

**Razvoj i implementacija aplikacije
za analizu solarnih potencijala
opštine Mali Zvornik u
okviru projekta PRO-EFFICIENT
Izveštaj**



Zagreb, novembar 2025.



EKONERG – institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o.
Zagreb, Koranska 5, OIB 71690188016

Naručitelj: **Opština Mali Zvornik**
Kralja Petra I 38, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija

Izvršitelj: **EKONERG** - institut za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o., Koranska 5, Zagreb

Naručiteljev broj ugovora: -

Izvršiteljev broj ugovora: I-07-0799/25

Naslov:

Razvoj i implementacija aplikacije za analizu solarnih potencijala opštine Mali Zvornik u okviru projekta PRO-EFFICIENT

Izveštaj

Izradili:

Jelena Brlić, mag. ing. mech.
Željko Kedmenec, mag. ing. mech.
dr. sc. Tihomir Tomić, mag. ing. mech.
Berislav Marković, mag. ing. prosp. arch.
Arben Abrashi, dipl. ing. stroj.
Darko Hecer, dipl. ing. stroj., MBA
Goran Vuleta, mag. ing. mech.
Ana Mužek, dipl. oec.
Dean Vidak, dipl. ing. stroj.
Ksenija Polančec, mag. ing. mech.
dr. sc. Vedrana Markučić, mag. ing. mech.

Direktor: Elvis Cukon, dipl. ing. stroj., MBA

U Zagrebu, novembar 2025.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	11
2. ZAKONODAVNI OKVIR.....	13
2.1. Zakon o energetici	13
2.2. Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije	13
2.3. Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača	14
3. ANALIZA REFERENTNIH OBJEKATA	15
3.1. Metodologija analize.....	15
3.1.1. Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine	16
3.1.2. Scenario B – Ograničenje priključne snage	17
3.1.3. Scenario C – Optimalna veličina elektrane	17
3.1.4. Finansijska analiza	17
3.2. Zgrada opštinske uprave Opštine Mali Zvornik	18
3.2.1. Scenario A – Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik.....	20
3.3. Javno komunalno poduzeće „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	24
3.3.1. Scenario A – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	26
3.3.2. Scenario B – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	28
3.3.3. Scenario C – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	30
3.4. Javno komunalno poduzeće "Drina" – Toplana	31
3.5. Javno komunalno poduzeće „Drina“ - Crpilište vode „Šipad“	36
3.6. Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Mali Zvornik	42
3.6.1. Scenario A - Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik	45
3.6.2. Scenario B – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik	47
3.7. Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Donje Naselje	50
3.7.1. Scenario A – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	53
3.7.2. Scenario C – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	55
3.8. Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik	58
3.8.1. Scenario A – Biblioteka „17. Septembar“	61
3.8.2. Scenario C – Biblioteka „17. Septembar“	63
3.9. Osnovna škola Branko Radičević.....	66
3.9.1. Scenario A – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik	69
3.9.2. Scenario B – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik	71
3.10. Srednja škola Mali Zvornik	74
3.10.1. Scenario A – Srednja škola Mali Zvornik.....	76
3.10.2. Scenario B – Srednja škola Mali Zvornik.....	78
3.11. Osnovna škola "Stevan Filipović" Radalj	81
3.11.1. Scenario A – Osnovna škola „Stevan Filipović, Radalj	84
3.11.2. Scenario B – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj	86
3.11.3. Scenario C – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj.....	88
3.12. Osnovna škola „Nikola Tesla“	91
3.12.1. Scenario A – Osnovna škola „Nikola Tesla“	94
3.12.2. Scenario B – Osnovna škola „Nikola Tesla“	96
3.12.3. Scenario C – Osnovna škola „Nikola Tesla“	99
3.13. Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	102
3.13.1. Scenario A – OŠ „Braća Ribar“	105
3.13.2. Scenario B – OŠ „Braća Ribar“	107
3.13.3. Scenario C – OŠ „Braća Ribar“	110
3.14. Sumarni osvrt na rezultate analize referentnih objekata.....	113

4. IZRADA SOLARNOG ATLASA	115
4.1. Metodologija izrade Solarnog atlasa	116
4.1.1. Priprema i standardizacija prostornih podataka	116
4.1.2. Analiza nagiba i orijentacije krovnih površina.....	118
4.1.3. Procena solarnog potencijala	119
4.1.4. Kartografska obrada i priprema podataka za veb aplikaciju	120
4.1.5. Ograničenja rezolucije ulaznih podataka i razvoj algoritamskog kalkulatora	120
5. ZAKLJUČAK	122

POPIS SLIKA

Sl. 3-1: Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik (1)	19
Sl. 3-2: Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik (2)	19
Sl. 3-3 Potrošnja električne energije, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik	20
Sl. 3-4 Raspored fotonaponskih panela, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik, (Izvor: Base K2) ..	21
Sl. 3-5 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik	22
Sl. 3-6 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik.....	22
Sl. 3-7 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik.....	23
Sl. 3-8 Scenario A – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik	23
Sl. 3-9 Javno komunalno poduzeće „Drina“, Upravna zgrada	25
Sl. 3-10 Potrošnja električne energije Javno komunalno poduzeće „Drina“	25
Sl. 3-11 Raspored fotonaponskih panela, Upravna zgrada - Javno komunalno poduzeće „Drina“ (Izvor: Base K2)	26
Sl. 3-12 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	27
Sl. 3-13 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik.....	27
Sl. 3-14 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	28
Sl. 3-15 Scenario B – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik.....	29
Sl. 3-16 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik.....	30
Sl. 3-17 Scenario B – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	30
Sl. 3-18 Toplana na biomasu, Mali Zvornik	32
Sl. 3-19 Potrošnja električne energije, Toplana na biomasu, Mali Zvornik	33
Sl. 3-20 Raspored fotonaponskih panela, Toplana na biomasu, Mali Zvornik (Izvor: Base K2)	33
Sl. 3-21 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik ..	34
Sl. 3-22 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik.....	35
Sl. 3-23 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik.....	36
Sl. 3-24 Scenario A – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik	36
Sl. 3-25 Crpilište vode „Šipad“ (1)	37
Sl. 3-26 Crpilište vode „Šipad“ (2)	38
Sl. 3-27 Potrošnja električne energije, Crpilište vode Šipad, Donje Naselje	38
Sl. 3-28 Raspored fotonaponskih panela, Crpilište vode Šipad, Donje Naselje (Izvor: Base K2) ...	39
Sl. 3-29 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje	40
Sl. 3-30 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje	40
Sl. 3-31 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“ ..	41
Sl. 3-32 Scenario A - Godišnji tokovi od elektrane, Crpilište vode „Šipad“	41
Sl. 3-33 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik (1)	43
Sl. 3-34 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik (2)	44
Sl. 3-35 Potrošnja električne energije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	45
Sl. 3-36 Raspored fotonaponskih panela, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik (Izvor: Base K2)	45

Sl. 3-37 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	46
Sl. 3-38 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	47
Sl. 3-39: Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	48
Sl. 3-40 Scenario B – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	49
Sl. 3-41 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik.....	50
Sl. 3-42 Scenario B - Godišnji tokovi od elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik	50
Sl. 3-43 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje (2)	51
Sl. 3-44 Potrošnja električne energije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	52
Sl. 3-45 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje (1)	52
Sl. 3-46 Raspored fotonaponskih panela, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje (Izvor: Base K2)	53
Sl. 3-47 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	54
Sl. 3-48 Scenario A - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	54
Sl. 3-49 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	55
Sl. 3-50 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	56
Sl. 3-51 Scenario C - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	57
Sl. 3-52 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	58
Sl. 3-53 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, Predškolska ustanova "Crvenkapa", Donje Naselje	58
Sl. 3-54 Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik (1)	59
Sl. 3-55 Potrošnja električne energije, Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik	60
Sl. 3-56 Raspored fotonaponskih panela, Biblioteka „17. Septembar“ (Izvor: Base K2)	61
Sl. 3-57 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Biblioteka "17. Septembar"	62
Sl. 3-58 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“	62
Sl. 3-59 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“	63
Sl. 3-60 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane Biblioteka „17. Septembar“	64
Sl. 3-61 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“	65
Sl. 3-62 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, Biblioteka "17. Septembar"	65
Sl. 3-63 Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik (1)	67
Sl. 3-64 Potrošnja električne energije, Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik	68
Sl. 3-65 Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik (2)	68
Sl. 3-66 Raspored fotonaponskih panela, OŠ „Branko Radičević“, Mali Zvornik (Izvor: Base K2)	69
Sl. 3-67 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“	70
Sl. 3-68 Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“	71
Sl. 3-69 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“	72
Sl. 3-70 Scenario B - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“	72

Sl. 3-71 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Osnovna škola „Branko Radičević“	73
Sl. 3-72 Scenario B - Godišnji tokovi od elektrane, OŠ "Branko Radičević"	74
Sl. 3-73 Srednja škola Mali Zvornik	75
Sl. 3-74 Potrošnja električne energije Srednja škola Mali Zvornik, Mali Zvornik	76
Sl. 3-75 Raspored fotonaponskih panela, Srednja škola Mali Zvornik (Izvor: Base K2)	76
Sl. 3-76 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Srednja Škola Mali Zvornik	77
Sl. 3-77 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik	78
Sl. 3-78 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Srednja Škola Mali Zvornik	79
Sl. 3-79 Scenario B – Potrošnja objekta prije i nakon elektrane, Srednja škola Mali Zvornik	80
Sl. 3-80 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik	81
Sl. 3-81 Scenario B – Godišnji novčani tokovi od solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik ...	81
Sl. 3-82 Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj	82
Sl. 3-83 Potrošnja električne energije, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	83
Sl. 3-84 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Stevan Filipović“ Radalj, (Izvor: Base K2)	84
Sl. 3-85 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	85
Sl. 3-86 Scenario A - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	86
Sl. 3-87 Scenario B - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	87
Sl. 3-88 Scenario B - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	87
Sl. 3-89 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	88
Sl. 3-90 Scenario C - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	89
Sl. 3-91 Scenario C - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	89
Sl. 3-92 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj	90
Sl. 3-93 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Stevan Filipović"	90
Sl. 3-94 Osnovna škola „Nikola Tesla“ (1)	92
Sl. 3-95 Osnovna škola „Nikola Tesla“ (2)	92
Sl. 3-96. Potrošnja električne energije Osnovna škola „Nikola Tesla“, Velika Reka	93
Sl. 3-97 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Nikola Tesla“ (Izvor: Base K2)	94
Sl. 3-98 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka	95
Sl. 3-99 Scenario A - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka	96
Sl. 3-100 Scenario B - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka	97
Sl. 3-101 Scenario B - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka	98
Sl. 3-102 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“	99
Sl. 3-103 Scenario C - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka ..	100
Sl. 3-104 Scenario C - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka	100
Sl. 3-105 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“	101
Sl. 3-106 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Nikola Tesla"	101
Sl. 3-107 Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (1)	103
Sl. 3-108 Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (2)	103
Sl. 3-109 Potrošnja električne energije, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	104
Sl. 3-110 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (Izvor: Base K2)	105

Sl. 3-111 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	106
Sl. 3-112 Scenario A – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	107
Sl. 3-113 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	108
Sl. 3-114 Scenario B – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	109
Sl. 3-115 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Braća Ribar“.....	110
Sl. 3-116 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“	111
Sl. 3-117 Scenario C – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“	112
Sl. 3-118 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Braća Ribar“.....	113
Sl. 3-119 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Braća Ribar"	113
Sl. 4-1 Prikaz objekata na teritoriju Opštine Mali Zvornik.....	117
Sl. 4-2 Prikaz DMR podloge za teritorij Opštine Mali Zvornik	117
Sl. 4-3 Pojednostavljeni dijagram postupka izrade solarnog atlasa	118
Sl. 4-4 Izračunati nagib terena (ArcMap 10.8).....	119
Sl. 4-5 Izračunata orijentacija terena (ArcMap 10.8)	119
Sl. 4-6 Vizuelizovani rezultati prostorne raspodjele solarnog potencijala (ArcMap 10.8)	120
Sl. 4-7 Razlika u prikazu nagiba terena između dostupnih podloga niže rezolucije (levo) i LiDAR podataka visoke rezolucije (desno).	121

POPIS TABLICA

Tab. 3-1: Opšti podaci – Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik	18
Tab. 3-2 Scenario A – Period povrata investicije, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik	23
Tab. 3-3: Opšti podaci – JKP „Drina“, Upravna zgrada	24
Tab. 3-4 Scenario B – Period povrata investicije, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik	29
Tab. 4-5: Opšti podaci – Toplana na biomasu, Mali Zvornik	31
Tab. 3-6 Scenario A – Period povrata investicije, Toplana na biomasu, Mali Zvornik	35
Tab. 3-7: Opšti podaci – Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje	37
Tab. 3-8 Scenario A – Period povrata investicije, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje, tablični prikaz 41	
Tab. 3-9: Opšti podaci – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik	42
Tab. 3-10 Scenario B – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik, tablični prikaz	49
Tab. 3-11: Opšti podaci – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	51
Tab. 3-12 Scenario A – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje, tablični prikaz	55
Tab. 3-13 Scenario C – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje, tablični prikaz	57
Tab. 3-14: Opšti podaci – Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik	59
Tab. 3-15 Scenario A – Period povrata investicije, Biblioteka „17. Septembar“, tablični prikaz	63
Tab. 3-16 Scenario C – Period povrata investicije, Biblioteka „17. Septembar“, tablični prikaz	64
Tab. 3-17: Opšti podaci – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik	66
Tab. 3-18 Scenario B – Period povrata investicije, Osnovna škola „Branko Radičević“, tablični prikaz 73	
Tab. 3-19: Opšti podaci – Srednja škola Mali Zvornik	74
Tab. 3-20 Scenario B – Period povrata investicije, Srednja škola Mali Zvornik, tablični prikaz	80
Tab. 3-21: Opšti podaci – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj	81
Tab. 3-22 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Stevan Filipović“, tablični prikaz	88
Tab. 3-23 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Stevan Filipović“, tablični prikaz	90
Tab. 3-24: Opšti podaci – Osnovna škola „Nikola Tesla“, Velika Reka	91
Tab. 3-25 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Nikola Tesla“, tablični prikaz	98
Tab. 3-26 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Nikola Tesla“, tablični prikaz	101
Tab. 3-27: Opšti podaci – Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	102
Tab. 3-28 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Braća Ribar“, tablični prikaz	109
Tab. 3-29 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Braća Ribar“, tablični prikaz	112

1. UVOD

Projekat Promoting Energy Efficiency in Housing and Public Buildings through Renewables – PRO-EFFICIENT provodi se u okviru programa Interreg VI-A IPA Hrvatska – Srbija 2021.–2027., koji sufinansira Evropska unija kroz Evropski fond za regionalni razvoj (EFRR). Opšti cilj programa je poticanje teritorijalne saradnje, održivog razvoja i energetske tranzicije između partnerskih područja Republike Hrvatske i Republike Srbije.

Nosilac projekta je Opština Mali Zvornik, dok na projektu učestvuju i partneri: Opština Krupanj (Srbija) te Gradovi Požega i Kutjevo (Hrvatska). Projekat ima za cilj povećanje energetske efikasnosti i upotrebe obnovljivih izvora energije u javnim i stambenim zgradama, kao i jačanje kapaciteta lokalnih samouprava i građana za planiranje i sprovođenje energetske mjera.

U okviru ovog projekta izrađuje se Solarni atlas Opštine Mali Zvornik, zajedno sa pratećom web aplikacijom koja će omogućiti analizu i vizualizaciju solarnih potencijala na području opštine. Ova aktivnost predstavlja važan korak ka racionalnijem korištenju obnovljivih izvora energije, smanjenju emisija CO₂ i unapređenju lokalnih kapaciteta u oblasti energetske održivosti.

Izrada Solarnog atlasa i aplikacije provodi se kroz sljedeće ključne aktivnosti:

- prikupljanje i obradu prostornih i tehničkih podataka o objektima i površinama pogodnim za instalaciju solarnih elektrana,
- analizu raspoloživih podloga (ortofoto snimaka, digitalnog modela reljefa, podataka o naseljima i elektroenergetskoj mreži),
- izračun solarne radijacije, optimalnih nagiba i orijentacija, te procjenu tehničko-ekonomskih pokazatelja proizvodnje električne energije,
- izradu funkcionalne web platforme s interaktivnim prikazom rezultata i pratećim kalkulatorom isplativosti,
- edukaciju i prezentaciju rezultata lokalnim institucijama i građanima.

Kroz razvoj aplikacije stvara se alat koji omogućava da svaki korisnik — bilo da se radi o javnoj instituciji, investitoru ili građaninu — može brzo procijeniti solarni potencijal određene lokacije, planirati instalaciju fotonaponskog sistema i analizirati ekonomske koristi. Time se doprinosi realizaciji strateških ciljeva Evropskog zelenog plana (European Green Deal), naročito u segmentu povećanja udjela energije iz obnovljivih izvora i dekarbonizacije lokalnih zajednica.

Realizacija radnog zadatka obuhvata izradu metodologije rada, obradu podataka, razvoj softverskog rješenja i testiranje funkcionalnosti sistema, kao i pripremu završnih analiza i izvještaja. Projekat se sprovodi u skladu s pravilima Interreg programa i odredbama Ugovora o sufinansiranju – Subsidy Contract No. 2024 HR-RS00125, a završetak aktivnosti predviđen je do 31. decembra 2025. godine.

Ovaj dokument izrađen je s ciljem da pruži jasan opis načina provedbe radnog zadatka, metodoloških koraka, tehničkih rješenja i očekivanih rezultata, uz definisanje obaveza i

odgovornosti svih uključenih strana. Dokument ujedno predstavlja osnovu za praćenje napretka projekta i transparentno izvještavanje o njegovoj realizaciji.

2. ZAKONODAVNI OKVIR

S obzirom na to da je razvoj solarnih elektrana u javnom sektoru usko povezan sa važećim propisima koji definišu uslove priključenja, korišćenja i obračuna električne energije iz obnovljivih izvora, u ovom poglavlju dat je kratak pregled relevantnog zakonodavnog okvira Republike Srbije

Cilj ovog osvrta jeste da se ukaže na osnovne zakonske odredbe koje se odnose na kupce-proizvođače (prosumer-e), kao i na tehničke i administrativne uslove za priključenje solarnih sistema na distributivnu mrežu.

Pregled obuhvata najvažnije zakone i uredbe koje direktno uređuju ovu oblast, uz navođenje ključnih članova i odredbi od značaja za predmetnu analizu.

2.1. Zakon o energetici

Zakon o energetici („Službeni glasnik RS“, br. 145/2014, 95/2018 – dr. zakon, 40/2021, 35/2023 – dr. zakon, 62/2023 i 94/2024) predstavlja osnovni propis koji uređuje ciljeve energetske politike, način njihovog ostvarivanja, kao i uslove za pouzdanu, sigurnu i kvalitetnu isporuku energije i energenata. Pored toga, zakon definiše uslove za sigurno snabdevanje kupaca, zaštitu potrošača, te pravila u vezi sa izgradnjom novih energetskih objekata i obavljanjem energetskih delatnosti.

Prema članu 2. Zakona, kupac-proizvođač je definisan kao krajnji kupac koji je na unutrašnje instalacije svog objekta priključio sopstveno postrojenje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Proizvedena električna energija koristi se za sopstvenu potrošnju, dok se višak proizvedene energije predaje u prenosni, distributivni ili zatvoreni distributivni sistem.

2.2. Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije

Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije („Službeni glasnik RS“, br. 40/2021, 35/2023, 94/2024 – dr. zakon) uređuje način korišćenja energije iz obnovljivih izvora, postavljanje ciljeva i udela obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji energije, kao i integraciju obnovljivih izvora na tržište. Zakon takođe reguliše sisteme podsticaja, garancije porekla električne energije, kao i posebne postupke vezane za izgradnju i priključenje objekata koji koriste obnovljive izvore energije.

Posebno značajan deo Zakona odnosi se na proizvodnju električne energije za sopstvenu potrošnju, a odredbe koje se odnose na kupce-proizvođače definisane su u članovima 58. i 59.

Prema članu 58. Zakona, *kupac-proizvođač* ima pravo da:

1. proizvodi električnu energiju za sopstvenu potrošnju,
2. skladišti električnu energiju za sopstvene potrebe,
3. višak proizvedene energije isporučuje u prenosni, distributivni ili zatvoreni distributivni sistem.

Kupac-proizvođač nema pravo na podsticajne mere u vidu tržišne premije i fid-in tarifa, niti na garancije porekla električne energije. Instalirana snaga proizvodnog objekta kupca-proizvođača ne može biti veća od odobrene snage priključka krajnjeg kupca, odnosno:

- ekvivalentne snage koja odgovara struji od 10A, ako priključak na sistem nije trofazni,
- 10,8 kW ako je u pitanju domaćinstvo,
- 150 kW ako kupac-proizvođač nije domaćinstvo.

Član 59. Zakona propisuje da je *obračunski period za poravnanje potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača jedna godina*, koja se završava 1. aprila. Kupac-proizvođač nema pravo na naknadu za višak električne energije koji na kraju perioda premaši količinu preuzete energije iz mreže.

2.3. Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača

Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022) detaljno uređuje princip neto obračuna između kupca-proizvođača i dobavljača električne energije.

Prema članu 3., ako je kupac-proizvođač domaćinstvo ili stambena zajednica, snabdevač je dužan da primenjuje princip neto merenja i da međusobna potraživanja i obaveze reguliše ugovorom o potpunom snabdevanju. Ako kupac-proizvođač nije domaćinstvo, uslovi se uređuju ugovorom o neto poravnanju, čime se definišu prava i obaveze u pogledu bilansiranja proizvedene i preuzete energije.

Prema članu 4., krajnji kupac stiče status *kupca-proizvođača* ako:

1. ima zaključen ugovor o potpunom snabdevanju s neto obračunom,
2. instalirana snaga proizvodnog objekta nije veća od odobrene priključne snage objekta,
3. postrojenje i merno mesto ispunjavaju tehničke i bezbednosne uslove definisane od strane operatora sistema,
4. prilikom spajanja proizvodnog pogona na njegovu unutarnju instalaciju, osim u slučajevima kada je ovim pravilnikom drugačije određeno.

Kupac-proizvođač može instalirati sopstveno skladište električne energije, pod uslovom da ono ne preuzima energiju iz mreže, već isključivo iz sopstvene proizvodnje.

U slučaju da kupac - proizvođač smanji odobrenu snagu objekta na čije je unutarnje instalacije priključen proizvodni objekt, dužan je istovremeno smanjiti instaliranu snagu proizvodnog objekta u skladu sa smanjenjem odobrene snage, a u skladu sa zakonom koji regulira korišćenje obnovljivih izvora energije.

Član 25. definiše da je period za godišnje poravnanje od 1. aprila tekuće godine do 31. marta naredne godine, dok član 26. propisuje da se višak proizvedene električne energije može preneti u naredne mesece unutar istog godišnjeg obračuna, ali se ne može preneti u naredne obračunske godine.

3. ANALIZA REFERENTNIH OBJEKATA

Kako bi se proverila tačnost i pouzdanost razvijene aplikacije, neophodno je sprovesti ciljanu analizu pažljivo odabranih objekata koji predstavljaju tipične uslove na području opštine. Ova analiza omogućava realnu procenu mogućnosti primene solarnih sistema u praksi i pruža osnovu za donošenje kvalitetnih odluka o daljoj implementaciji projekta.

U okviru ove faze sprovodi se detaljno ispitivanje potrošnje električne energije, procena tehničkih mogućnosti za ugradnju solarnih elektrana, kao i analiza finansijske isplativosti investicije. Rezultati analize daju jasan uvid u stvarne mogućnosti proizvodnje električne energije iz solarnih izvora i služe kao podrška pri planiranju i optimizaciji budućih koraka.

Za potrebe analize solarnih potencijala odabrani su sledeći referentni objekti javne namene na području opštine Mali Zvornik: Zgrada Opštine Mali Zvornik, Biblioteka „17. Septembar“, Upravna zgrada Javnog komunalnog preduzeća „Drina“, toplana na biomasu, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Osnovna škola „Branko Radičević“, i Srednja škola Mali Zvornik u Malom Zvorniku; zatim izvorište Šipad, Predškolska ustanova „Crvenkapa“ u Donjem Naselju, Osnovna škola „Braća Ribar“ u Donjoj Borini, Osnovna škola „Stevan Filipović“ u Radalju, i Osnovna škola „Nikola Tesla“ u Velikoj Reci.

Svi navedeni objekti su javne upotrebe, što ih čini posebno pogodnim za referentnu analizu. Razlozi za takav odabir uključuju laku dostupnost tehničke dokumentacije i podataka o potrošnji električne energije, stabilan i predvidljiv režim korišćenja objekata, kao i reprezentativnost različitih tipologija i lokacija unutar opštine. Na taj način omogućeno je da rezultati analize imaju visok nivo pouzdanosti i primenljivosti u proceni potencijala i planiranju solarnih elektrana na sličnim objektima.

Rezultati procene mogućnosti i isplativosti instalacije solarnih elektrana na referentnim objektima poslužili su kao ključna podloga za optimizaciju modela izračuna potencijala proizvodnje električne energije unutar aplikacije za analizu solarnih potencijala. Na osnovu stvarnih tehničkih i ekonomskih pokazatelja — uključujući dostupnu površinu, orijentaciju, nagib krovova, kao i odnos između instalirane snage i ostvarene proizvodnje — model je kalibrisan kako bi se poboljšala njegova tačnost i primenljivost na širem području.

Ovakav pristup omogućio je da aplikacija generiše realne i uporedive procene solarne proizvodnje, prilagođene lokalnim uslovima i tipologiji objekata.

3.1. Metodologija analize

Analiza istorijskih podataka o potrošnji električne energije sprovedena je na osnovu dostavljenih mesečnih podataka za period od 2022. do 2024. godine. Podaci su korišćeni za utvrđivanje obrazaca potrošnje i prosečnih godišnjih potreba za električnom energijom. Rezultati analize predstavljaju osnovu za procenu mogućnosti samopotrošnje i optimizaciju dimenzionisanja fotonaponskih sistema na referentnim objektima.

Za sve referentne objekte, pomoću aplikacije K2 Base, izrađena je analiza maksimalnog prostornog iskorišćenja krovne površine. Raspored fotonaponskih panela definisan je na

osnovu objektivnih tehničkih kriterijuma koji omogućavaju optimalno korišćenje povoljno orijentisanih i dostupnih delova krova, uzimajući u obzir geometriju objekta i tehnička ograničenja sistema.

K2 Base je profesionalni softver za projektovanje fotonaponskih sistema koji omogućava precizno modelovanje krovnih površina, tehničku proveru stabilnosti i optimizaciju rasporeda modula u skladu sa stvarnim prostornim uslovima. Na taj način određuje se maksimalan broj i raspored panela koji se mogu instalirati na pojedinačni objekat. Za potrebe procene korišćen je proizvođač solarnih panela Trina Solar, model TSM-450NEG9RC.27 (Vertex S+) 1.762×1.134×30 mm, 450 Wp.

Za potrebe ove analize korišćen je model fotonaponskog modula snage 450 Wp, što predstavlja optimalan izbor u pogledu tehničke prilagodljivosti i pouzdanosti sistema. Paneli manjeg kapaciteta omogućavaju fleksibilniji raspored na krovnim površinama složenije geometrije, kakve su karakteristične za većinu javnih objekata obuhvaćenih analizom (škole, ustanove i upravne zgrade).

U poređenju sa modulima većih dimenzija, moduli od 450 Wp su lakši, jednostavniji za ugradnju i servisiranje, te stvaraju manje statičko opterećenje na krovnu konstrukciju. Takođe, njihova manja površina smanjuje negativan uticaj delimičnog zasenčenja i doprinosi stabilnijem energetsom prinosu tokom godine.

Zbog bolje dostupnosti na tržištu, niže cene po jedinici snage i povoljnijih uslova održavanja, moduli od 450 Wp predstavljaju optimalan i dugoročno održiv izbor za potrebe ove studije i planirane implementacije solarnih sistema na javnim objektima.

Nakon definisanja tehnički optimalnog rasporeda, pomoću alata PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) izrađen je izračun mesečne i godišnje proizvodnje električne energije za svaki objekat. PVGIS je internet alat Evropske komisije koji, na osnovu geografskog položaja, klimatskih podataka i orijentacije modula, omogućava procenu energetsom prinosa fotonaponskih sistema na odabranoj lokaciji.

U okviru analize referentnih objekata razrađena su tri karakteristična scenarija dimenzionisanja solarne elektrane:

3.1.1. Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine

Scenario A izrađen je prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, čime je ostvareno optimalno prostorno pozicioniranje fotonaponskih modula u pogledu orijentacije i zasenčenja. Takav pristup omogućava uvid u tehnički maksimum proizvodnog potencijala objekta.

S obzirom da u ovom scenariju instalirana snaga može premašiti tehnička ograničenja priključka, scenario se razmatra isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala, bez sprovođenja ekonomske analize, budući da realizacija sistema u ovom obimu nije moguća bez prethodne izmene priključnih uslova i odobrenja operatora distributivne mreže.

U skladu sa važećim okvirom neto obračuna u Republici Srbiji, analiza ekonomskih ušteda vodi se odvojeno po tarifama. Budući da solarna elektrana proizvodi energiju u periodu više tarife (VT), uštede se računaju isključivo za ovaj vremenski period, dok se potrošnja u nižoj tarifi (NT) prikazuje informativno kao zasebna kategorija bez pripadajuće uštede.

3.1.2. Scenario B – Ograničenje priključne snage

Scenario B razrađen je u skladu sa stavom 2, člana 4. Uredbe o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022), prema kojem krajnji kupac električne energije stiče status kupca-proizvođača samo ako instalirana snaga proizvodnog objekta nije veća od odobrene priključne snage objekta.

U ovom scenariju dimenzionisanje elektrane vrši se tako da instalirana snaga bude jednaka odobrenoj priključnoj snazi objekta. Na taj način obezbeđuje se usklađenost sa regulatornim zahtevima i omogućava ostvarenje statusa kupca-proizvođača.

Analiza u ovom scenariju obuhvata izračun godišnje proizvodnje, pokrivenosti potrošnje u periodu više tarife, kao i procenu ekonomskih ušteda koje proizlaze iz smanjenja preuzete električne energije iz mreže.

3.1.3. Scenario C – Optimalna veličina elektrane

Scenario C se izrađuje za objekte kod kojih i u slučaju dimenzionisanja prema tehničkom ograničenju priključka dolazi do značajnog viška proizvedene električne energije koja se na kraju obračunskog perioda predaje u mrežu bez naknade. Takva situacija ukazuje da je elektrana i dalje predimenzionisana u odnosu na stvarne potrebe objekta.

Scenario C predstavlja optimalno rešenje kojim se obezbeđuje pokrivanje većine godišnje potrošnje objekta u periodu više tarife uz minimalne viškove predaje energije u mrežu. Na ovaj način postiže se najveći stepen samopotrošnje i optimalno iskorišćenje proizvedene električne energije.

Uvođenjem baterijskog sistema može se dodatno povećati stepen iskorišćenosti solarne elektrane jer bi deo energije proizvedene u toku dana mogao biti akumuliran i korišćen za pokrivanje potrošnje u periodu niže tarife. Time bi se smanjila količina energije koja se bez naknade predaje u mrežu i povećala ukupna energetska efikasnost sistema.

3.1.4. Finansijska analiza

Za sve analizirane objekte sprovedena je osnovna finansijska analiza koja obuhvata izračun perioda povrata investicije.

Pri tome je kao ekonomska korist uzet iznos uštede koji proizlazi iz pokrivanja potrošnje električne energije u periodu više tarife sopstvenom proizvodnjom. Viškovi proizvedene

energije koji se predaju u mrežu u skladu sa važećom Uredbom ne nose prihod i nisu uključeni u obračun isplativosti.

Period povrata investicije izražava se u godinama i računa se kao odnos ukupne investicije u fotonaponski sistem i godišnje ostvarene uštede na troškovima električne energije.

Finansijska analiza je izrađena na osnovu konzervativnog pristupa proceni ekonomskih efekata investicije, sa ciljem da se obezbedi realan i pouzdan prikaz očekivanih rezultata, bez oslanjanja na elemente koji su u trenutku izrade analize neizvesni ili podložni promenama. U tom smislu, nisu uzimani u obzir mogući prihodi od isporučene električne energije u mrežu, s obzirom na činjenicu da se vrednovanje viškova u režimu neto obračuna zasniva na komercijalnim uslovima koji nisu standardizovani i zavise od ugovornih odnosa sa snabdevačem električne energije.

Time je ostvarena dodatna sigurnost i otpornost finansijskog modela, jer su projektovane koristi zasnovane isključivo na uštedama proisteklim iz smanjenja potrošnje električne energije iz mreže, što predstavlja jedinu izvesnu i trenutno merljivu komponentu ekonomskog efekta projekta. Eventualni budući prihodi od prodaje ili kompenzacije viškova energije, ukoliko budu realizovani, tretiraće se kao pozitivna korekcija finansijskih pokazatelja i dodatni benefit investicije.

3.2. Zgrada opštinske uprave Opštine Mali Zvornik

Objekat Opštinske uprave Opštine Mali Zvornik nalazi se u Ulici kralja Petra I br. 38 u centru Malog Zvornika. U pitanju je reprezentativna javna zgrada administrativne namene, u kojoj su smeštene opštinske službe i lokalna uprava.

Zgrada ima karakterističan kosi krov pokriven crepom, sa više krovnih prozora i delimičnim lomovima krovne površine, što je čini arhitektonski prepoznatljivom, ali istovremeno zahteva pažljiv pristup pri planiranju postavljanja solarnih panela. Ukupna površina krova iznosi oko 520 m², što omogućava značajan potencijal za instalaciju solarne elektrane srednjeg kapaciteta.

Objekat ima odobrenu priključnu snagu od 43,47 kW i godišnju potrošnju električne energije od 40.480 kWh, što ga svrstava među najveće potrošače električne energije među referentnim objektima opštine. S obzirom na stalnu potrošnju u periodu više tarife i centralnu lokaciju sa povoljnim osunčanjem krova, zgrada Opštinske uprave predstavlja izuzetno pogodan objekat za primenu solarne elektrane.

Uz planiranu instalaciju fotonaponskog sistema, bilo bi preporučljivo razmotriti i tehničku proveru krovne konstrukcije, s obzirom na starost i oblik krova, kako bi se obezbedila dugoročna stabilnost i bezbednost sistema nakon ugradnje solarnih panela.

Tab. 3-1: Opšti podaci – Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Opštinska uprava Opštine Mali Zvornik	
Adresa	Kralja Petra I 38, Mali Zvornik 15318, Srbija
Tip objekta	Zgrada javne namjene

Broj brojila	506000055839
Odobrena električna snaga	43,47 kW
Potrošnja električne energije	40.480 kWh/god
Površina krova	~520 m ²



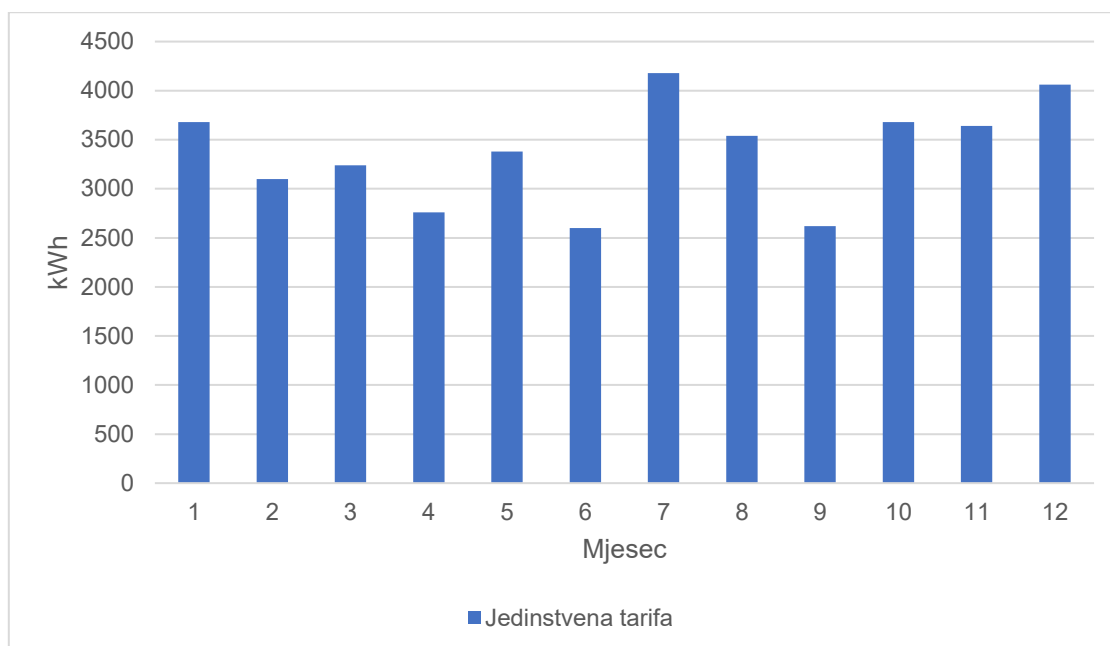
Sl. 3-1: Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik (1)



Sl. 3-2: Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik (2)

Za ovaj objekat analiza potrošnje izvršena je na osnovu ukupne mesečne potrošnje električne energije u okviru jedinstvene tarife.

Ovakav pristup omogućava orijentacionu procenu energetske potrebe objekta i dalje poređenje sa procenjenom proizvodnjom solarne elektrane, uz napomenu da bi za preciznije ekonomske proračune bilo potrebno raspolagati detaljnom tarifnom strukturom potrošnje.



Sl. 3-3 Potrošnja električne energije, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Slika Sl. 3-3 prikazuje mesečni profil potrošnje električne energije u okviru jedinstvene tarife, izražen u kWh.

Vidljivo je da objekat ima relativno ujednačenu potrošnju tokom cele godine, bez izrazitih sezonskih odstupanja, što ukazuje na stabilan režim rada i konstantne energetske potrebe.

Blago povećanje potrošnje može se primetiti u zimskim mesecima (decembar–februar) i tokom leta (jun–avgust), što može biti posledica intenzivnijeg korišćenja sistema grejanja, hlađenja ili ventilacije u tim periodima. Najniže vrednosti zabeležene su u prolećnim i jesenjim mesecima, kada su energetske potrebe objekta umerenije.

Pri analizi objekta Zgrade opštinske uprave u Malom Zvorniku razrađen je Scenario A.

3.2.1. Scenario A – Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Za Scenario A – maksimalno iskorišćenje raspoložive krovne površine, projektovana je solarna elektrana instalisane snage od 38,25 kW, čija je procenjena godišnja proizvodnja električne energije, prema PVGIS analizi, 34.522 kWh. Na slici Sl. 3-4 je prikazan odgovarajući raspored fotonaponskih panela na krovu objekta Opštinske uprave.

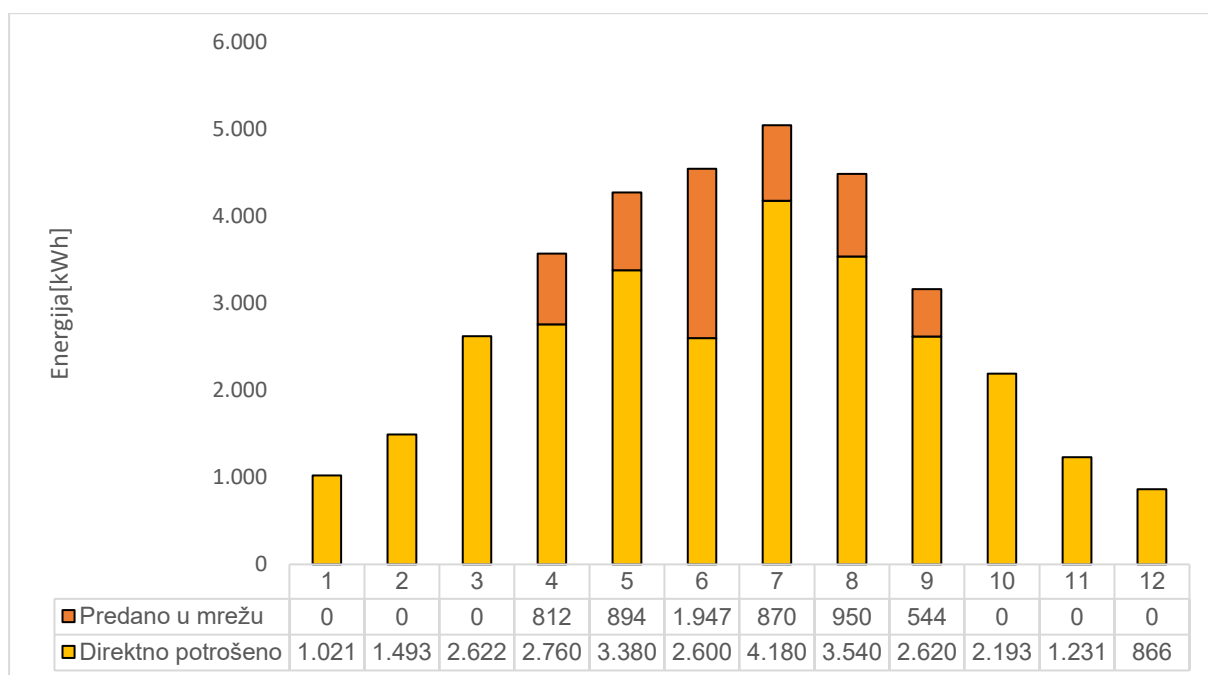


Sl. 3-4 Raspored fotonaponskih panela, Zgrada opštinske uprav, Mali Zvornik, (Izvor: Base K2)

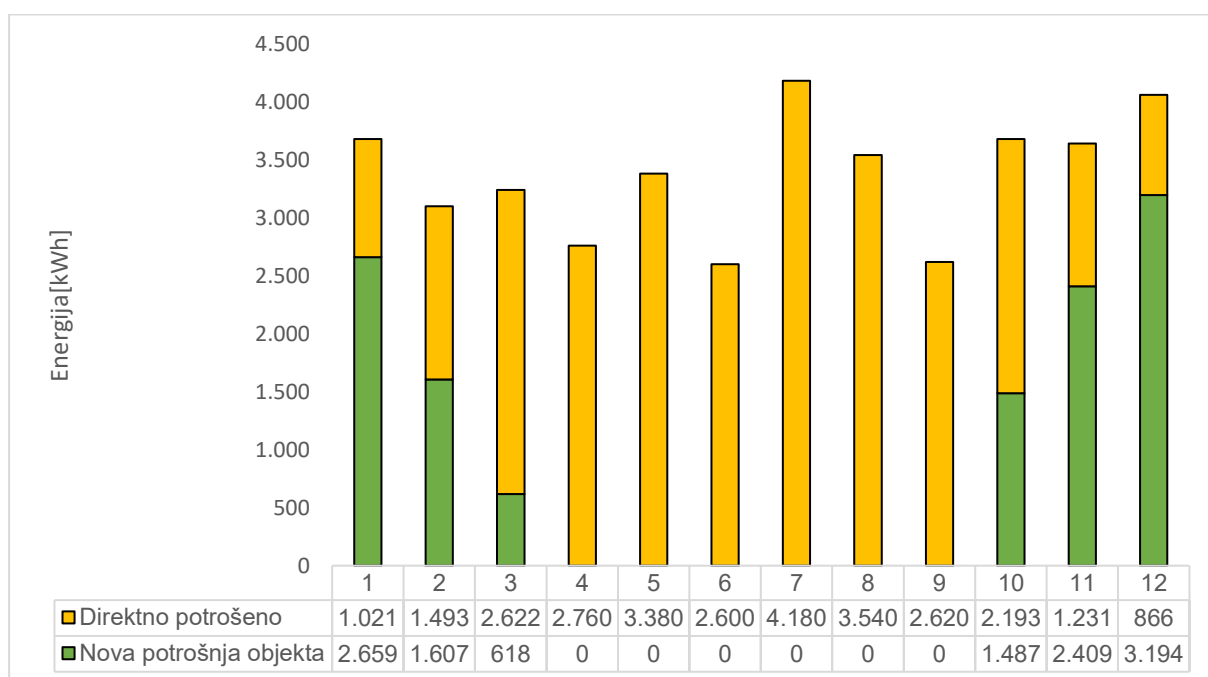
Važno je napomenuti da je instalisana snaga sistema manja od odobrene priključne snage objekta (43,47 kW), čime se sistem u potpunosti uklapa u tehničke i regulatorne okvire.

