3F	NYY-J 5x2,5	17,3 / 25	MCB	25
		PO_02	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		FNE	3F	NYY-J 5x2,5	17,3 / 25	MCB	25
		PO_03	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		FNE	3F	NYY-J 5x2,5	17,3 / 25	MCB	25
		PO_04	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		FNE	3F	NYY-J 5x2,5	17,3 / 25	MCB	25
ILI							
	RO_FNE_P	3F	NYY-J 5x25	97,1 / 133	prekidač	100	
+RO-3	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x50	- / 188	NVO	80
	Odlaz	MH_01	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_02	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_03	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_04	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_05	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_06	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_07	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_08	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_09	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		PO_14	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
PO_15	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32		
+RO-4	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x70	- / 232	NVO	80
	Odlaz	PO_05	3F	NYY-J 5x4	- / 47	MCB	32
		PO_06	3F	NYY-J 5x4	- / 47	MCB	32
		PO_07	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		PO_08	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		PO_09	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		PO_10	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
		PO_11	3F	NYY-J 5x6	- / 59	MCB	32
+RO-5	Dolaz	GRO	3F	NYY-J 5x95	- / 280	NVO	100
	Odlaz	MH_10	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_11	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_12	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_13	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_14	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_15	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
		MH_16	1F	NYY-J 3x10	- / 79	MCB	40
		FNE	1F	NYY-J 3x6	25 / 43	MCB	32
PO_12	3F	NYY-J 5x4	- / 47	MCB	32		
PO_13	3F	NYY-J 5x4	- / 47	MCB	32		

Uz pomoć Tablice 3.27, zaključeno je:

1. Nije moguća instalacija FNE Parkiralište i FNE Kamp 401 – 408 jer se oba spajaju u vanjski samostojeći razvodni ormar RO-2 te zajedno ne zadovoljavaju ograničenje maksimalne dozvoljene struje kabela koji ga povezuje s GRO. Stoga je potrebno odabrati jedno od ova dva rješenja, a kako rješenje FNE Parkiralište zauzima više mjesto u listi prioriternih investicija, isto se odabire kao prikladno.
2. Spomenuti kabel NYY-J 5x25 mm² s maksimalnom dozvoljenom strujom opterećenja od 133A u slučaju polaganja u zemlju [10], štíćen je s obje strane (GRO i RO-2) s NVO nazivne struje 63A. S obzirom da je maksimalna izlazna struja iz RO_FNE_P jednaka 97,1A, potrebno je zamijeniti oba navedena NVO-a s onima nazivne struje od 100A. Zamjena je opravdana jer omogućava normalno funkcioniranje sustava uz jednaku razinu zaštite elektroinstalacija, a cijena zamjene je zanemariva s obzirom na iznos investicije u FNE.
3. Postojeći kabel NYY-J 5x50 mm² s maksimalnom dozvoljenom strujom opterećenja od 188A u slučaju polaganja u zemlju [10], štíćen je s obje strane (GRO i RO-3) s NVO nazivne struje 80A. S obzirom da mobilne kućice imaju jednofazni priključak, a nije poznat raspored priključaka po fazama, preporuča se zamjena oba navedena NVO-a s onima nazivne struje od 100A. Zamjena je opravdana jer omogućava normalno funkcioniranje sustava u slučaju da su maksimalno četiri mobilne kućice priključene na istu fazu uz jednaku razinu zaštite elektroinstalacija, a cijena zamjene je zanemariva s obzirom na iznos investicije u FNE.

4. Pregled predloženih niskougličnih rješenja s elektroenergetskog i ekonomskog aspekta

Nakon eliminacije rješenja koja se nisu pokazala prikladnima, reducirana lista prioriternih investicija prikazana je u Tablici 4.1.

Tablica 4.1 Reducirana lista prioriternih investicija u FNE

Prior.	Naziv	DC snaga [kW]	AC snaga [kW]	Cijena [€]	Relativna cijena [€/kW]	Utjecaj na estetiku prostora
1.	FNE CO	24,51	25	12.309,40	502,22	Minimalan
2.	FNE MH	87,72	85	71.894,70	819,59	Minimalan
3.	FNE Parkiralište	65,36	62	62.050,20	949,36	Značajan

Osnova analize prikladnih rješenja s elektroenergetskog aspekta je usporedba predviđene proizvodnje električne energije s postojećom potrošnjom električne energije u promatranom objektu. U Tablici 4.2 navedeni su podaci o potrošnji električne energije na mjesečnoj razini za period od godine dana u objektu Camping Plitvice, a isti su preuzeti iz zaprimljene energetske kartice.

Tablica 4.2 Pregled podataka o potrošnji EE u objektu Camping Plitvice

Mjesec	Preuzeto VT [kWh]	Preuzeto NT [kWh]	Ukupno preuzeto [kWh]	P _{MAX} VT [kW]	P _{MAX} NT [kW]
1	7.921,10	5.223,88	13.144,98	88,46	68,25
2	6.683,88	4.949,10	11.632,98	54,13	48,93
3	6.890,66	4.592,31	11.482,97	54,13	50,99
4	14.756,54	8.969,53	23.726,07	78,69	78,45
5	17.227,77	9.200,06	26.427,83	74,06	69,02
6	20.483,17	9.672,76	30.155,93	93,38	64,61
7	24.406,22	10.670,24	35.076,46	110,79	76,38
8	25.611,63	11.844,15	37.455,78	113,98	88,31
9	18.107,65	9.015,39	27.123,04	76,49	59,21
10	13.468,71	8.114,11	21.582,82	72,68	61,66
11	8.051,88	5.424,10	13.475,98	56,48	45,17
12	5.749,30	3.899,59	9.648,89	67,53	53,16
Ukupno	169.358,51	91.575,22	260.933,73		
Maksimalno				113,98	88,31

U Tablici 4.3 vidljiv je primjer obračuna navedenih stavki za mjesec siječanj, a isti se koristi kao baza analize isplativosti ulaganja u predložena rješenja FNE.