Proizvedena količina električne energije pokriva većinu potreba objekta, čija godišnja potrošnja iznosi 40.480 kWh, što znači da bi najveći deo potrošnje mogao biti zadovoljen iz sopstvene proizvodnje.

Iz grafikona *Sl. 3-5* i *Sl. 3-6* je vidljivo da je proizvodnja najintenzivnija u letnjim mesecima (maj–avgust), kada se ostvaruju i određeni viškovi energije koji se mogu predavati u mrežu. Tokom zimskih meseci proizvodnja je manja, ali i dalje značajno doprinosi smanjenju potrebe za energijom iz distributivnog sistema.



Sl. 3-5 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik



Sl. 3-6 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Ovakav scenario omogućava visok stepen energetske samostalnosti i optimalno korišćenje krovne površine, bez rizika od predimenzionisanosti sistema, što ga čini tehnički opravdanim i ekonomski racionalnim rešenjem.

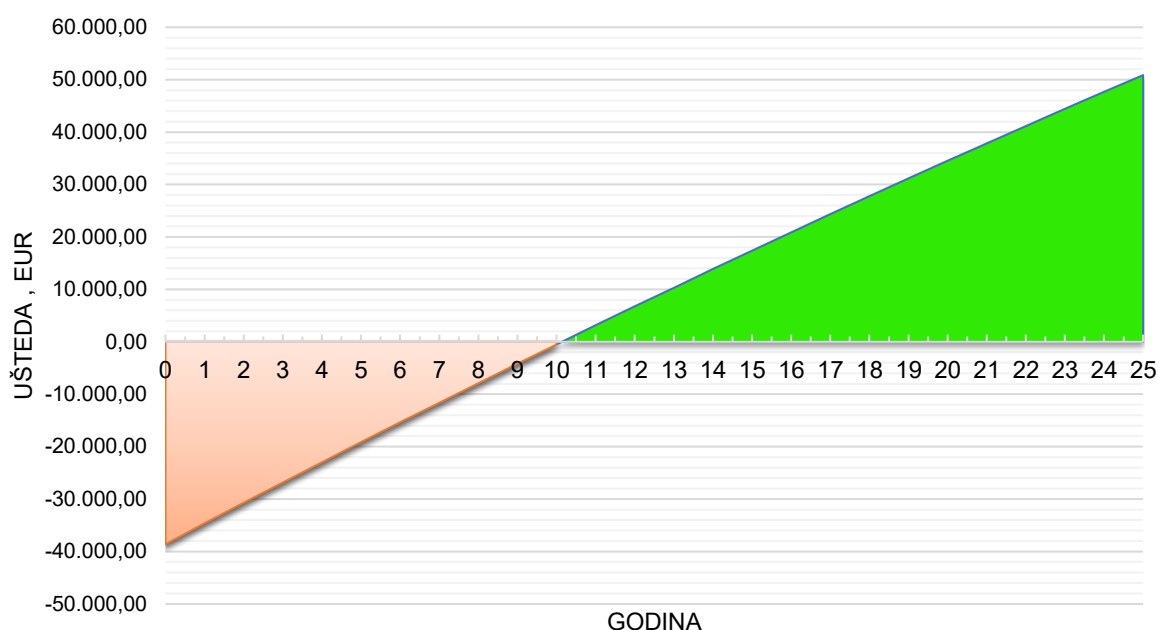
Finansijska analiza pokazuje da je projekat solarne elektrane za objekat Opštinske uprave ekonomski isplativ, sa periodom povratka investicije od 10,11 godina.

Nakon 25 godina rada, elektrana bi ostvarila ukupan prihod od 89.475,01 EUR, dok bi neto profit iznosio 50.875,01 EUR, što potvrđuje dugoročnu održivost projekta.

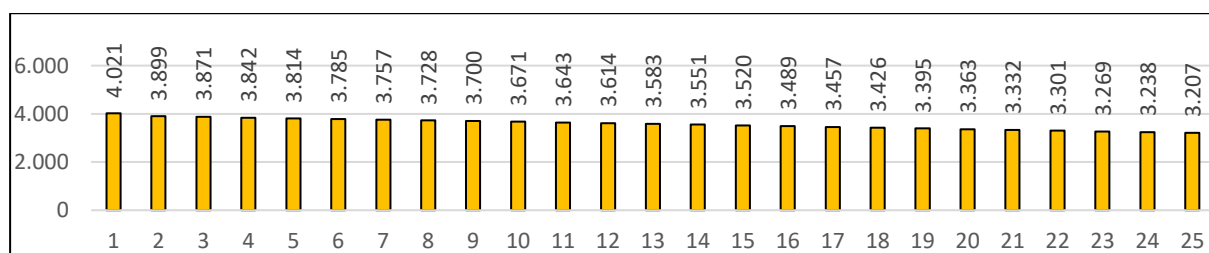
I u kraćem periodu od 15 godina, rezultati su pozitivni – profit iznosi 17.397,27 EUR, što ukazuje na dobru ravnotežu između troškova ulaganja i ostvarenih ušteda.

Tab. 3-2 Scenario A – Period povrata investicije, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Povratak investicije (godine)	10,11
Prihod nakon 25 godina, €	89.475,01
Profit nakon 25 godina, €	50.875,01
Prihod nakon 15 godina, €	55.997,27
Profit nakon 15 godina, €	17.397,27



Sl. 3-7 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik



Sl. 3-8 Scenario A – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, Zgrada opštinske uprave, Mali Zvornik

Ovi pokazatelji potvrđuju da je sistem dimenzionisan u skladu s potrebama objekta i tehničkim ograničenjima priključka, te da bi investicija u solarnu elektranu doprinela značajnom smanjenju troškova električne energije uz razumnu stopu povrata.

3.3. Javno komunalno poduzeće „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

Objekat Javnog komunalnog preduzeća „Drina“ – Upravna zgrada nalazi se u Ribarskoj ulici 23 u Malom Zvorniku. U pitanju je administrativni objekat javne namene, koji služi za potrebe upravljanja i koordinacije rada komunalnih službi.

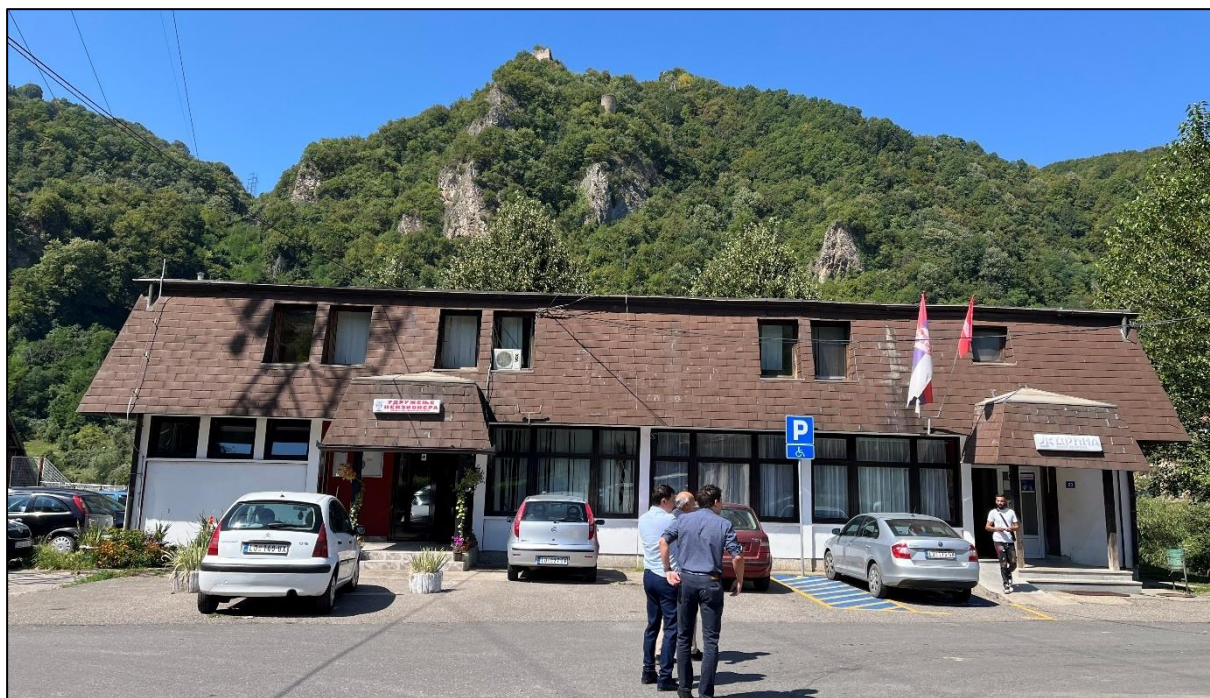
Zgrada je spratne konstrukcije sa karakterističnim kosim krovom prekrivenim bitumenskim crepom tamne boje, koji pokazuje znake dotrajalosti i potrebu za sanacijom. Sanacija krova bila bi preporučljiva pre postavljanja solarne elektrane, kako bi se obezbedila dugoročna stabilnost i vodonepropusnost konstrukcije, kao i bezbedna montaža fotonaponskih modula.

Ukupna površina krova iznosi oko 260 m², što omogućava instalaciju manje solarne elektrane prilagođene ograničenju priključne snage objekta. Objekat ima odobrenu priključnu snagu od 17,25 kW i godišnju potrošnju električne energije od 9.676 kWh, od čega se više od 98% troši tokom više tarife (9.505 kWh).

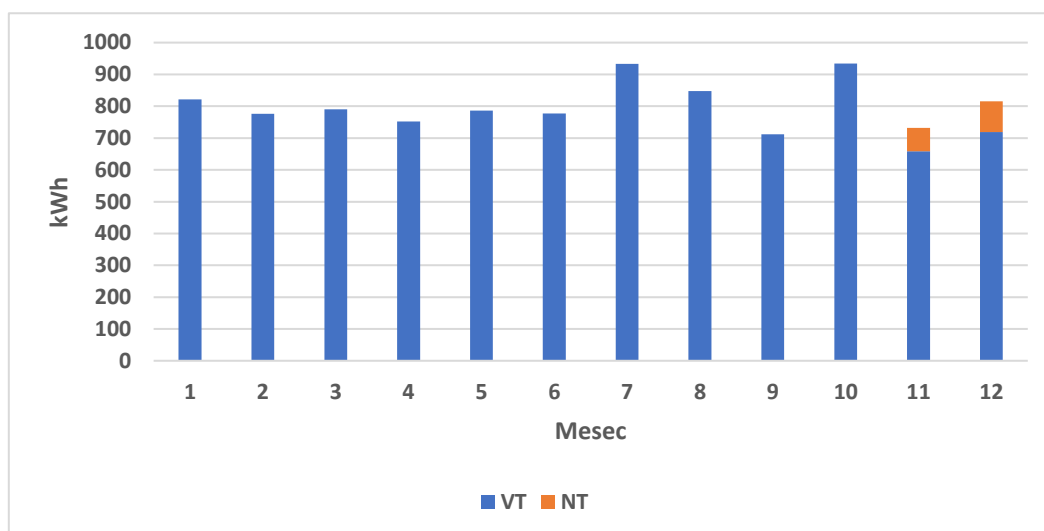
Takav obrazac potrošnje čini objekat vrlo pogodnim za primenu solarne elektrane, jer bi većina proizvedene energije mogla biti direktno iskorišćena u toku dana, bez značajnih viškova koji bi se predavali u mrežu. Kao što je prikazano na grafikonu potrošnje *Sl. 3-10*, potreba za električnom energijom stabilna je tokom cele godine, što omogućava visok stepen samopotrošnje i ekonomsku opravdanost instalacije solarne elektrane na ovom objektu.

Tab. 3-3: Opšti podaci – JKP „Drina“, Upravna zgrada

Javno komunalno poduzeće „Drina“ – Upravna Zgrada	
Adresa	Ribarska 23, Mali Zvornik 15318, Srbija
Tip objekta	Zgrada javne namjene
Broj brojila	7303460
Odobrena električna snaga	17,25 kW
Potrošnja električne energije	9.676 (9.505 VT) kWh
Površina krova	~260 m ²



Sl. 3-9 Javno komunalno poduzeće „Drina“, Upravna zgrada



Sl. 3-10 Potrošnja električne energije Javno komunalno poduzeće „Drina“

Pri analizi objekta Upravne zgrade Javnog komunalnog poduzeća „Drina“ u Malom Zvorniku razrađeni su Scenario A, Scenario B i Scenario C.

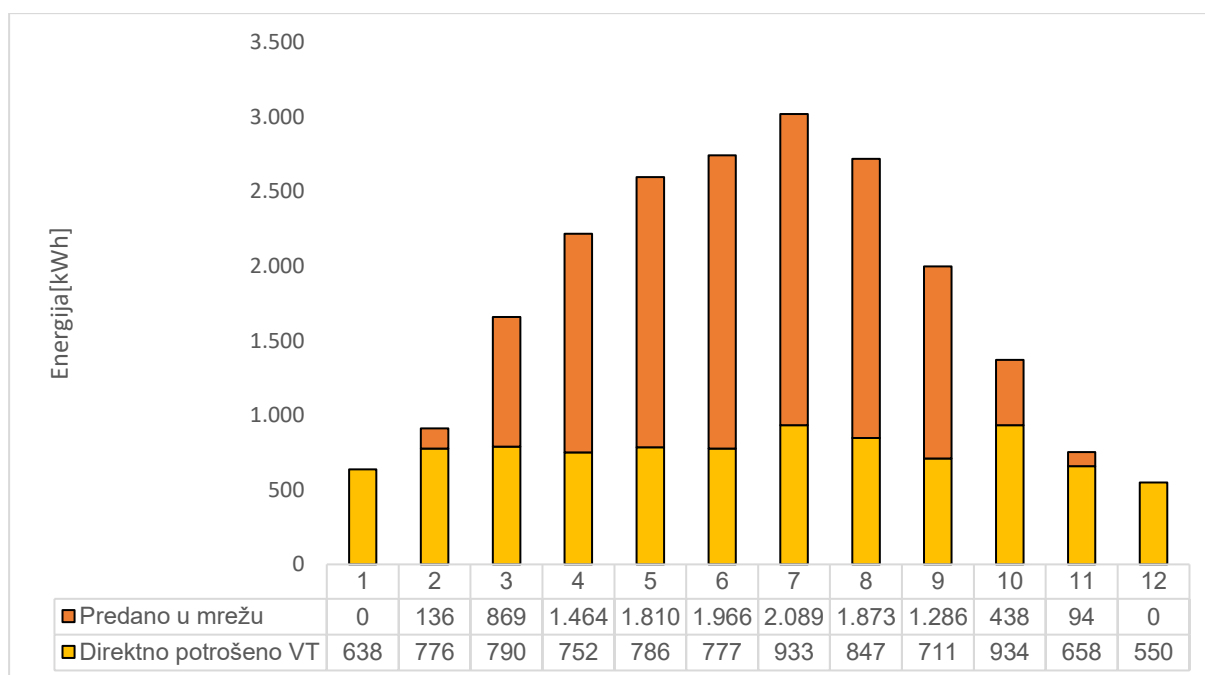
3.3.1. Scenario A – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik



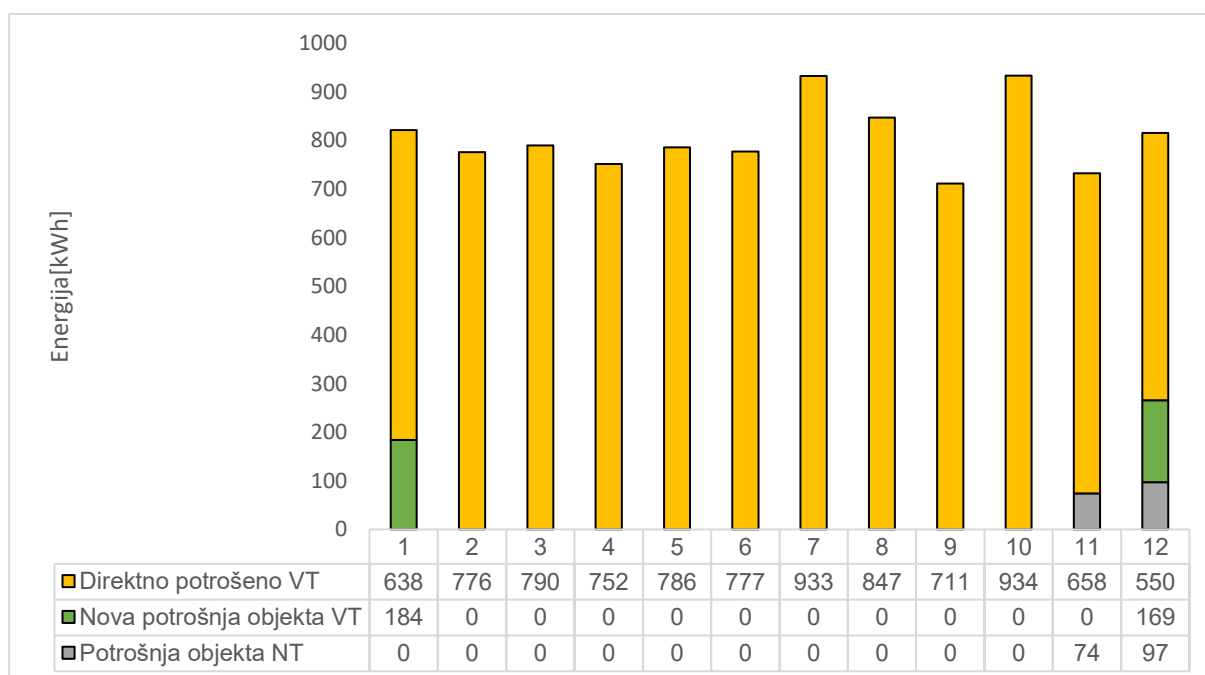
Sl. 3-11 Raspored fotonaponskih panela, Upravna zgrada - Javno komunalno poduzeće „Drina“ (Izvor: Base K2)

U okviru Scenarija A za objekat Javno komunalno preduzeće „Drina“ – Upravna zgrada, solarna elektrana je projektovana prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, sa instalisanom snagom od 24,3 kW i procenjenom godišnjom proizvodnjom od 21.179 kWh. Na slici *Sl. 3-11* prikazan je odgovarajući raspored fotonaponskih panela na krovu objekta.

Kako je vidljivo iz rezultata prikazanih na grafikonima *Sl. 3-12* i *Sl. 3-13*, ukupna godišnja proizvodnja solarne elektrane više nego dvostruko premašuje godišnju potrošnju objekta u periodu više tarife, koja iznosi 9.505 kWh. To znači da bi se značajan deo proizvedene električne energije predavao u mrežu, što u skladu sa važećim regulativama ne donosi finansijsku korist kupcu-proizvođaču, budući da se višak energije predaje bez prava na naknadu.



Sl. 3-12 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik



Sl. 3-13 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

Iako sistem omogućava tehnički maksimalnu proizvodnju i gotovo potpuno pokrivanje potreba objekta, elektrana ove veličine je predimenzionisana u odnosu na stvarne potrebe i regulatorne uslove. Optimalnije rešenje bilo bi projektovanje manje elektrane koja bi omogućila veći stepen samopotrošnje i brži povrat investicije, uz efikasnije korišćenje proizvedene energije u okviru obračunskog perioda.

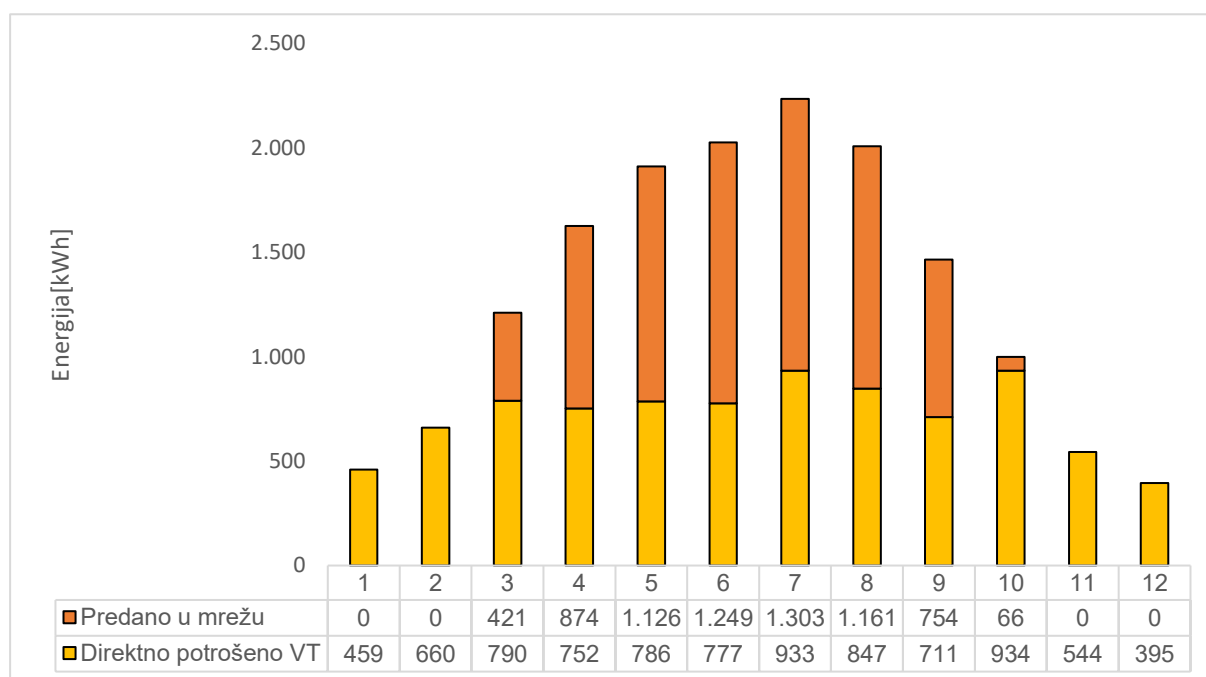
3.3.2. Scenario B – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

U okviru Scenarija B solarna elektrana je dimenzionisana tako da instalisana snaga sistema iznosi 17,25 kW, što odgovara odobrenoj priključnoj snazi objekta. Na ovaj način obezbeđeno je da projekat bude u potpunosti usklađen sa tehničkim i regulatornim ograničenjima definisanim Uredbom o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022).

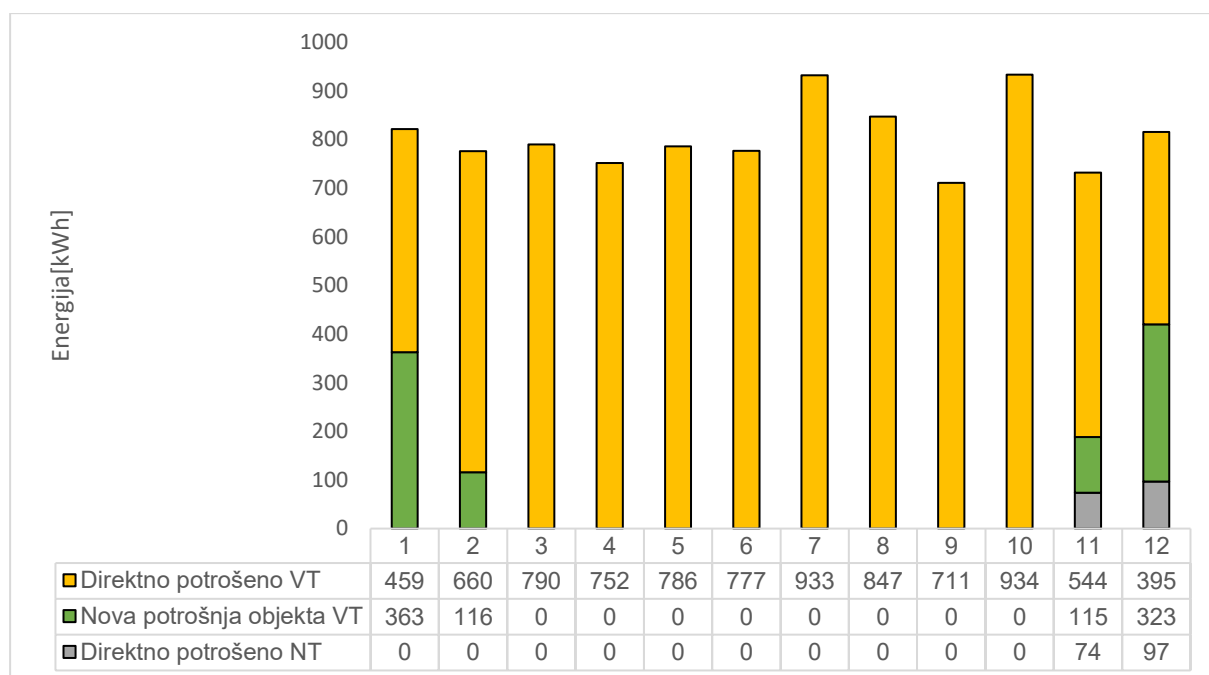
Ovakvo rešenje omogućava da objekat stekne status kupca-proizvođača (prosumer) i da se proizvedena električna energija koristi prvenstveno za sopstvenu potrošnju, dok se eventualni viškovi energije razmenjuju u okviru modela neto obračuna. Scenario B time predstavlja tehnički i ekonomski optimalno rešenje, jer omogućava maksimalno iskorišćenje priključne snage uz racionalno korišćenje proizvedene energije u skladu sa potrebama objekta.

U okviru Scenarija B, solarna elektrana instalisane snage 17,25 kW ostvaruje godišnju proizvodnju od 15.543 kWh, što je veće od ukupne godišnje potrošnje objekta u periodu više tarife (9.505 kWh).

Ovakav rezultat pokazuje da bi elektrana mogla u potpunosti pokriti potrebe objekta za električnom energijom tokom dana, uz ostvarivanje značajnih ušteda na godišnjem nivou.



Sl. 3-14 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

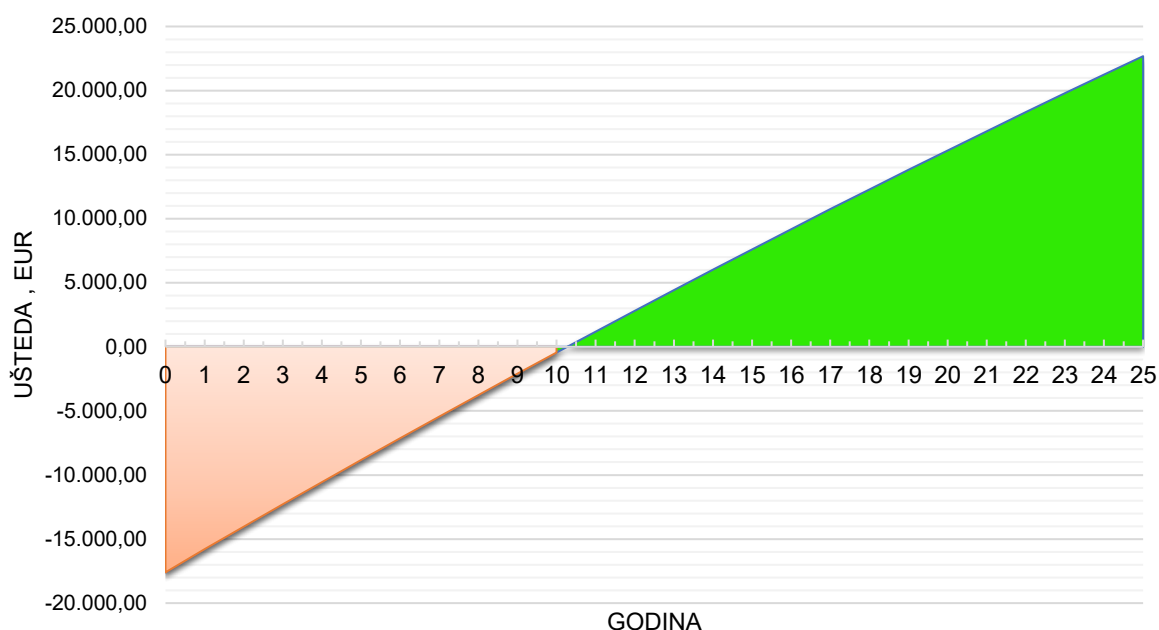


Sl. 3-15 Scenario B – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

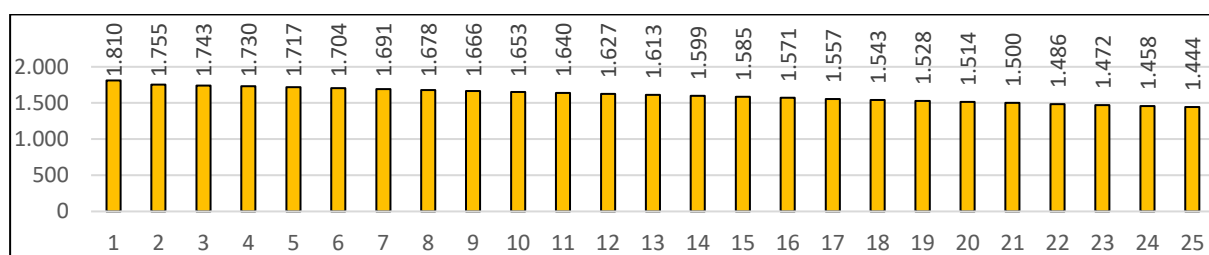
Finansijski pokazatelji su solidni: procenjeni povrat investicije je 10,25 godina, uz prihod od 40.283,80 € i profit od 22.683,80 € u 25 godina. Već nakon 15 godina projekat ostvaruje 7.611,34 € profita, što potvrđuje ekonomsku opravdanost sistema. Imaj u vidu da je postrojenje blago predimenzionisano u odnosu na godišnju potrošnju u VT, pa bi dodatna optimizacija snage (ili kasnije uvođenje mera za povećanje samopotrošnje) mogla skratiti povrat i povećati profitabilnost.

Tab. 3-4 Scenario B – Period povrata investicije, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

Povratak investicije (godine)	10,25
Prihod nakon 25 godina, €	40.283,80
Profit nakon 25 godina, €	22.683,80
Prihod nakon 15 godina, €	25.211,34
Profit nakon 15 godina, €	7.611,34



Sl. 3-16 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik



Sl. 3-17 Scenario B – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

Uzimajući u obzir da proizvodnja značajno premašuje realne potrebe objekta, sistem se može smatrati blago predimenzionisanim. Deo proizvedene energije koji se ne potroši u trenutku proizvodnje morao bi biti predavan u mrežu bez naknade, što smanjuje ukupnu ekonomsku isplativost investicije.

Zbog toga bi, iako tehnički potpuno izvodljiv i usklađen sa regulatornim okvirom, racionalnije rešenje bilo dodatno prilagoditi veličinu sistema stvarnim potrebama objekta, kako bi se postigao veći stepen samopotrošnje i brži period povrata investicije.

3.3.3. Scenario C – JKP „Drina“, Upravna zgrada, Mali Zvornik

3.4. Javno komunalno poduzeće "Drina" – Toplana

Objekat Javnog komunalnog preduzeća „Drina“ – Toplana nalazi se u Ribarskoj ulici 23A u Malom Zvorniku. U pitanju je savremeni energetska objekat koji koristi biomasu kao glavni energent za proizvodnju toplotne energije namenjene snabdevanju okolnih potrošača.

Toplana je izgrađena kao jednobojni montažni objekat sa metalnom krovnom konstrukcijom i panelnim oblogama, dok se na krovu nalaze tri karakteristična dimnjaka koji predstavljaju vizuelni reper objekta. Krovna površina, približno 300 m², pogodna je za instalaciju fotonaponskog sistema manjeg kapaciteta, uzimajući u obzir ograničenja položaja dimnjaka i njihovu potencijalnu senku.

Ukupna odobrena priključna snaga objekta iznosi 120 kW, dok je godišnja potrošnja električne energije oko 80.893 kWh, što ga svrstava među energetska intenzivnije korisnike u okviru komunalne infrastrukture.

S obzirom na karakter rada i stalnu potrošnju električne energije u periodu više tarife, objekat predstavlja izuzetno pogodan kandidat za implementaciju solarne elektrane koja bi doprinela smanjenju operativnih troškova i povećanju energetske efikasnosti toplovođenog sistema.

Tab. 3-5: Opšti podaci – Toplana na biomasu, Mali Zvornik

Javno komunalno poduzeće „Drina“ – Toplana na biomasu	
Adresa	Ribarska 23A, Mali Zvornik 15318, Srbija
Tip objekta	Toplana na biomasu
Broj brojila	50029693
Odobrena električna snaga	120 kW
Potrošnja električne energije	80.893 (54.360 VT) kWh
Površina krova	~300 m ²



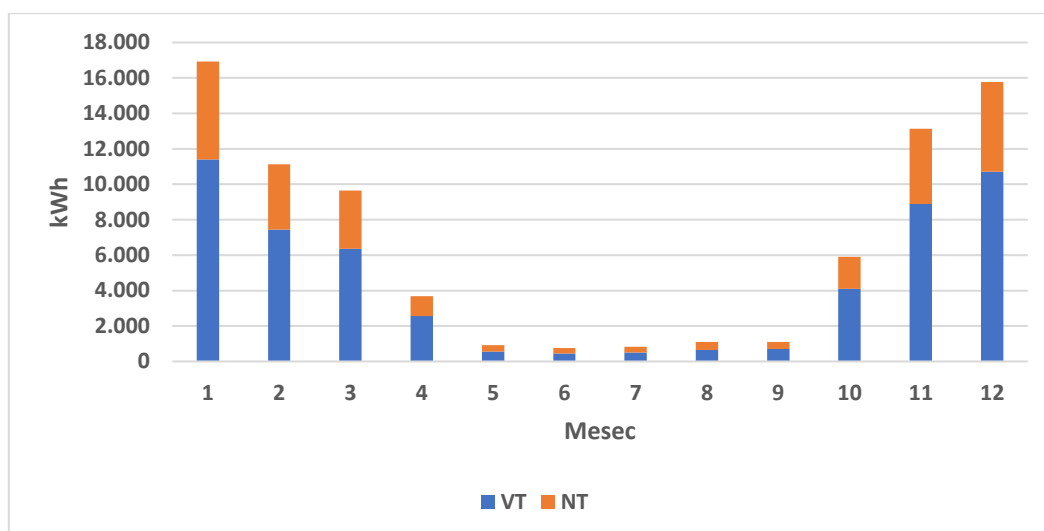
Sl. 3-18 Toplana na biomasu, Mali Zvornik

Grafikon *Sl. 3-19* prikazuje mesečni profil potrošnje električne energije u objektu Toplane JKP „Drina“ u periodu od januara do decembra.

Uočen je izrazito sezonski karakter potrošnje, što je u skladu sa namenskom funkcijom objekta — radom sistema za proizvodnju toplotne energije u zimskom periodu.

Najveća potrošnja zabeležena je tokom zimskih meseci (decembar–februar), kada toplana radi punim kapacitetom, dok se potrošnja u letnjim mesecima (maj–septembar) svodi na minimalne vrednosti, usled prestanka grejne sezone i ograničenog rada pogonske opreme.

Potrošnja u periodu više tarife (VT) čini dominantan deo ukupne potrošnje, što potvrđuje da se većina rada i upotrebe električne energije odvija tokom dana. Ovaj obrazac potrošnje jasno ukazuje da bi solarna elektrana mogla imati značajan doprinos u zimskim mesecima za podršku pomoćnim sistemima, dok bi tokom letnjih meseci većina proizvedene energije bila višak i mogla se koristiti za druge potrebe komunalnog sistema ili akumulirati putem baterijskih rešenja.



Sl. 3-19 Potrošnja električne energije, Toplana na biomasu, Mali Zvornik

Pri analizi objekta Toplana na biomasu u Malom Zvorniku razrađen je Scenario A.



Sl. 3-20 Raspored fotonaponskih panela, Toplana na biomasu, Mali Zvornik (Izvor: Base K2)

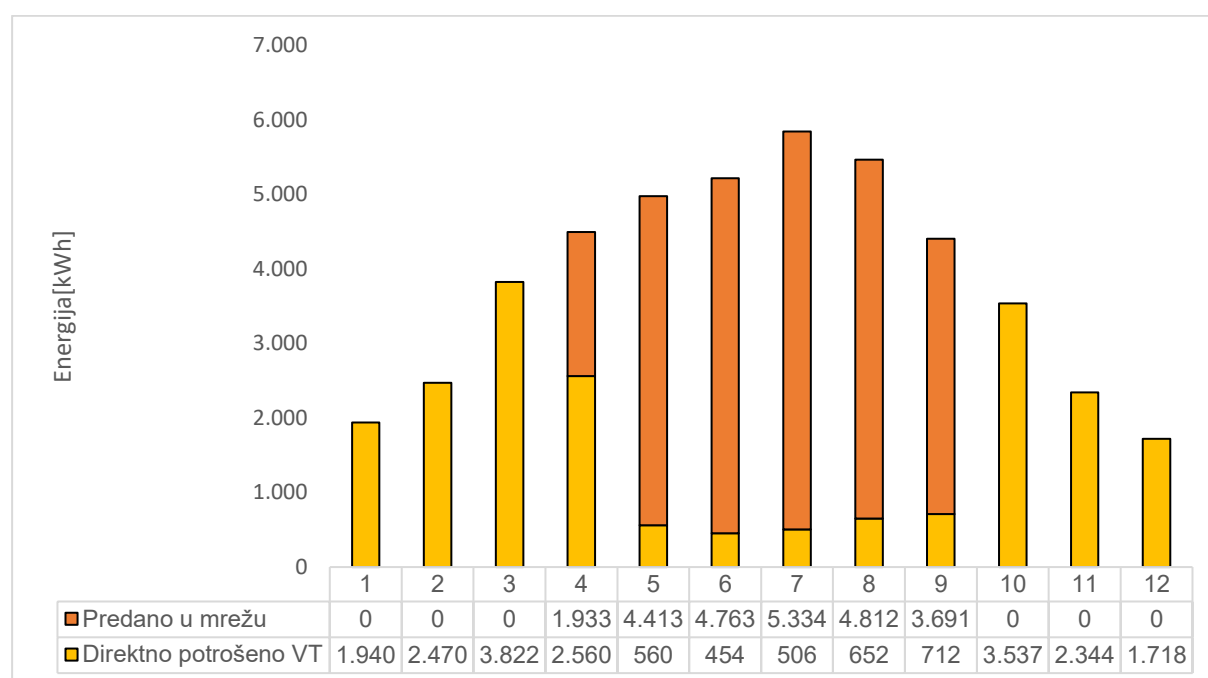
U okviru Scenarija A za objekat Javno komunalno preduzeće „Drina“ – Toplana, solarna elektrana je projektovana sa instalisanom snagom od 40,5 kW, što je manje od odobrene priključne snage objekta (120 kW). Ukupna godišnja proizvodnja električne energije, izračunata pomoću alata PVGIS, iznosi 46.220 kWh, dok godišnja potrošnja objekta u periodu

više tarife dostiže 54.360 kWh. Na slici *Sl. 3-20* prikazan je planirani raspored fotonaponskih modula na krovu objekta.

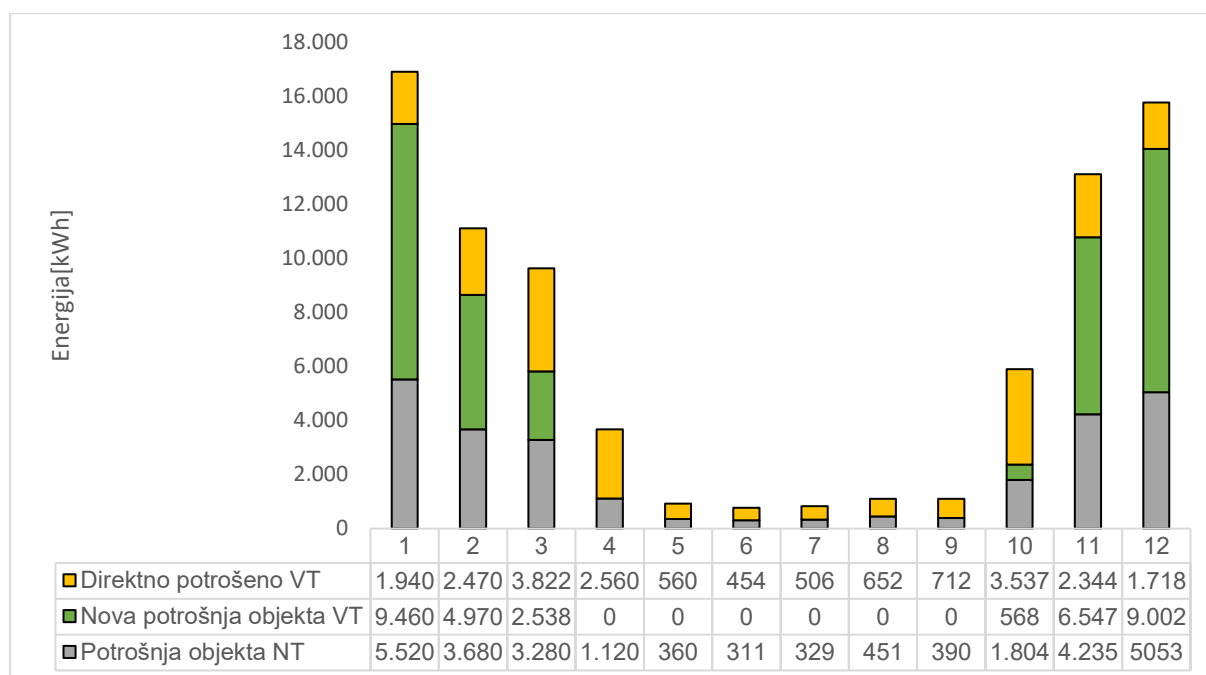
Rezultati prikazani na grafikonima *Sl. 3-21* i *Sl. 3-22* pokazuju da se celokupna proizvedena električna energija može u potpunosti iskoristiti unutar obračunskog perioda, bez potrebe za značajnim predajama u mrežu. Time se postiže visok stepen samopotrošnje i maksimalna efikasnost sistema u okviru važećih regulatornih ograničenja.

Proizvodnja solarne elektrane ima tipičan sezonski karakter, sa najvećim prinosima tokom letnjih meseci (maj–avgust), dok se u zimskim mesecima ostvaruje manji udeo zbog smanjenog sunčevog zračenja. Međutim, zbog kontinuiranog rada toplane i izražene potrošnje u periodu više tarife, proizvedena energija se efikasno koristi na mestu potrošnje.

Ovakav koncept sistema omogućava racionalno korišćenje proizvedene energije, smanjenje troškova električne energije i povećanje ukupne energetske efikasnosti toplane, bez rizika od viškova koji se bez naknade predaju u mrežu.



Sl. 3-21 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik



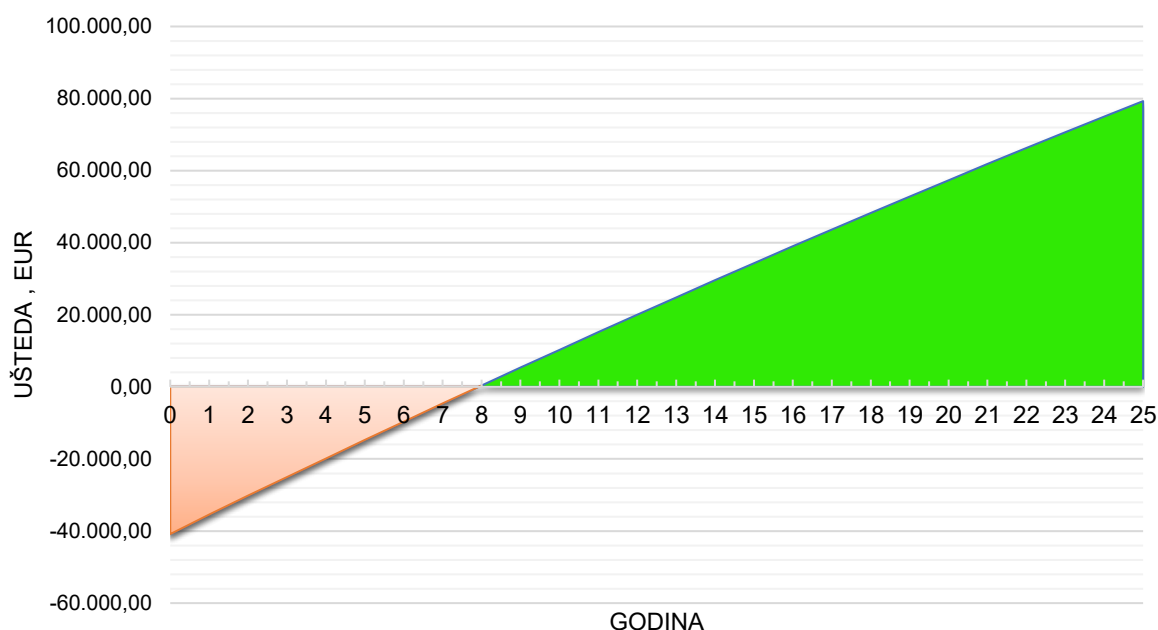
Sl. 3-22 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik

Finansijski pokazatelji su vrlo povoljni. Procena daje povrat investicije za ~7,9 godina, što je brz period za objekat ove namene. Nakon 25 godina očekuje se prihod od 120.149,59 € i profit od 79.299,59 €, dok je već nakon 15 godina ostvaren profit 34.335,54 €.

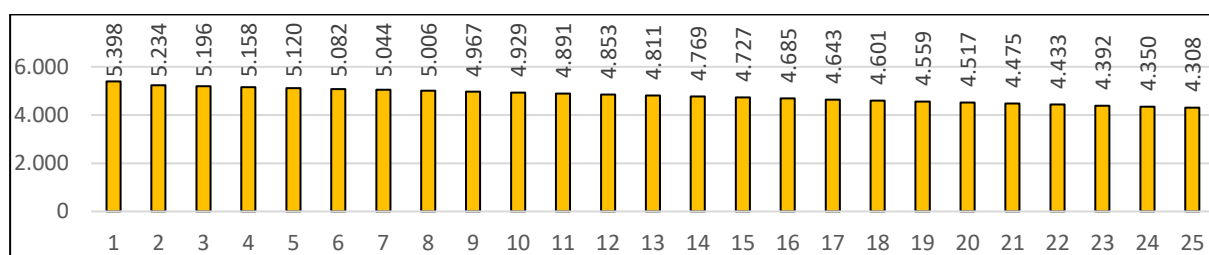
Zaključno, projekat je ekonomski opravdan i robusan, sa stabilnim novčanim tokovima. Dimenzionisanje je u dobrom odnosu sa potrošnjom (visok stepen samopotrošnje), pa kao naredne korake ima smisla predvideti: ugovoreno održavanje (O&M), daljinski nadzor/monitoring i periodičnu proveru performansi radi očuvanja planiranog povrata.

Tab. 3-6 Scenario A – Period povrata investicije, Toplana na biomasu, Mali Zvornik

Povratak investicije (godine)	7,92
Prihod nakon 25 godina, €	120.149,59
Profit nakon 25 godina, €	79.299,59
Prihod nakon 15 godina, €	75.185,54
Profit nakon 15 godina, €	34.335,54



Sl. 3-23 Scenario A – Prikaz ušteta kroz godine za projekt solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik



Sl. 3-24 Scenario A – Godišnji novčani tokovi solarne elektrane, Toplana na biomasu, Mali Zvornik

3.5. Javno komunalno poduzeće „Drina“ - Crpilište vode „Šipad“

Objekat JKP „Drina“ – Crpilište vode „Šipad“ nalazi se u naselju Donje Naselje na području opštine Mali Zvornik. U pitanju je tehnički infrastrukturni objekat od javnog značaja, koji služi za snabdevanje vodom lokalnog sistema. Godišnja potrošnja električne energije iznosi 262.789 kWh, dok je odobrena priključna snaga objekta 75 kW.

Objekat je prizemne konstrukcije sa krovom koji ima blagi nagib i pokrivač od lima u crvenoj boji, uz vidljive znake dotrajalosti i potrebe za sanacijom. Prema vizuelnom uvidu, deo krovne konstrukcije pokazuje tragove oštećenja i starenja materijala, što bi trebalo sanirati pre eventualne instalacije fotonaponskog sistema.

Ukupna površina krova iznosi oko 420 m², što omogućava mogućnost postavljanja ograničenog broja solarnih panela u skladu s tehničkim uslovima i orijentacijom krova. Zbog velike godišnje potrošnje energije i visokog radnog opterećenja objekta, ovaj lokalitet predstavlja značajan potencijal za implementaciju solarne elektrane koja bi mogla doprineti

smanjenju troškova električne energije i povećanju energetske efikasnosti u radu komunalne infrastrukture.

Tab. 3-7: Opšti podaci – Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje

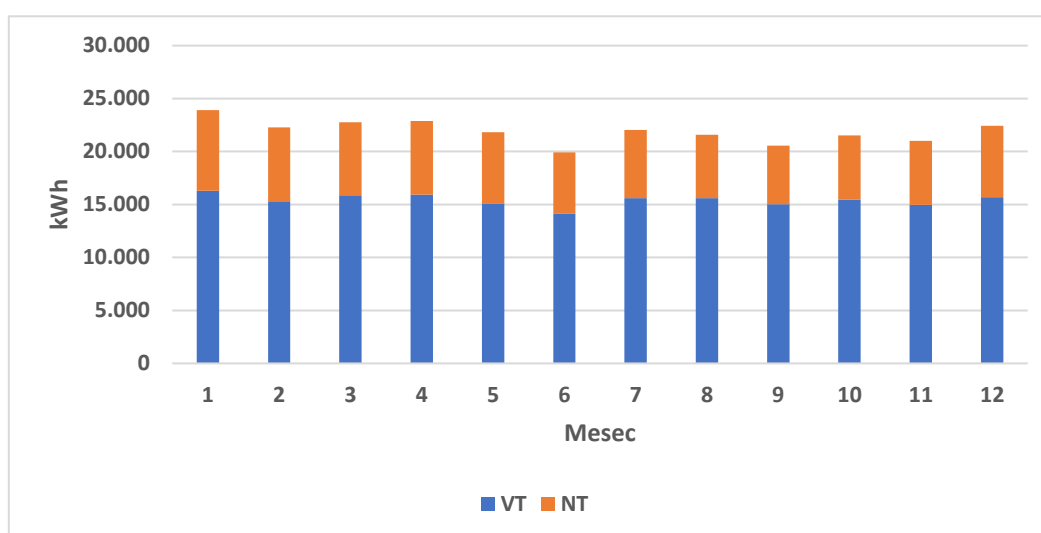
Javno komunalno poduzeće "Drina" – Crpilište vode "Šipad"	
Adresa	Donje Naselje, Mali Zvornik 15318, Srbija
Tip objekta	Crpilište vode
Broj brojila	50030309
Odobrena električna snaga	75,00 kWh
Potrošnja električne energije	262.789 (184.853 VT) kWh/god
Stanje konstrukcije krova	Potrebna sanacija
Površina krova	~420 m ²



Sl. 3-25 Crpilište vode „Šipad“ (1)



Sl. 3-26 Crpilište vode „Šipad“ (2)



Sl. 3-27 Potrošnja električne energije, Crpilište vode Šipad, Donje Naselje

Grafikon prikazuje profil mesečne potrošnje električne energije u objektu JKP „Drina“ – Crpilište vode „Šipad“, izražen u kWh, u periodu od januara do decembra. Uočen je konstantan nivo potrošnje tokom cele godine, bez izraženih sezonskih oscilacija, što je tipično za objekte sa stalnim tehničkim pogonom poput crpilišta vode, gde je rad sistema neprekidan i nezavisan od godišnjih doba.

Potrošnja u periodu više tarife (VT) čini dominantan deo ukupne energije, što ukazuje da se najveći deo rada sistema odvija u dnevnim satima. Potrošnja u nižoj tarifi (NT), iako značajno manja, prisutna je tokom cele godine, što potvrđuje stalni karakter rada i noćno funkcionisanje opreme.

Ovakav obrazac potrošnje čini objekat posebno pogodnim za primenu solarne elektrane, jer se veliki deo potrošnje odvija upravo u periodu kada solarni sistemi proizvode energiju — što

omogućava visok stepen samopotrošnje i povoljan efekat na smanjenje ukupnih troškova električne energije.

Pri analizi objekta Crpilište vode „Šipad“ u Donjem Naselju razrađen je Scenario A.



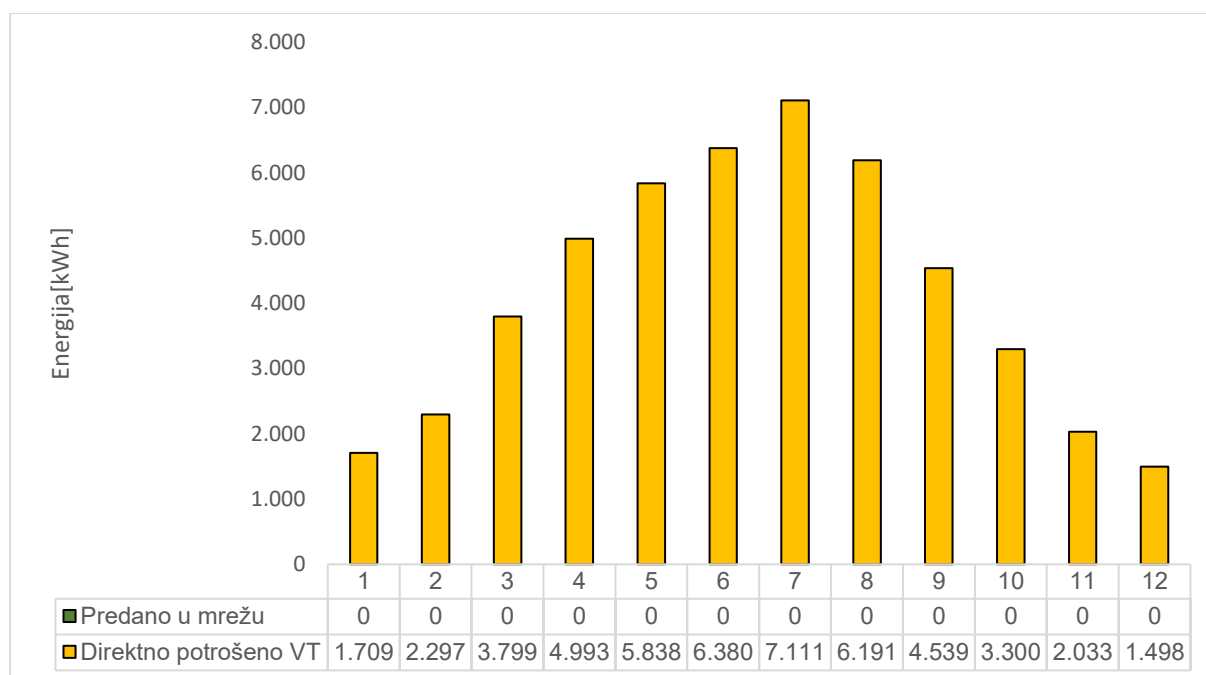
Sl. 3-28 Raspored fotonaponskih panela, Crpilište vode Šipad, Donje Naselje (Izvor: Base K2)

U okviru Scenarija A za objekat JKP „Drina“ – Crpilište vode „Šipad“, solarna elektrana je projektovana prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, pri čemu instalirana snaga iznosi 52,2 kW, a ukupna godišnja proizvodnja električne energije iznosi 49.687 kWh. Na slici **Sl. 3-28** prikazan je planirani raspored fotonaponskih modula na krovu objekta. Instalirana snaga solarne elektrane manja je od odobrene priključne snage objekta, čime je sistem u potpunosti usklađen sa tehničkim i regulatornim ograničenjima definisanim važećom regulativom.

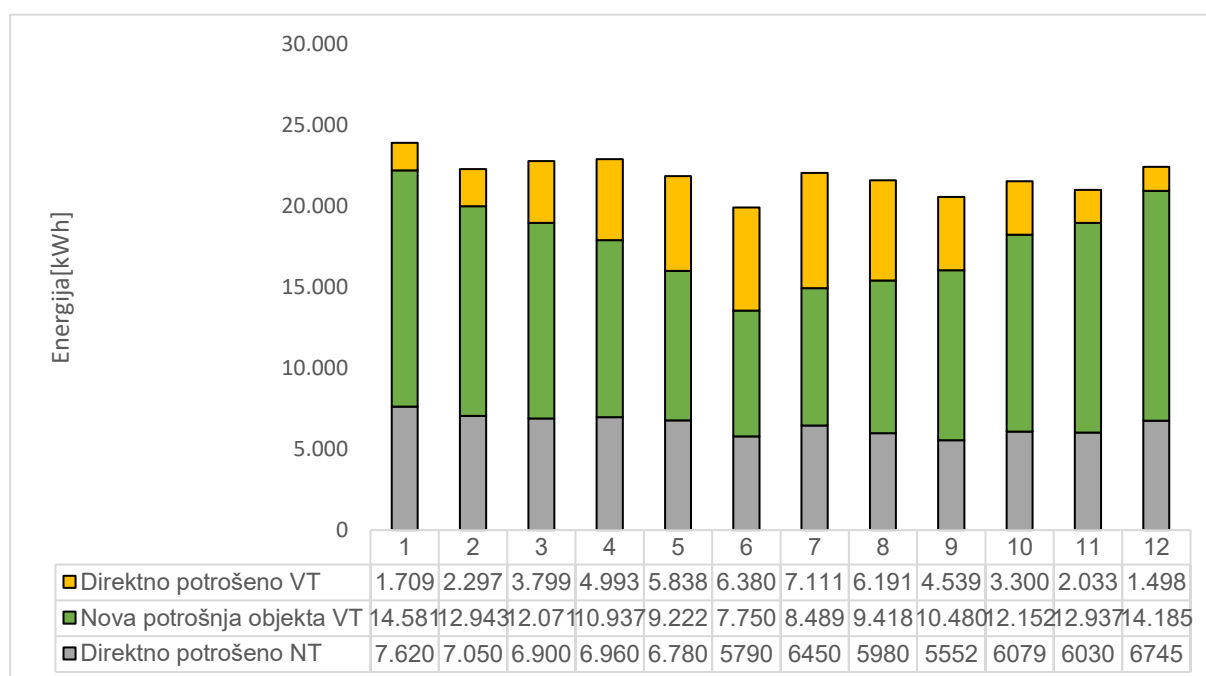
Rezultati prikazani na grafikonima **Sl. 3-29** i **Sl. 3-30** pokazuju da se celokupna proizvedena energija troši u okviru perioda više tarife, bez viškova koji bi se predavali u mrežu. To znači da je sistem u potpunosti prilagođen režimu rada objekta, koji ima stalnu i stabilnu potrošnju tokom dana, što omogućava maksimalno korišćenje proizvedene energije na mestu potrošnje.

Proizvodnja solarne elektrane sledi sezonski obrazac sunčevog zračenja, s najvišim vrednostima tokom letnjih meseci (maj–avgust). Zahvaljujući konstantnom radu crpilišta, potrošnja električne energije ostaje visoka i u tim periodima, pa se može zaključiti da ovaj scenario obezbeđuje visok stepen samopotrošnje i maksimalnu ekonomsku opravdanost sistema.

Dakle, Scenario A se pokazao optimalnim rešenjem, jer omogućava da se sve proizvedene količine električne energije iskoriste u periodu više tarife, čime se postiže najveće moguće smanjenje troškova električne energije uz potpuno usklađenost sa važećom regulativom za kupce-proizvođače.



Sl. 3-29 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje



Sl. 3-30 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje

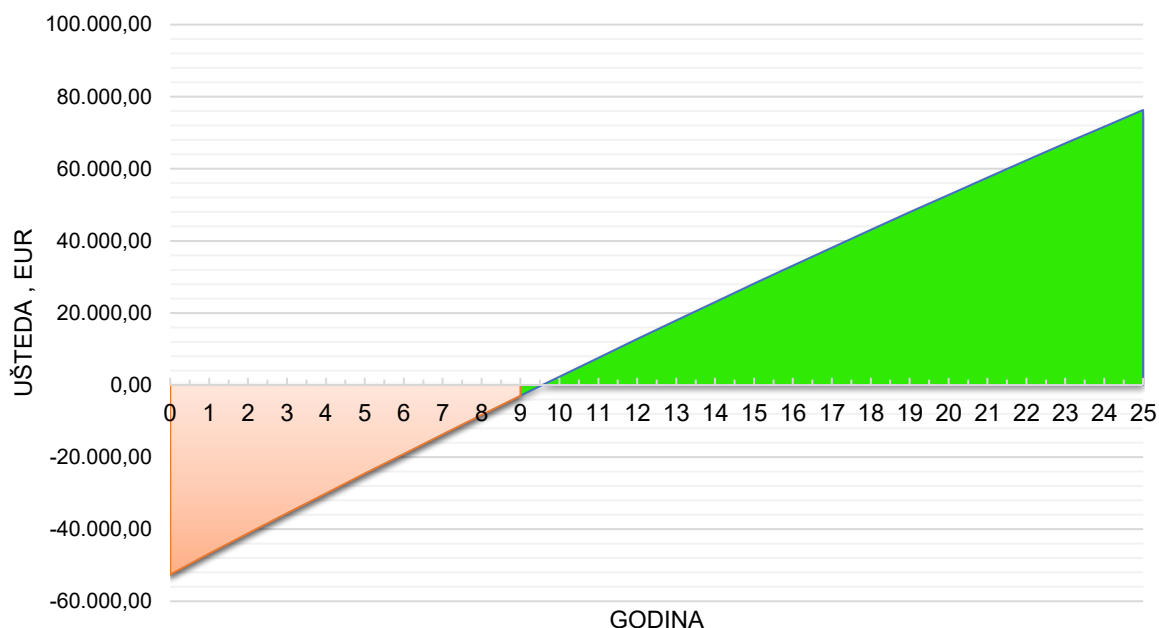
Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana ostvaruje povrat investicije nakon 9,55 godina, što ukazuje na visok stepen isplativosti projekta. Nakon 25 godina rada, ostvareni

prihod iznosi 128.874,70 EUR, dok je ukupni profit 76.324,70 EUR, što potvrđuje dugoročnu ekonomsku opravdanost sistema.

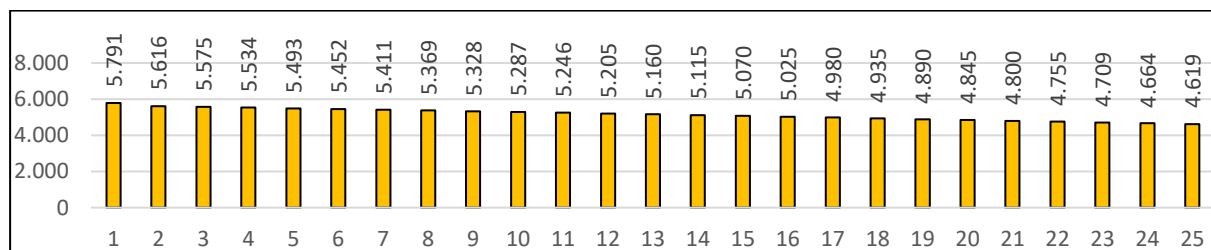
S obzirom da je instalisana snaga elektrane manja od odobrene priključne snage objekta, bilo bi preporučljivo razmotriti mogućnost dodatnog iskorišćavanja zelenih površina u neposrednoj blizini objekta za postavljanje dodatnih fotonaponskih panela. Na taj način bi se postojeći priključak iskoristio u punom kapacitetu, čime bi se dodatno povećala proizvodnja električne energije i ostvarile još veće finansijske uštede i energetska efikasnost.

Tab. 3-8 Scenario A – Period povrata investicije, Crpilište vode „Šipad“, Donje Naselje, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	9,55
Prihod nakon 25 godina, €	128.874,70
Profit nakon 25 godina, €	76.324,70
Prihod nakon 15 godina, €	80.652,82
Profit nakon 15 godina, €	28.102,82



Sl. 3-31 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Crpilište vode „Šipad“



Sl. 3-32 Scenario A - Godišnji tokovi od elektrane, Crpilište vode „Šipad“

3.6. Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Mali Zvornik

Objekat Predškolske ustanove „Crvenkapa“ nalazi se u naselju Mali Zvornik, na adresi Drinska 7, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija.

Zgrada je javne namene – obrazovno-vaspitni objekat, koji se koristi tokom cele godine za potrebe predškolskog obrazovanja i dnevnog boravka dece. Objekat ima stabilan režim potrošnje električne energije usklađen sa radnim vremenom i sezonskim aktivnostima ustanove. Objekat je priključen na distributivnu mrežu putem brojila broj 3188811, sa odobrenom priključnom snagom od 17,25 kW. Ukupna godišnja potrošnja električne energije za period od 2022. do 2024. godine iznosi 41.670 kWh, od čega se 31.200 kWh odnosi na potrošnju u periodu više tarife (VT).

Ukupna raspoloživa površina krova iznosi približno 1.074 m², što omogućava postavljanje solarne elektrane srednje do veće snage, uz mogućnost optimalnog iskorišćenja solarnih resursa.

Tab. 3-9: Opšti podaci – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Mali Zvornik		
Adresa	Drinska 7, Mali Zvornik 15318, Srbija	
Tip objekta	Predškolska ustanova	
Broj brojila	3188811	
Odobrena električna snaga	17,25 kW	
Potrošnja električne energije	41.670 (31.200 VT) kWh/god	
Površina krova	~1074	



Sl. 3-33 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik (1)

Projekt - Sanacija krovne konstrukcije sa zamenom krovnog pokrivača

Sukladno ovom projektu sanirani su delovi krovne konstrukcije koji su dotrajali i oštećeni usled prodora vode na mestima gde je krovni pokrivač izgubio funkcionalnost. Radovi su obuhvatili zamenu oštećenih drvenih elemenata konstrukcije, kao i dotrajale termoizolacije, uz potpunu zamenu postojećeg krovnog pokrivača.

Nakon uklanjanja starog pokrivača, predviđeno je da se ceo krov prekrije pocinkovanim, plastificiranim pertlovanim limom u tablama, uz poštovanje svih tehničkih detalja spojeva i spojeva na ivicama.

Na ovaj način objekat je dobio energetski efikasniji i dugotrajniji krovni sistem, koji u potpunosti zadovoljava tehničke uslove za instalaciju solarne elektrane u skladu sa planiranim projektom energetske modernizacije.

Krovna konstrukcija objekta izvedena je kao kombinovani sistem sa više nivoa i blagim nagibima, pri čemu su površine delimično ravne, a delimično blago nagnute. Krov je pokriven pocinkovanim pertlovanim limom tamne boje, što obezbeđuje dugotrajnost i visoku otpornost na atmosferske uticaje.

Segmenti krova su orijentisani pretežno ka jug, istoku i zapadu, uz minimalna senčenja od okolnih objekata (drveće), što ga čini veoma pogodnim za postavljanje solarnih panela.

Ukupna raspoloživa površina krova je velika i pravilno raspoređena po segmentima različitih visina, što omogućava fleksibilno pozicioniranje fotonaponskih modula i postizanje visokog stepena iskorišćenja solarne energije.

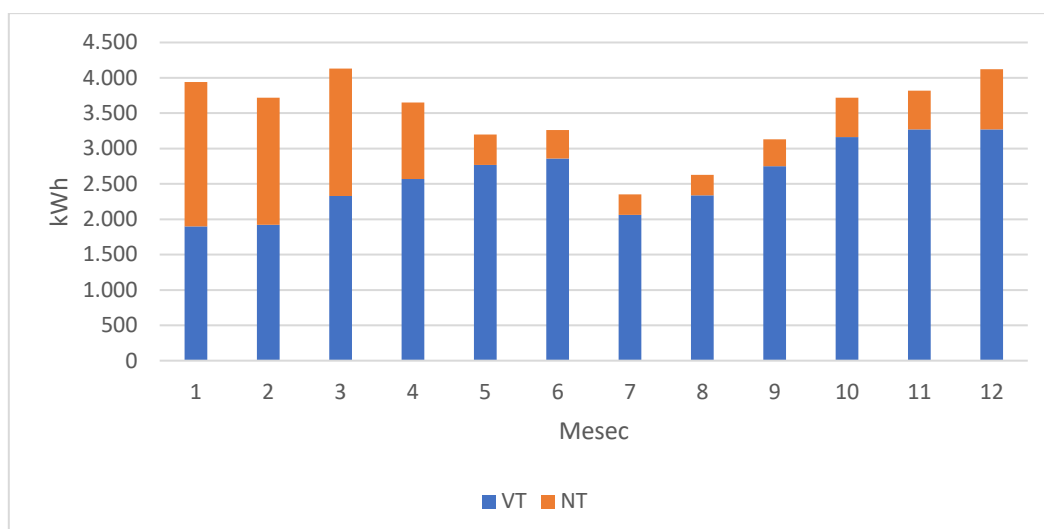


Sl. 3-34 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik (2)

Grafikon *Sl. 3-35* prikazuje mesečni profil potrošnje električne energije objekta Predškolske ustanove „Crvenkapa“ za period od januara do decembra, razdvojen po tarifnim zonama – višoj (VT) i nižoj (NT) tarifi.

Uočava se izražen sezonski obrazac potrošnje, sa najvišim vrednostima tokom zimskih meseci (decembar–mart), što je posledica povećane upotrebe grejnih i ventilacionih sistema. Tokom letnjih meseci (jun–avgust) potrošnja se smanjuje, u skladu sa kraćim radnim vremenom i manjom potrebom za osvetljenjem i grejanjem.

Dominantni deo ukupne potrošnje ostvaruje se u periodu više tarife, dok je udeo niže tarife umeren. Ovakav profil potrošnje ukazuje da bi ugradnja solarne elektrane bila naročito efikasna za pokrivanje potrošnje tokom dnevnog režima rada, odnosno u okviru više tarife, kada se i ostvaruje najveća proizvodnja solarne energije.



Sl. 3-35 Potrošnja električne energije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

Pri analizi objekta Predškolske ustanove „Crvenkapa“ u Malom Zvorniku razrađeni su Scenario A i Scenario B.

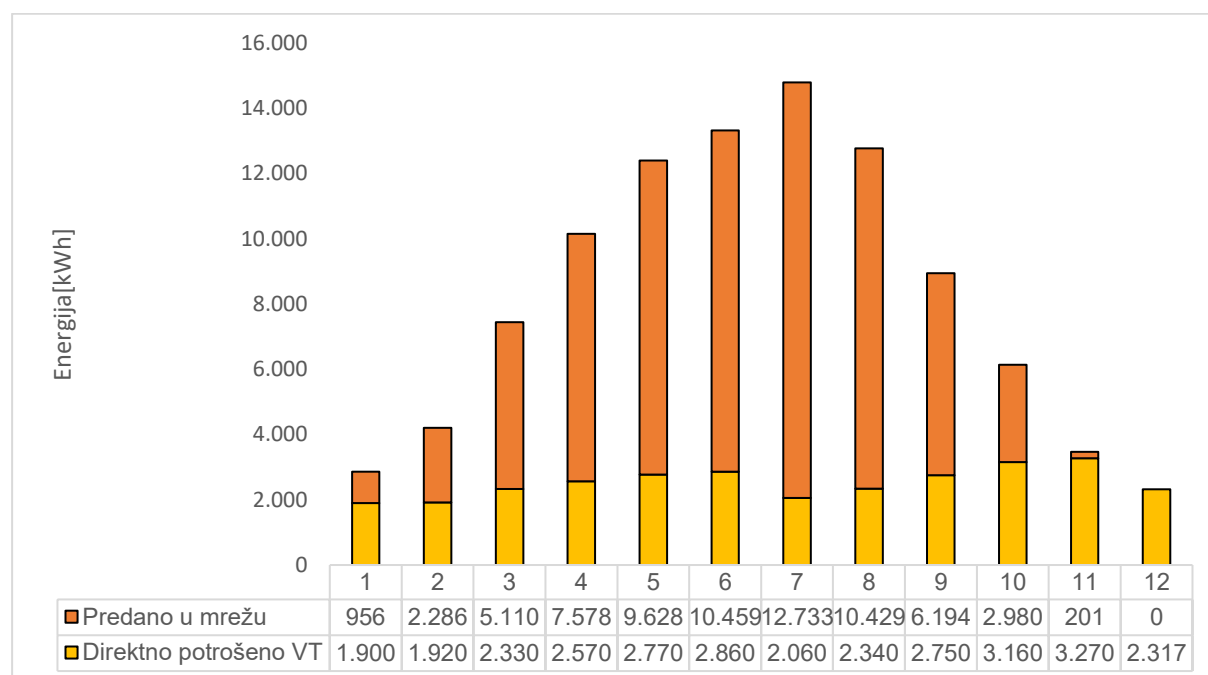
3.6.1. Scenario A - Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik



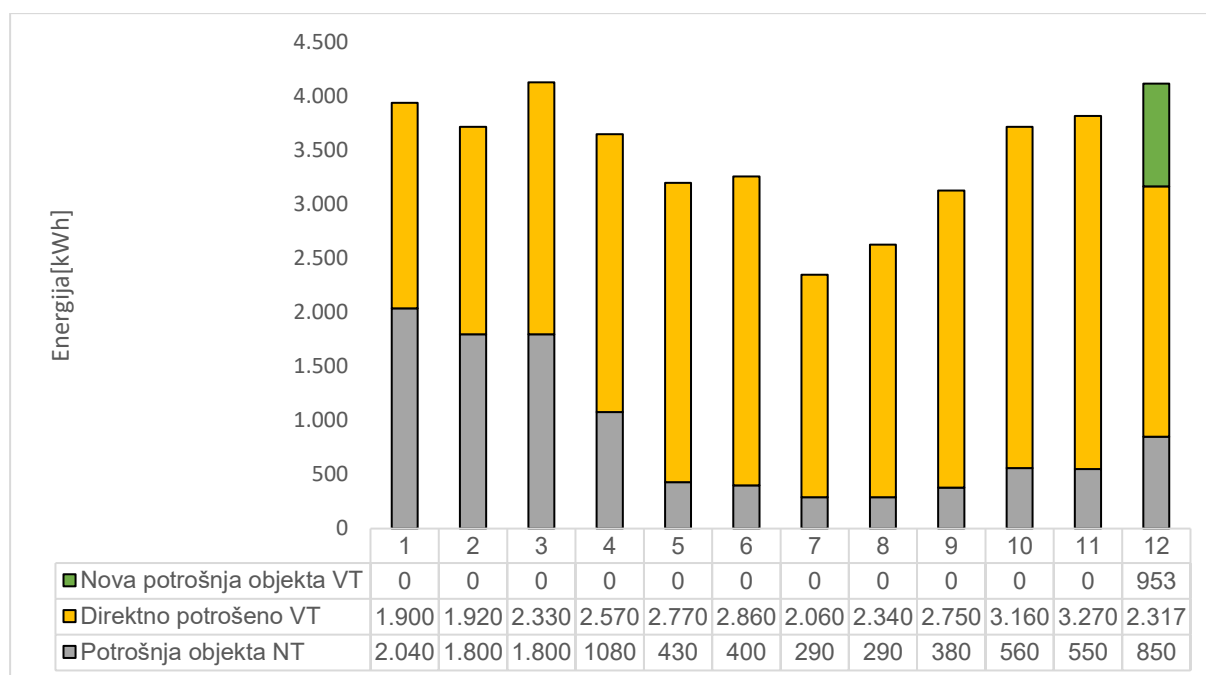
Sl. 3-36 Raspored fotonaponskih panela, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik
(Izvor: Base K2)

Za Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine, solarna elektrana je projektovana sa instalisanom snagom koja omogućava godišnju proizvodnju od 98.800 kWh, što značajno premašuje realne potrebe objekta. Na **SI. 3-36** prikazan je položaj i raspored fotonaponskih modula na krovnim površinama objekta.

Na grafikonu **SI. 3-37** proizvodnje solarne elektrane uočava se izražen sezonski karakter rada sistema, sa maksimalnom proizvodnjom tokom letnjih meseci (maj–avgust), kada su uslovi sunčevog zračenja najpovoljniji. U ovom periodu nastaju i veliki viškovi proizvedene energije koji se predaju u distributivnu mrežu, dok se tokom zimskih meseci veći deo proizvodnje koristi direktno u objektu.



SI. 3-37 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik



Sl. 3-38 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

Poređenjem sa godišnjom potrošnjom objekta u periodu više tarife, koja iznosi 31.200 kWh, jasno je da je instalacija ovakvog kapaciteta značajno predimenzionisana. Ukupna godišnja proizvodnja više je nego tri puta veća od potrošnje u periodu više tarife, što prevazilazi energetske potrebe ustanove.

U okviru važećeg zakonskog i regulatornog okvira za kupce-proizvođače u Republici Srbiji, gde su jedini prihodi ostvareni kroz umanjenje iznosa računa za električnu energiju, a ne kroz prodaju viškova u mrežu, ovako velika elektrana nije ekonomski opravdana. Zbog toga se ovakav sistem može posmatrati isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala objekta, ali ne i kao realno ili regulatorno prihvatljivo rešenje za implementaciju.

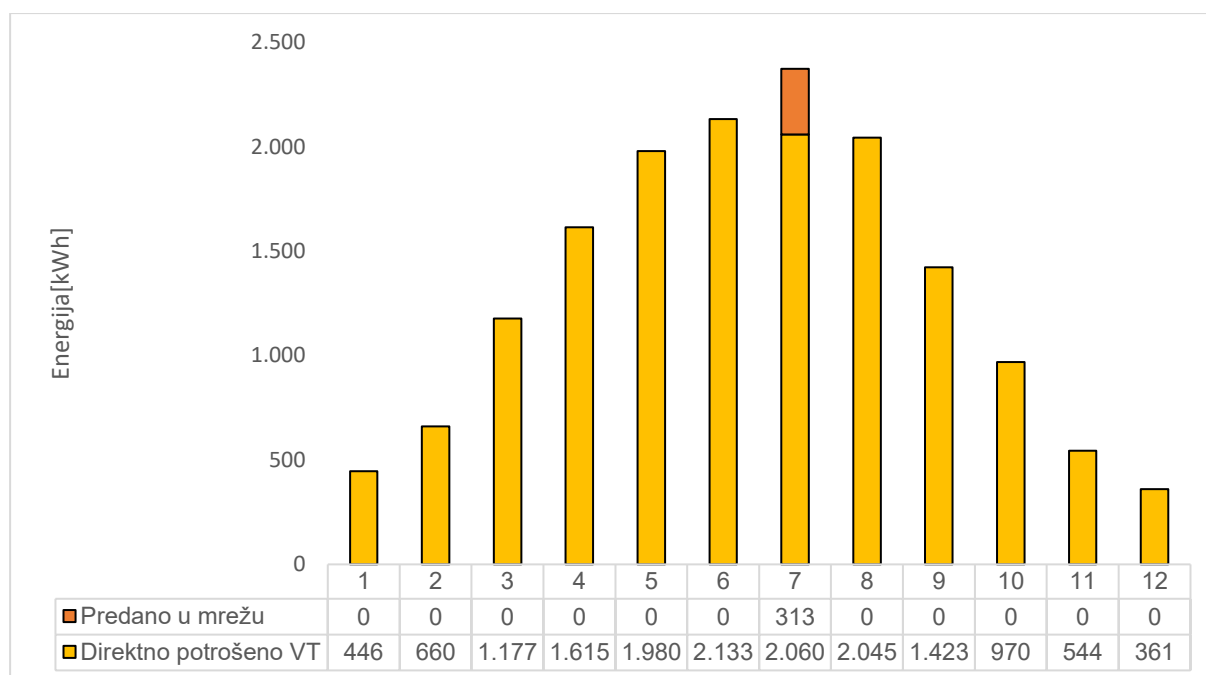
3.6.2. Scenario B – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

U Scenariju B solarna elektrana je projektovana u skladu sa odobrenom priključnom snagom objekta, koja za Predškolsku ustanovu „Crvenkapa“ u Malom Zvorniku iznosi 17,25 kW. Na ovaj način obezbeđeno je poštovanje tehničkih i regulatornih ograničenja definisanih u okviru Uredbe o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022), prema kojoj instalisana snaga proizvodnog objekta ne sme biti veća od odobrene priključne snage.

Ovakvo dimenzionisanje sistema omogućava da objekat stekne status kupca-proizvođača (prosumer) i koristi mehanizam neto obračuna električne energije, pri čemu se proizvedena energija koristi prvenstveno za pokriće sopstvene potrošnje u periodu više tarife.

U okviru ovog scenarija analizirana je godišnja proizvodnja i potrošnja električne energije, kao i stepen pokrivenosti potreba objekta sopstvenom proizvodnjom, sa ciljem da se proceni

optimalna veličina sistema koja bi obezbedila maksimalnu ekonomsku isplativost i racionalno korišćenje proizvedene energije.

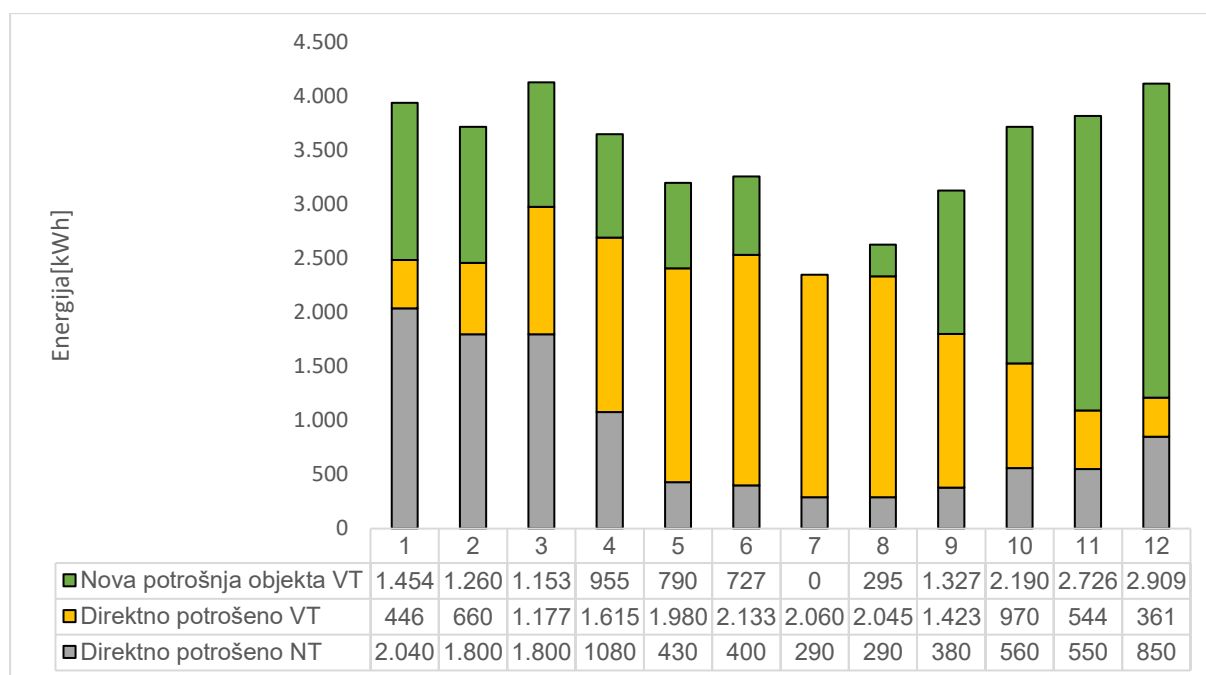


Sl. 3-39: Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

Na grafikonu **Sl. 3-39** prikazana je mesečna proizvodnja solarne elektrane u okviru Scenarija B, za sistem instalisane snage 17,25 kW. Prema proračunu izvršenom pomoću alata PVGIS, godišnja proizvodnja električne energije iznosi 15.727 kWh, dok godišnja potrošnja objekta u periodu više tarife iznosi 31.200 kWh.

Iz grafikona je vidljivo da proizvodnja solarne elektrane prati sezonski tok sunčevog zračenja, sa najvećim prinosima tokom letnjih meseci (maj–avgust), dok je u zimskom periodu proizvodnja značajno manja. U ovom scenariju, veći deo proizvedene energije se direktno troši u objektu, što rezultira visokim stepenom samopotrošnje i smanjenjem potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.

Iako godišnja proizvodnja ne pokriva u potpunosti potrošnju tokom više tarife, elektrana instalisane snage 17,25 kW obezbeđuje značajno smanjenje troškova za električnu energiju i predstavlja tehnički i regulatorno optimalno rešenje za ovaj objekat. Sistem je u potpunosti usklađen sa važećim propisima za kupce-proizvođače i omogućava efikasno korišćenje proizvedene energije u okviru obračunskog perioda.