Tablica 4.3 Primjer obračuna potrošnje električne energije za mjesec siječanj

Obračun za siječanj - Poduzetništvo, kupac				
Obračunska stavka	Količina	Jed. mjere	Cijena	Iznos
Preuzeto VT	7.921,10	kWh	0,20787	1.646,56 €
Preuzeto NT	5.223,88	kWh	0,122278	638,77 €
Naknada za opskrbu	1,00	mjesec	4,645	4,65 €
Naknada za poticanje proizvodnje iz OI	13.144,98	kWh	0,014	184,03 €
Trošarine za poslovnu uporabu EE	13.144,98	kWh	0,0005	6,57 €
Ukupno				2.480,57 €

Ovim obračunom nisu uključeni troškovi korištenja distribucijske i prijenosne mreže, kao ni PDV.

Energetska bilanca objekta s fotonaponskom elektranom pokazuje koliki udio proizvedene električne energije se troši u samom objektu u vremenu u proizvodnje, te koliko je još potrebno preuzeti električne energije iz mreže u trenucima kada je potrošnja veća od proizvodnje, odnosno koliko je električne energije potrebno predati u mrežu u trenucima kada je proizvodnja veća od potrošnje.

Objekti s vlastitom proizvodnjom električne energije imaju mogućnost predaje proizvedenih viškova u mrežu za ugovorenu naknadu. Kao relevantna cijena otkupa za promatrani objekt uzima se cijena definirana od strane HEP Elektre, definirana kao *umnožak iznosa tarifne stavke za radnu energiju po jedinstvenoj dnevnoj tarifi za univerzalnu opskrbu električnom energijom (kućanstvo), tarifni model Plavi i koeficijenta 0,5 zaokruženo na 6 decimalnih mjesta u EUR, prema matematičkim pravilima* [26].

Prema trenutno važećim podacima, tarifna stavka za radnu energiju po jedinstvenoj dnevnoj tarifi (kućanstvo, tarifni model Plavi) iznosi 0,070276 €/kWh [27], što uz zadani koeficijent 0,5 daje cijenu otkupa od **0,035138 €/kWh**.

Energetska bilanca izrađuje se proračunom na satnoj razini za period od godine dana, a ulazni podaci su:

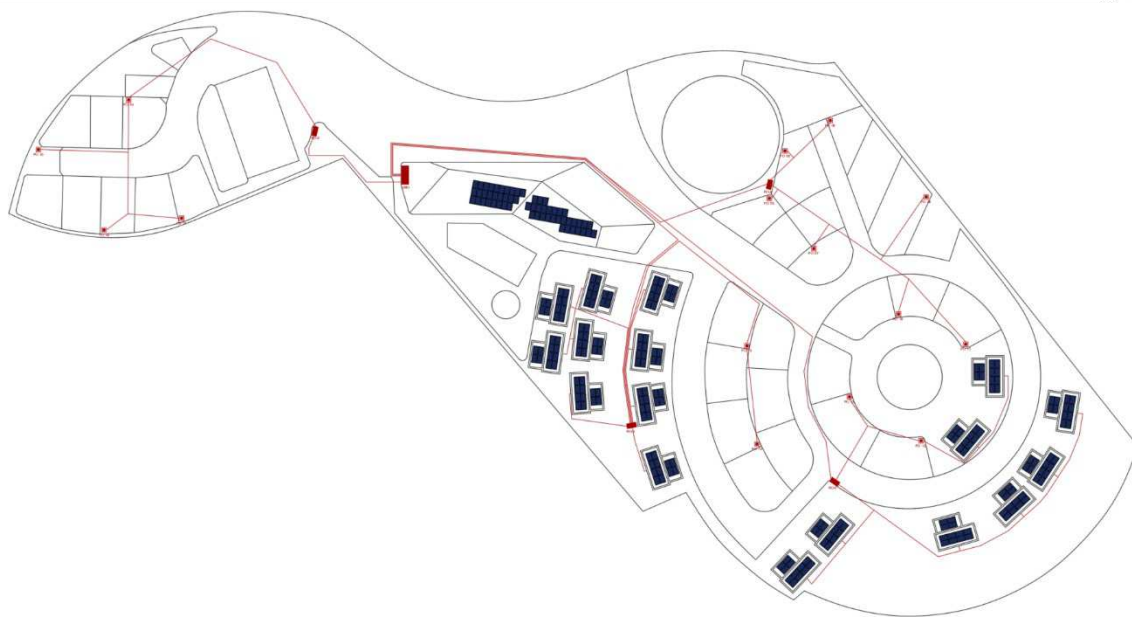
1. Stvarni podaci o snazi u smjeru preuzimanja iz mreže za promatrani objekt, na satnoj razini, dobiveni od strane nadležnog HEP ODS-a.
2. Procijenjeni podaci o snazi proizvodnje električne energije za promatranu FNE na satnoj razini, preuzeti s javno dostupnog alata PVGIS.

PVGIS, *Photovoltaic Geographical Information System*, je besplatan online alat koji pruža informacije o potencijalu solarnog zračenja i proizvodnji električne energije iz fotonaponskih sustava na određenom geografskom području. Koristi se za procjenu očekivane proizvodnje električne energije FN sustava na temelju geografskih karakteristika poput položaja, orijentacije i nagiba panela te lokalnih meteoroloških podataka [25].