Sl. 3-40 Scenario B – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana instalisane snage 17,25 kW ostvaruje povrat investicije nakon 10,1 godinu, što se smatra veoma povoljnim rezultatom za objekte ove namene. Nakon 25 godina rada, ostvareni prihod iznosi 40.846,32 EUR, dok je ukupni profit 23.246,32 EUR, što ukazuje na stabilnu dugoročnu isplativost projekta.

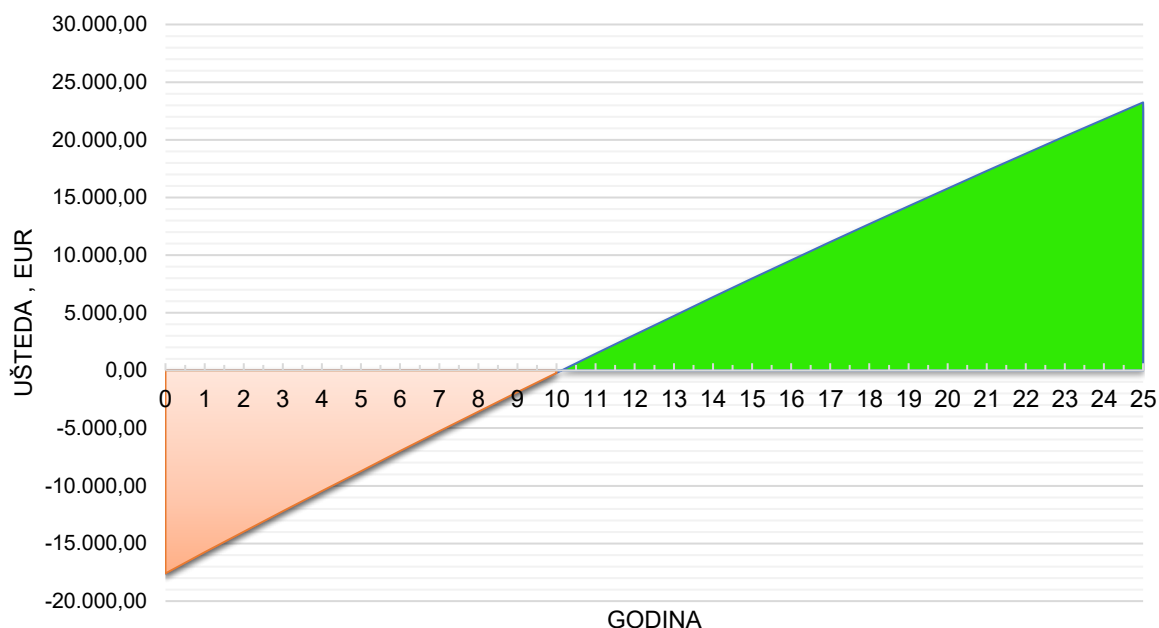
Već nakon 15 godina sistem ostvaruje prihod od 25.563,18 EUR, uz profit od 7.963,18 EUR, čime se potvrđuje da je investicija ekonomski opravdana i da elektrana značajno doprinosi smanjenju troškova električne energije objekta.

Ovakvi rezultati pokazuju da je elektrana adekvatno dimenzionisana u odnosu na potrebe objekta i da predstavlja optimalno tehničko i finansijsko rešenje, uz uvažavanje važećih regulatornih ograničenja za kupce-proizvođače.

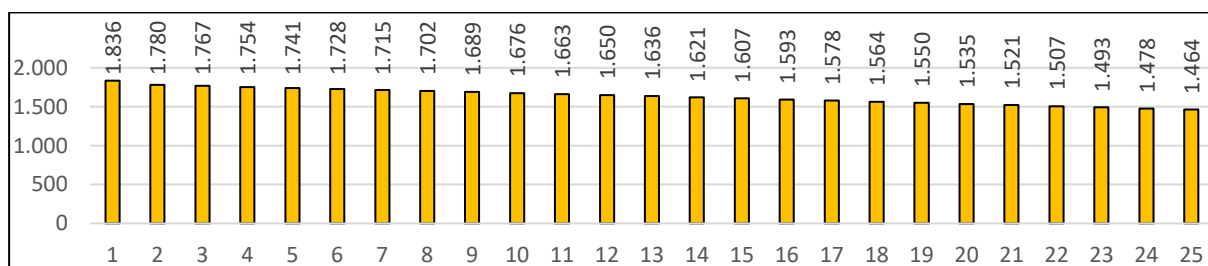
Instalacijom sistema ove veličine postiže se visok stepen samopotrošnje proizvedene energije, čime se maksimalno koristi potencijal solarne elektrane u okviru važećeg modela neto obračuna.

Tab. 3-10 Scenario B – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	10,10
Prihod nakon 25 godina, €	40.846,32
Profit nakon 25 godina, €	23.246,32
Prihod nakon 15 godina, €	25.563,18
Profit nakon 15 godina, €	7.963,18



Sl. 3-41 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik



Sl. 3-42 Scenario B - Godišnji tokovi od elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Mali Zvornik

3.7. Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Donje Naselje

Objekat Predškolske ustanove „Crvenkapa“ nalazi se u naselju Donje Naselje, u okviru opštine Mali Zvornik, na adresi Donje Naselje, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija. Zgrada je javne namene – obrazovno-vaspitni objekat, koji se koristi tokom cele godine za potrebe predškolskog obrazovanja i boravka dece. Objekat ima stabilan režim potrošnje električne energije, usklađen sa dnevnim i sezonskim aktivnostima ustanove. Objekat je priključen na distributivnu mrežu putem brojila broj 10748781, sa odobrenom priključnom snagom od 22,08 kW.

Ukupna godišnja potrošnja električne energije iznosi 4.975 kWh, od čega se 3.912 kWh odnosi na potrošnju u periodu više tarife (VT).

Krovna konstrukcija objekta izvedena je kao višeslivni kosi krov sa glinenim crepom, u dobrom građevinskom stanju. Nagib i orijentacija krovnih površina — pretežno prema jugu i jugozapadu — pružaju povoljne uslove za postavljanje fotonaponskih modula.

Ukupna raspoloživa površina krova iznosi približno 246 m², što omogućava instalaciju solarne elektrane manjeg kapaciteta, optimalno prilagođene energetske potrebama objekta i tehničkim ograničenjima priključka.

Tab. 3-11: Opšti podaci – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje	
Adresa	Donje Naselje, Mali Zvornik 15318, Srbija
Tip objekta	Predškolska ustanova
Broj brojila	10748781
Odobrena električna snaga	22,08 kWh
Potrošnja električne energije	4.975 (3.912 VT) kWh/god
Površina krova	~246 m ²



Sl. 3-43 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje (2)

Grafikon prikazuje profil prosečne mesečne potrošnje električne energije objekta Predškolske ustanove „Crvenkapa“ u Donjem Naselju za period od januara 2022. do decembra 2024. godine, razdvojen po tarifnim zonama – višoj (VT) i nižoj (NT) tarifi.

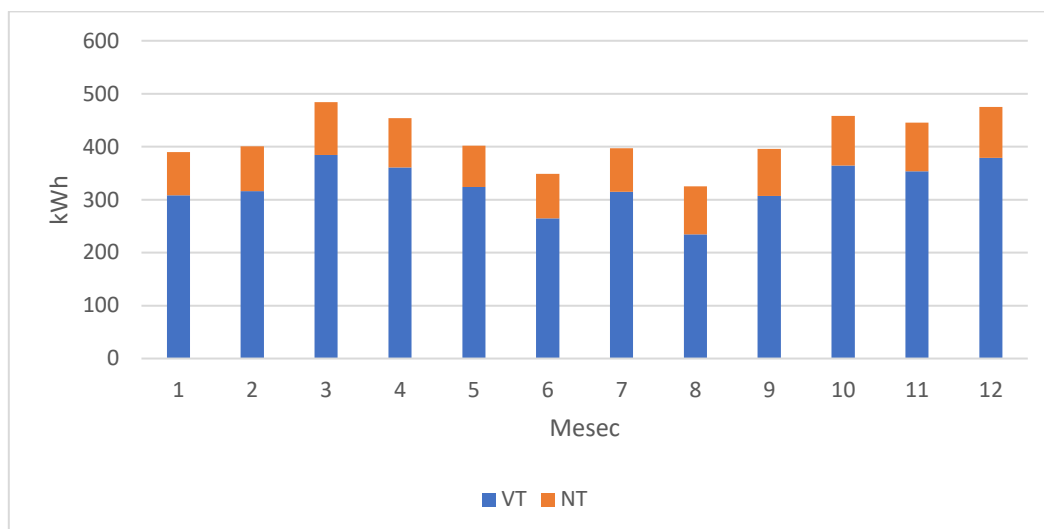
Uočava se stabilan obrazac potrošnje tokom cele godine, bez značajnih sezonskih odstupanja, što je karakteristično za objekte koji posluju u kontinuitetu tokom svih meseci. Blagi porast potrošnje zabeležen je u zimskom periodu (decembar–mart), dok se nešto niže vrednosti javljaju tokom letnjih meseci kada je potreba za grejanjem manja.

Veći deo ukupne potrošnje ostvaruje se u periodu više tarife, dok je udeo potrošnje u nižoj tarifi umeren, što je u skladu sa režimom rada predškolskih ustanova koje funkcionišu pretežno u dnevnom

satima.

Ovakav profil potrošnje ukazuje da bi instalacija solarne elektrane značajno doprinela

smanjenju troškova električne energije kroz pokriće potrošnje u okviru više tarife, kada se i ostvaruje najveća proizvodnja iz solarnih izvora.



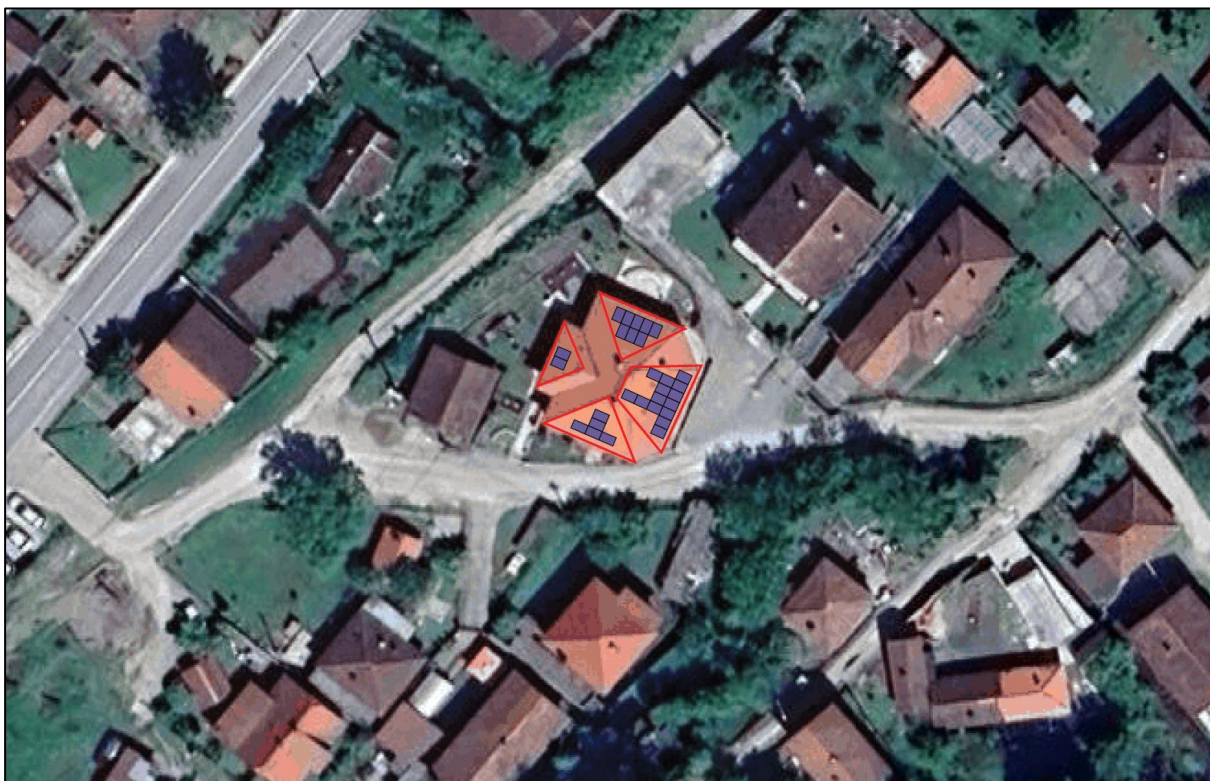
Sl. 3-44 Potrošnja električne energije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje



Sl. 3-45 Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje (1)

Pri analizi objekta Predškolske ustanove „Crvenkapa“ u Donjem Naselju razrađeni su Scenario A i Scenario C.

3.7.1. Scenario A – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje



Sl. 3-46 Raspored fotonaponskih panela, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje
(Izvor: Base K2)

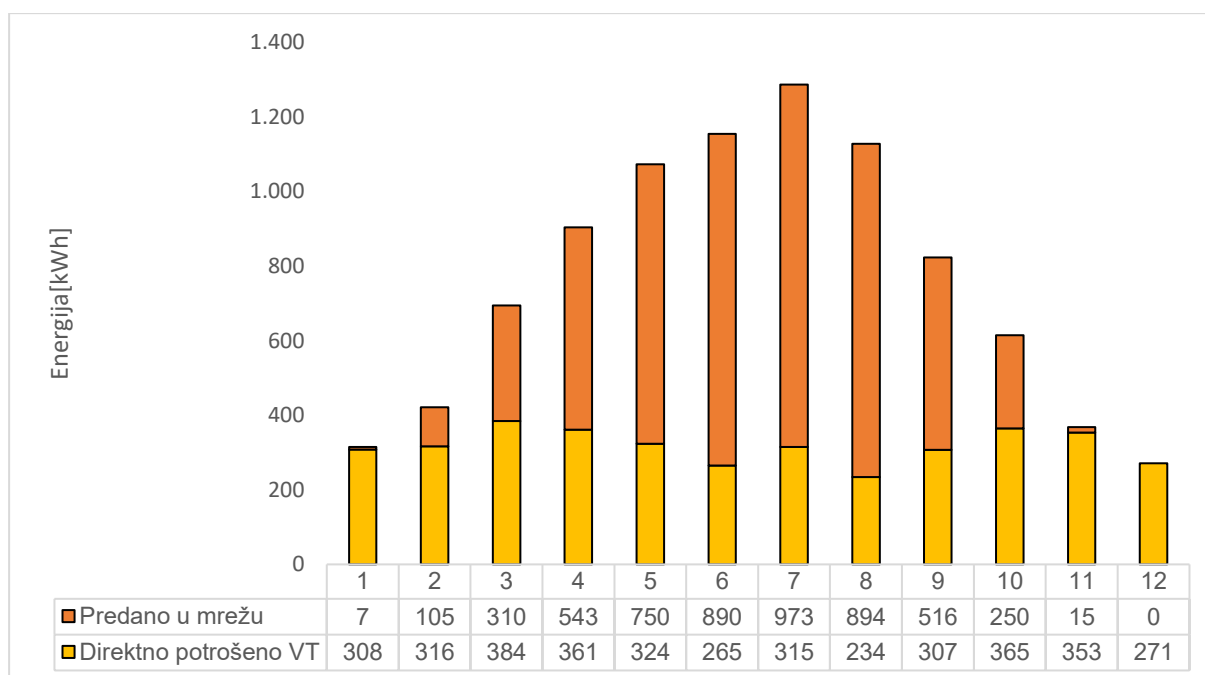
Za Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine, solarna elektrana je projektovana sa instalisanom snagom od 9,45 kW, što predstavlja maksimalno tehničko iskorišćenje dostupne krovne površine objekta. Na slici **Sl. 3-46** prikazan je odgovarajući raspored fotonaponskih modula.

Na slici **Sl. 3-47** prikazana je ukupna mesečna proizvodnja električne energije dobijena pomoću alata PVGIS, prema kojoj godišnja proizvodnja iznosi 9.056 kWh.

Grafikon jasno pokazuje izražen sezonski karakter rada sistema, sa najvećom proizvodnjom u periodu od maja do avgusta, kada su solarni uslovi najpovoljniji, dok je proizvodnja tokom zimskih meseci znatno manja zbog kraćeg trajanja dana i manjeg intenziteta sunčevog zračenja.

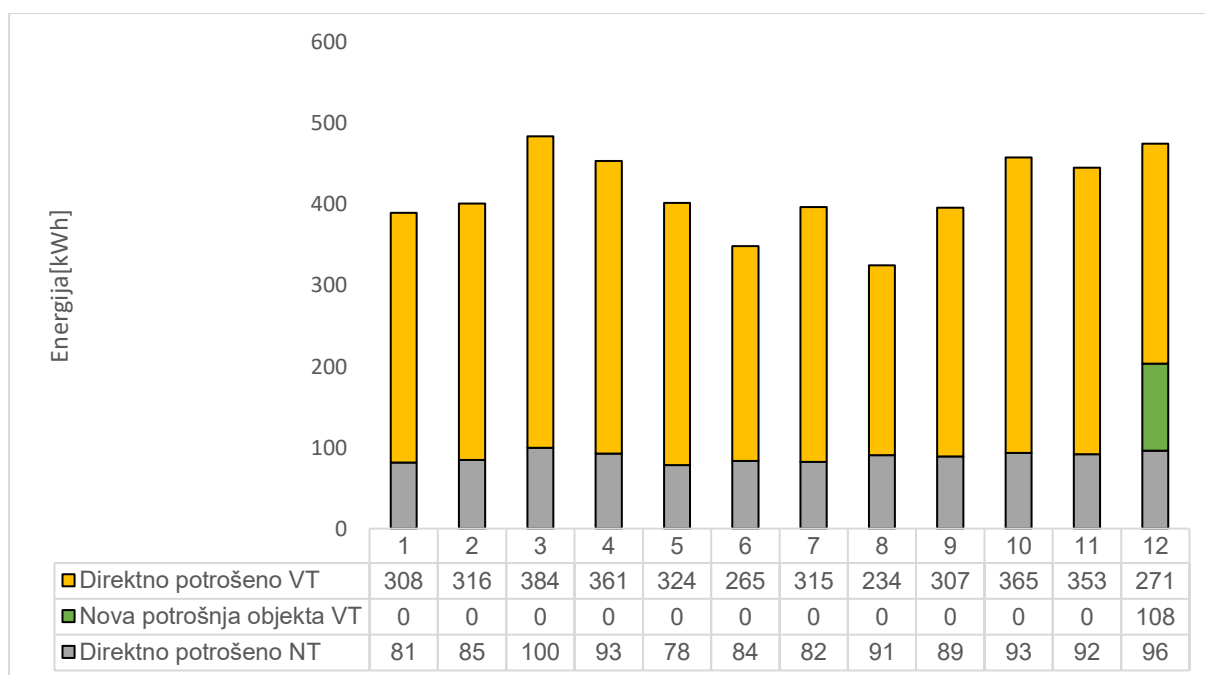
U letnjem periodu ostvaruju se značajni viškovi proizvedene energije koji se predaju u mrežu, dok se u zimskim mesecima veći deo energije direktno troši u objektu, čime se smanjuje potreba za preuzimanjem električne energije iz distributivnog sistema. Ukupna proizvodnja pokazuje da bi elektrana ovakvog kapaciteta mogla da pokrije godišnje potrebe objekta za električnom energijom tokom više tarife, uz ostvarivanje određenih viškova proizvodnje u mesecima sa visokim solarnim prinosom.

S obzirom na to da ukupna godišnja potrošnja objekta u periodu više tarife iznosi 3.912 kWh, jasno je da bi elektrana ovakvog kapaciteta mogla da u potpunosti pokrije potrošnju električne energije za period više tarife u obračunskom periodu, uz ostvarivanje određenih viškova proizvodnje u mesecima sa visokim solarnim prinosom.



Sl. 3-47 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

Grafikon Sl. 3-48 ukazuje da zahvaljujući potrošnji električne energije u periodu više tarife (VT) koja u potpunosti pokriva iz sopstvene proizvodnje uz relativno malu potrošnju u nižoj tarifi (NT) relativno mala, objekat dostiže visok stepen energetske samostalnosti u okviru obračunskog perioda, pri čemu nema potrebe za preuzimanjem električne energije iz mreže u višoj tarifi.



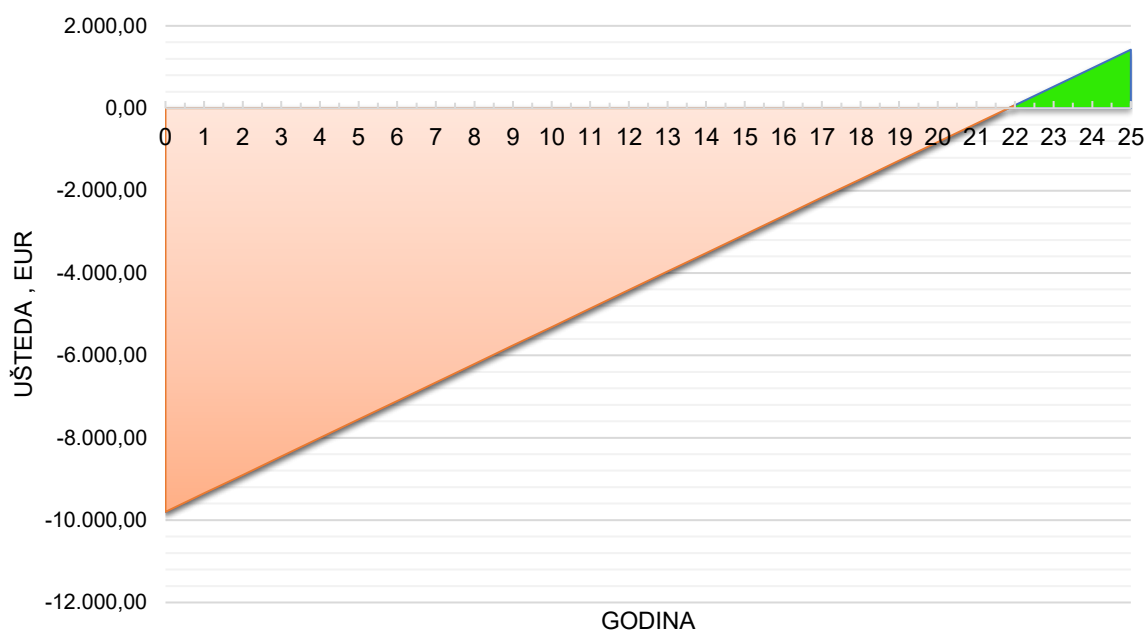
Sl. 3-48 Scenario A - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana u ovom scenariju ostvaruje povrat investicije nakon 21,83 godine, što ukazuje na ograničenu ekonomsku isplativost projekta. Nakon 25 godina rada, ukupni prihod iznosi 11.222,28 EUR, dok ostvareni profit iznosi svega 1.422,28 EUR, što ukazuje na minimalnu finansijsku dobit u odnosu na početno ulaganje.

Rezultati pokazuju da je elektrana predimenzionisana u odnosu na stvarne potrebe objekta, s obzirom na nisku godišnju potrošnju i ograničene mogućnosti za korišćenje proizvedene energije u okviru obračunskog perioda. Zbog toga je period povrata produžen, a ekonomski efekat ulaganja smanjen. Sa aspekta finansijske opravdanosti, racionalnije rešenje bilo bi projektovanje elektrane manje instalisane snage, koja bi bila bolje usklađena sa potrošnjom objekta u periodu više tarife i obezbedila kraći period povrata i viši stepen samopotrošnje proizvedene električne energije.

Tab. 3-12 Scenario A – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	21,83
Prihod nakon 25 godina, €	11.222,28
Profit nakon 25 godina, €	1.422,28
Prihod nakon 15 godina, €	6.733,37
Profit nakon 15 godina, €	-3.066,63



Sl. 3-49 Scenario A – Prikaz ušteta kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

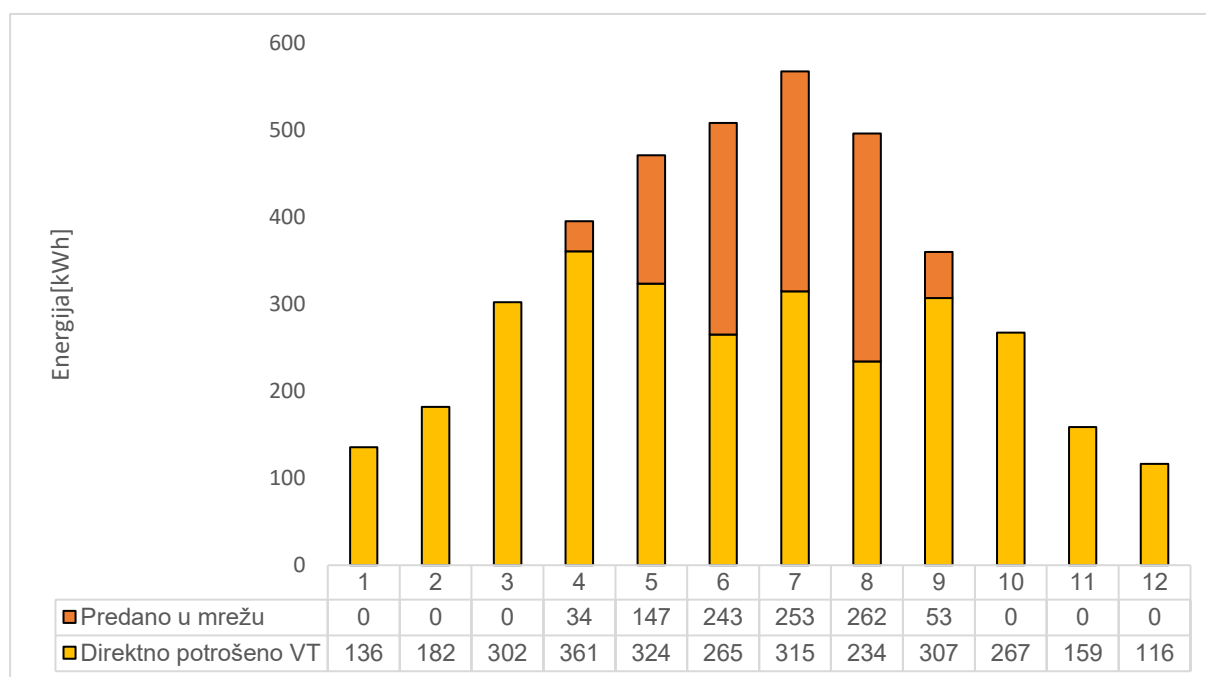
3.7.2. Scenario C – Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

U okviru Scenarija C za objekat *Predškolska ustanova „Crvenkapa“ Donje Naselje*, razmatrana je instalacija solarne elektrane nazivne snage od 4 kW. Ova veličina sistema odabrana je kao optimalna s obzirom na potrošački profil objekta i raspoloživu površinu krova. Na osnovu

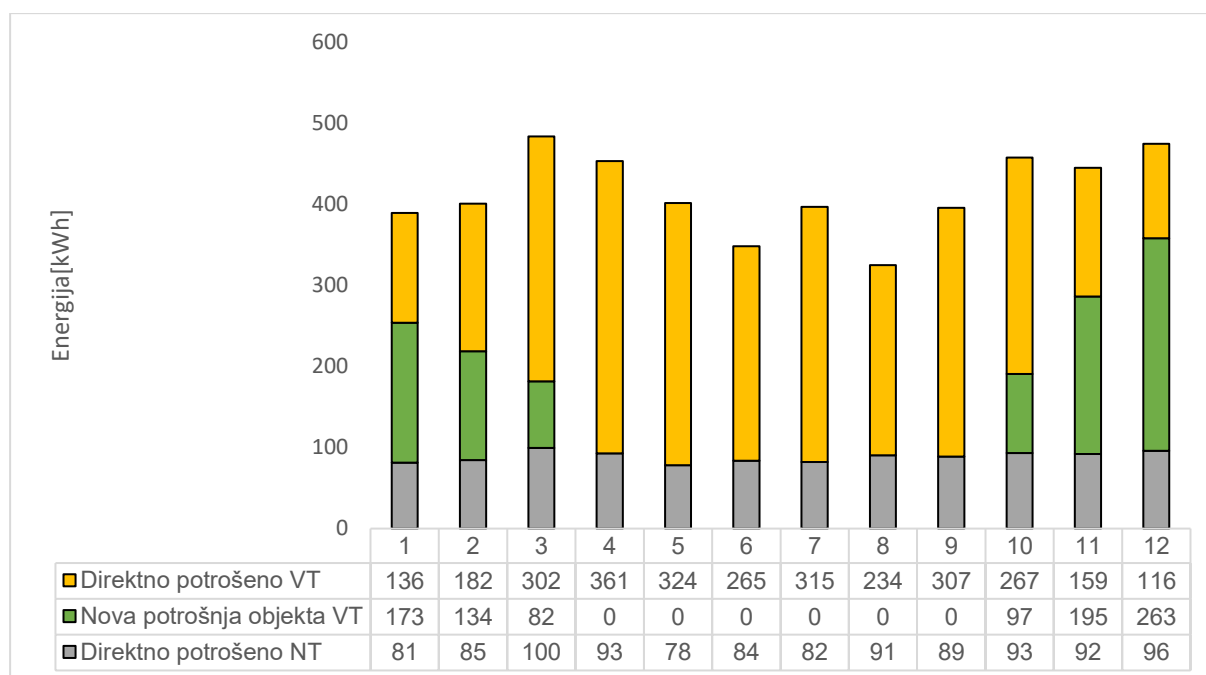
orijentacije i položaja krova, procenjena je godišnja proizvodnja električne energije od 3.961 kWh, što je blago iznad ukupne godišnje potrošnje u periodu više tarife, koja iznosi 3.912 kWh.

Na ovaj način projektovani sistem pokriva gotovo celokupne potrebe objekta u periodu više tarife, čime se ostvaruje maksimalni efekat smanjenja troškova električne energije i povećanja energetske samostalnosti objekta, uz minimalan višak koji potencijalno može biti plasiran u mrežu.

Mjesečna raspodela proizvodnje prikazana na *Sl. 3-50* i *Sl. 3-51* pokazuje da se značajan višak ostvaruje tokom letnjih meseci, pre svega od maja do avgusta, kada proizvodnja prelazi potrebe objekta u periodu više tarife, dok je u zimskim mesecima odnos obrnut. Ovakva sezonska dinamika proizvodnje u potpunosti je u skladu sa očekivanim solarnim profilom za ovu snagu i orijentaciju sistema, uz optimalno korišćenje proizvedene energije direktno na licu mesta. Time se postiže visoko pokriće potrošnje u periodima kada su troškovi energije najveći, čime se maksimizuju finansijske uštede, dok se višak energije u letnjem periodu predaje u mrežu.



Sl. 3-50 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje



Sl. 3-51 Scenario C - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje

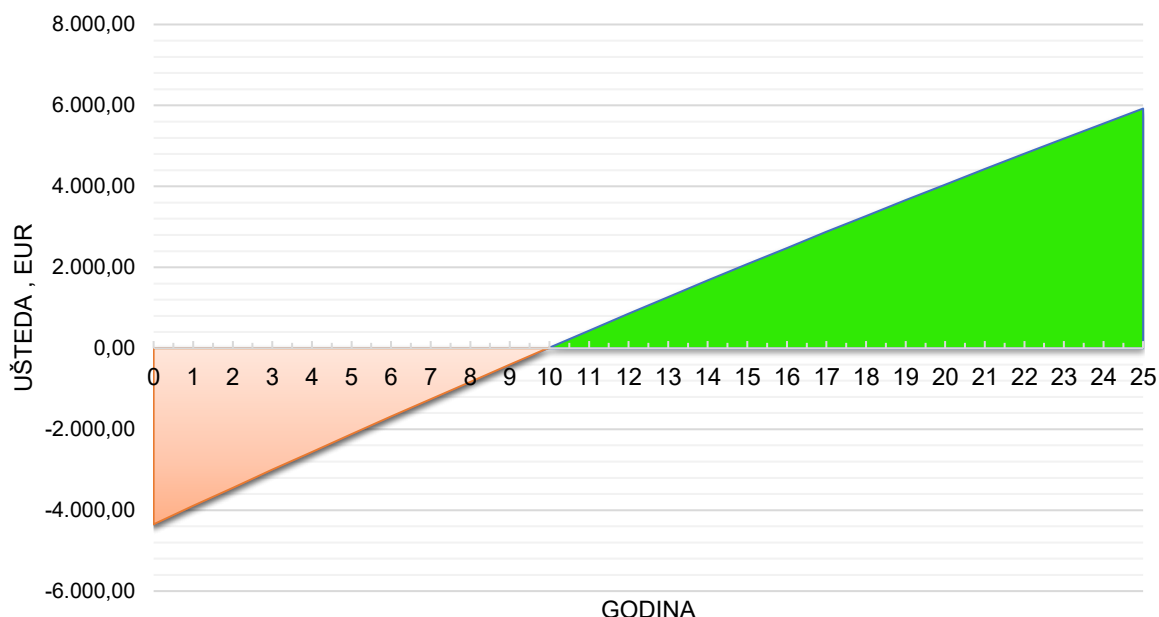
Na osnovu sprovedene ekonomske analize za Scenario C, procenjeno je da će period povrata investicije iznositi približno 9,9 godina, što je u skladu sa očekivanjima za objekte ove veličine i karakteristika potrošnje. Nakon isteka tog perioda, solarna elektrana nastavlja da generiše neto finansijske koristi kroz uštede u troškovima električne energije, uz minimalne troškove održavanja sistema.

Kumulativni ukupni prihod od ušteta nakon 15 godina eksploatacije procenjuje se na 6.427,00 EUR, dok je neto profit u tom periodu, nakon odbitka inicijalne investicije, 2.077,00 EUR. Na duži vremenski horizont, nakon 25 godina rada sistema, očekivani ukupni prihod iznosi 10.273,34 EUR, dok je neto profit procenjen na 5.923,34 EUR.

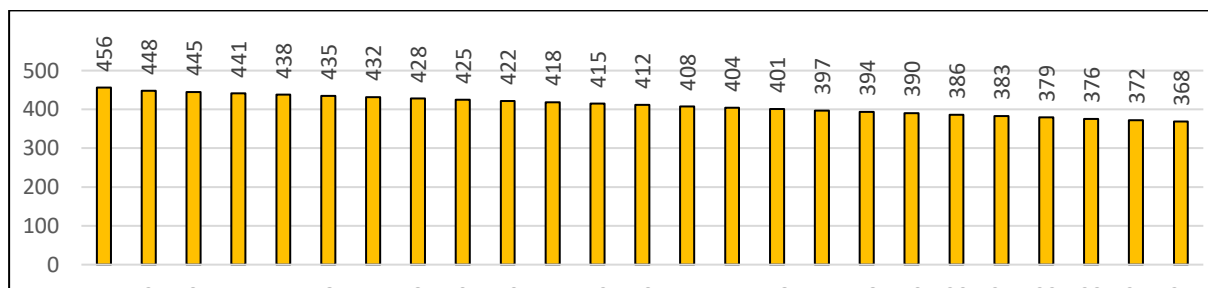
Ovi rezultati potvrđuju ekonomsku opravdanost investicije i ukazuju da će nakon povrata uložених sredstava projekat nastaviti da donosi stabilne i merljive finansijske koristi tokom celog životnog veka elektrane.

Tab. 3-13 Scenario C – Period povrata investicije, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	9,93
Prihod nakon 25 godina, €	10.273,34
Profit nakon 25 godina, €	5.923,34
Prihod nakon 15 godina, €	6.427,00
Profit nakon 15 godina, €	2.077,00



Sl. 3-52 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Predškolska ustanova „Crvenkapa“, Donje Naselje



Sl. 3-53 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, Predškolska ustanova "Crvenkapa", Donje Naselje

3.8. Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik

Objekat Biblioteke „17. Septembar“ nalazi se u naselju Mali Zvornik, na adresi Kralja Petra I 26, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija.

Zgrada je javne namene – kulturni objekat, koji se koristi tokom cele godine za bibliotečke i obrazovno-kulturne aktivnosti. Objekat se nalazi u centralnom delu naselja, u neposrednoj blizini ostalih javnih institucija, što doprinosi njegovom značaju u lokalnoj zajednici.

Biblioteka je priključena na distributivnu mrežu putem dva brojila – broj 4314735981 i broj 4314735973, sa ukupno odobrenom priključnom snagom od 34,5 kW (po 17,25 kW po priključku). Ukupna prosečna godišnja potrošnja električne energije u periodu 2022–2024. iznosi 15.914 kWh.

Krovna konstrukcija objekta izvedena je kao višeslivni kosi krov pokriven glinenim crepom, sa delovima različitog nagiba i segmentima koji su orijentisani pretežno prema istoku i zapadu.

Ovakva konfiguracija krova omogućava stabilnu montažu fotonaponskih modula uz dobro prostorno iskorišćenje površine i minimalna građevinska prilagođavanja.

Ukupna raspoloživa površina krova iznosi približno 470 m², što omogućava postavljanje solarne elektrane srednje snage, prilagođene energetske potrebama objekta.



Sl. 3-54 Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik (1)

Tab. 3-14: Opšti podaci – Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik

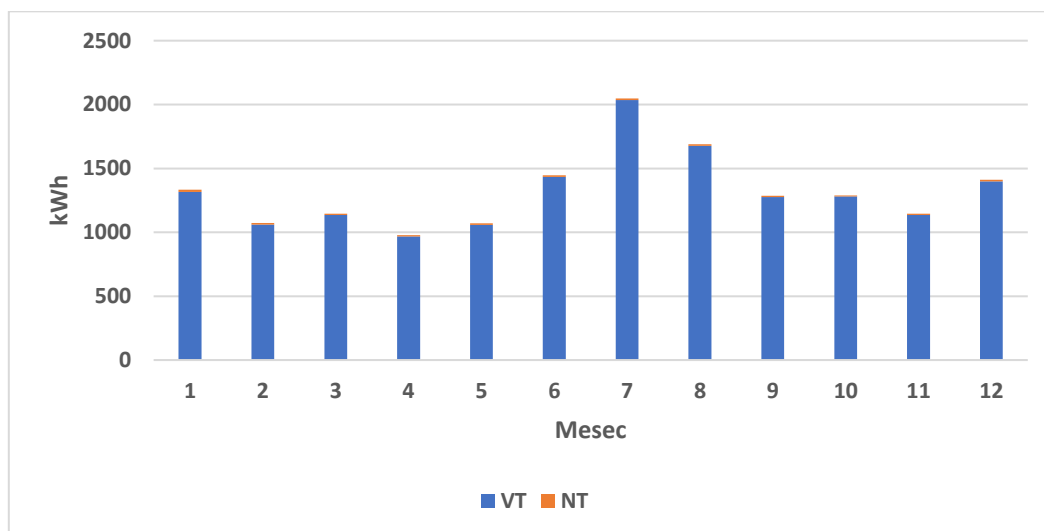
Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik	
Adresa	Kralja Petra I 26, 15318 Mali Zvornik, Srbija
Tip objekta	Zgrada javne namjene
Broj brojila	4314735981; 4314735973
Odobrena električna snaga	17,25 kWh; 17,25 kWh
Potrošnja električne energije	15.914 kWh/god
Površina krova	~470 m ²

Grafikon Sl. 3-55 prikazuje profil prosečne mesečne potrošnje električne energije objekta Biblioteke „17. Septembar“ u Malom Zvorniku za period od januara 2022. do decembra 2024. godine, razdvojen po tarifnim zonama – višoj (VT) i nižoj (NT) tarifi.

Uočeno je da objekat ima relativno uravnoteženu potrošnju tokom godine, sa blagim porastom u letnjim mesecima (jun–avgust), što se može povezati sa povećanom upotrebom klimatizacije

i ventilacije. Tokom zimskog perioda (novembar–mart) potrošnja je umerenog intenziteta, što ukazuje na stabilan režim korišćenja električne energije tokom cele godine.

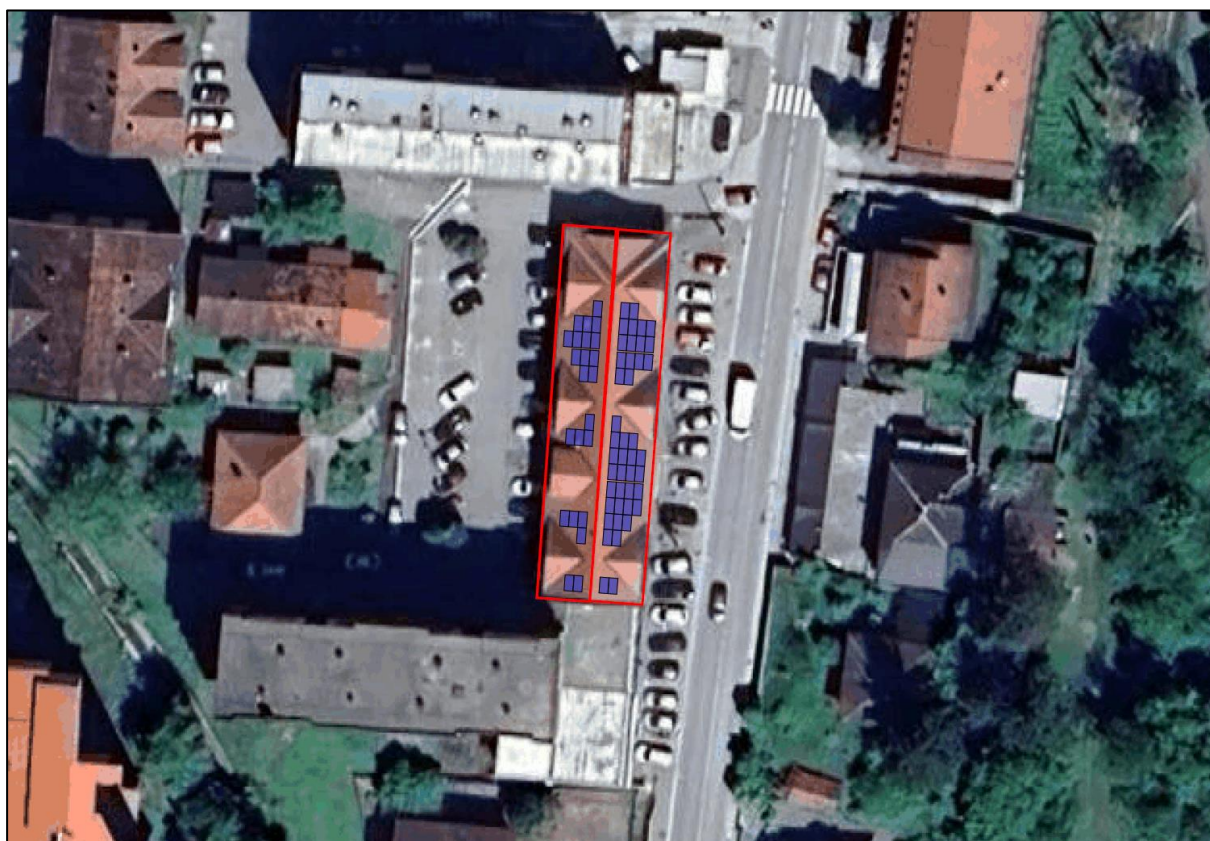
Potrošnja je dominantno ostvarena u periodu više tarife, dok je udeo energije u nižoj tarifi zanemarljiv. Ovakav obrazac potrošnje je tipičan za objekte javne namene koji rade u dnevnim satima, što ukazuje da bi solarno napajanje moglo efikasno da pokriva značajan deo godišnje potrošnje kroz sopstvenu proizvodnju u periodu više tarife.