Tri preostala rješenja koja su se pokazala prikladnima, analizirana su s elektroenergetskog i ekonomskog aspekta kroz dva različita slučaja. Slučaj A predstavlja instalaciju fotonaponske elektrane na krovovima postojećih objekata – centralnog objekta i mobilnih kućica, a Slučaj B predstavlja instalaciju fotonaponske elektrane na krovovima postojećih objekata te dodatno u obliku solarne nadstrešnice na području parkirališta.

4.1. Slučaj A – FNE na krovovima postojećih objekata

Na Sl. 4.1 je prikazan Slučaj A koji opisuje FN sustav na krovovima postojećih objekata – centralnog objekta i mobilnih kućica, u Tablici 4.4 prikazani su osnovni tehnički podaci promatranog sustava, a u Tablici 4.5 prikazan je detaljniji statistički pregled energetske bilance promatranog slučaja.



Sl. 4.1 Camping Plitvice, tlocrt – Slučaj A

Tablica 4.4 Osnovni tehnički podaci FNE – Slučaj A

Slučaj A	Centralni objekt	Mobilne kućice	Ukupno
Instalirana snaga	24,51 kW _P	17 x 5,16 kW _P	112,23 kW_P
Nazivna snaga izmjenjivača	25 kW	17 x 5 kW	110 kW

Tablica 4.5 Statistički pregled energetske bilance – Slučaj A

Potrošnja EE objekta Camping Plitvice	260.933,74 kWh
Vršna snaga potrošnje	108,49 kW
Proizvodnja FNE – Slučaj A	111.109,19 kWh
Vršna snaga proizvodnje	80,49 kW
EE preuzeta iz mreže	183.750,28 kWh
Vršna snaga u smjeru preuzimanja iz mreže	108,49 kW
EE predana u mrežu	33.925,73 kWh
Vršna snaga u smjeru predaje u mrežu	75,64 kW
Smanjenje EE preuzete iz mreže	29,6 %
Udio proizvedene EE potrošen u objektu	69,5 %
Udio proizvedene EE predane u mrežu	30,5 %

Promatrani sustav je nazivne snage 110 kW, te ga je potrebno ograničiti na snagu od 95 kW koja je definirana u EES-i kao priključna snaga u smjeru predaje u mrežu. Međutim, iako se snaga sustava ograniči, to neće imati nikakav utjecaj na količinu energije predane u mrežu jer je u Tablici 4.5 vidljivo kako je vršna snaga u smjeru predaju u mrežu 75,64 kW. Razlog tomu je dobra usklađenost postojeće potrošnje električne energije u objektu s procjenom proizvodnje električne energije iz promatrane FNE. Sustav se smatra prikladno dizajniranim za postojeću potrošnju i zbog visokog udjela lokalno potrošene energije proizvedene iz promatrane FNE koji iznosi 69,5%. Ukupno preuzeta električna energija iz mreže smanjena je instalacijom FNE za 29,5%.

U Tablici 4.6 vidljivi su kumulativni rezultati energetske bilance na mjesečnoj razini, a u Tablici 4.7 prikazan je primjer obračuna za mjesec siječanj s navedenom stavkom „Predana električna energija“. Pomoću takvih mjesečnih obračuna za cijelu godinu, moguće je predvidjeti mjesečne troškove nakon ugradnje FNE te samim time izračunati potencijalnu uštedu. Na primjeru Slučaja A očekuje se godišnja ušteda od 17.405,64€, odnosno smanjenje godišnjih troškova od 34,64%, što je vidljivo u Tablici 4.8.

Tablica 4.6 Energetska bilanca na mjesečnoj razini - Slučaj A

Mj.	Preuzeto VT [kWh]	Preuzeto NT [kWh]	Ukupno preuzeto [kWh]	P_{MAX} VT [kW]	P_{MAX} NT [kW]	Predano VT [kWh]	Predano NT [kWh]	Ukupno predano [kWh]
1	5905,56	5223,88	11129,44	82,84	63,52	1519,69	0,00	1519,69
2	3700,34	4944,76	8645,10	43,86	47,53	4003,22	0,75	4003,97
3	2835,82	4256,15	7091,97	39,22	44,20	6423,32	128,23	6551,55
4	9282,33	7858,76	17141,09	75,12	60,43	3460,00	127,05	3587,05
5	11561,94	7833,59	19395,53	64,47	48,92	2389,94	124,29	2514,23
6	10251,20	7227,81	17479,01	78,50	57,28	3468,19	173,43	3641,62
7	13871,31	8257,43	22128,74	93,84	62,47	2428,19	61,18	2489,37
8	16329,47	9963,19	26292,66	108,49	71,15	1735,99	1,79	1737,78
9	11351,94	8002,31	19354,25	68,51	41,72	2082,52	10,45	2092,97
10	8586,24	7594,16	16180,40	67,15	51,19	3076,18	0,66	3076,84
11	5845,11	5417,64	11262,75	42,82	42,89	946,55	0,00	946,55
12	3749,79	3899,57	7649,36	54,02	50,60	1764,12	0,00	1764,12
Uk.	103271,05	80479,25	183750,30			33297,91	627,83	33925,74
Max.				108,49	71,15			

Tablica 4.7 Primjer obračuna potrošnje EE sa stavkom predane električne energije –
Slučaj A

Obračun za siječanj - Poduzetništvo, kupac s vlastitom proizvodnjom				
Obračunska stavka	Količina	Jed. mjere	Cijena	Iznos
Preuzeto VT	5.905,56	kWh	0,20787	1.227,59 €
Preuzeto NT	5.223,88	kWh	0,122278	638,77 €
Naknada za opskrbu	1,00	mjesec	4,645	4,65 €
Naknada za poticanje proizvodnje iz OI	11.129,44	kWh	0,014	155,81 €
Trošarine za poslovnu uporabu EE	11.129,44	kWh	0,0005	5,56 €
Ukupno				2.032,38 €
Predana električna energija	1.519,69	kWh	0,035138	53,40 €
Ukupni mjesečni trošak na opskrbu EE				1.978,98 €

Ovim obračunom također nisu uključeni troškovi korištenja distribucijske i prijenosne mreže, kao ni PDV.