Sl. 3-55 Potrošnja električne energije, Biblioteka „17. Septembar“, Mali Zvornik

Pri analizi objekta Biblioteke „17. Septembar“ u Malom Zvorniku razrađeni su Scenario A i Scenario C.

3.8.1. Scenario A – Biblioteka „17. Septembar“



Sl. 3-56 Raspored fotonaponskih panela, Biblioteka „17. Septembar“ (Izvor: Base K2)

Za Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine, solarna elektrana je projektovana sa instaliranom snagom od 29,7 kW, čime je ostvareno optimalno prostorno iskorišćenje raspoloživih krovnih površina objekta. Na slici **Sl. 3-56** prikazan je odgovarajući raspored fotonaponskih modula. Godišnja proizvodnja električne energije, izračunata pomoću alata PVGIS, iznosi 26.751 kWh.

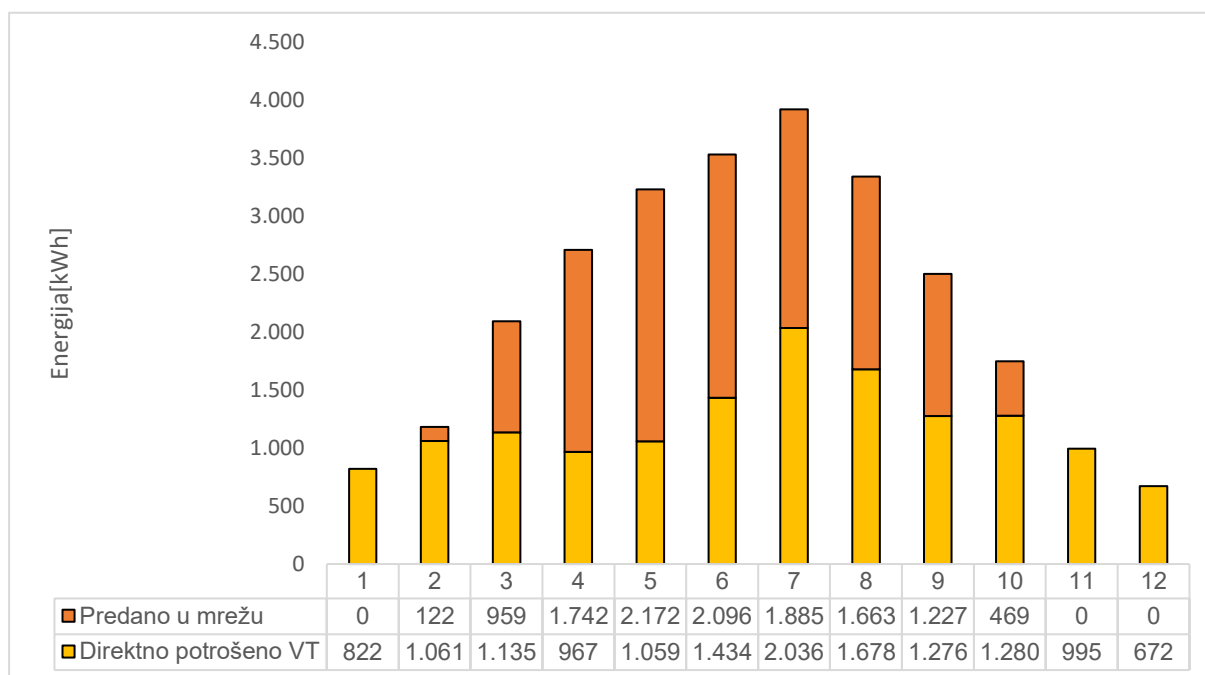
Iako je instalisana snaga elektrane manja od zbira odobrenih priključnih snaga oba brojila objekta (ukupno 34,5 kW), projekat ipak predstavlja maksimalno tehničko iskorišćenje krovne površine u postojećim prostornim i orijentacionim uslovima.

Na grafikonu **Sl. 3-57** prikazana je mesečna raspodela ukupne proizvodnje električne energije, pri čemu se jasno vidi izražen sezonski karakter rada sistema. Najveća proizvodnja ostvaruje se tokom letnjih meseci (maj–avgust), kada su solarni uslovi najpovoljniji, dok se u zimskim mesecima beleži očekivano smanjenje proizvodnje.

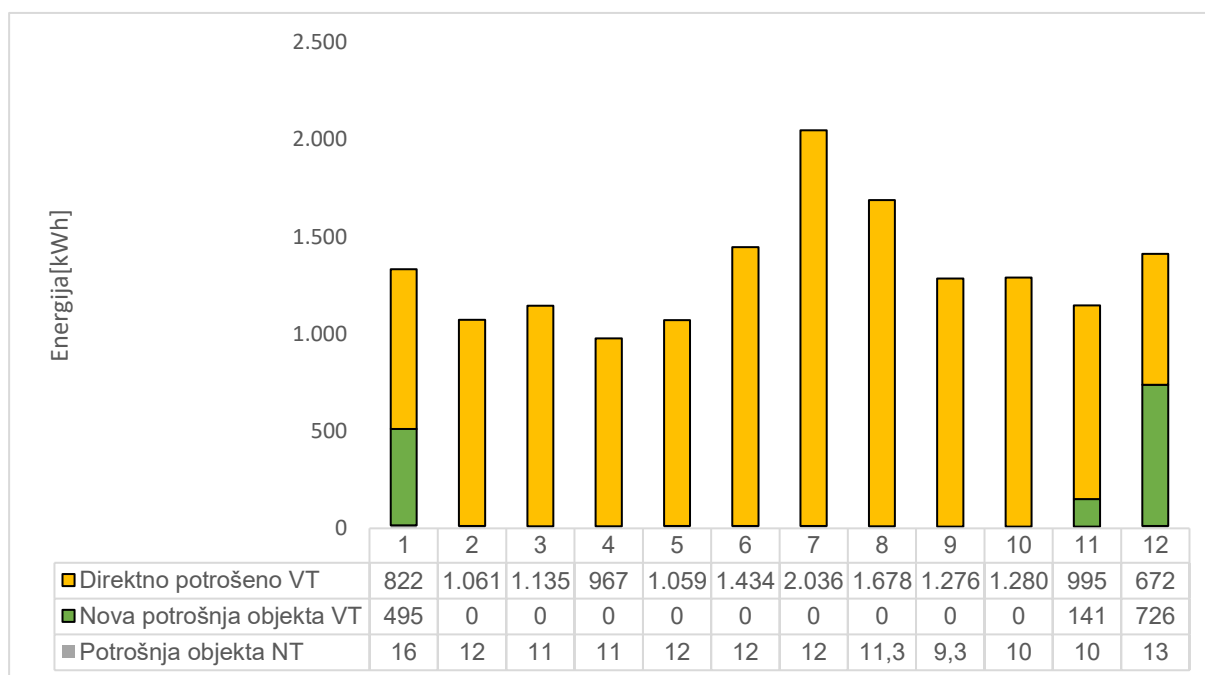
U periodima najviše proizvodnje ostvaruje se višak električne energije koji se predaje u mrežu, dok je udeo direktno potrošene energije manji, što je posledica smanjene aktivnosti objekta tokom leta.

Ovakav sistem omogućava visok stepen pokrivanja godišnje potrošnje objekta, pri čemu ukupna proizvodnja električne energije premašuje prosečnu godišnju potrošnju od 15.577 kWh tijekom perioda više tarife, što ukazuje da bi elektrana ovakvog kapaciteta obezbedila potpunu

energetsku samostalnost objekta u okviru više tarife, uz određene viškove proizvedene energije u letnjem periodu.



Sl. 3-57 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Biblioteka "17. Septembar"



Sl. 3-58 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“

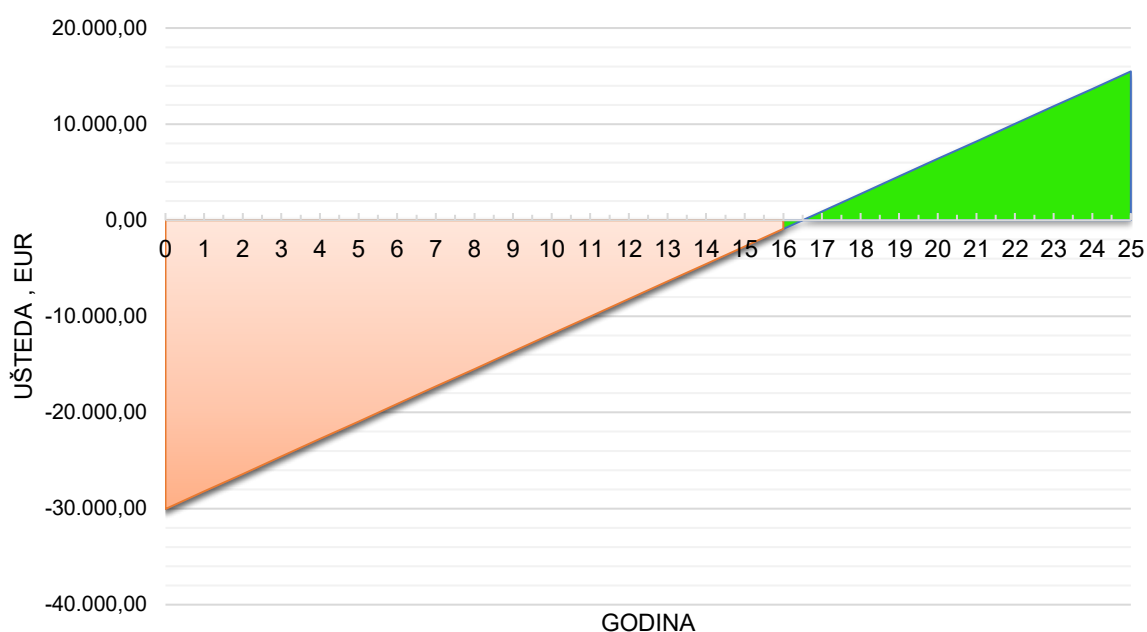
Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana u ovom scenariju ostvaruje povrat investicije nakon 16,5 godina, što ukazuje na umerenu isplativost projekta u okviru životnog veka sistema. Nakon 25 godina rada ostvareni prihod iznosi 45.538,27 EUR, dok je ukupni profit 15.488,27 EUR. Ipak, nakon 15 godina sistem još uvek ne pokriva početno ulaganje, sa zabeleženim gubitkom od -2.727,04 EUR.

Ovakvi rezultati ukazuju da je, iako tehnički izvodljiva, elektrana predimenzionisana u odnosu na realne potrebe objekta, čime se produžava period povrata investicije i smanjuje ukupna ekonomska efikasnost projekta.

Sa stanovišta finansijske opravdanosti, optimalnije rešenje bi bilo instaliranje solarne elektrane manje snage, koja bi bila bolje usklađena sa godišnjom potrošnjom objekta i omogućila kraći period povrata i veći procenat samopotrošnje proizvedene energije.

Tab. 3-15 Scenario A – Period povrata investicije, Biblioteka „17. Septembar“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	16,50
Prihod nakon 25 godina, €	45.538,27
Profit nakon 25 godina, €	15.488,27
Prihod nakon 15 godina, €	27.322,96
Profit nakon 15 godina, €	-2.727,04



Sl. 3-59 Scenario A – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“

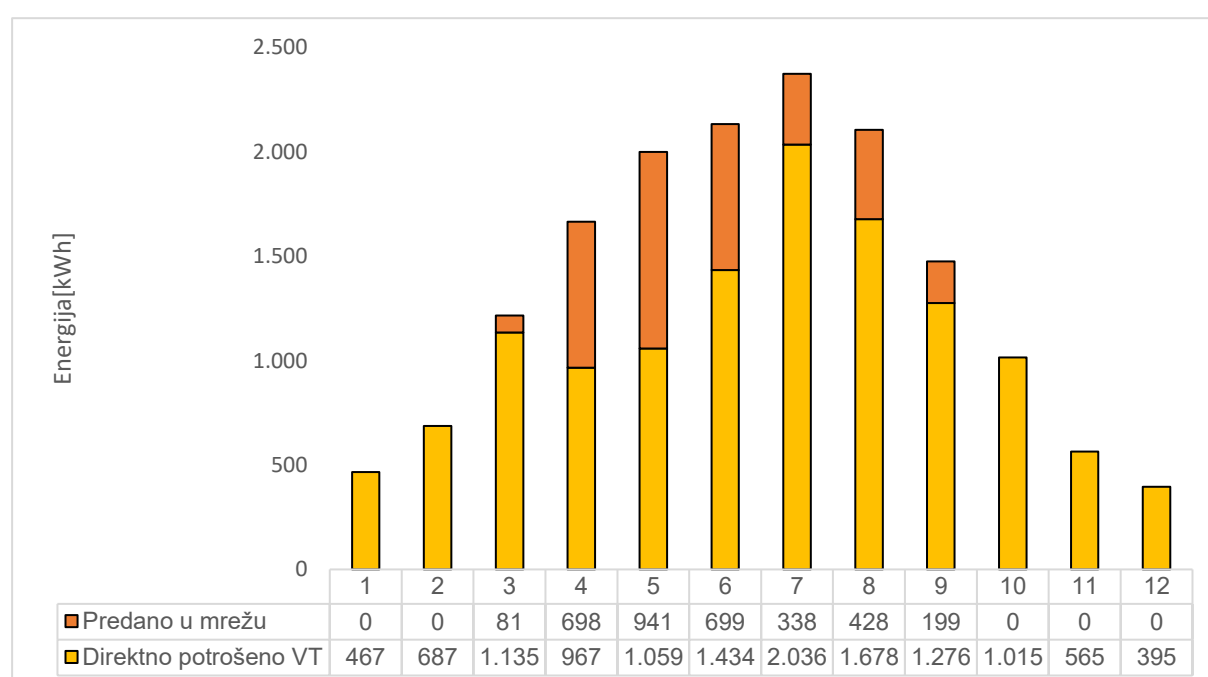
3.8.2. Scenario C – Biblioteka „17. Septembar“

U okviru Scenarija C, solarna elektrana je projektovana tako da predstavlja optimalno rešenje između tehničkog maksimuma i stvarnih potreba objekta, pri čemu se obezbeđuje pokrivanje većine godišnje potrošnje električne energije u periodu više tarife, uz minimalne viškove predaje energije u mrežu. Cilj ovog scenarija je da se postigne najveći mogući stepen samopotrošnje, odnosno maksimalno korišćenje proizvedene energije unutar obračunskog perioda, bez stvaranja ekonomskih gubitaka usled besplatne predaje viškova distributeru.

Za objekat Biblioteke „17. Septembar“ u Malom Zvorniku, u okviru Scenarija C uzeta je u obzir solarna elektrana instalisane snage 17,25 kW, sa procenjenom godišnjom proizvodnjom od 16.094 kWh.

Ovakva proizvodnja je nešto veća od godišnje potrošnje objekta u periodu više tarife, što znači da bi elektrana mogla u potpunosti da pokrije energetske potrebe objekta tokom dana, uz vrlo mali višak energije koji bi se predao u mrežu.

Na osnovu grafikona **Sl. 3-60** za Scenario C, jasno se uočava povoljnija raspodela potrošnje električne energije, pri čemu je značajno veći deo proizvedene energije direktno iskorišćen na mestu potrošnje (žuta polja), a manji deo se predaje u mrežu (narandžasta polja). Ovakva raspodela pokazuje da je sistem dobro usklađen sa profilom potrošnje objekta — naročito u mesecima sa većom proizvodnjom (maj, jun, jul), kada se ostvaruje visok nivo samopotrošnje uz smanjenje viškova koji se bez naknade predaju u mrežu.



Sl. 3-60 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane Biblioteka „17. Septembar“

Ovakva struktura proizvodnje i potrošnje je izuzetno povoljna sa ekonomskog aspekta, jer maksimalno koristi proizvedenu energiju za pokrivanje sopstvenih potreba, čime se smanjuje iznos električne energije preuzete iz distributivne mreže i povećava efikasnost ulaganja u fotonaponski sistem. Time se skraćuje period povraćaja investicije i povećava ukupna isplativost projekta.

Tab. 3-16 Scenario C – Period povrata investicije, Biblioteka „17. Septembar“, tablični prikaz

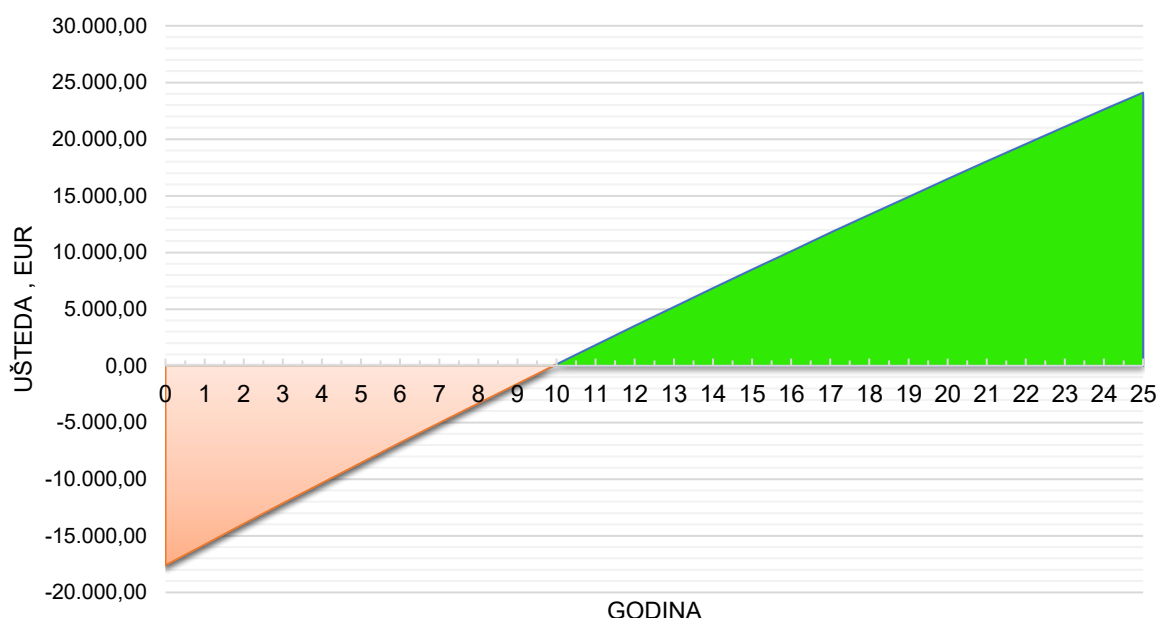
Povratak investicije (godine)	9,90
Prihod nakon 25 godina, €	41.704,81
Profit nakon 25 godina, €	24.104,81
Prihod nakon 15 godina, €	26.085,97
Profit nakon 15 godina, €	8.485,97

Ekonomska analiza ulaganja u fotonaponski sistem pokazuje da je projekat dugoročno isplativ i finansijski održiv. Na osnovu urađenih proračuna, procenjeni period povraćaja investicije

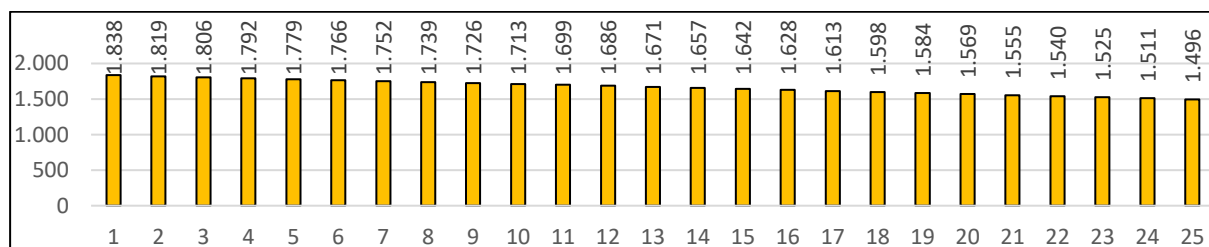
iznosi 9,9 godina, što predstavlja veoma dobar odnos između početnog ulaganja i očekivanih finansijskih koristi.

U periodu od 15 godina rada, očekivani prihod iznosi 26.085,97 evra, dok ostvareni profit dostiže 8.485,97 evra, što potvrđuje da sistem već u srednjem roku ostvaruje značajan finansijski višak. Na duži rok, odnosno nakon 25 godina eksploatacije, ukupan prihod se procenjuje na 41.704,81 evra, a ostvareni profit na 24.104,81 evra, čime se jasno potvrđuje stabilnost i isplativost projekta.

Ovakav finansijski rezultat proizilazi iz činjenice da se najveći deo proizvedene energije koristi direktno za sopstvenu potrošnju, čime se smanjuje količina električne energije preuzete iz mreže i samim tim ukupni troškovi za energiju. Nakon perioda povraćaja investicije, fotonaponski sistem nastavlja da generiše čist finansijski višak, uz minimalne troškove održavanja i dug vek trajanja, što ga čini pouzdanim i ekonomičnim rešenjem za dugoročno smanjenje energetske troškova.



Sl. 3-61 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Biblioteka „17. Septembar“



Sl. 3-62 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, Biblioteka "17. Septembar"

3.9. Osnovna škola Branko Radičević

Objekat Osnovne škole „Branko Radičević“ nalazi se u naselju Mali Zvornik, na adresi Kralja Petra I 10, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija.

Zgrada je javne namene – obrazovni objekat, koji se koristi tokom cele godine za nastavu i vannastavne aktivnosti. Objekat se nalazi u neposrednoj blizini centra naselja i sportskih terena, sa dobrim pristupom i slobodnim površinama pogodnim za ugradnju solarne elektrane.

Ukupna odobrena priključna snaga objekta iznosi 17,25 kW, dok prosečna godišnja potrošnja električne energije u periodu 2022–2024. iznosi 27.277 kWh. Objekat je priključen na distributivnu mrežu putem brojila broj 10759029.

Iskoristiva krovna konstrukcija objekta je kombinovanog tipa, gde se veći deo sastoji od višeslivnog kosog krova sa limenim pokrivačem, dok je jedan segment zgrade izveden sa ravnim krovom. Takvo arhitektonsko rešenje omogućava fleksibilnost u postavljanju solarnih panela — kosi delovi krova pogodni su za direktnu montažu pod nagibom, dok se na ravnim površinama moduli mogu postaviti na podesive aluminijumske konstrukcije radi optimalnog iskorišćenja sunčevog zračenja.

Ukupna raspoloživa površina krova iznosi oko 1.430 m², od čega je značajan deo tehnički iskoristiv za instalaciju fotonaponskih modula.

Tab. 3-17: Opšti podaci – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik

Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik	
Adresa	Kralja Petra I 10, 15318 Mali Zvornik, Srbija
Tip objekta	Zgrada javne namjene
Broj brojila	10759029
Odobrena električna snaga	17,25 kWh
Potrošnja električne energije	27.277 kWh/god
Površina krova	~1430 m ²



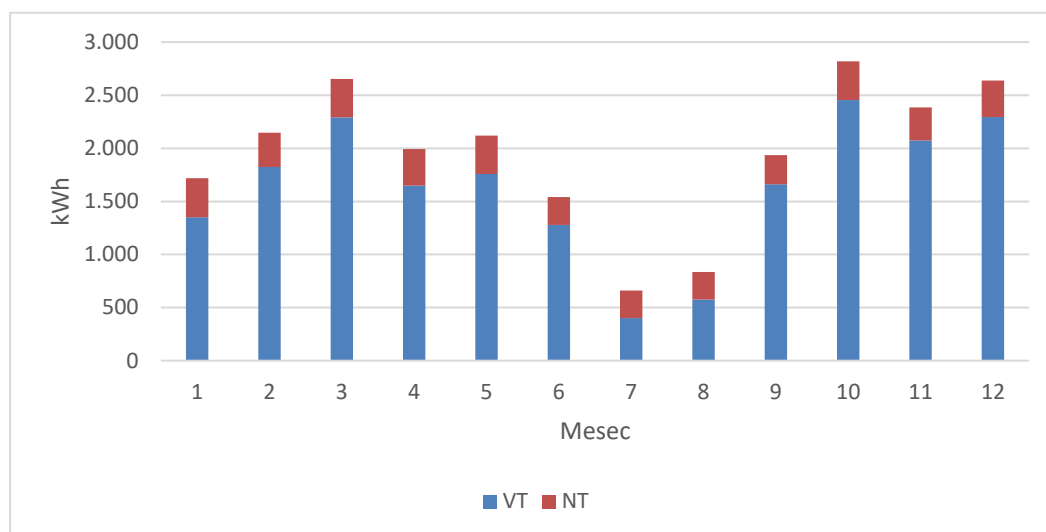
Sl. 3-63 Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik (1)

Grafikon Sl. 3-64 prikazuje profil prosečne mesečne potrošnje električne energije objekta Osnovne škole „Branko Radičević“ u Malom Zvorniku za period od januara 2022. do decembra 2024. godine, razdvojen po tarifnim zonama – višoj (VT) i nižoj (NT) tarifi.

Uočava se izražen sezonski karakter potrošnje, sa najvišim vrednostima u zimskim mesecima (decembar–mart), kada se povećava potreba za grejanjem i osvetljenjem, dok se tokom letnjih meseci (jun–avgust) beleži značajan pad potrošnje zbog smanjenog obima nastavnih aktivnosti.

Dominantan deo ukupne potrošnje ostvaruje se u periodu više tarife, dok je udeo niže tarife relativno mali. Takva raspodela potrošnje karakteristična je za objekte obrazovne namene koji funkcionišu u dnevnim satima, što istovremeno ukazuje da bi proizvodnja solarne elektrane,

koja se ostvaruje u istom vremenskom periodu, mogla efikasno doprineti smanjenju potrošnje električne energije iz distributivne mreže.



Sl. 3-64 Potrošnja električne energije, Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik



Sl. 3-65 Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik (2)

Pri analizi objekta Osnovne škole „Branko Radičević“ u Malom Zvorniku razrađeni su Scenario A i Scenario B.

3.9.1. Scenario A – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik

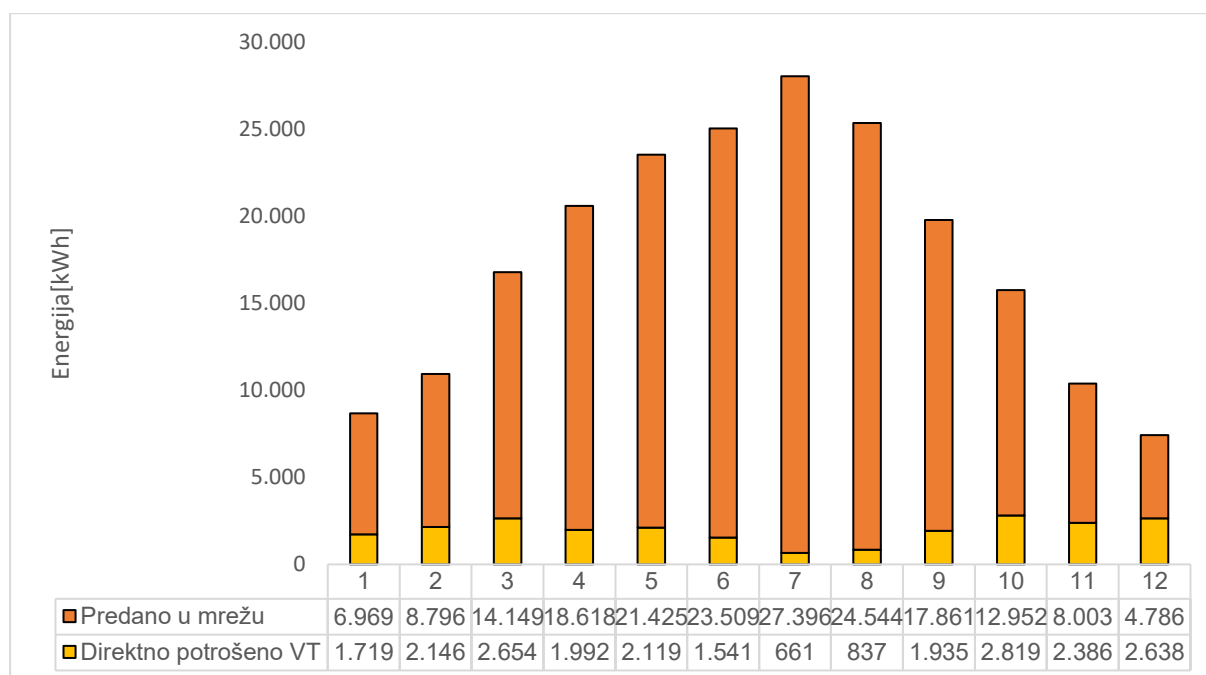


Sl. 3-66 Raspored fotonaponskih panela, OŠ „Branko Radičević“, Mali Zvornik (Izvor: Base K2)

Za Scenario A – Maksimalno iskorišćenje krovne površine, procenjena instalisana snaga solarne elektrane iznosi 198,915 kW, dok je na slici (**Sl. 3-66**) prikazan odgovarajući raspored fotonaponskih panela. Na osnovu proračuna izvršenog pomoću alata PVGIS, godišnja proizvodnja električne energije iznosi 212.455 kWh.

Prikaz ukupne mesečne proizvodnje solarne elektrane dat je na grafikonu (**Sl. 3-67**), gde je jasno uočen izražen sezonski karakter rada sistema. Najveća proizvodnja ostvaruje se tokom letnjih meseci (maj–avgust), u skladu sa najvišim intenzitetom sunčevog zračenja, dok je proizvodnja u zimskom periodu znatno niža usled smanjenog broja sunčanih sati. Veći deo proizvedene energije u letnjem periodu predstavlja višak koji se predaje u mrežu, dok je udeo direktno potrošene energije relativno mali, što je posledica smanjene aktivnosti objekta tokom školskog raspusta.

S obzirom na ostvarenu proizvodnju, ovakva elektrana je značajno predimenzionisana u odnosu na godišnju potrošnju objekta tokom perioda više tarife, koja iznosi 23.447 kWh, zbog čega bi realizacija sistema u ovom obimu bila tehnički neekonomična i regulatorno neusklađena.

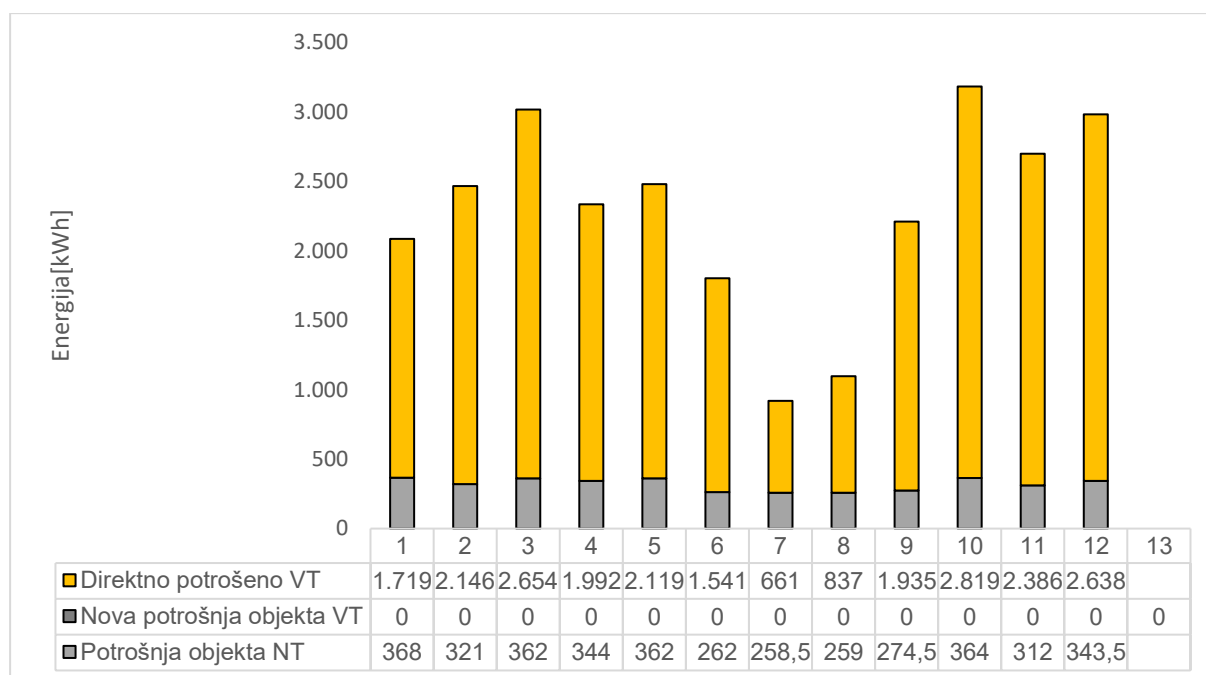


Sl. 3-67 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“

Na slici **Sl. 3-68** prikazana je potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane. Uvođenjem fotonaponskog sistema ostvarena je mogućnost potpunog pokrivanja potreba objekta za električnom energijom u periodu više tarife, sopstvenom proizvodnjom, bez potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.

Uvođenjem ovako predimenzioniranog fotonaponskog sistema, bilo bi moguće u potpunosti pokriti potrebe objekta za električnom energijom tokom perioda više tarife, sopstvenom proizvodnjom, bez potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže, što je jasno prikazano na **Sl. 3-68**.

Ovakav sistem iz Scenarija A bi obezbedio potpunu energetska samostalnost objekta u okviru više tarife, ali bi istovremeno rezultovao značajnim viškovima proizvedene energije koji se ne mogu ekonomski iskoristiti u okviru važećeg režima neto obračuna.



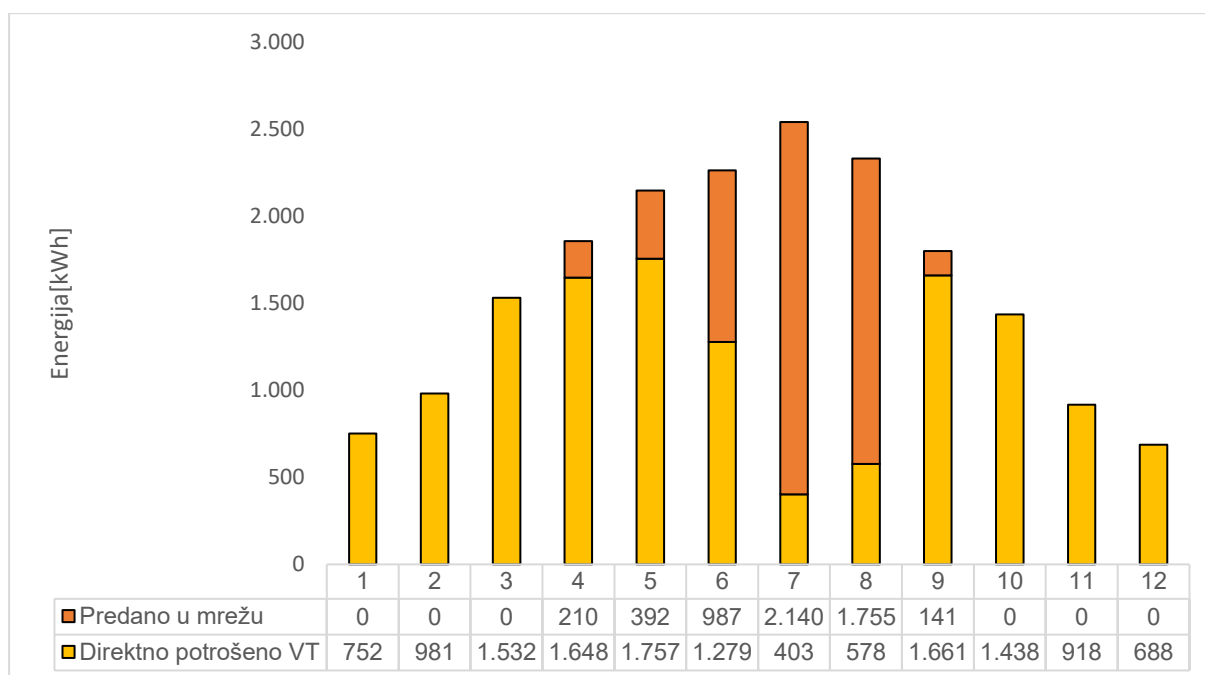
Sl. 3-68 Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“

3.9.2. Scenario B – Osnovna škola „Branko Radičević“, Mali Zvornik

Solarna elektrana u Scenariju B je projektovana u skladu sa odobrenom priključnom snagom objekta, koja za Osnovnu školu „Branko Radičević“ u Malom Zvorniku iznosi 17,25 kW.

Prema proračunu izvršenom u alatu PVGIS, procenjena godišnja proizvodnja električne energije iznosi 19.256 kWh, što je nešto manje od ukupne godišnje potrošnje objekta tijekom perioda više tarife od 19.614 kWh.

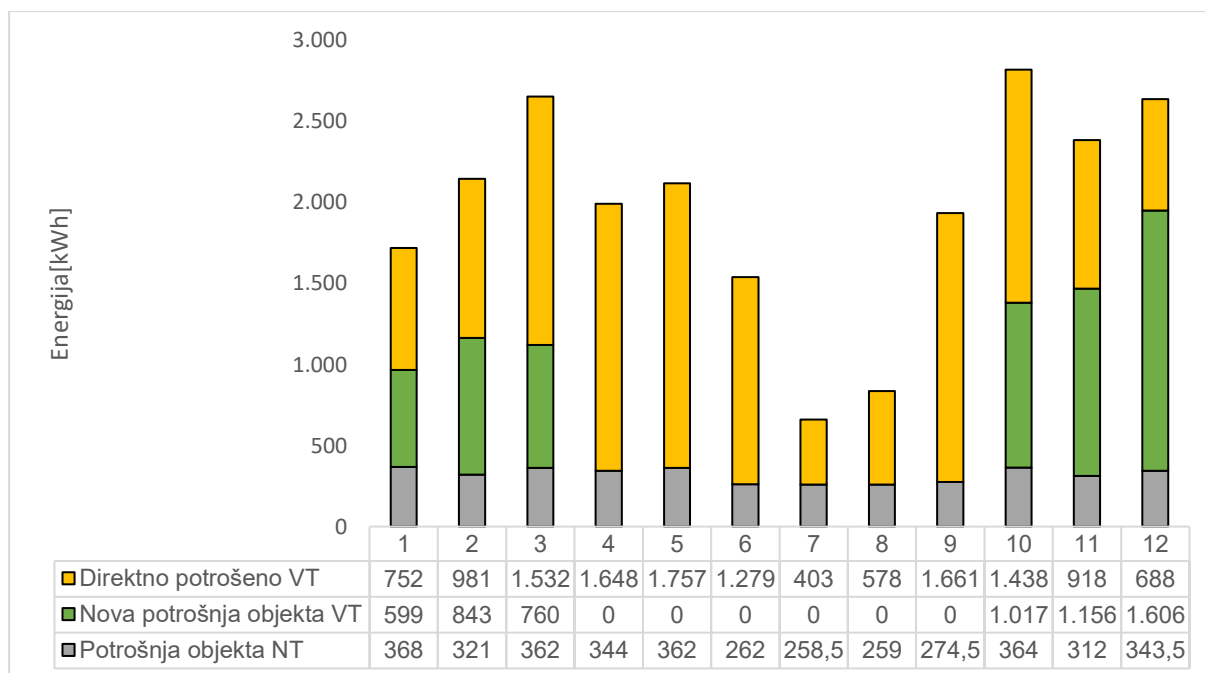
Ovakvo dimenzionisanje sistema omogućava da elektrana bude u potpunosti usklađena sa tehničkim i regulatornim ograničenjima, pri čemu objekat stiče status kupca-proizvođača (prosumer) i koristi pogodnosti neto obračuna električne energije, odnosno umanjenja troškova kroz sopstvenu proizvodnju i potrošnju energije u okviru obračunskog perioda.



Sl. 3-69 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“

Sukladno grafikonu **Sl. 3-69** uočava se da se tokom letnjih meseci ostvaruje značajan višak proizvedene električne energije, koji se može iskoristiti unutar obračunskog razdoblja za pokrivanje potrošnje u periodima manje proizvodnje.

Ipak, analiza pokazuje da je ukupna potrošnja objekta tokom više tarife nešto veća od godišnje proizvodnje solarne elektrane, zbog čega se deo potreba i dalje mora nadoknaditi preuzimanjem električne energije iz distributivne mreže.



Sl. 3-70 Scenario B - Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, OŠ „Branko Radičević“

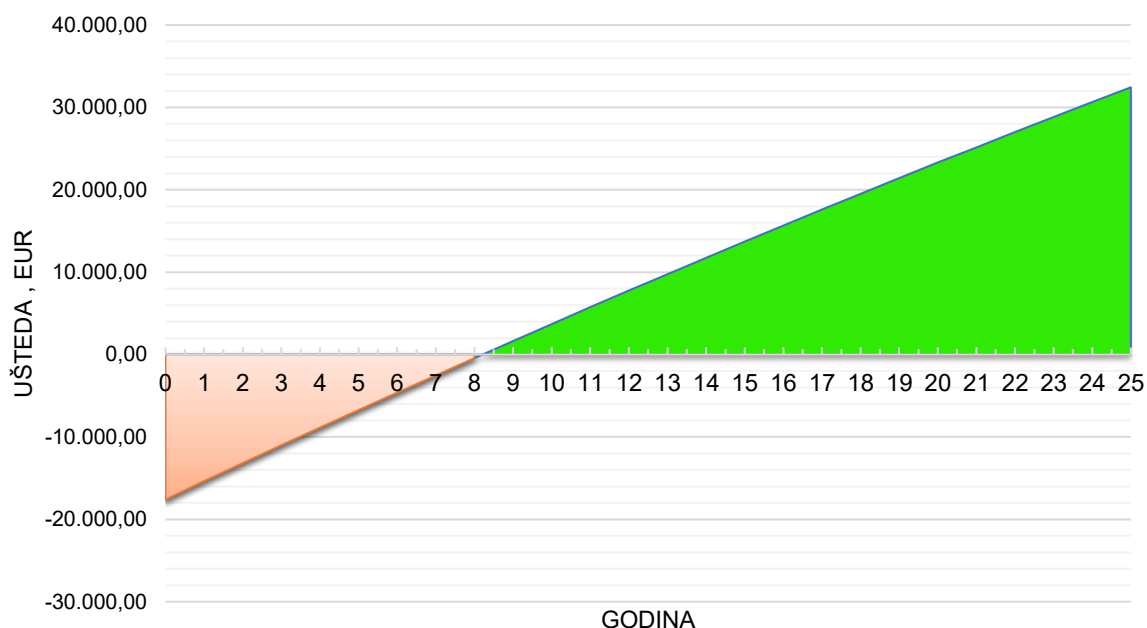
Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana u ovom scenariju ostvaruje povoljan period povrata investicije od 8,2 godine, što ukazuje na visok stepen ekonomske isplativosti projekta. Nakon 25 godina rada, ostvareni prihod iznosi 50.043,75 EUR, dok ukupan profit dostiže 32.443,75 EUR, što potvrđuje dugoročnu održivost i stabilnost ulaganja.