Tablica 4.8 Usporedba troškova na mjesečnoj razini prije i poslije instalacije FNE –
Slučaj A

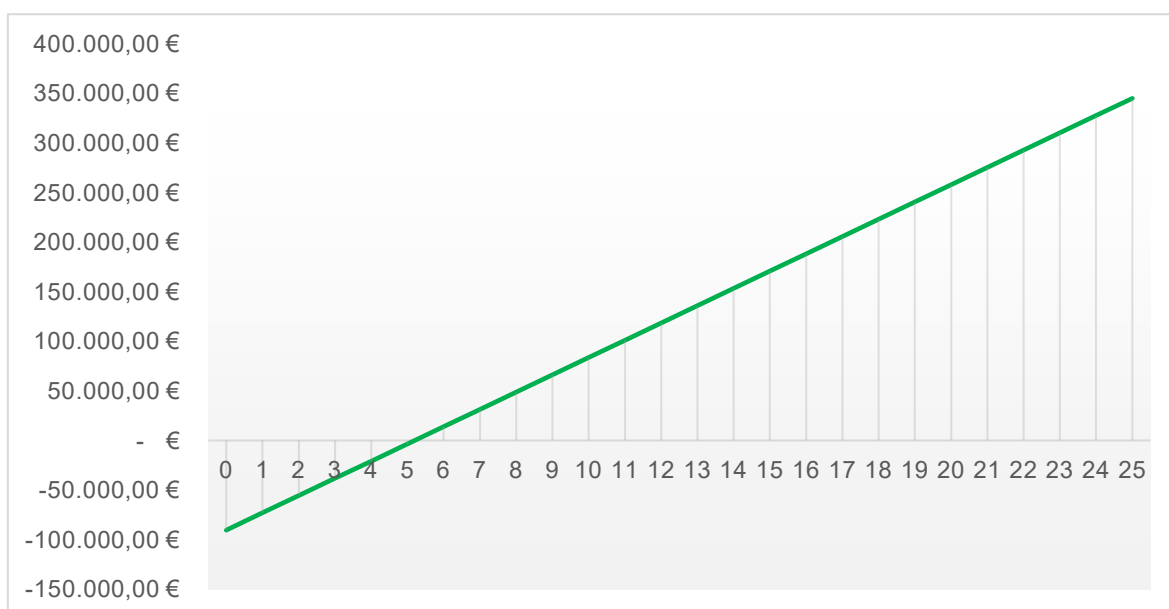
Mjesec	Mjesečni trošak na opskrbu EE prije instalacije FNE	Mjesečni trošak na opskrbu nakon instalacije FNE	Mjesečna ušteda
1	2.480,57 €	1.978,98 €	501,59 €
2	2.167,87 €	1.363,13 €	804,73 €
3	2.165,05 €	987,19 €	1.177,86 €
4	4.512,89 €	3.017,62 €	1.495,27 €
5	5.093,95 €	3.558,79 €	1.535,16 €
6	5.882,51 €	3.144,85 €	2.737,66 €
7	6.891,31 €	4.131,17 €	2.760,14 €
8	7.319,92 €	4.937,51 €	2.382,41 €
9	5.264,35 €	3.549,97 €	1.714,38 €
10	4.109,51 €	2.844,57 €	1.264,95 €
11	2.537,04 €	2.012,18 €	524,86 €
12	1.816,49 €	1.309,87 €	506,62 €
Ukupno	50.241,47 €	32.835,83 €	17.405,64 €

Pomoću prethodno definiranih procjena troškova za pojedina rješenja, definirana je konačna procjena troškova za Slučaj A, prikazana u Tablici 4.9, kojoj je pridodan iznos za izradu tehničke i projektne dokumentacije u iznosu od 6.200,00€ što iznosi 6,86% ukupne investicije. Ukupna investicija iznosi 90.404,10€ te tako relativna cijena investicije iznosi 805,53 €/kW. U troškovniku nije u obzir uzet PDV.

Tablica 4.9 Konačna procjena troškova - Slučaj A

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
Instalacija FNE CO	komad	1	12.309,40 €	12.309,40 €
Instalacija FNE MH	komad	17	4.229,10 €	71.894,70 €
Izrada tehničke i projektne dokumentacije	komplet	1	6.200,00 €	6.200,00 €
			Ukupno:	90.404,10 €

Pomoću ukupnog iznosa investicije te procijenjene godišnje uštede moguće je odrediti period povrata investicije te ukupnu uštedu koju donosi investicija u svom životnom vijeku. Životni vijek promatrane FNE se smatra 25 godina jer je to vremenski period unutar kojeg postoji jamstvo da će instalirana snaga biti na najmanje 84,8% početne snage, ali ista se može nastaviti koristiti i nakon navedenog perioda, ali uz nešto manju instaliranu snagu. Za promatrani Slučaj A točka povrata investicije predviđena je u šestoj godini rada FNE, a predviđeno je da će kroz svoj životni vijek donijeti ukupnu uštedu od 344.736,79 €. Opisano je grafički prikazano na Sl. 4.2.



Sl. 4.2 Period povrata investicije - Slučaj A

4.2. Slučaj B – FNE na krovovima postojećih objekata te u obliku solarne nadstrešnice na području parkirališta

Na Sl. 4.3 prikazan je Slučaj B koji opisuje FN sustav na krovovima postojećih objekata – centralnog objekta i mobilnih kućica, te solarnu nadstrešnicu iznad parkirališta. U Tablici 4.10 prikazani su osnovni tehnički podaci promatranog sustava, a u Tablici 4.11 prikazan je detaljniji statistički pregled energetske bilance promatranog slučaja.



Sl. 4.3 Camping Plitvice, tlocrt – Slučaj B

Tablica 4.10 Osnovni tehnički podaci FNE – Slučaj B

Slučaj A	Centralni objekt	Mobilne kućice	Parkiralište	Ukupno
Instalirana snaga	24,51 kW _P	17 x 5,16 kW _P	65,36 kW _P	177,59 kW_P
Nazivna snaga izmjenjivača	25 kW	17 x 5 kW	62 kW	172 kW

Tablica 4.11 Statistički pregled energetske bilance – Slučaj B

Potrošnja EE objekta Camping Plitvice	260.933,74 kWh
Vršna snaga potrošnje	108,49 kW
Proizvodnja FNE – Slučaj B	179.173,09 kWh
Vršna snaga proizvodnje	129,41 kW
EE preuzeta iz mreže	169.479,38 kWh
Vršna snaga u smjeru preuzimanja iz mreže	108,49 kW
EE predana u mrežu – bez ograničenja	87.718,73 kWh
Vršna snaga u smjeru predaje u mrežu – bez ograničenja	121,55 kW
Udio proizvedene EE potrošen u objektu – bez ograničenja	51,0 %
Udio proizvedene EE predane u mrežu – bez ograničenja	49,0 %
Smanjenje EE preuzete iz mreže	35,0 %
EE predana u mrežu – s ograničenjem od 95 kW	87.423,25 kWh
Vršna snaga u smjeru predaje u mrežu – s ograničenjem od 95 kW	95,00 kW
Udio proizvedene EE potrošen u objektu – s ograničenjem od 95 kW	51,2 %
Udio proizvedene EE predane u mrežu – s ograničenjem od 95 kW	48,8 %

Promatrani sustav je nazivne snage 172 kW, te ga je potrebno ograničiti na snagu od 95 kW koja je definirana u EES-i kao priključna snaga u smjeru predaje u mrežu ili je potrebno tražiti povećanje priključne snage u smjeru predaje u mrežu na 172 kW. Ako se snaga sustava ograniči, to će imati utjecaj na količinu energije predane u mrežu. Međutim, podaci navedeni u Tablici 4.11 dokazuju kako je razlika u količini električne energije koja je predana u mrežu zanemariva, stoga je ostatak proračuna proveden s pretpostavkom ograničenja snage u smjeru predaje u mrežu na 95 kW. Procjena proizvodnje iz promatranog sustava je također dobro usklađena s postojećom potrošnjom električne energije u objektu. Sustav se smatra prikladno dizajniranim za postojeću potrošnju i zbog visokog udjela lokalno potrošene energije proizvedene iz promatrane FNE koji iznosi 51,2%. Ukupno preuzeta električna energija iz mreže smanjena je instalacijom FNE za 35,0%.

U Tablici 4.12 vidljivi su kumulativni rezultati energetske bilance na mjesečnoj razini, a u Tablici 4.13 prikazan je primjer obračuna za mjesec siječanj s navedenom stavkom „Predana električna energija“. Pomoću takvih mjesečnih obračuna za cijelu godinu, moguće je predvidjeti mjesečne troškove nakon ugradnje FNE te samim time izračunati potencijalnu uštedu. Na primjeru Slučaja B očekuje se godišnja ušteda od 22.174,53€, odnosno smanjenje godišnjih troškova od 44,13%, što je vidljivo u Tablici 4.14.

Tablica 4.12 Energetska bilanca na mjesečnoj razini - Slučaj B

Mj.	Preuzeto VT [kWh]	Preuzeto NT [kWh]	Ukupno preuzeto [kWh]	P _{MAX} VT [kW]	P _{MAX} NT [kW]	Predano VT [kWh]	Predano NT [kWh]	Ukupno predano [kWh]
1	5344,78	5223,88	10568,66	82,84	63,52	3276,37	0,00	3276,37
2	3367,33	4942,53	8309,86	43,86	47,53	8150,62	1,19	8151,81
3	2607,24	4203,21	6810,45	39,22	44,20	12652,29	292,04	12944,33
4	8383,80	7550,83	15934,63	75,12	60,43	7833,04	534,59	8367,63
5	10276,14	7451,82	17727,96	64,47	44,11	5878,50	604,76	6483,26
6	8849,87	6635,34	15485,21	76,19	57,28	10430,87	944,75	11375,62
7	12070,79	7679,22	19750,01	93,41	61,48	8657,27	667,44	9324,71
8	14455,55	9307,94	23763,49	108,49	71,15	6780,83	217,81	6998,64
9	10211,13	7583,69	17794,82	68,51	41,72	6396,10	190,43	6586,53
10	8114,94	7265,59	15380,53	67,15	51,19	7565,29	101,81	7667,10
11	5307,37	5413,82	10721,19	42,82	42,89	2403,66	0,00	2403,66
12	3333,03	3899,57	7232,60	54,02	50,60	3843,62	0,00	3843,62
Uk.	92321,97	77157,44	169479,41			83868,46	3554,82	87423,28
Max.				108,49	71,15			

Tablica 4.13 Primjer obračuna potrošnje EE sa stavkom predane električne energije – Slučaj B