Već nakon 15 godina rada sistem ostvaruje prihod od 31.316,01 EUR, uz profit od 13.716,01 EUR, čime se pokazuje da projekat generiše značajne uštede i relativno brzo nadoknađuje početno ulaganje.

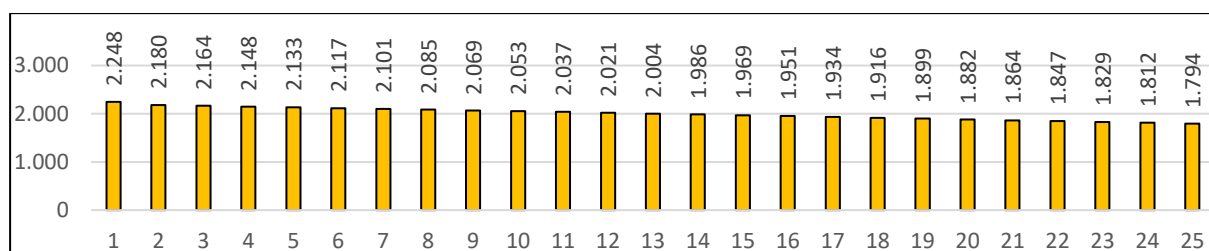
Ovakvi pokazatelji potvrđuju da je elektrana adekvatno dimenzionisana i da predstavlja ekonomski opravdano rešenje za potrebe objekta, uz optimalan odnos između investicionih troškova i ostvarene proizvodnje električne energije.

Tab. 3-18 Scenario B – Period povrata investicije, Osnovna škola „Branko Radičević“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	8,20
Prihod nakon 25 godina, €	50.043,75
Profit nakon 25 godina, €	32.443,75
Prihod nakon 15 godina, €	31.316,01
Profit nakon 15 godina, €	13.716,01



Sl. 3-71 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Osnovna škola „Branko Radičević“



Sl. 3-72 Scenario B - Godišnji tokovi od elektrane, OŠ "Branko Radičević"

3.10. Srednja škola Mali Zvornik

Objekat Srednje škole Mali Zvornik nalazi se u centru naselja Mali Zvornik, na adresi 19-1 12, 15318 Mali Zvornik, Republika Srbija.

Zgrada škole je javne namene – obrazovni objekat i koristi se tokom cele godine za izvođenje nastave i administrativne aktivnosti. Škola se nalazi uz glavnu saobraćajnicu i prostorno je povezana sa sportskim terenima, što omogućava jednostavan pristup i tehničku dostupnost za instalaciju solarne elektrane.

Ukupna odobrena priključna snaga objekta iznosi 17,25 kW, dok prosečna godišnja potrošnja električne energije za period 2022–2024. iznosi 22.637 kWh. Objekat je priključen na distributivnu mrežu preko brojila broj 4314459470.

Krovna konstrukcija objekta izvedena je kao ravni i blago nakošeni limeni krov, sa višesegmentnim rasporedom površina različitih visina. Površine krova orijentisane su pretežno ka istoku i zapadu, što ga čini pogodnim za instalaciju fotonaponskih modula.

Ukupna raspoloživa površina krova iznosi približno 690 m², od čega je veći deo tehnički iskoristiv za postavljanje solarnih panela uz upotrebu montažnih konstrukcija sa podesivim nagibom.

Tab. 3-19: Opšti podaci – Srednja škola Mali Zvornik

Srednja škola Mali Zvornik	
Adresa	19-1 12, 15318 Mali Zvornik, Srbija
Tip objekta	Srednja škola
Broj brojila	4314459470
Odobrena električna snaga	17,25 kWh
Potrošnja električne energije	22.637 (21.440 VT) kWh/god
Površina krova	~690 m ²

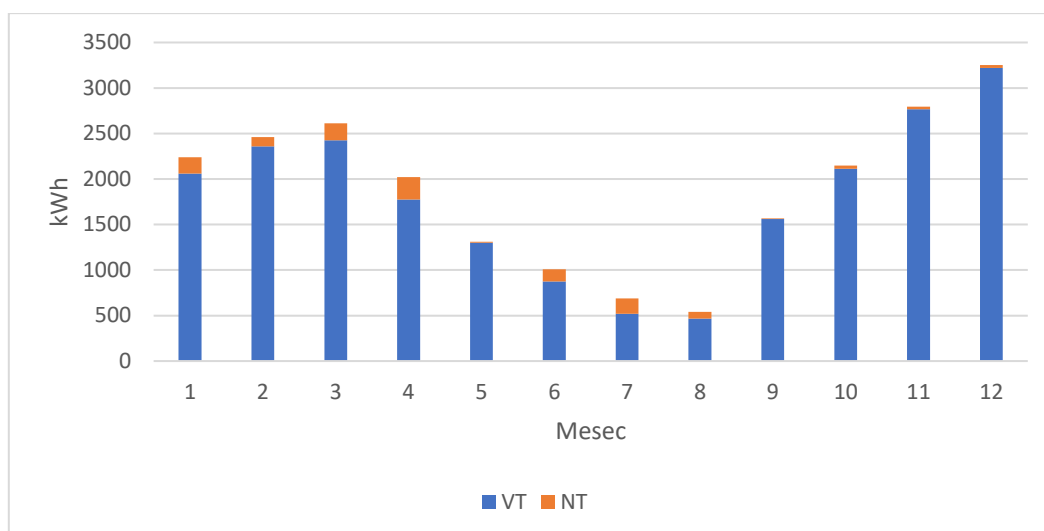


Sl. 3-73 Srednja škola Mali Zvornik

Grafikon *Sl. 3-74* prikazuje profil prosečne mesečne potrošnje električne energije objekta Srednje škole Mali Zvornik za period od januara 2022. do decembra 2024. godine, razdvojen po tarifnim zonama – višoj (VT) i nižoj (NT) tarifi.

Uočen je izražen sezonski karakter potrošnje, sa najvišim vrednostima u zimskim mesecima (decembar–mart), što je posledica povećane upotrebe električne energije za grejanje, osvetljenje i duži boravak u zatvorenom prostoru. U letnjem periodu (jun–avgust) potrošnja je znatno manja zbog smanjenog obima nastave i povoljnijih uslova osvetljenja.

Dominantni deo potrošnje ostvaruje se u periodu više tarife, dok je udeo energije u nižoj tarifi minimalan, što je tipično za obrazovne objekte koji rade u dnevnim satima. Ovakva raspodela potrošnje ukazuje da bi solarna elektrana, koja proizvodi energiju upravo tokom više tarife, mogla značajno da doprinese smanjenju ukupne potrošnje iz distributivne mreže.



Sl. 3-74 Potrošnja električne energije Srednja škola Mali Zvornik, Mali Zvornik

Pri analizi objekta Srednje škole Mali Zvornik u Malom Zvorniku razrađeni su Scenario A i Scenario B.

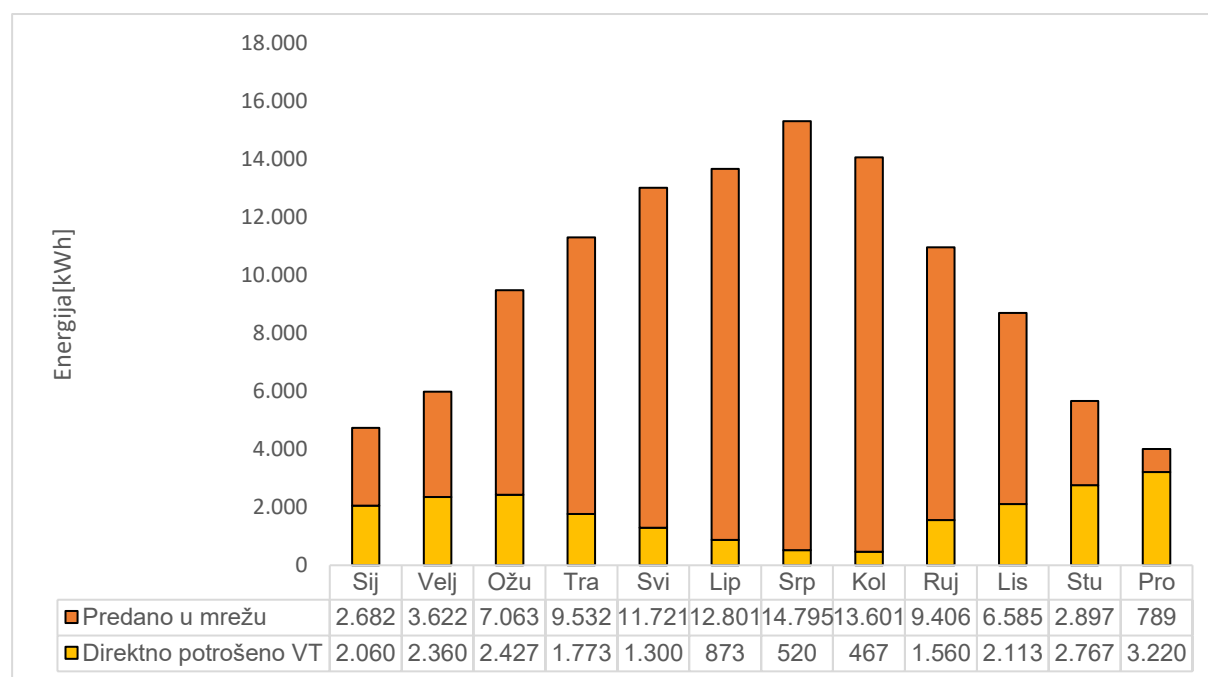
3.10.1. Scenario A – Srednja škola Mali Zvornik



Sl. 3-75 Raspored fotonaponskih panela, Srednja škola Mali Zvornik (Izvor: Base K2)

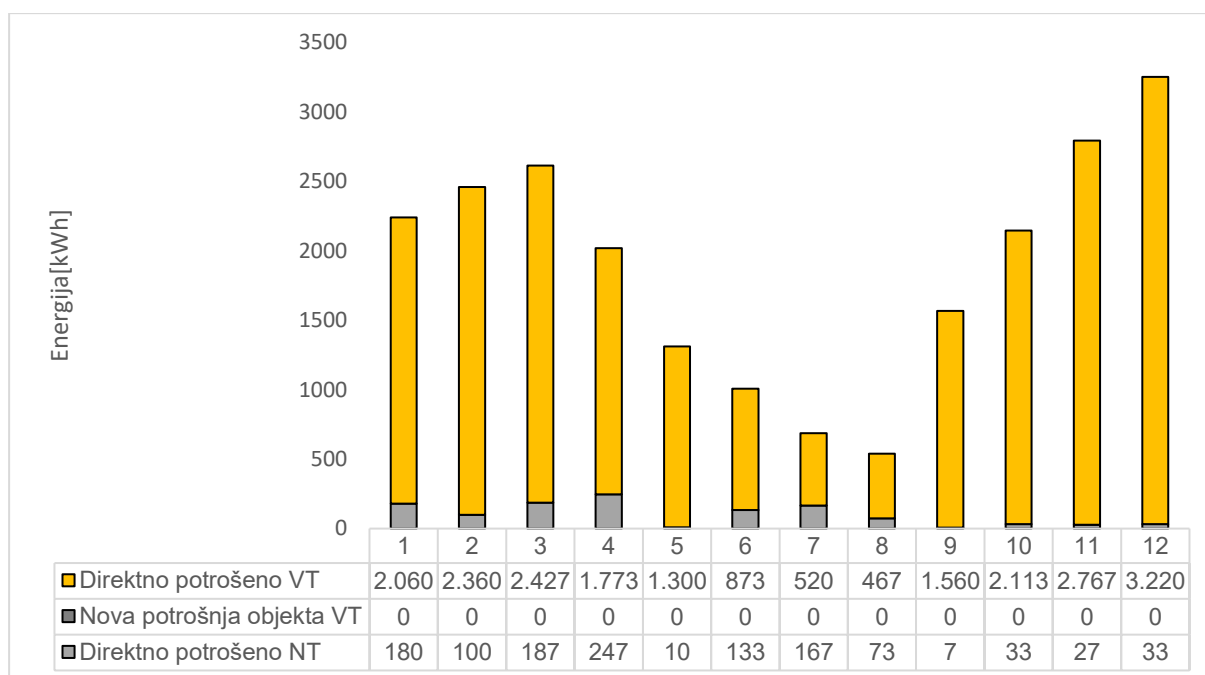
Za Scenario A - Maksimalno iskorišćenje krovne površine, procenjena instalirana snaga maksimalnog prostornog iskorišćenja krovne površine iznosi 108,58 kWp, a na slici *Sl. 3-97* prikazan je odgovarajući raspored solarnih panela. Godišnja proizvodnja električne energije, procenjena korišćenjem alata PVGIS, iznosi 116.938 kWh/godišnje.

Prikaz ukupne mesečne proizvodnja solarne elektrane uzimajući u obzir maksimalno prostorno iskorišćenje krovne površine nalazi se na *Sl. 3-76* pri čemu je jasno izražen sezonski karakter rada sistema. Najveća proizvodnja ostvaruje se tokom letnjih meseci (od maja do avgusta), što odgovara periodima najvišeg intenziteta sunčevog zračenja, dok su zimski meseci obeleženi nižom proizvodnjom usled smanjenog broja sunčanih sati. Veći deo proizvedene energije u letnjem periodu ima potencijal predaje se u mrežu, dok je udeo direktno potrošene energije relativno nizak, što je posledica smanjene potrošnje objekta tokom školskog raspusta.



Sl. 3-76 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Srednja Škola Mali Zvornik

Na slici *Sl. 3-77* prikazana je potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane. Uvođenjem fotonaponskog sistema ostvarena je mogućnost potpunog pokrivanja potreba objekta za električnom energijom u periodu više tarife, sopstvenom proizvodnjom, bez potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.



Sl. 3-77 Scenario A – Potrošnja objekta nakon instalacije solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik

Scenario A izrađen je prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, čime je postignuto optimalno pozicioniranje fotonaponskih modula u odnosu na orijentaciju, nagib i eventualna senčenja okolnih objekata. Ovakav pristup omogućava procenu tehničkog maksimuma proizvodnog potencijala koji se može ostvariti na objektu Srednje škole Mali Zvornik.

Rezultati proračuna pokazuju da bi u ovom slučaju instalisana snaga sistema značajno premašila odobrenu priključnu snagu objekta, čime bi planirana elektrana bila predimenzionisana u odnosu na dozvoljene tehničke uslove priključenja i, kao takva, nije u skladu sa važećom regulativom.

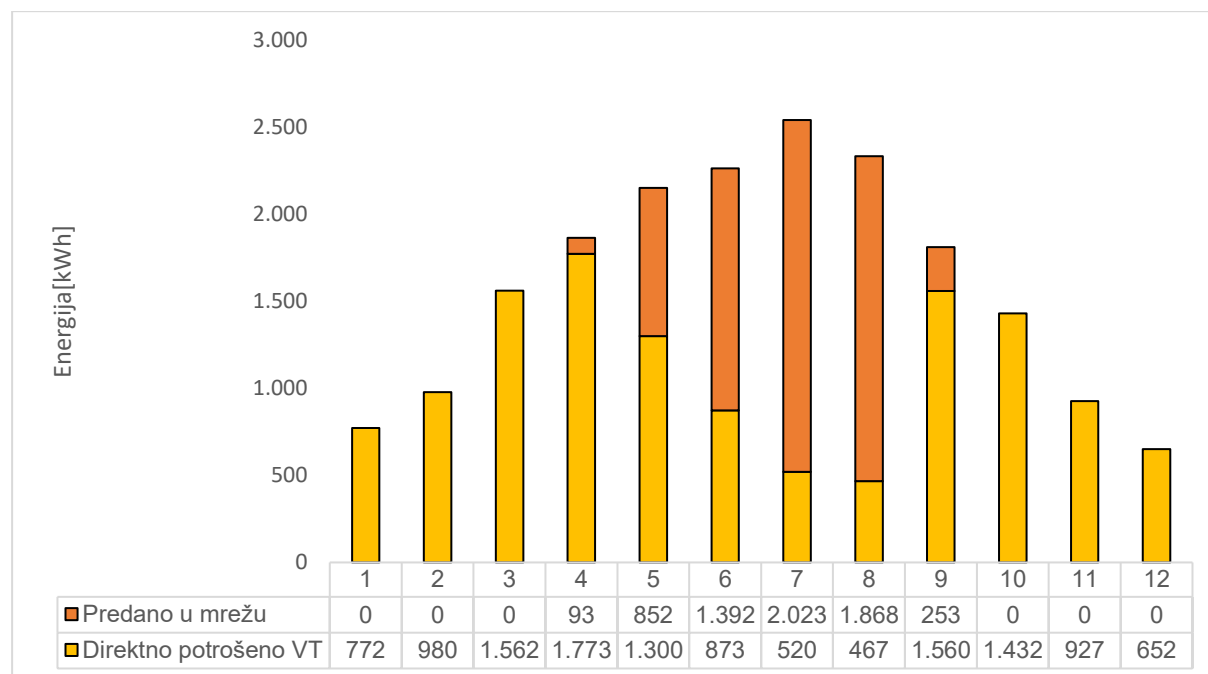
S obzirom na navedeno, Scenario A se razmatra isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala objekta, dok se ekonomska analiza ne sprovodi, budući da realizacija sistema u ovom obimu nije moguća bez prethodne izmene priključnih uslova i odobrenja od strane operatora distributivne mreže.

3.10.2. Scenario B – Srednja škola Mali Zvornik

U Scenariju B solarna elektrana je dimenzionisana tačno do granice odobrene priključne snage objekta, koja za Srednju školu Mali Zvornik iznosi 17,25 kW, a njezina ukupna godišnja proizvodnja izračunata pomoću PVGIS-a, iznosi 19.298 kWh, što je manje od ukupne godišnje potrošnje objekta, koja iznosi 21.440 kWh.

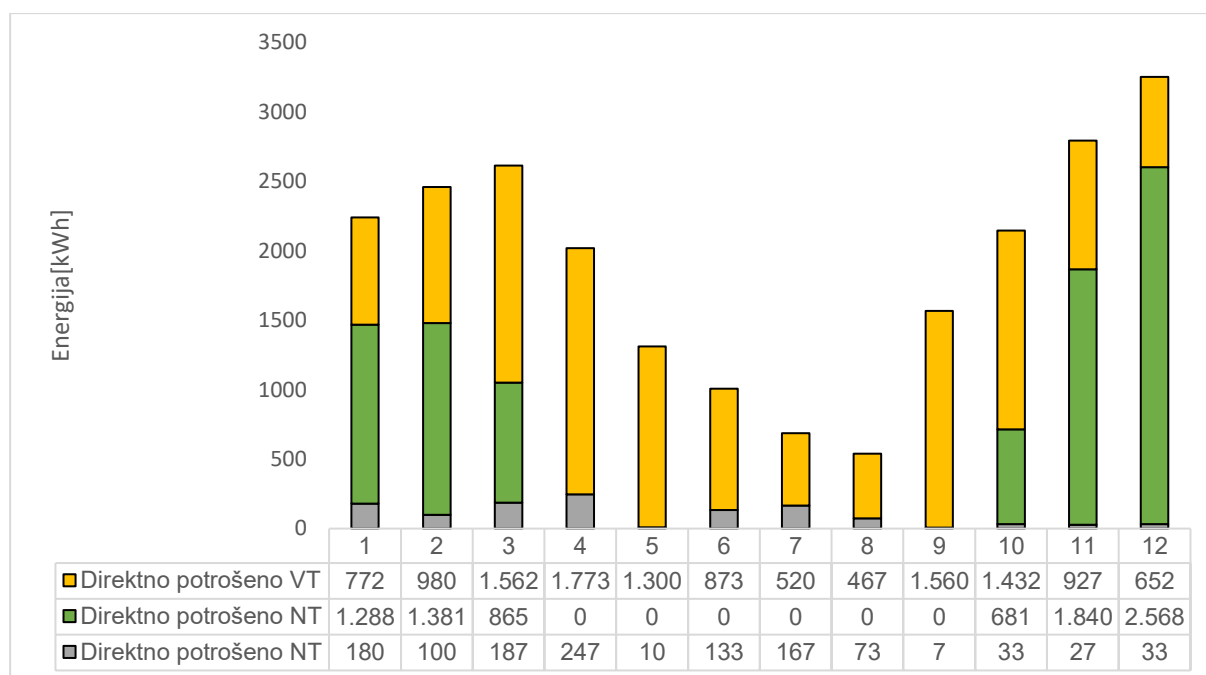
Takav pristup omogućava da se sistem u potpunosti uskladi sa tehničkim i regulatornim zahtevima, čime objekat stiče status kupca-proizvođača i koristi pogodnosti neto obračuna električne energije.

Analiza obuhvata procenu godišnje proizvodnje električne energije iz fotonaponskih modula i stepena pokrivenosti potrošnje u okviru više tarife (VT), s ciljem da se ispita mogućnost maksimalnog korišćenja proizvedene energije unutar obračunskog perioda. Ovaj scenario predstavlja realnu, tehnički ostvarivu varijantu, pogodnu za procenu stvarnog ekonomskog efekta i perioda povrata investicije.



SI. 3-78 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Srednja Škola Mali Zvornik

Sukladno grafikonu **SI. 3-78** uočava se da se tokom letnjih meseci ostvaruje značajan višak proizvedene električne energije, koji se može iskoristiti unutar obračunskog razdoblja za pokrivanje potrošnje u periodima manje proizvodnje. Ipak, analiza pokazuje da je ukupna potrošnja objekta tokom više tarife veća od godišnje proizvodnje solarne elektrane, zbog čega se deo potreba i dalje mora nadoknaditi preuzimanjem električne energije iz distributivne mreže.



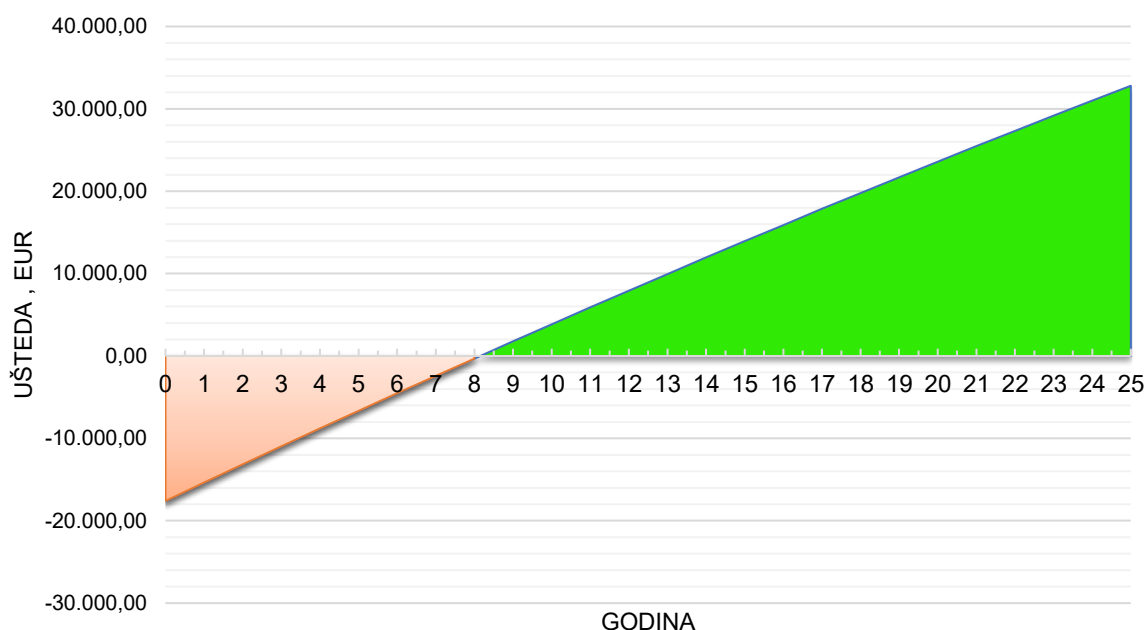
Sl. 3-79 Scenario B – Potrošnja objekta prije i nakon elektrane, Srednja škola Mali Zvornik

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana u ovom scenariju ostvaruje povrat investicije nakon 8,15 godina, što se smatra vrlo povoljnim rezultatom za objekte ove namene. Nakon 25 godina rada, ostvareni prihod iznosi 50.405,22 EUR, dok ukupan profit dostiže 32.805,22 EUR, što potvrđuje ekonomsku opravdanost i dugoročnu održivost projekta.

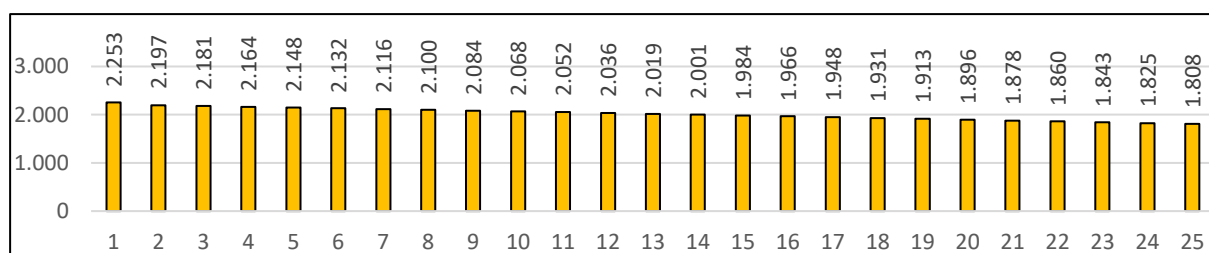
Ostvareni period povrata investicije pokazuje da je sistem adekvatno dimenzionisan, sa dobrim odnosom između troškova izgradnje i godišnjih ušteda, te da projekat predstavlja isplativo i tehnički opravdano rešenje za objekat Srednje škole Mali Zvornik.

Tab. 3-20 Scenario B – Period povrata investicije, Srednja škola Mali Zvornik, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	8,15
Prihod nakon 25 godina, €	50.405,22
Profit nakon 25 godina, €	32.805,22
Prihod nakon 15 godina, €	31.537,68
Profit nakon 15 godina, €	13.937,68



Sl. 3-80 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik



Sl. 3-81 Scenario B – Godišnji novčani tokovi od solarne elektrane, Srednja škola Mali Zvornik

3.11. Osnovna škola "Stevan Filipović" Radalj

Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj nalazi se na adresi Radalj bb (RS 267111) i spada u javne obrazovne objekte sa tipičnim dnevnim režimom rada. Objekat raspolaže odobrenom priključnom snagom od 17,25 kW, a prosečna godišnja potrošnja električne energije iznosi 9.669 kWh, od čega se 9.532 kWh troši u periodu više tarife (VT).

Procijenjena površina krovne konstrukcije ~600 m² pruža dobar potencijal za ugradnju fotonaponskog sistema. S obzirom na ujednačen profil potrošnje tokom dana i visok udeo VT, škola je pogodan kandidat za solarnu elektranu dimenzionisanu u skladu sa priključnim ograničenjem (do 17,25 kW). Pre projektovanja preporučuje se standardna tehnička provera krovne konstrukcije (nosivost, hidroizolacija, senke i pristup) radi bezbedne i optimalne ugradnje modula.

Tab. 3-21: Opšti podaci – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj

Osnovna škola "Stevan Filipović" Radalj

Adresa	Radalj bb 267111, Srbija
Tip objekta	Osnovna škola
Broj brojila	1403669
Odobrena električna snaga	17,25 kWh
Potrošnja električne energije	9.669 (9.532 VT) kWh
Površina krova	~600 m ²

Dvovodni krov pokriven je crvenim crepom. Krov je relativno novije konstrukcije, bez vidljivih oštećenja, i ima blagi nagib ka jugoistoku, što predstavlja povoljan uslov za ugradnju solarnih panela.

Krovnna površina je pregledna, bez značajnih prepreka ili senčenja (osim delimično okolnog drvoređa), što omogućava maksimalno iskorišćenje površine krova za postavljanje fotonaponskih modula.



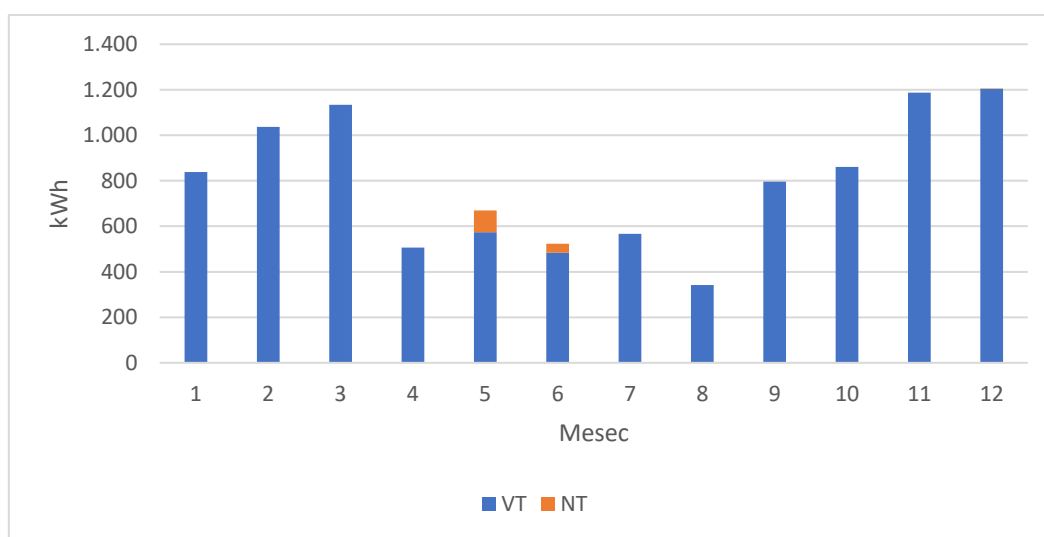
Sl. 3-82 Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj

Grafikon Sl. 3-83 prikazuje usrednjenu mesečnu potrošnju električne energije za objekat Osnovne škole „Stevan Filipović“ u Radalju u periodu od januara 2022. do decembra 2024. godine.

Uočen je izraženi sezonski karakter potrošnje – tokom zimskih meseci (od novembra do marta) evidentno je povećanje potrošnje električne energije, što je uobičajeno zbog korišćenja dodatnih električnih uređaja za grejanje i dužeg trajanja veštačkog osvetljenja. Tokom letnjih meseci (jul–avgust), potrošnja opada zbog smanjenog obima aktivnosti u školi i raspusta.

Veći deo potrošnje odvija se u periodu više tarife (VT), što je važno za planiranje solarnog sistema jer se energija proizvedena tokom dana može direktno iskoristiti za pokrivanje

najvećeg dela potreba objekta. Ovakav profil potrošnje čini objekat pogodnim za integraciju solarne elektrane koja bi maksimalno iskoristila proizvedenu energiju.



Sl. 3-83 Potrošnja električne energije, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

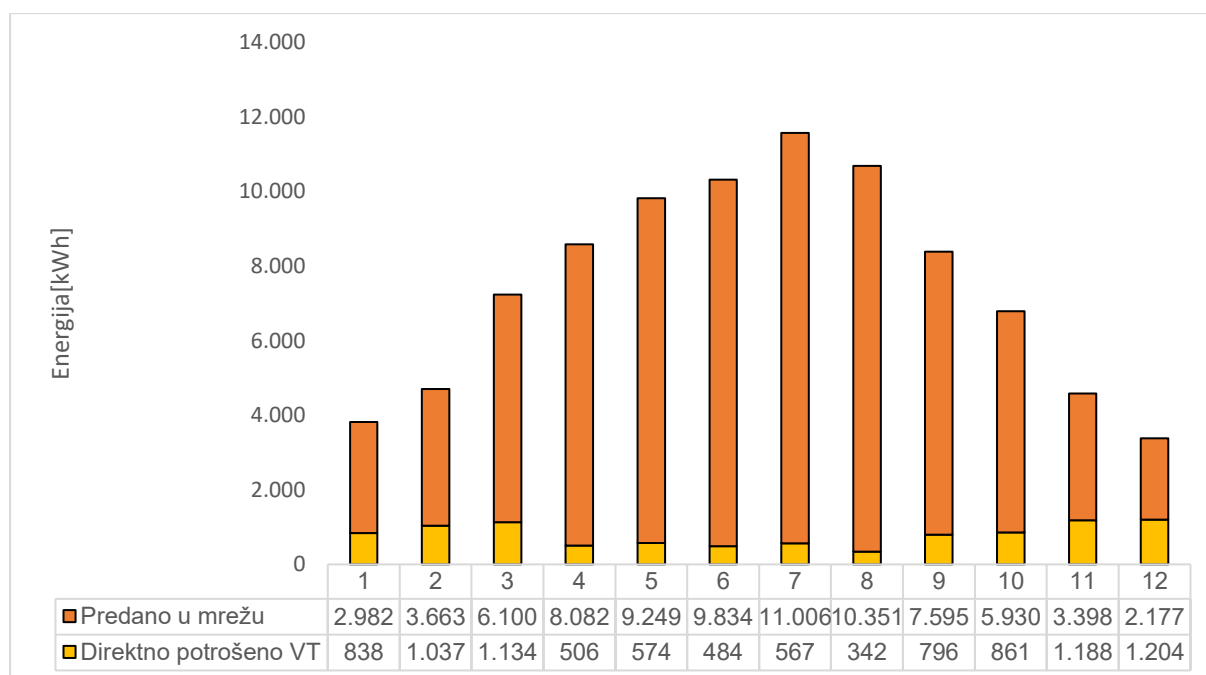
Pri analizi objekta Osnovne škole „Stevan Filipović“ u Radalju razrađeni su Scenario A, Scenario B i Scenario C.

3.11.1. Scenario A – Osnovna škola „Stevan Filipović, Radalj



Sl. 3-84 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Stevan Filipović“ Radalj, (Izvor: Base K2)

Za Scenario A – maksimalno iskorišćenje krovne površine, procenjena instalirana snaga solarne elektrane iznosi 80,1 kWp, a na slici **Sl. 3-84** prikazan je odgovarajući raspored fotonaponskih modula na krovu objekta Osnovne škole „Stevan Filipović“ u Radalju. Ukupna godišnja proizvodnja električne energije, izračunata korišćenjem alata PVGIS, iznosi 89.899 kWh, dok godišnja potrošnja objekta u periodu više tarife iznosi svega 9.532 kWh. Na osnovu toga jasno je da bi ovakva elektrana bila značajno predimenzionirana u odnosu na stvarne potrebe objekta.

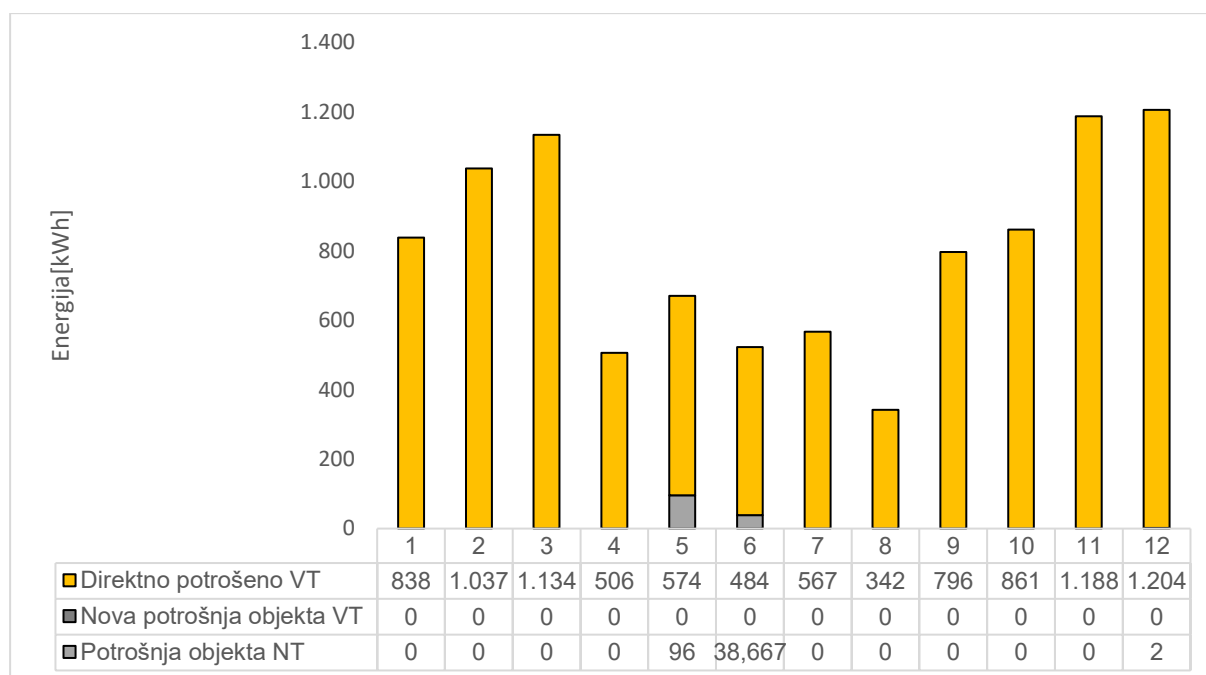


Sl. 3-85 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

Kako je vidljivo na **Sl. 3-86** solarna elektrana ovih dimenzija pokrila bi direktnu potrošnju objekta, a veći deo energije proizvedene tokom godine imao bi potencijal da se predaje u mrežu.

S obzirom na navedeno, Scenario A se za ovaj objekt posmatra isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala solarne elektrane, dok se ekonomska analiza ne sprovodi, budući da bi realizacija sistema u ovom obimu zahtevala izmene postojećih priključnih uslova i posebno odobrenje operatora distributivne mreže.

Drugim rečima, ovaj scenario služi kao pokazna procena tehničkog maksimuma proizvodnje, a ne kao realna investiciona opcija.



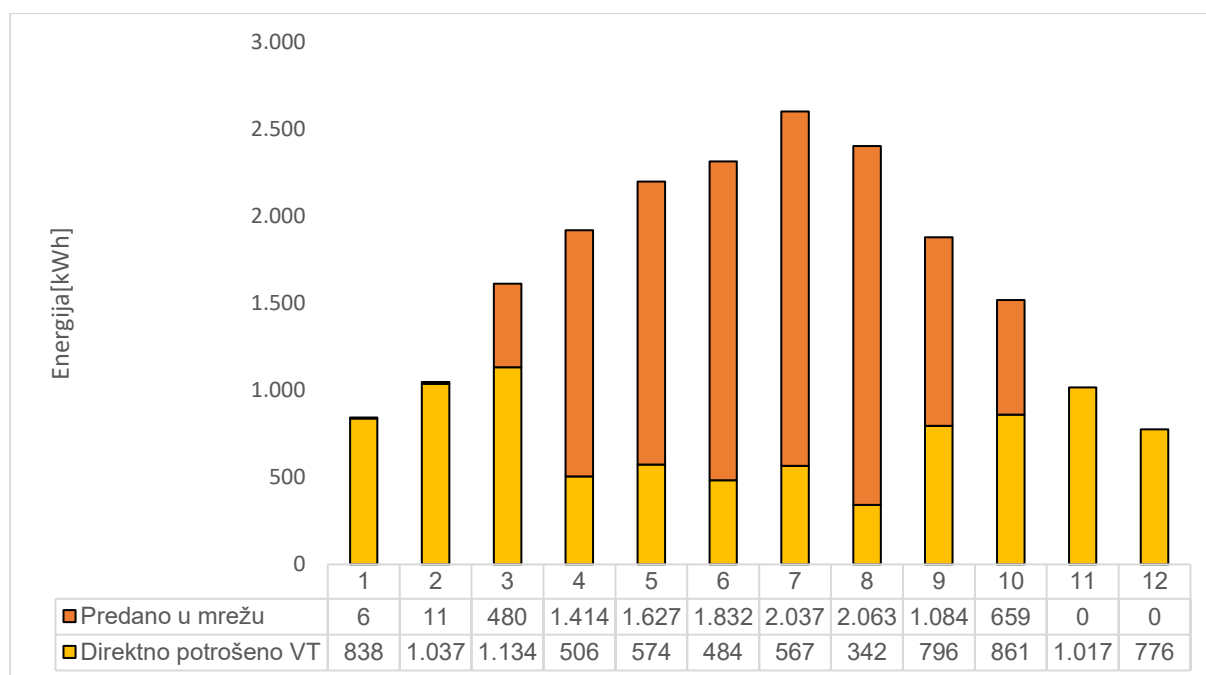
Sl. 3-86 Scenario A - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

3.11.2. Scenario B – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj

Scenario B izrađen je u skladu Uredbom o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022), prema kojoj krajnji kupac električne energije stiče status kupca-proizvođača ukoliko instalisana snaga proizvodnog objekta nije veća od odobrene priključne snage.

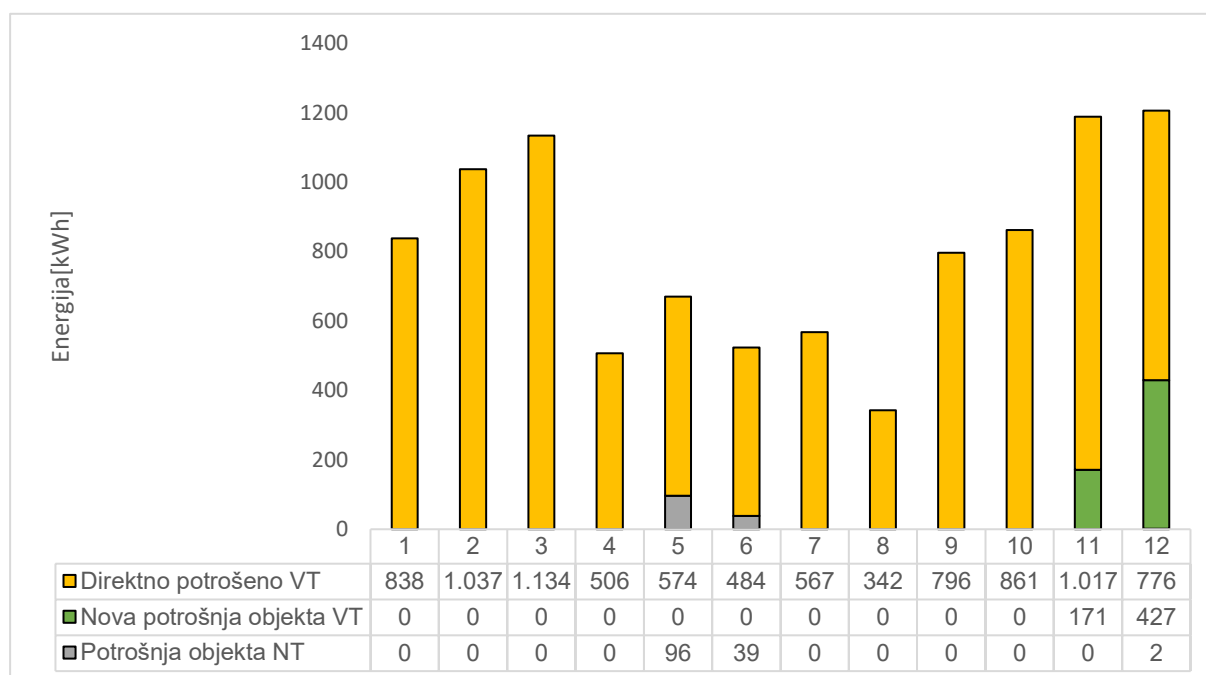
U skladu sa tim tehničkim ograničenjem, u Scenariju B projektovana je solarna elektrana instalisane snage 17,25 kW, sa procenjenom godišnjom proizvodnjom od 20.146 kWh. Ovakvom proizvodnjom omogućeno je potpuno pokrivanje godišnje potrošnje objekta, koja iznosi 9.535 kWh, uz ostvarivanje značajnog viška energije tokom letnjih meseci, koji bi se, u skladu sa važećom regulativom, predavao u mrežu bez naknade.