Obračun za siječanj - Poduzetništvo, kupac s vlastitom proizvodnjom				
Obračunska stavka	Količina	Jed. mjere	Cijena	Iznos
Preuzeto VT	5344,78	kWh	0,20787	1.111,02 €
Preuzeto NT	5223,88	kWh	0,122278	638,77 €
Naknada za opskrbu	1	mjesec	4,645	4,65 €
Naknada za poticanje proizvodnje iz OI	10568,66	kWh	0,014	147,96 €
Trošarine za poslovnu uporabu EE	10568,66	kWh	0,0005	5,28 €
Ukupno				1.907,68 €
Predana električna energija	3276,37	kWh	0,035138	115,13 €
Ukupni mjesečni trošak na opskrbu EE				1.792,55 €

Ovim obračunom također nisu uključeni troškovi korištenja distribucijske i prijenosne mreže, kao ni PDV.

Tablica 4.14 Usporedba troškova na mjesečnoj razini prije i poslije instalacije FNE –
Slučaj B

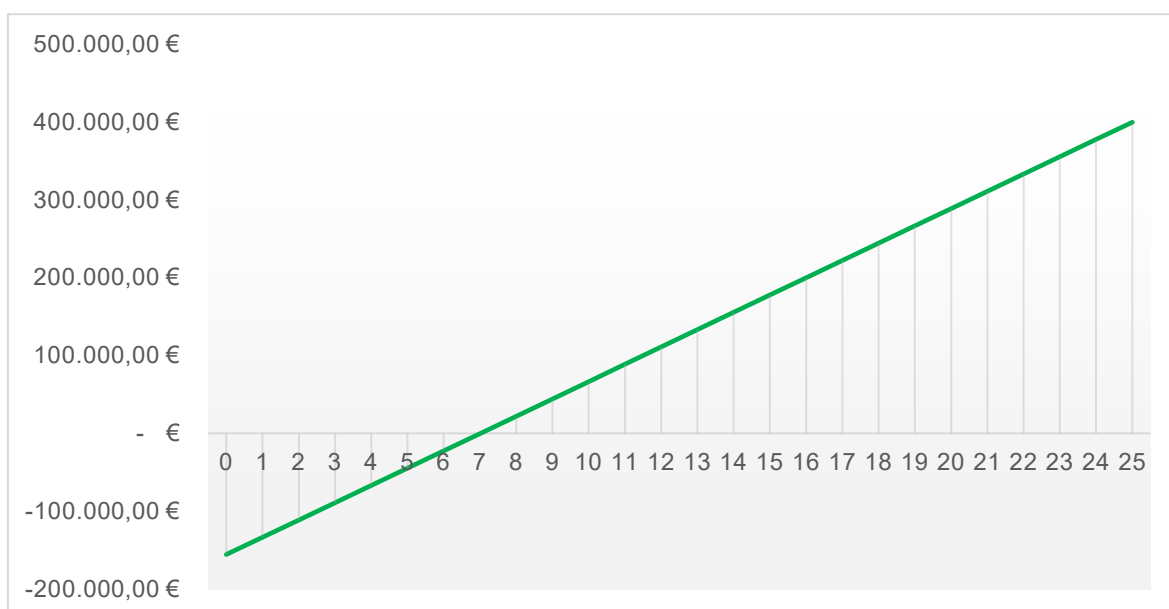
Mjesec	Mjesečni trošak na opskrbu EE prije instalacije FNE	Mjesečni trošak na opskrbu nakon instalacije FNE	Mjesečna ušteda
1	2.480,57 €	1.792,55 €	688,02 €
2	2.167,87 €	1.143,03 €	1.024,84 €
3	2.165,05 €	704,49 €	1.460,56 €
4	4.512,89 €	2.607,72 €	1.905,17 €
5	5.093,95 €	3.081,19 €	2.012,76 €
6	5.882,51 €	2.480,44 €	3.402,07 €
7	6.891,31 €	3.411,52 €	3.479,79 €
8	7.319,92 €	4.246,33 €	3.073,59 €
9	5.264,35 €	3.081,14 €	2.183,21 €
10	4.109,51 €	2.533,53 €	1.575,98 €
11	2.537,04 €	1.840,88 €	696,16 €
12	1.816,49 €	1.144,13 €	672,37 €
Ukupno	50.241,47 €	28.066,94 €	22.174,53 €

Pomoću prethodno definiranih procjena troškova za pojedina rješenja, definirana je konačna procjena troškova za Slučaj B, prikazana u Tablici 4.15, kojoj je pridodan iznos za izradu tehničke i projektne dokumentacije u iznosu od 9.100,00€ što iznosi 5,86% ukupne investicije. Ukupna investicija iznosi 155.354,30€ te tako relativna cijena investicije iznosi 874,79 €/kW. U troškovniku nije u obzir uzet PDV.

Tablica 4.15 Konačna procjena troškova - Slučaj B

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
Instalacija FNE CO	komad	1	12.309,40 €	12.309,40 €
Instalacija FNE MH	komad	17	4.229,10 €	71.894,70 €
Instalacija FNE Parkiralište	komad	1	62.050,20 €	62.050,20 €
Izrada tehničke i projektne dokumentacije	komplet	1	9.100,00 €	9.100,00 €
			Ukupno:	155.354,30 €

Pomoću ukupnog iznosa investicije te procijenjene godišnje uštede moguće je odrediti period povrata investicije te ukupnu uštedu koju donosi investicija u svom životnom vijeku. Životni vijek promatrane FNE se smatra 25 godina jer je to vremenski period unutar kojeg postoji jamstvo da će instalirana snaga biti na najmanje 84,8% početne snage, ali ista se može nastaviti koristiti i nakon navedenog perioda, ali uz nešto manju instaliranu snagu. Za promatrani Slučaj B točka povrata investicije predviđena je u osmoj godini rada FNE, a predviđeno je da će kroz svoj životni vijek donijeti ukupnu uštedu od 399.008,94 €. Opisano je grafički prikazano na Sl. 4.4.