Sistem je u potpunosti usklađen sa tehničkim i regulatornim zahtevima, te predstavlja realno i primenljivo rešenje koje obezbeđuje visok stepen energetske samostalnosti objekta i racionalno korišćenje proizvedene električne energije.



Sl. 3-87 Scenario B - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

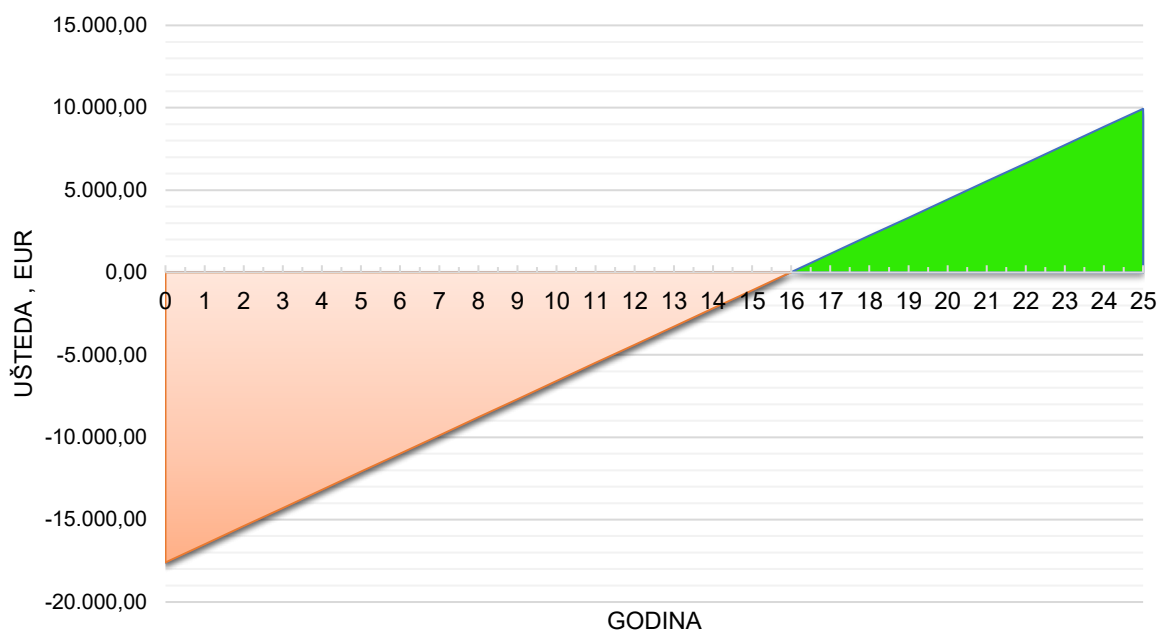
Na osnovu rezultata prikazanih na slikama Sl. 3-87 i Sl. 3-88, može se uočiti da Scenario B omogućava potpuno pokrivanje potrošnje električne energije objekta Osnovne škole „Stevan Filipović“ tokom perioda više tarife u okviru godišnjeg obračunskog razdoblja. Ipak, analiza takođe pokazuje da je višak proizvedene energije koji se predaje u mrežu i dalje izražen, što ukazuje da je elektrana, iako tehnički optimalna u pogledu priključne snage, blago predimenzionisana u odnosu na stvarne potrebe objekta.



Sl. 3-88 Scenario B - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

Tab. 3-22 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Stevan Filipović, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	15,98
Prihod nakon 25 godina, €	27.535,91
Profit nakon 25 godina, €	9.935,91
Prihod nakon 15 godina, €	16.521,54
Profit nakon 15 godina, €	-1.078,46

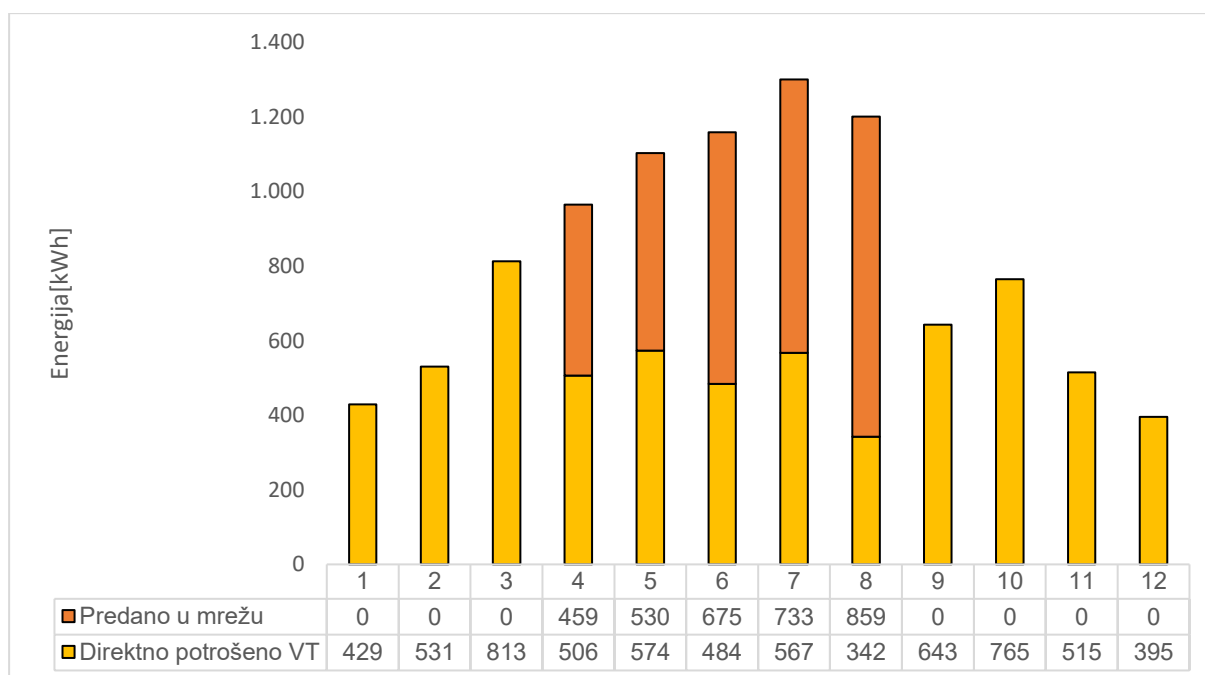


Sl. 3-89 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

3.11.3. Scenario C – Osnovna škola „Stevan Filipović“, Radalj

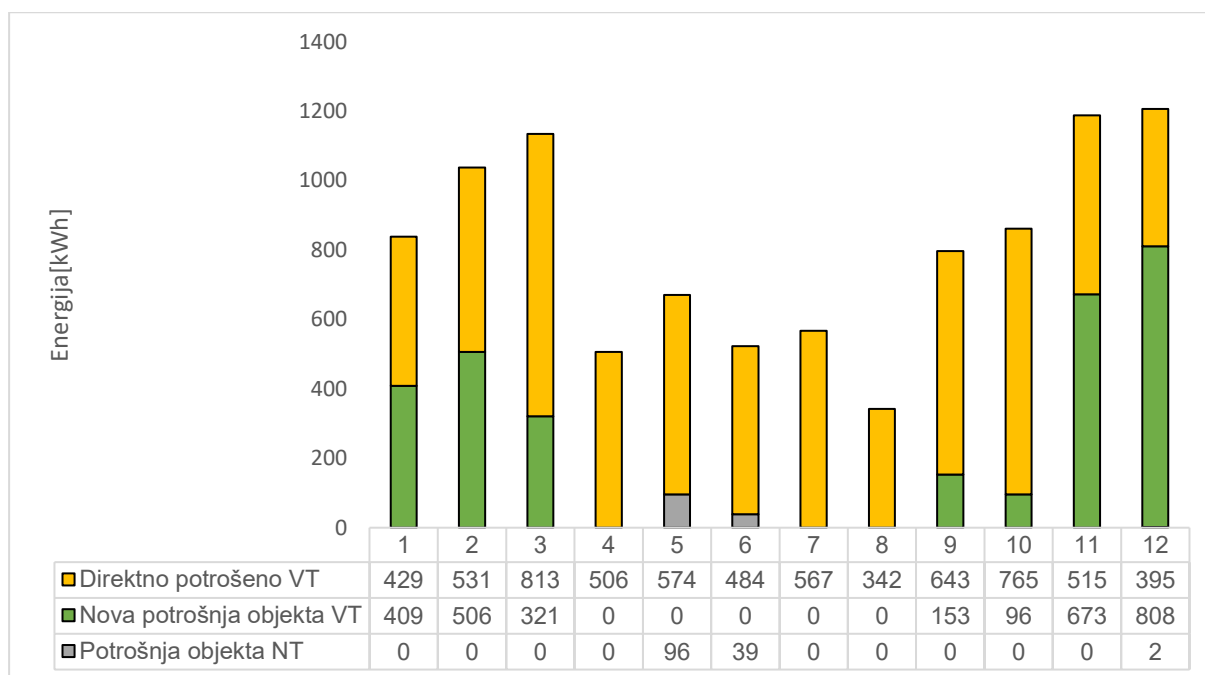
U okviru Scenarija C za objekat Osnovna škola „Stevan Filipović“, analizirano je optimalno rešenje koje omogućava pokrivanje većine godišnje potrošnje u periodu više tarife uz minimalne viškove predaje u mrežu, čime se postiže najveći stepen samopotrošnje i efikasno korišćenje proizvedene energije. Na osnovu tehničkih parametara i klimatskih uslova lokacije, procenjena godišnja proizvodnja iznosi 9.822 kWh, što je nešto više od ukupne godišnje potrošnje u višoj tarifi od 9.532 kWh.

Na grafikonu Sl. 3-90 uočava se da je proizvodnja solarne elektrane značajno veća tokom prolećnih i letnjih meseci (april–septembar), sa vrhom u julu, kada dolazi i do značajnih viškova energije koji se predaju u mrežu. U zimskom periodu proizvodnja je manja, ali i dalje pokriva deo dnevne potrošnje objekta. Time se jasno ogleda sezonski karakter solarne proizvodnje — višak leti, niža proizvodnja zimi.



Sl. 3-90 Scenario C - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

Grafikon Sl. 3-91 prikazuje nove tokove potrošnje objekta nakon ugradnje solarne elektrane, gde se vidi da značajan deo energije dolazi iz direktne samopotrošnje tokom dana, dok se u mesecima smanjene proizvodnje (zimski period) deo energije i dalje povlači iz mreže. Ovakav profil potvrđuje da je sistem dimenzionisan optimalno, sa visokim udelom samopotrošnje i relativno malim viškovima energije koji se predaju u mrežu, što doprinosi povoljnoj ekonomskoj isplativosti projekta.



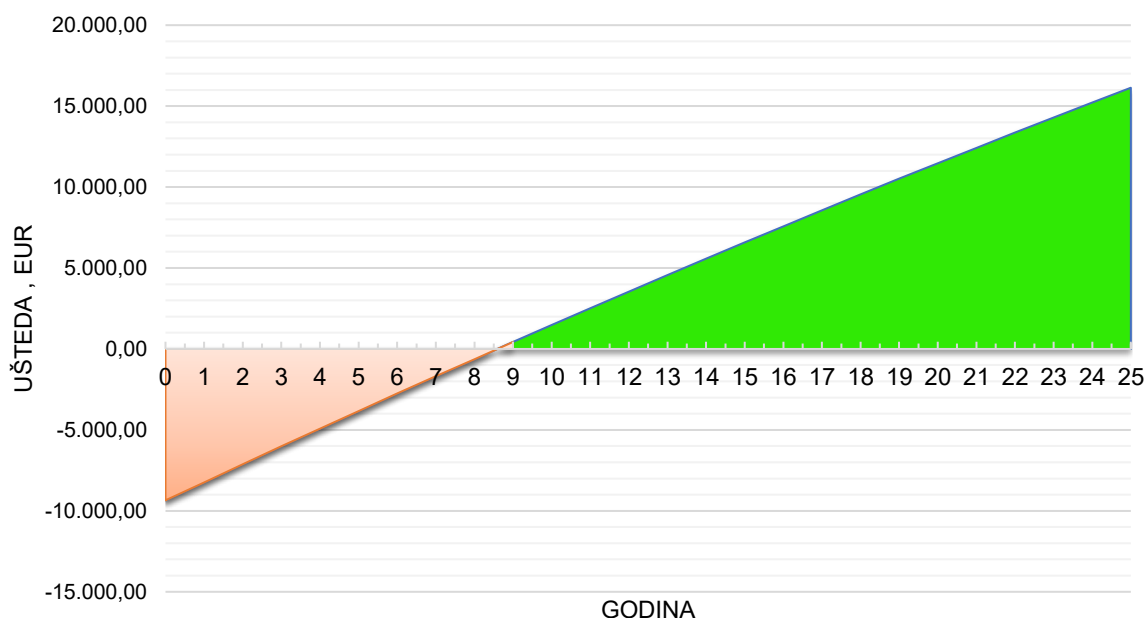
Sl. 3-91 Scenario C - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj

Finansijska analiza za Scenario C pokazuje da se očekivani period povrata investicije iznosi približno 8,59 godine, nakon čega sistem nastavlja da generiše čistu finansijsku dobit kroz uštede u troškovima električne energije. Tokom prvih petnaest godina rada, ukupni prihod od ušteta procenjuje se na oko 15.935,84 EUR, što nakon odbitka početne investicije donosi neto profit od 6.585,84 EUR. Na duži rok, odnosno nakon dvadeset pet godina eksploatacije, projekat ostvaruje ukupni prihod od 24.485,72 EUR i ukupan profit od 16.135,72 EUR.

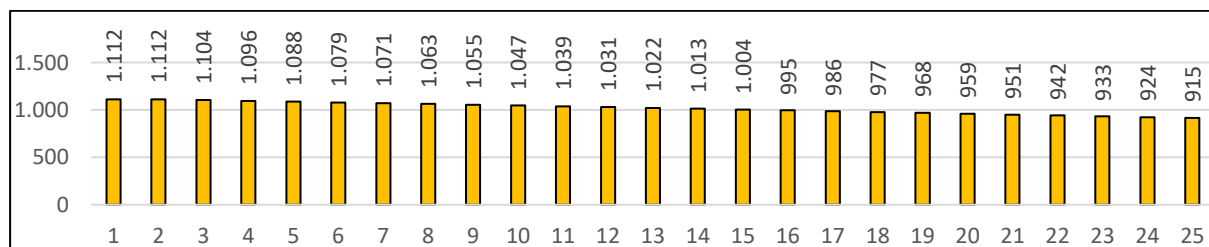
Ovi rezultati potvrđuju da je ulaganje u fotonaponski sistem ove snage ekonomski izuzetno povoljno, sa stabilnim rastom finansijskih koristi tokom čitavog životnog veka sistema.

Tab. 3-23 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Stevan Filipović“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	8,59
Prihod nakon 25 godina, €	25.485,72
Profit nakon 25 godina, €	16.135,72
Prihod nakon 15 godina, €	15.935,84
Profit nakon 15 godina, €	6.585,84



Sl. 3-92 Scenario C – Prikaz ušteta kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Stevan Filipović“, Radalj



Sl. 3-93 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Stevan Filipović"

3.12. Osnovna škola „Nikola Tesla“

Objekat Osnovne škole „Nikola Tesla“ nalazi se u naselju Velika Reka, na adresi Ulica kralja Petra Prvog 665, 15322 Velika Reka, Republika Srbija. Zgrada škole je javne namene – obrazovni objekat i predstavlja tipičan primer školskog objekta srednje veličine u seoskoj sredini.

Ukupna odobrena priključna snaga objekta iznosi 17,25 kW, dok je godišnja potrošnja električne energije u proseku 9.535 kWh (u periodu 2022–2024). Prema podacima dostavljenim iz elektrodistribucije, objekat je priključen kao jedinstveno brojilo broj 4314459470.

Krovna konstrukcija je dvovodni kosi krov sa crepnim pokrivačem, delimično prekinut manjim spojnim krovom u obliku slova T. Takav tip krova omogućava postavljanje solarnih modula na dve dominantne orijentacije – jug i jugoistok, uz dobru izloženost sunčevom zračenju tokom dana. Ukupna površina krova iznosi približno 570 m²

Tab. 3-24: Opšti podaci – Osnovna škola „Nikola Tesla“, Velika Reka

Osnovna škola „Nikola Tesla“, Velika Reka	
Adresa	Ulica kralja Petra Prvog 665, 15322 Velika Reka, Srbija
Tip objekta	Osnovna škola
Broj brojila	4314459470
Odobrena električna snaga	17,25 kWh
Potrošnja električne energije	9.535 kWh/godišnje
Površina krova	~570 m ²

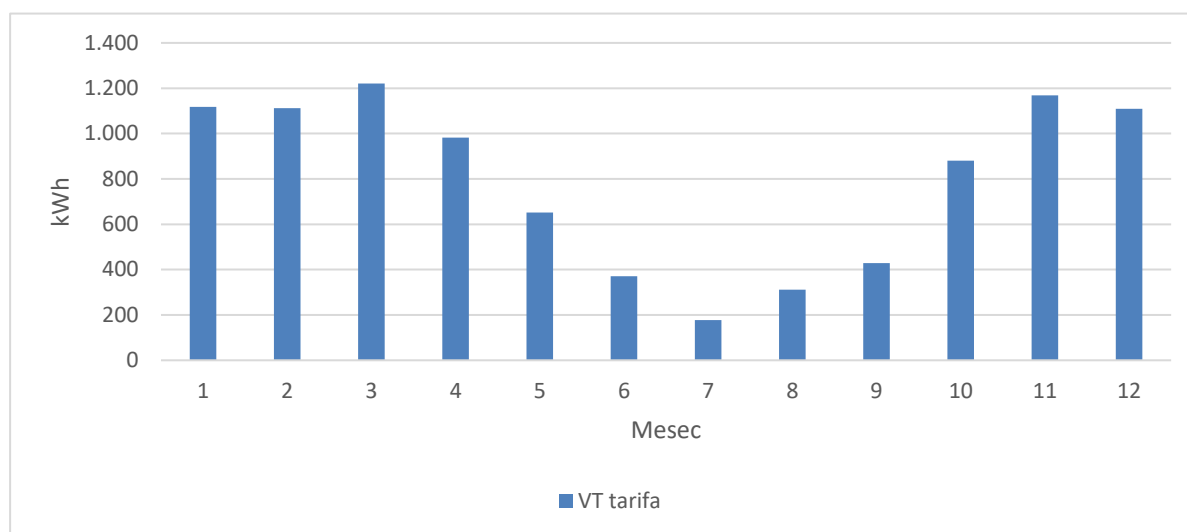


Sl. 3-94 Osnovna škola „Nikola Tesla“ (1)



Sl. 3-95 Osnovna škola „Nikola Tesla“ (2)

Profil prosečne mesečne potrošnje električne energije za period od januara 2022. do decembra 2024. godine u objektu Osnovne škole „Nikola Tesla“ u naselju Velika Reka prikazan je na grafikonu Sl. 3-96.



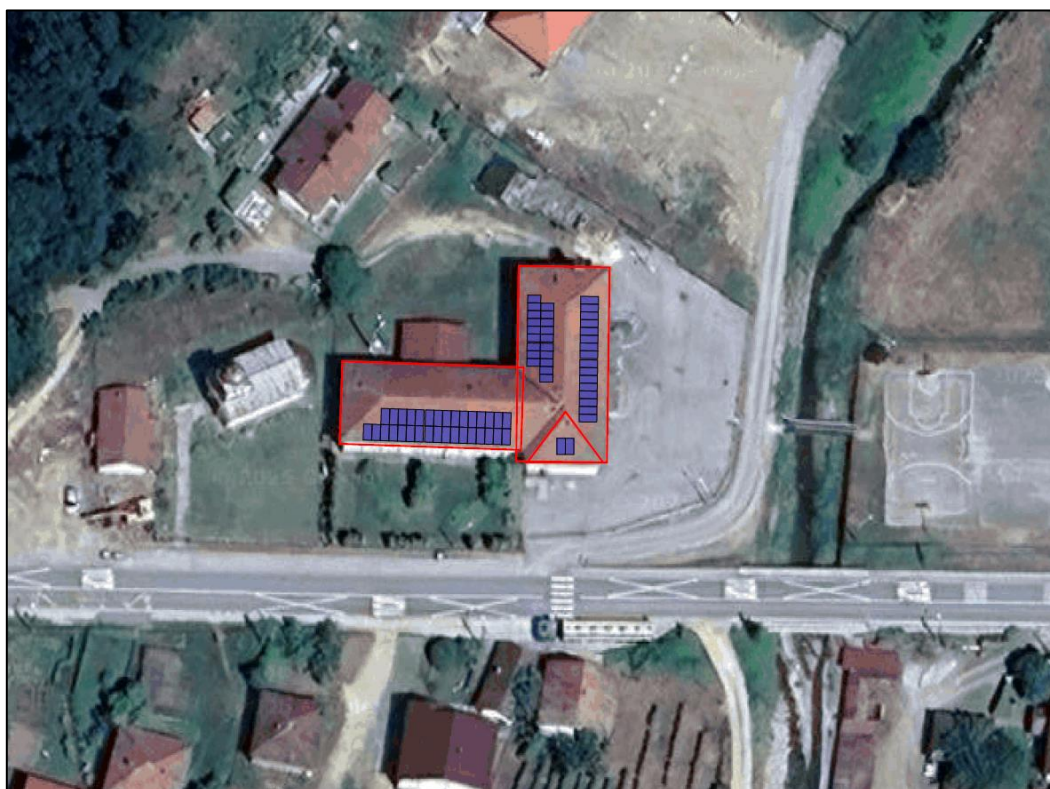
Sl. 3-96. Potrošnja električne energije Osnovna škola „Nikola Tesla“, Velika Reka

Uočen je izražen sezonski karakter potrošnje, koji je tipičan za obrazovne ustanove. Najveća potrošnja zabeležena je tokom zimskih meseci (od januara do aprila, kao i u novembru i decembru), što je posledica intenzivnijeg korišćenja električne energije za grejanje, osvetljenje i duže trajanje boravka u zatvorenom prostoru. Tokom letnjih meseci (jun–avgust) potrošnja značajno opada usled školskog raspusta i smanjenog obima aktivnosti u objektu.

Ovakav profil potrošnje potvrđuje da objekat ima izraženu sezonsku varijabilnost, sa dominacijom potrošnje u zimskom periodu i minimalnim vrednostima tokom leta, što je u skladu sa očekivanim energetske ponašanjem školskih objekata.

Pri analizi objekta Osnovne škole „Nikola Tesla“ u Velikoj Reci razrađeni su Scenario A, Scenario B i Scenario C.

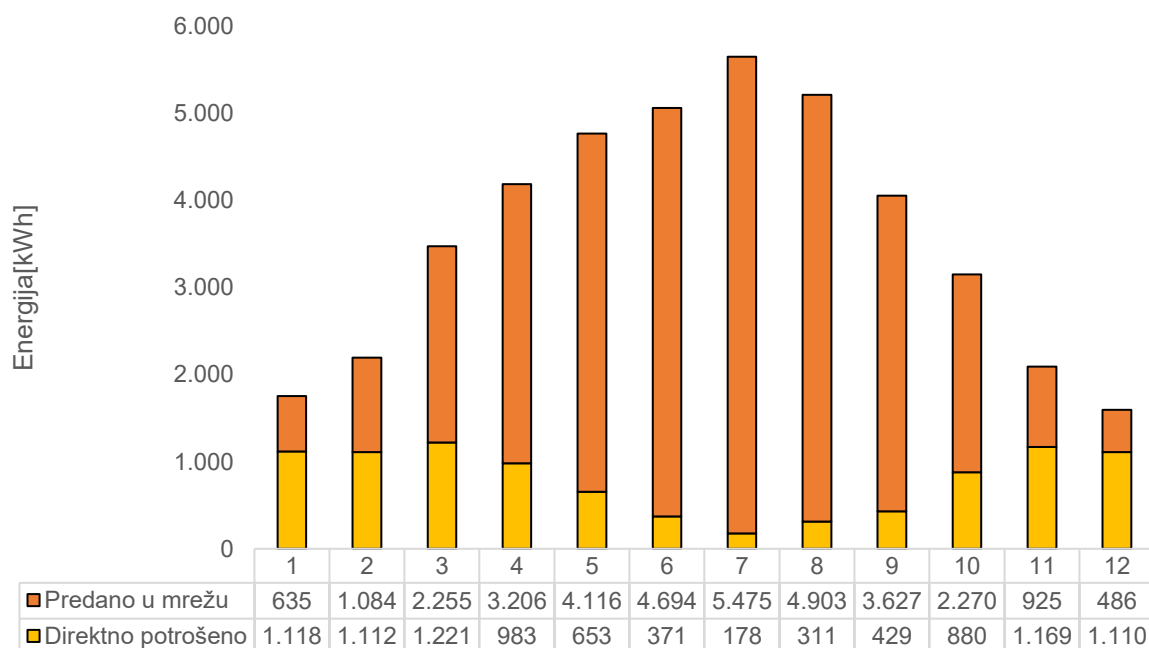
3.12.1. Scenario A – Osnovna škola „Nikola Tesla“



Sl. 3-97 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Nikola Tesla“ (Izvor: Base K2)

Za Scenario A - Maksimalno iskorišćenje krovne površine, procenjena instalirana snaga maksimalnog prostornog iskorišćenja krovne površine iznosi 38,985 kWp, a na slici **Sl. 3-97** prikazan je odgovarajući raspored solarnih panela. Godišnja proizvodnja električne energije, procenjena korišćenjem alata PVGIS, iznosi 43.212 kWh/godišnje.

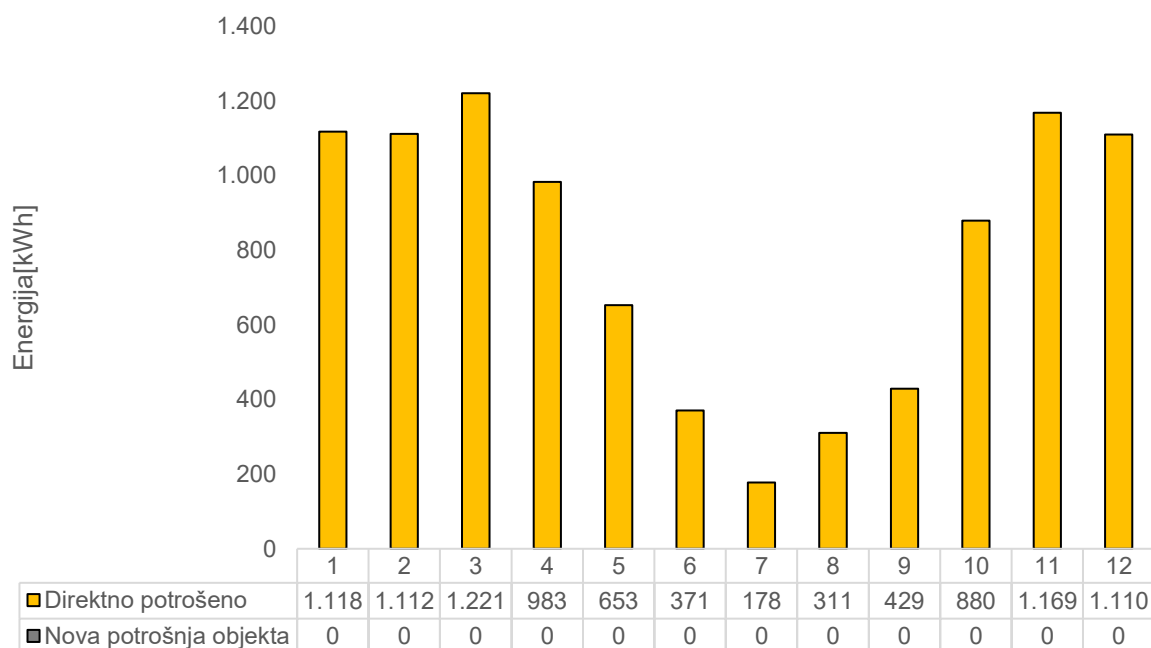
Prikaz ukupne mesečne proizvodnja solarne elektrane uzimajući u obzir maksimalno prostorno iskorišćenje krovne površine nalazi se na **Sl. 3-98** i **Sl. 3-100**, pri čemu je jasno izražen sezonski karakter rada sistema. Najveća proizvodnja ostvaruje se tokom letnjih meseci (od maja do avgusta), što odgovara periodima najvišeg intenziteta sunčevog zračenja, dok su zimski meseci obeleženi nižom proizvodnjom usled smanjenog broja sunčanih sati. Veći deo proizvedene energije u letnjem periodu ima potencijal predaje se u mrežu, dok je udeo direktno potrošene energije relativno nizak, što je posledica smanjene potrošnje objekta tokom školskog raspusta.



Sl. 3-98 Scenario A - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka

Na slici **Sl. 3-99** prikazana je potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane. Uvođenjem fotonaponskog sistema ostvarena je mogućnost potpunog pokrivanja potreba objekta iz sopstvene proizvodnje električne energije, bez potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.

Potrošnja objekta, u skladu sa dostavljenim podacima, odvija se u periodu više tarife, što omogućava gotovo potpunu podudarnost između proizvodnje i potrošnje solarne elektrane. Time se obezbeđuje maksimalna energetska samostalnost objekta i eliminacija troškova za električnu energiju iz mreže u analiziranom scenariju.



Sl. 3-99 Scenario A - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka

Scenario A izrađen je prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, čime je ostvareno optimalno prostorno pozicioniranje fotonaponskih modula u pogledu orijentacije i zasenčenja. Takav pristup omogućava uvid u tehnički maksimum proizvodnog potencijala objekta.

Međutim, rezultati proračuna pokazuju da bi instalirana snaga sistema, pri potpunom iskorišćenju krovne površine, premašila tehničko ograničenje priključka objekta na distributivnu mrežu. Time bi projektovana elektrana bila predimenzionisana u odnosu na dozvoljene priključne uslove i, kao takva, nije u skladu sa važećom regulativom.

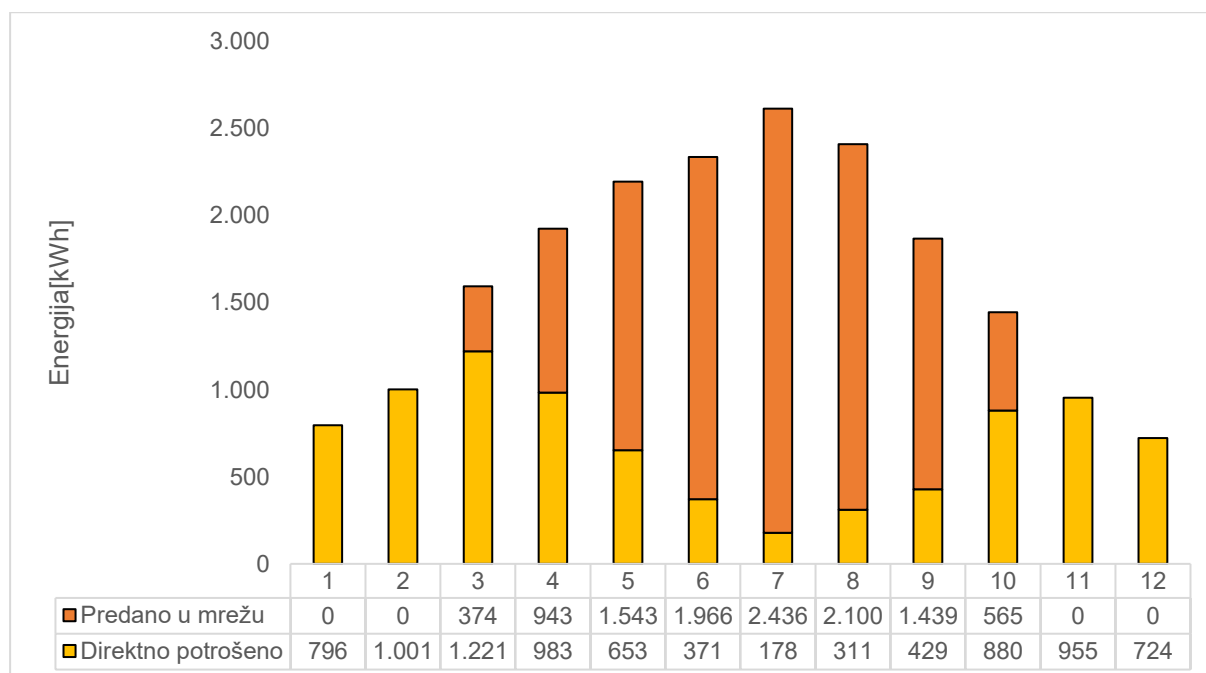
S obzirom na navedeno, ovaj scenario se za objekt Osnovne škole „Nikola Tesla“ razmatra isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala, dok se njegova ekonomska analiza ne sprovodi, budući da realizacija sistema u ovom obimu nije moguća bez izmene priključnih uslova i odobrenja operatora distributivne mreže.

3.12.2. Scenario B – Osnovna škola „Nikola Tesla“

Scenario B razrađen je sukladno stavku 2, Članka 4. Uredbe o kriterijima, uvjetima i načinu izračuna potraživanja i obveza između kupca - proizvođača i dobavljača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021-3, 74/2022-3) prema kojem vrijedi uvjet da krajnji kupac električne energije stječe status kupca-proizvođača ako instalirana snaga proizvodno objekta nije veća od odobrene priključne snage objekta krajnjeg kupca.

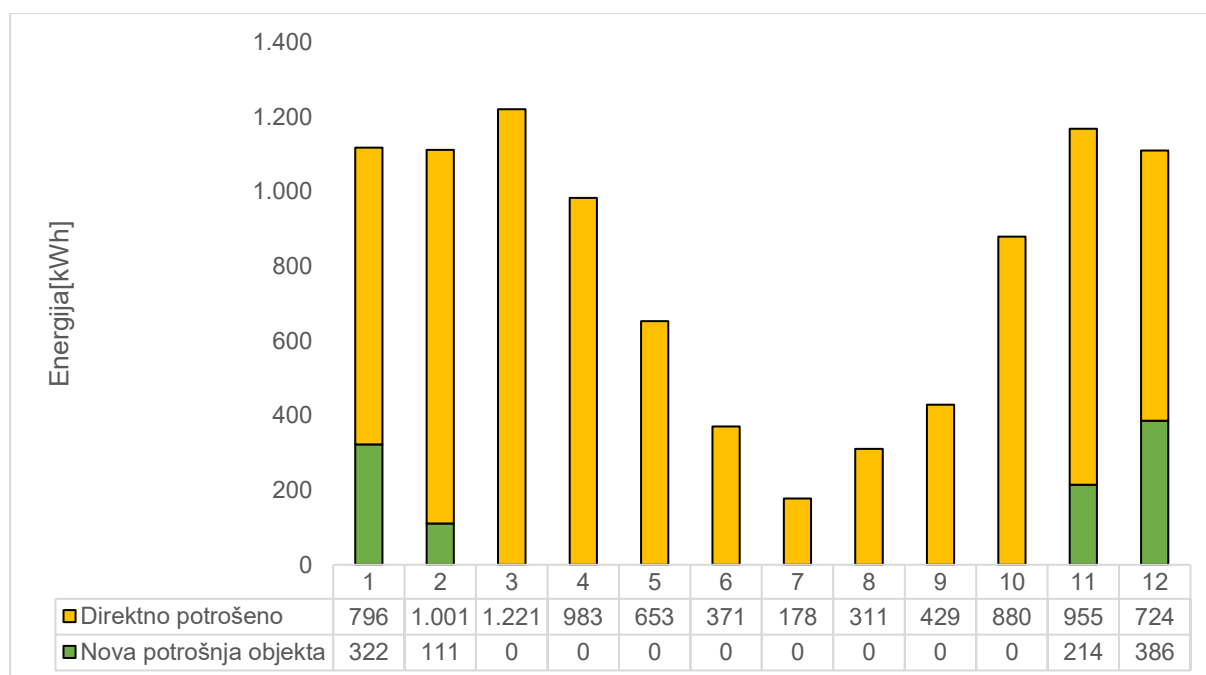
U skladu sa tehničkim ograničenjem priključka, u Scenariju B projektovana je solarna elektrana instalisane snage 17,25 kW, sa procenjenom godišnjom proizvodnjom 19.866 kWh. Time se u potpunosti pokriva godišnja potrošnja objekta od 9.535 kWh.

Raspodjela proizvodnje solarne elektrane prikazana na **Sl. 3-100** prikazuje da ovakav profil potvrđuje da elektrana instalisane snage 17,25 kW značajno premašuje potrošnju objekta, što dovodi do povećanog procenta predaje energije u mrežu, posebno u letnjem delu godine.



Sl. 3-100 Scenario B - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka

Na grafikonu **Sl. 3-101** prikazana je potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane. Zahvaljujući dovoljnoj proizvodnji električne energije u okviru obračunskog perioda, moguće je u potpunosti pokriti godišnju potrošnju objekta sopstvenom proizvodnjom iz solarne elektrane, čime se eliminiše potreba za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.



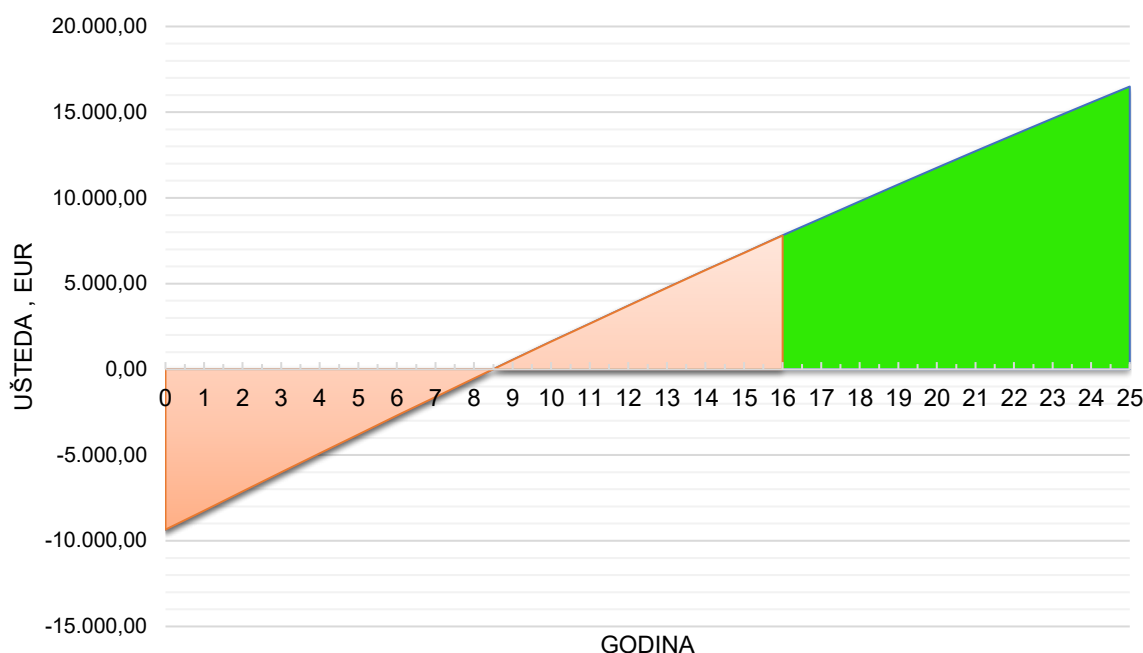
Sl. 3-101 Scenario B - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka

Tab. 3-25 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Nikola Tesla“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	15,97
Prihod nakon 25 godina, €	27.544,75
Profit nakon 25 godina, €	9.944,75
Prihod nakon 15 godina, €	16.526,85
Profit nakon 15 godina, €	-1.073,15

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana instalisane snage jednake odobrenoj priključnoj snazi objekta nije ekonomski isplativa. Na grafikonu *Sl. 3-102* prikazan je tok kumulativnih ušteda tokom perioda od 25 godina eksploatacije sistema, gde se uočava da se početno ulaganje ne uspeva nadoknaditi ni nakon dvadesetpetogodišnjeg rada.

U skladu sa prikazanim rezultatima, povrat investicije iznosi 15,97 godina, što je iznad očekivanog životnog veka solarne elektrane. Ostvareni prihod nakon 25 godina iznosi svega 27.544,75 EUR, dok je ukupan profit negativan i iznosi 9.944,75 EUR. Ovi pokazatelji potvrđuju da je elektrana, iako tehnički u skladu s ograničenjem priključne snage, predimenzionisana u ekonomskom smislu, jer je jedini izvor prihoda vrednost ostvarene uštede kroz smanjenje troškova za električnu energiju u obračunskom periodu, bez dodatnih prihoda od prodaje viškova u mrežu.