Sl. 4.4 Period povrata investicije – Slučaj B

5. Zaključak

Ulaganje u niskouglične tehnologije zanimljivo je čitavom nizu korisnika, od fizičkih osoba i manjih poduzeća do velikih tvrtki, a najčešća su ulaganja u fotonaponske elektrane i punionice za električna vozila. Razlog sve češćim ulaganjima u fotonaponske elektrane je značajan pad cijene ključne opreme, što se u prvom redu odnosi na pad cijene fotonaponskih modula, ali i konstantno povećanje potrošnje električne energije zbog elektrifikacije i povećanja razine komfora, što investicije u fotonaponske sustave čini sve isplativijim. Također, jedan od razloga rasta potrošnje električne energije je i elektrifikacija prometa, u prvom redu osobnih vozila za korištenje fizičkih i pravnih osoba, ali i manjih teretnih vozila za korištenje u tvrtkama. Zbog elektrifikacije prometa javlja se potreba za ulaganjem u infrastrukturu za punjenje električnih vozila, a one mogu biti namijenjene za privatnu ili javnu upotrebu.

Turistički objekti, kao dio jednog od najvažnijih gospodarskih sektora u RH, su prikladni za ulaganje u navedene niskouglične tehnologije zbog uglavnom visoke razine energetske učinkovitosti i elektrificiranosti svojih objekata. Turističkim objektima je važno i ulaganje u infrastrukturu za punjenje električnih vozila jer isto predstavlja dodatan sadržaj dostupan njihovim korisnicima koji ponekad može biti presudan pri odabiru destinacije.

Na konkretnom primjeru turističkog objekta Camping Plitvice detaljno je analizirano postojeće stanje objekta s elektroenergetskog aspekta, razmotrene su mogućnosti ulaganja u navedene niskouglične tehnologije te su predstavljena konkretna rješenja za ulaganje u iste. Promatrani objekt ima postojeću punionicu za električna vozila koja se sastoji od dva AC punjača snage 22 kW. Detaljnom analizom podataka o korištenju punionice zaključeno je kako je ista ispravno dimenzionirana za potrebe njenih korisnika te da ulaganje u njeno proširenje ili povećanje snage u ovom trenutku nije oportuno.

Što se tiče ulaganja u fotonaponske sustave, detaljno je analizirano više različitih mogućnosti koje su prikladne promatranom objektu te su predložena konkretna rješenja, a svako je trebalo zadovoljiti osnovni tehnički proračun te uvjet o minimalnom utjecaju na estetiku prostora s obzirom da se radi o turističkom objektu. Predložena rješenja mogu se inicijalno podijeliti na dvije skupine – fotonaponske elektrane čija je instalacija predviđena na krovovima postojećih objekata te fotonaponske elektrane u obliku solarnih nadstrešnica koje se mogu postaviti na za to adekvatna područja. Pokazalo se da su fotonaponske elektrane čija je instalacija predviđena na krovovima postojećih objekata optimalan odabir za navedenu lokaciju jer iste omogućavaju instalaciju potrebnog kapaciteta, a u usporedbi s navedenim solarnim nadstrešnicama predstavljaju jeftinije i jednostavnije rješenje, a uz to imaju i manji utjecaj na estetiku prostora. Tako su detaljno predstavljena dva slučaja, jedan manjeg instaliranog kapaciteta koji predstavlja instalaciju FNE samo na krovovima postojećih objekata te drugi većeg kapaciteta koji predstavlja kombinaciju integriranih FNE i solarnih nadstrešnica.

Zaključeno je kako oba slučaja predstavljaju ispravan odabir investicije, a kao posljedicu donose smanjenje godišnjih troškova na električnu energiju od 34,64% do 44,13% što donosi povrat investicije u šestoj, odnosno osmoj godini korištenja instaliranog sustava.

Literatura

- [1] Ministarstvo turizma i sporta RH, *Turizam u brojkama 2022.*, (2023)
- [2] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja RH, *Strategija niskougliječnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu*, (lipanj 2021)
- [3] IRENA, *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series - Volume 1: Power Sector* (2012)
- [4] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja RH, Europska komisija, *Europski zeleni plan*, (2019)
- [5] Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja RH, Europski parlament, *Direktiva o energetskej učinkovitosti*, (izmjena 2023)
- [6] Camping Plitvice, *O Kampu Plitvice*, Poveznica: <https://campingplitvice.hr/kamp/>; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [7] Google Earth, Poveznica: <https://earth.google.com/web/>; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [8] Camping Plitvice, *Galerija*, Poveznica: <https://campingplitvice.hr/galerija/>; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [9] Elka, *N2XY, NA2XY*, Poveznica: <https://elka.hr/n2xy-na2xy/>; pristupljeno 11. siječnja 2024.
- [10] Tim Kabel, *NYX*, Poveznica: https://www.tim-kabel.hr/images/stories/katalog/datasheetHRV/0501_NYY.pdf; pristupljeno 11. siječnja 2024.
- [11] Schrack Technik, *Kompaktni prekidač snage tip A, 3P, 50kA, 400A*, Poveznica: https://image.schrackcdn.com/340x380/f_mc340431--.jpg; pristupljeno 11. siječnja 2024.
- [12] ETI, *Rastalni uložak NH000 gG 100A/500V*, Poveznica: https://www.etigroup.eu/images/product_db/idents/en-GB/004181214_photo.jpg; pristupljeno 11. siječnja 2024.
- [13] Schrack Technik, *Zaštitni prekidač, B karakteristika, 32A, 3P, 10kA*, Poveznica: https://image.schrackcdn.com/340x380/f_bm018332--.jpg; pristupljeno 11. siječnja 2024.
- [14] Abstracto studio d.o.o., *Glavni arhitektonski projekt Camping Plitvice, Centralni objekt – tlocrt*, (2017)
- [15] Camping Plitvice, *Mobilne kućice*, Poveznica: <https://campingplitvice.hr/kamp/mobilne-kucice-2/>; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [16] Camping Plitvice, *Panorama 360°*, Poveznica: <https://campingplitvice.hr/panorama-360/>; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [17] Camping Plitvice, *Parcele i kamp mjesta*, Poveznica: <https://campingplitvice.hr/kamp/parcele-i-kamp-mjesta/>; pristupljeno 15. studenog 2023.

- [18] ZES, AC 22kW,
Poveznica: <https://zes.net/en/products/ac-fast-charging-stations-evc04>;
pristupljeno 12. siječnja 2024.
- [19] HEP ODS Elektrolika Gospić, *Elektroenergetska suglasnost (EES) broj 4019-70144323-100001255* (1.12.2022.)
- [20] HEP Elektra, *Poduzetništvo - Tarifne stavke (cijene)*,
Poveznica: <https://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifne-stavke-cijene-1578/1578>; pristupljeno 12. siječnja 2024.
- [21] Trina Solar, *Vertex S, TSM-DE09R.08*,
Poveznica: <https://static.trinasolar.com/eu-en/product/VERTEX-S-DE09R08>;
pristupljeno 15. studenog 2023.
- [22] Huawei, *Smart Energy Controller SUN2000-5KTL-L1*,
Poveznica: <https://solar.huawei.com/en-GB/download?p=-/media/Solar/attachment/pdf/apac/datasheet/SUN2000-2-5KTL-L1.pdf>;
pristupljeno 15. studenog 2023.
- [23] Huawei, *Smart Energy Controller SUN2000-5KTL-M1*,
Poveznica: <https://solar.huawei.com/en-GB/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Feu%2Fdatasheet%2FSUN2000-3-10KTL-M1.pdf>;
pristupljeno 15. studenog 2023.
- [24] Huawei, *Smart Energy Controller SUN2000-12/25KTL-M5*,
Poveznica: https://solar.huawei.com/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fdatasheet%2FSUN2000-12_15_17_20_25KTL-M5.pdf; pristupljeno 15. studenog 2023.
- [25] PVGIS, *Interactive Tools*,
Poveznica: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/;
pristupljeno 20. siječnja 2024.
- [26] HEP Elektra, *Poduzetništvo – Zajamčeni otkup električne energije*,
Poveznica: <https://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/zajamceni-otkup-elektricne-energije-kategorija-poduzetnistvo/1647>;
pristupljeno 12. siječnja 2024.
- [27] HEP Elektra, *Kućanstvo – Tarifne stavke (cijene)*,
Poveznica: <https://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547>;
pristupljeno 12. siječnja 2024.

Sažetak

Cilj ovog rada je na primjeru stvarnog turističkog objekta u Republici Hrvatskoj, i stvarnih podataka koji su ustupljeni, detaljno analizirati mogućnosti ulaganja u niskouglijčne tehnologije, predložiti konkretna niskouglijčna rješenja koja su prikladna za primjenu u promatranom turističkom objektu te procijeniti njihove posljedice u vidu energetske i ekonomske uštede te period povrata investicije za predloženo niskouglijčno rješenje.

Kao primjer turističkog objekta u Republici Hrvatskoj uzet je objekt Camping Plitvice. Korišteni ulazni podaci su postojeće stanje elektroinstalacija u promatranom objektu, podaci o potrošnji električne energije te podaci o postojećoj punionici električnih vozila. Na temelju navedenih ulaznih podataka analizirane su potrebe i mogućnosti za proširenje postojeće punionice za električna vozila te za instalaciju fotonaponske elektrane u sklopu promatranog objekta. Predložena su konkretna tehnička rješenja, a svako od njih je popraćeno analizom isplativosti s elektroenergetskog i ekonomskog aspekta.

Ključne riječi: niskouglijčne tehnologije, niskouglijčna rješenja, turističke lokacije, turistički objekt, obnovljivi izvori energije, fotonaponska elektrana, punionica za električna vozila, elektroenergetska analiza, elektroenergetska bilanca, ekonomska analiza, period povrata investicije

Summary

The aim of this paper is to analyze, based on real data provided, the investment opportunities in low-carbon technologies using a real tourist facility in Croatia as a case study. It proposes specific low-carbon solutions suitable for implementation in the observed tourist facility and evaluates their implications in terms of energy and cost savings, as well as the payback period for the proposed low-carbon solution.

As an example of a tourist facility in Croatia, Camping Plitvice was selected. The input data used includes the existing condition of the electrical installations in the observed facility, electricity consumption data, and data on the existing electric vehicle charging station. Based on these input data, the paper analyzes the needs and possibilities for expanding the existing electric vehicle charging station and installing a photovoltaic power plant within the observed facility. Specific technical solutions are proposed, each accompanied by an analysis of cost-effectiveness from both a power and economic perspective.

Keywords: low-carbon technologies, low-carbon solutions, tourist locations, tourist facility, renewable energy sources, photovoltaic power plant, electric vehicle charging station, power analysis, power balance, economic analysis, payback period for investment