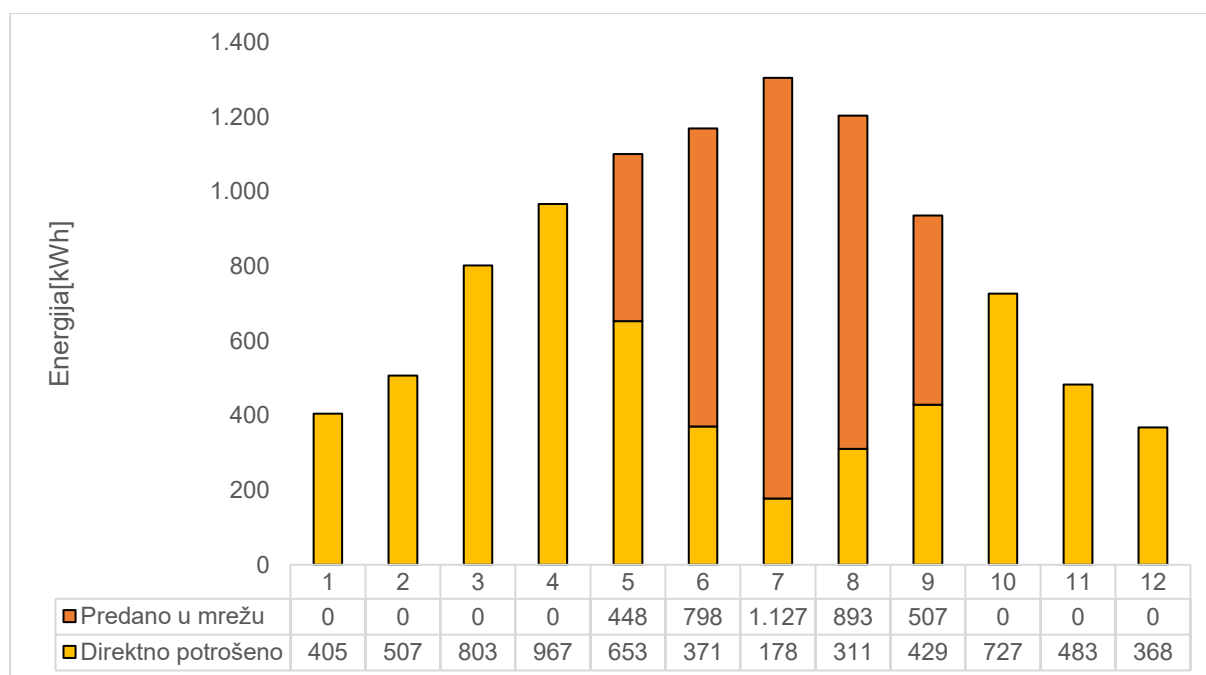
Sl. 3-102 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“

3.12.3. Scenario C – Osnovna škola „Nikola Tesla“

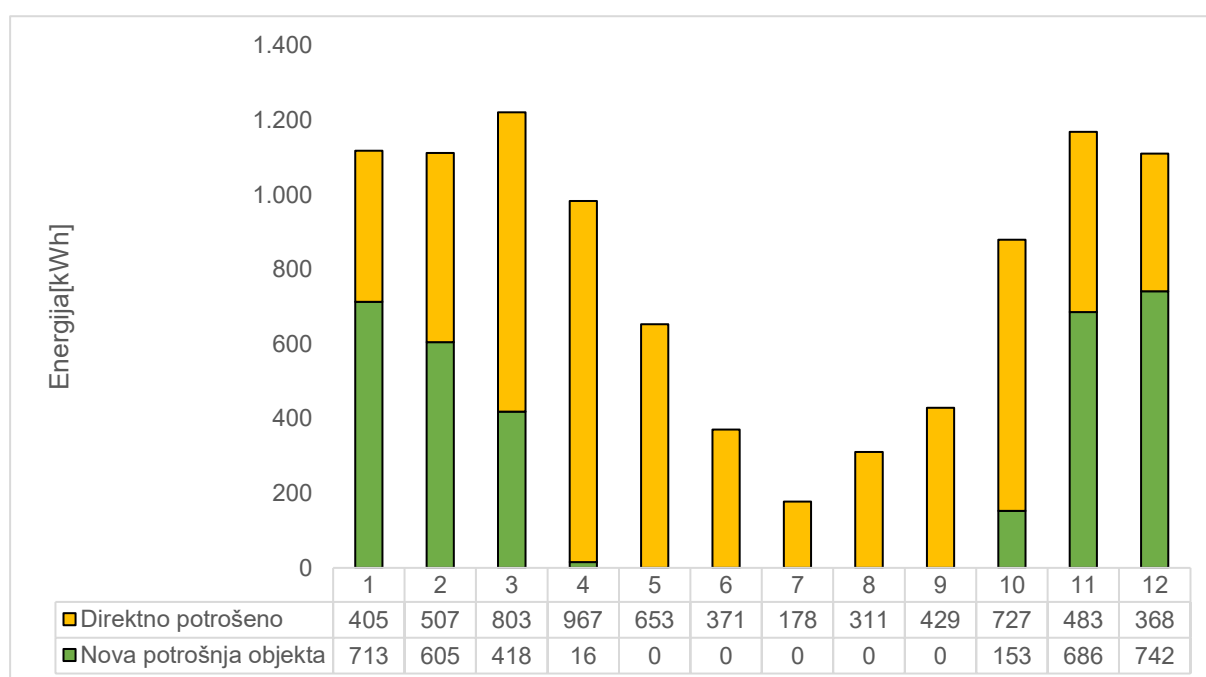
U okviru Scenarija C za objekat Osnovna škola „Nikola Tesla“ u Velikoj Reci, razmatrano je rešenje koje omogućava visok stepen pokrivenosti sopstvene potrošnje električne energije u periodu više tarife, uz ograničene viškove isporuke u mrežu. Na ovaj način obezbeđuje se optimalna ravnoteža između proizvedene i potrošene energije, čime se maksimizuju finansijske uštede i povećava energetska samostalnost objekta.

Na osnovu raspoloživih tehničkih parametara i klimatskih karakteristika lokacije, procenjuje se godišnja proizvodnja električne energije od 9.976 kWh, što omogućava gotovo potpuno pokrivanje potreba objekta u periodu više tarife.

Grafikoni Sl. 3-103 i Sl. 3-104 jasno pokazuju izražen sezonski karakter proizvodnje električne energije, sa značajnim viškovima tokom letnjih meseci i nižom proizvodnjom zimi. Veći deo proizvedene energije koristi se direktno na objektu, dok se višak u mesecima najviše proizvodnje predaje u mrežu, što potvrđuje dobru usklađenost veličine sistema sa potrošačkim profilom.



Sl. 3-103 Scenario C - Ukupna proizvodnja solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka



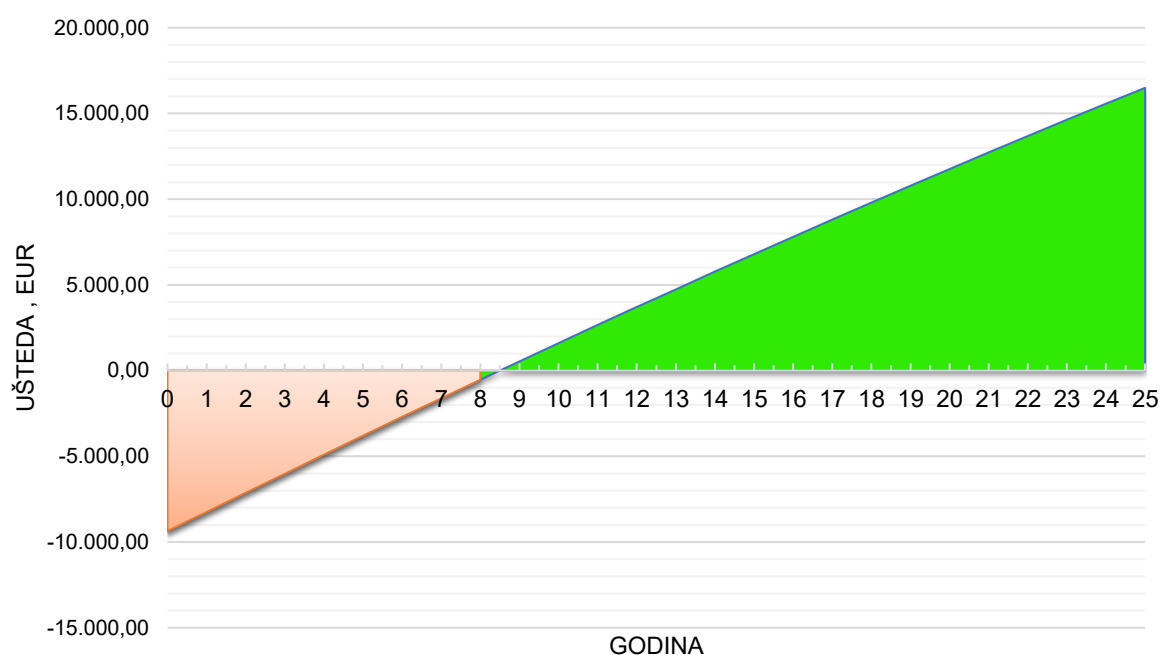
Sl. 3-104 Scenario C - Potrošnja električne energije objekta posle instalacije solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“, Velika Reka

Finansijska analiza pokazuje da projekat ostvaruje vrlo stabilne i povoljne ekonomske rezultate. Povratak početne investicije očekuje se nakon približno 8,5 godina, nakon čega sistem generiše čistu finansijsku dobit kroz ostvarene uštede. U periodu od petnaest godina predviđa se ukupan prihod od 16.145,24 EUR i neto profit od 6.795,24 EUR, dok na kraju planiranog životnog veka od dvadeset pet godina ukupan prihod dostiže 25.846,73 EUR, a

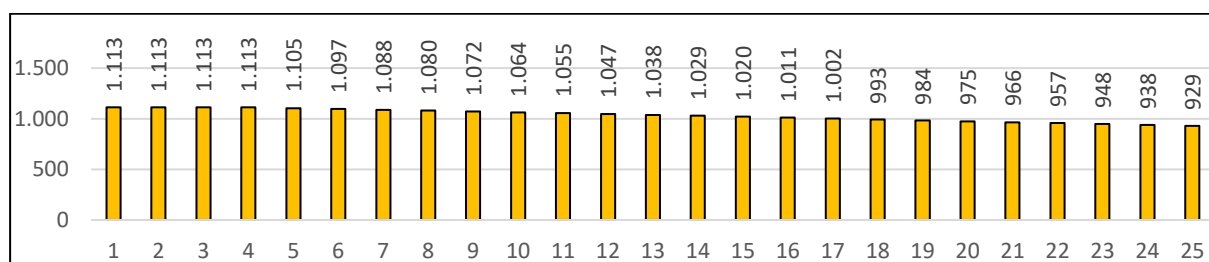
neto profit 16.496,73 EUR. Ovi rezultati potvrđuju ekonomsku opravdanost investicije i dugoročnu isplativost sistema.

Tab. 3-26 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Nikola Tesla“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	8,49
Prihod nakon 25 godina, €	25.846,73
Profit nakon 25 godina, €	16.496,73
Prihod nakon 15 godina, €	16.145,24
Profit nakon 15 godina, €	6.795,24



Sl. 3-105 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Nikola Tesla“



Sl. 3-106 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Nikola Tesla"

3.13. Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Objekat Osnovne škole „Braća Ribar“ nalazi se u naselju Donja Borina, na adresi Borinska 25, 15317 Donja Borina, Republika Srbija. Zgrada škole je javne namene – obrazovni objekat, a trenutno je u procesu sanacije (avgust 2025).

Ukupna odobrena priključna snaga objekta iznosi 11,04 kW, dok je prosečna godišnja potrošnja električne energije u periodu 2022–2024. iznosila 5.075 kWh. Objekat je priključen na distributivnu mrežu putem brojila broj 4316015536.

Krovna konstrukcija je višeslivni kosi krov sa nagibom od 37°, koji će po završetku sanacije biti pokriven falcovanim crepom. Ukupna površina krova iznosi oko 650 m², sa povoljnim orijentacijama prema jugu i jugozapadu, što pruža dobre solarne uslove za instalaciju elektrane.

Tab. 3-27: Opšti podaci – Osnovna Škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina	
Adresa	Borinska 25, 15317 Donja Borina , Srbija
Tip objekta	Osnovna škola
Broj brojila	4316015536
Odobrena električna snaga	11,04 kWh
Potrošnja električne energije	5.075 (4.244 VT) kWh/god
Napomena	Objekt je u procesu sanacije (kolovoz 2025.)
Površina krova	~650 m ²



Sl. 3-107 Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (1)



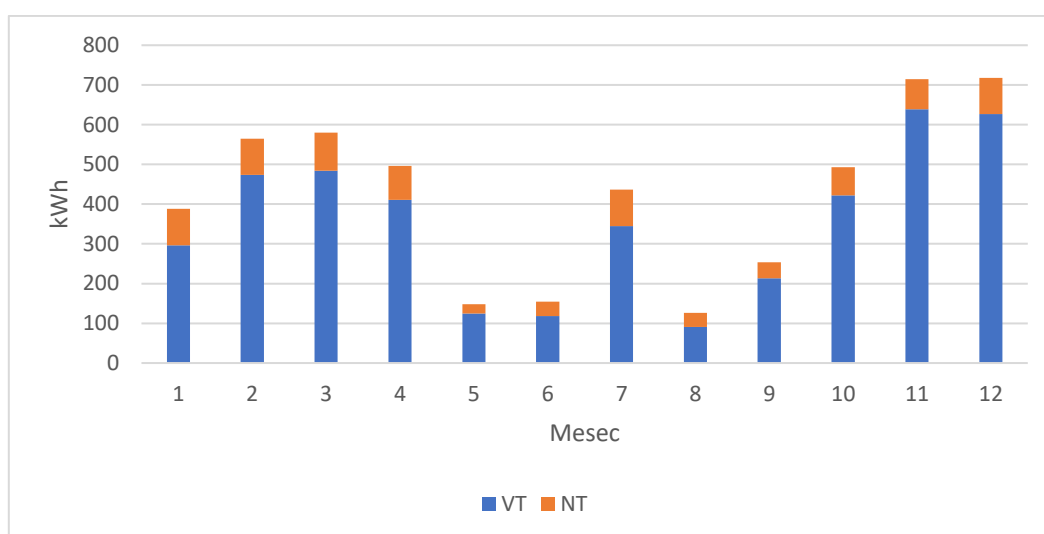
Sl. 3-108 Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (2)

Grafikon Sl. 3-109 prikazuje mesečni profil potrošnje električne energije objekta razdvojen po tarifnim periodima – višoj tarifi (VT) i nižoj tarifi (NT).

Uočen je sezonski karakter potrošnje, sa najvišim vrednostima u zimskim mesecima (januar–mart i novembar–decembar), što je u skladu sa povećanim potrebama za grejanjem i dužim vremenom boravka učenika u zatvorenom prostoru. Tokom letnjih meseci (jun–avgust), kada škola ne radi u punom kapacitetu, potrošnja je značajno manja.

Vidljivo je da se dominantni deo potrošnje odvija u periodu više tarife, dok je udeo potrošnje u nižoj tarifi relativno mali, što je tipično za objekte ove namene, jer se najveći deo aktivnosti odvija u dnevnim satima.

Ovakva raspodela potrošnje pokazuje da bi solarna elektrana, koja proizvodi električnu energiju upravo tokom više tarife, mogla efikasno da pokriva energetske potrebe objekta.



Sl. 3-109 Potrošnja električne energije, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Pri analizi objekta Osnovne škole „Braća Ribar“ u Donjoj Borini razrađeni su Scenario A, Scenario B i Scenario C.

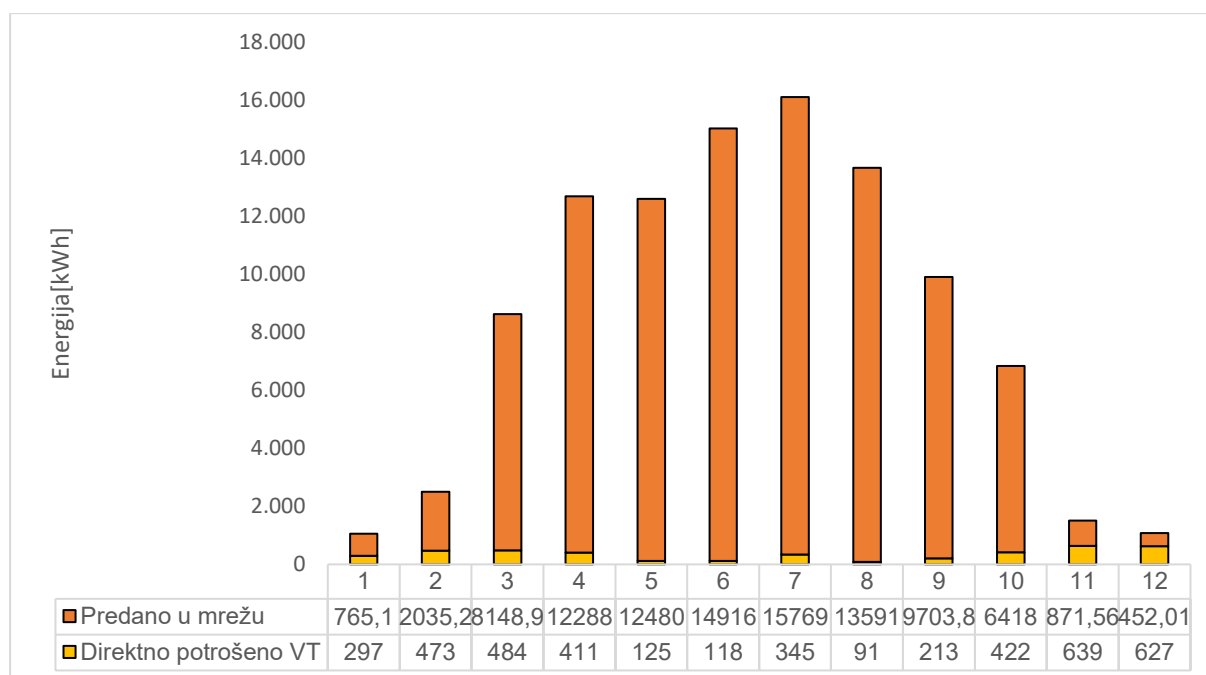
3.13.1. Scenario A – OŠ „Braća Ribar“



Sl. 3-110 Raspored fotonaponskih panela, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina (Izvor: Base K2)

Za Scenario A - Maksimalno iskorišćenje krovne površine, procenjena instalirana snaga maksimalnog prostornog iskorišćenja krovne površine iznosi 62,55 kWp, a na slici **Sl. 3-110** prikazan je odgovarajući raspored solarnih panela. Godišnja proizvodnja električne energije, procenjena korišćenjem alata PVGIS, iznosi 70.153 kWh/godišnje.

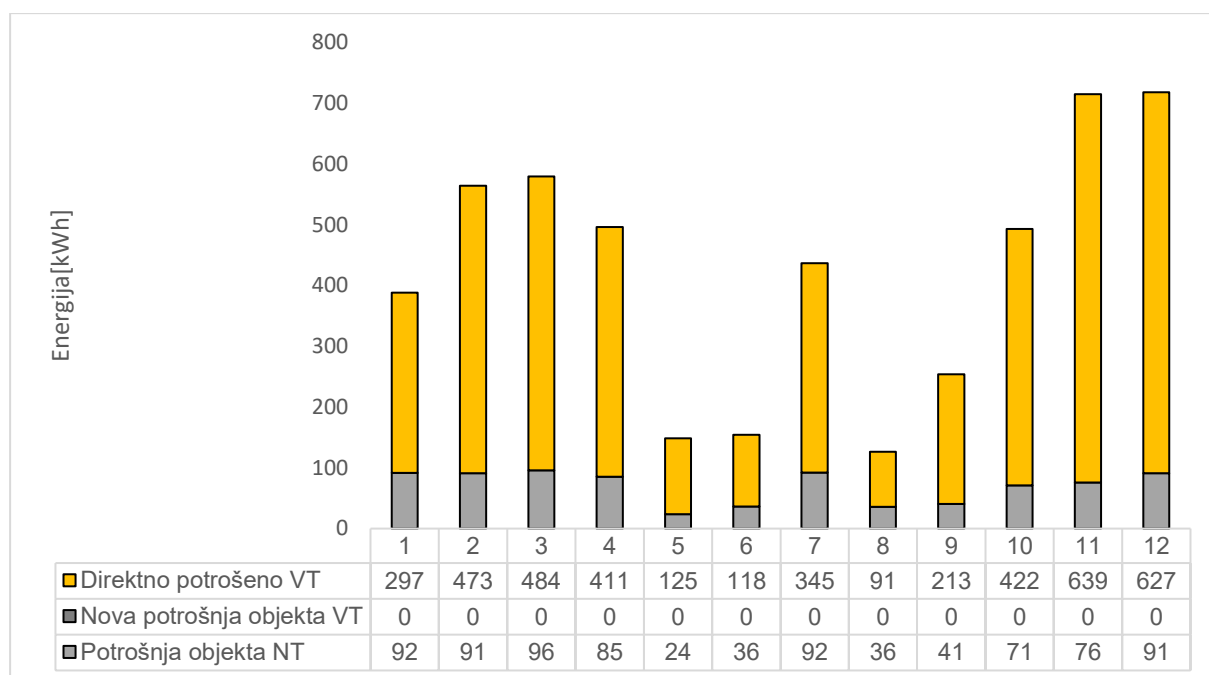
Prikaz ukupne mesečne proizvodnja solarne elektrane uzimajući u obzir maksimalno prostorno iskorišćenje krovne površine nalazi se na **Sl. 3-111** i **Sl. 3-100**, pri čemu je jasno izražen sezonski karakter rada sistema. Najveća proizvodnja ostvaruje se tokom letnjih meseci (od maja do avgusta), što odgovara periodima najvišeg intenziteta sunčevog zračenja, dok su zimski meseci obeleženi nižom proizvodnjom usled smanjenog broja sunčanih sati. Veći deo proizvedene energije u letnjem periodu ima potencijal predaje se u mrežu, dok je udeo direktno potrošene energije relativno nizak, što je posledica smanjene potrošnje objekta tokom školskog raspusta



Sl. 3-111 Scenario A – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Na slici **Sl. 3-112** prikazana je potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane. Uvođenjem fotonaponskog sistema ostvarena je mogućnost potpunog pokrivanja potreba objekta iz sopstvene proizvodnje električne energije, bez potrebe za preuzimanjem energije iz distributivne mreže.

Potrošnja objekta, u skladu sa dostavljenim podacima, odvija se u periodu više tarife, što omogućava gotovo potpunu podudarnost između proizvodnje i potrošnje solarne elektrane. Time se omogućuje obezbeđenje maksimalne energetske samostalnosti objekta i eliminacija troškova za električnu energiju iz mreže u analiziranom scenariju.



Sl. 3-112 Scenario A – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Scenario A izrađen je prema principu maksimalnog iskorišćenja raspoložive krovne površine, čime je postignuto optimalno pozicioniranje fotonaponskih modula u odnosu na orijentaciju i zasenčenje.

Dobijeni rezultati ukazuju da bi u ovom slučaju instalisana snaga solarne elektrane premašila odobrenu priključnu snagu objekta, zbog čega bi sistem bio predimenzionisan i neusklađen sa važećom regulativom.

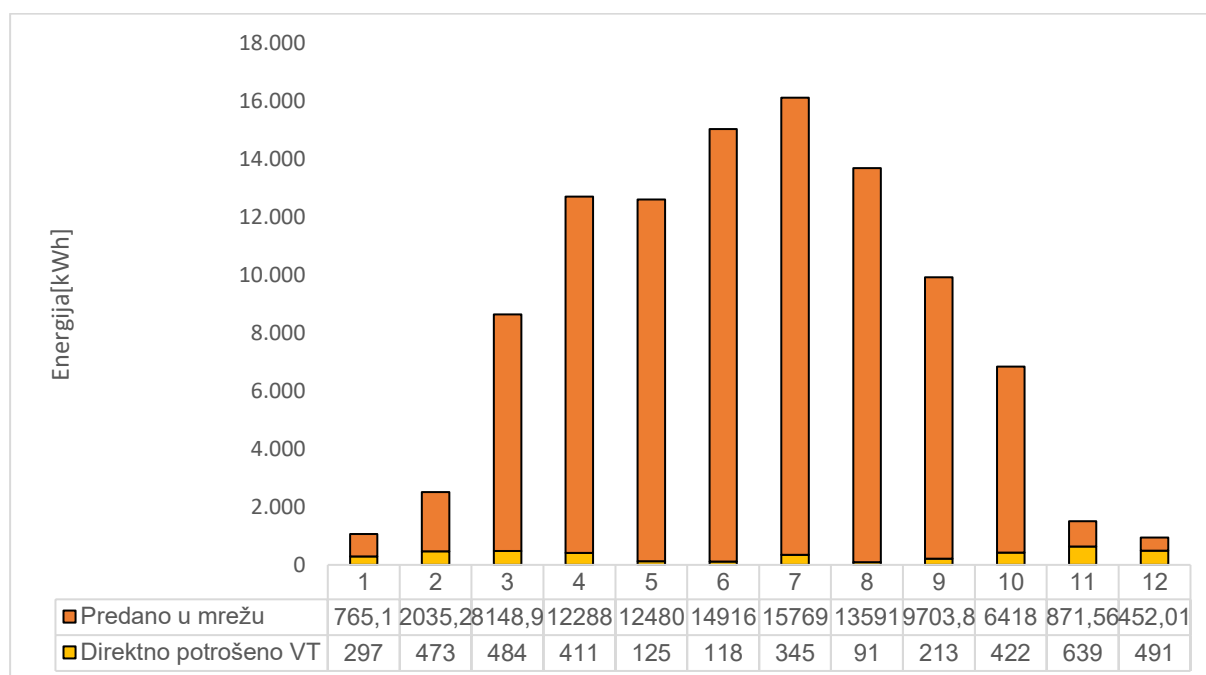
Zbog toga se Scenario A posmatra isključivo kao tehnički pokazatelj maksimalnog potencijala objekta, bez sprovođenja ekonomske analize.

3.13.2. Scenario B – OŠ „Braća Ribar“

Scenario B izrađen je u skladu sa članom 4. Uredbe o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca-proizvođača i snabdevača („Službeni glasnik RS“, br. 83/2021 i 74/2022), prema kojem instalisana snaga proizvodnog objekta ne sme biti veća od odobrene priključne snage.

U skladu sa tehničkim ograničenjem priključka, u Scenariju B projektovana je solarna elektrana instalisane snage 11,04 kW, sa procenjenom godišnjom proizvodnjom 12.818 kWh. Time se u potpunosti pokriva godišnja potrošnja objekta od 4.244 kWh.

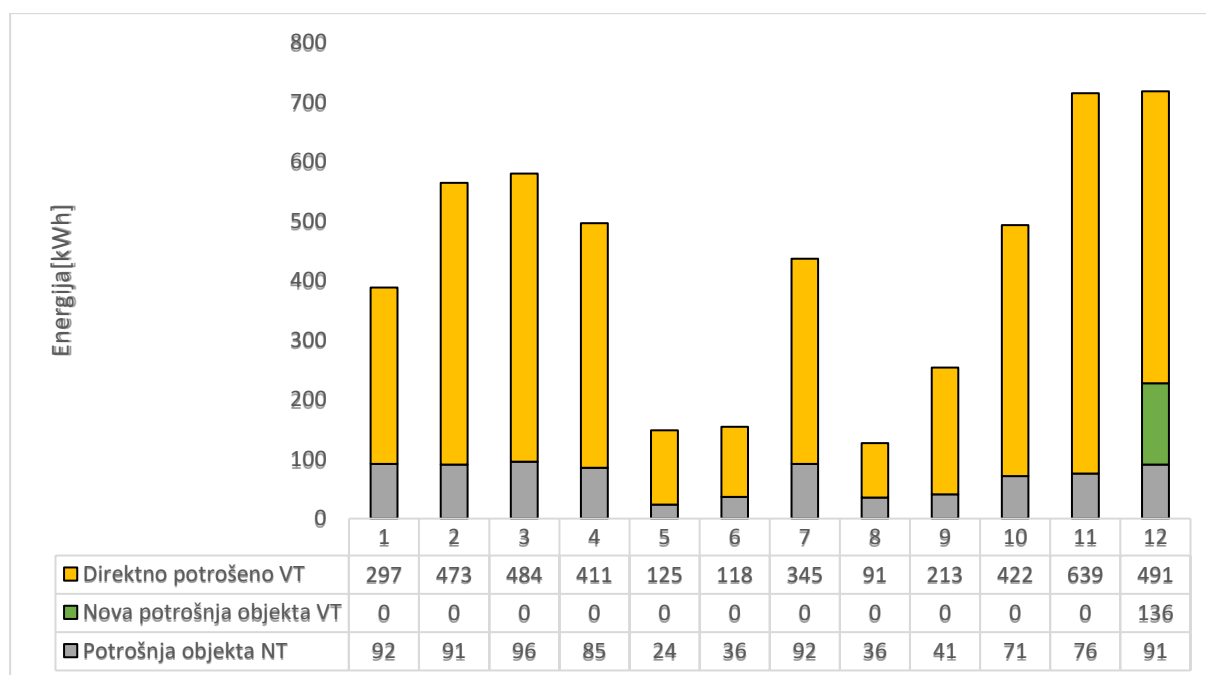
Raspodjela proizvodnje solarne elektrane prikazana na **Sl. 3-113** i **Sl. 3-100** prikazuje da ovakav profil potvrđuje da elektrana instalisane snage 11,04 kW premašuje potrošnju objekta, što dovodi do povećanog procenta predaje energije u mrežu, posebno u letnjem delu godine.



Sl. 3-113 Scenario B – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Slika **Sl. 3-114** prikazana je potrošnja električne energije objekta nakon implementacije solarne elektrane.

Analiza pokazuje da ostvarena godišnja proizvodnja sistema u potpunosti pokriva potrebe objekta za električnom energijom, čime se omogućuje postizanje energetske samostalnosti u okviru obračunskog perioda.



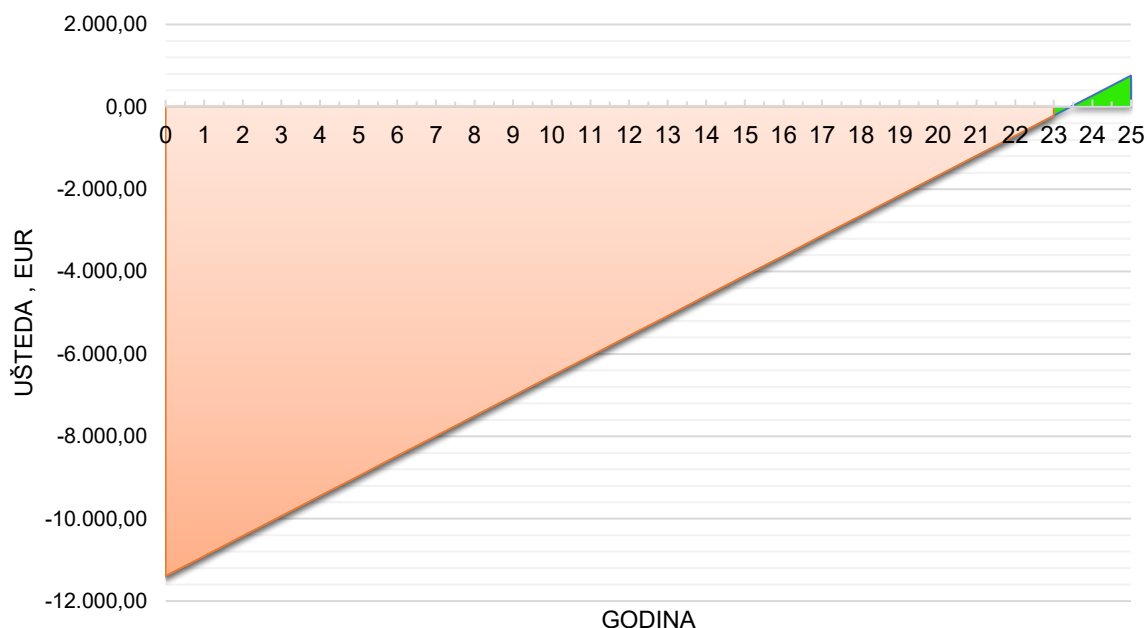
Sl. 3-114 Scenario B – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“, Donja Borina

Tab. 3-28 Scenario B – Period povrata investicije, OŠ „Braća Ribar“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	23,44
Prihod nakon 25 godina, €	12.148,53
Profit nakon 25 godina, €	758,53
Prihod nakon 15 godina, €	7.289,12
Profit nakon 15 godina, €	-4.100,88

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana instalisane snage jednake odobrenoj priključnoj snazi ostvaruje povrat investicije nakon 23,44 godine, što znači da se ulaganje vraća unutar projektovanog veka trajanja sistema. Nakon 25 godina rada, ostvareni prihod iznosi 12.148,53 EUR, dok je neto profit relativno skroman – svega 758,53 EUR, što ukazuje na graničnu isplativost projekta.

Iako je elektrana formalno isplativa u dugoročnom periodu, analiza pokazuje da je predimenzionisana u odnosu na potrebe objekta, jer su troškovi izgradnje sistema ovakve snage neproporcionalno visoki u poređenju sa ostvarenom ekonomskom dobiti. Budući da je jedini izvor prihoda vrednost uštede kroz smanjenje troškova za električnu energiju, a ne prodaja viškova u mrežu, racionalnije rešenje bi bilo projektovanje elektrane manje instalisane snage, koja bi efikasnije pokrivala potrošnju objekta u periodu više tarife i imala kraći period povrata investicije.



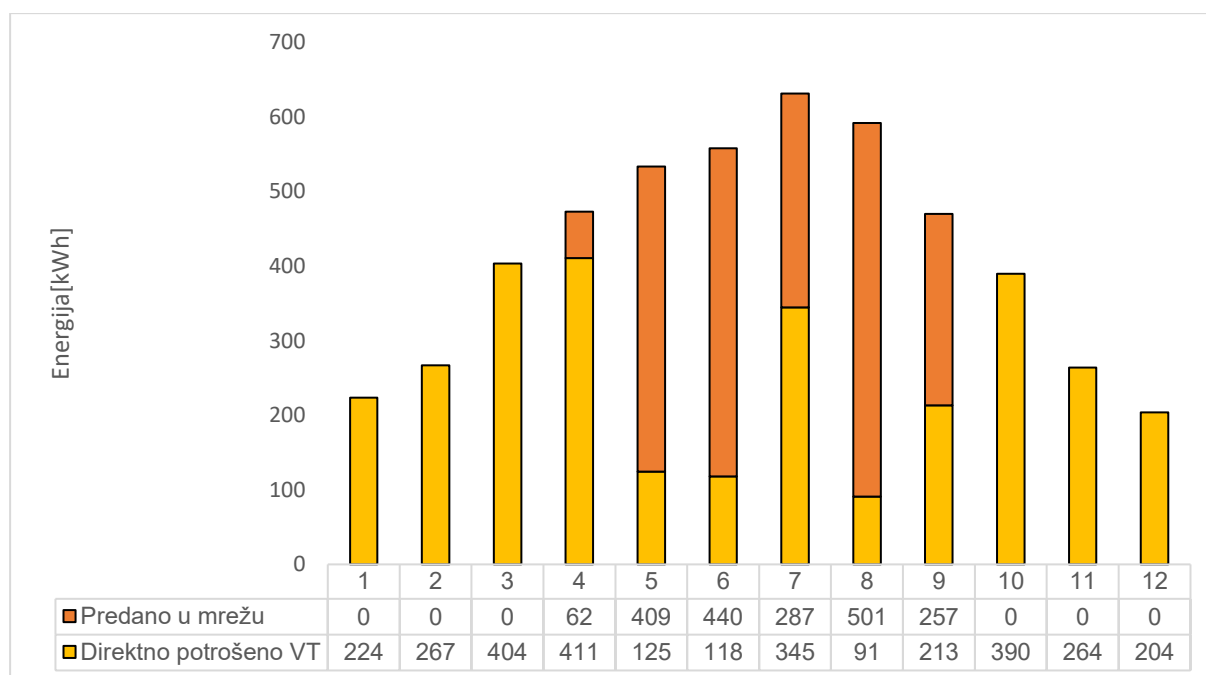
Sl. 3-115 Scenario B – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Braća Ribar“

3.13.3. Scenario C – OŠ „Braća Ribar“

U okviru Scenarija C za objekat Osnovne škole „Braća Ribar“ u Donjoj Borini, sprovedena je analiza optimalne veličine solarne elektrane u odnosu na stvarne energetske potrebe objekta i njegovu potrošnju u periodu više tarife.

Na osnovu rezultata proračuna, kao optimalno rešenje odabran je sistem instalisane snage od 4,3 kW, koji ostvaruje godišnju proizvodnju električne energije od 5.010 kWh. Ovakva proizvodnja u potpunosti pokriva godišnju potrošnju objekta tokom perioda više tarife, čime se postiže maksimalno iskorišćenje proizvedene energije unutar obračunskog razdoblja, bez stvaranja značajnih viškova koji bi se predavali u mrežu.

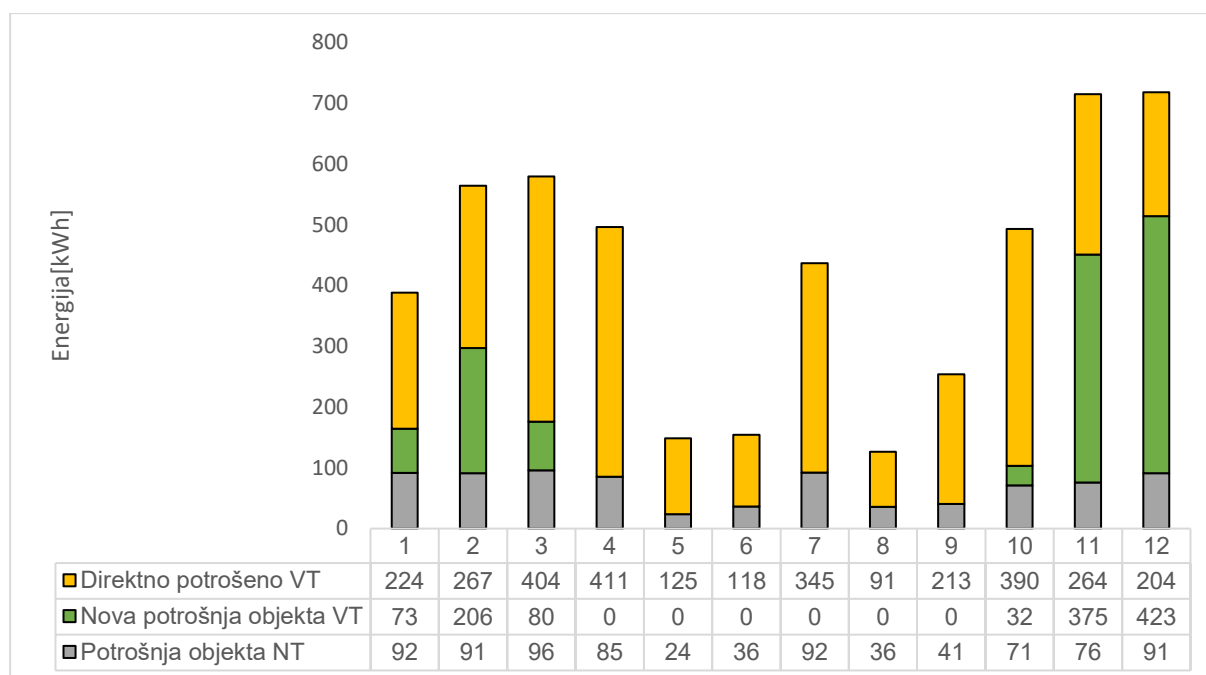
Na ovaj način Scenario C obezbeđuje vrlo visoki stepen samopotrošnje i ekonomsku efikasnost sistema, jer proizvedena energija u najvećoj meri ostaje u okviru objekta, čime se smanjuju troškovi električne energije i povećava energetska nezavisnost škole. Dodatno, uvođenjem baterijskog sistema u budućnosti moglo bi se omogućiti i korišćenje dela proizvedene energije u periodu niže tarife, čime bi se ukupna efikasnost i isplativost sistema dodatno poboljšala.



Sl. 3-116 Scenario C – Ukupna proizvodnja solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“

Kao što je vidljivo na Sl. 3-116 i Sl. 3-117, tokom letnjih meseci, kada je intenzitet sunčevog zračenja najveći, proizvodnja energije značajno premašuje potrebe objekta, pa dolazi do određenog viška energije koji se predaje u mrežu, dok u zimskim mesecima sistem u potpunosti pokriva sopstvenu potrošnju. U skladu s tim, ukupni bilans pokazuje da solarna elektrana u potpunosti zadovoljava godišnje potrebe objekta Osnovne škole „Braća Ribar“ tokom perioda više tarife, čime se postiže visok stepen energetske samostalnosti i maksimalno iskorišćenje proizvedene električne energije.

Ovakav rezultat potvrđuje da je izabrana konfiguracija sistema tehnički i ekonomski optimalna, jer obezbeđuje ravnotežu između proizvodnje i potrošnje, uz minimalne viškove predaje energije u mrežu.



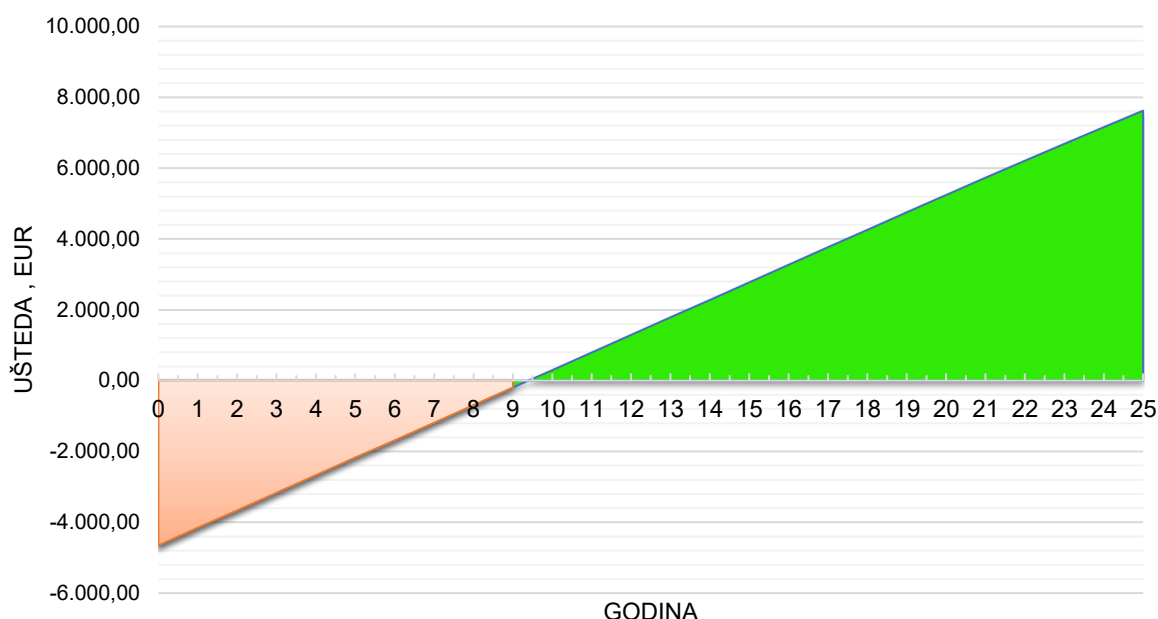
Sl. 3-117 Scenario C – Potrošnja objekta posle instalacije solarne elektrane, Osnovna škola „Braća Ribar“

Finansijska analiza pokazuje da solarna elektrana instalirane snage 4,3 kW, razmatrana u okviru Scenarija C, ostvaruje zadovoljavajuće ekonomske rezultate. Povrat investicije procenjuje se na oko 9,4 godine, što ukazuje na dobru isplativost sistema u okviru očekivanog životnog veka elektrane.

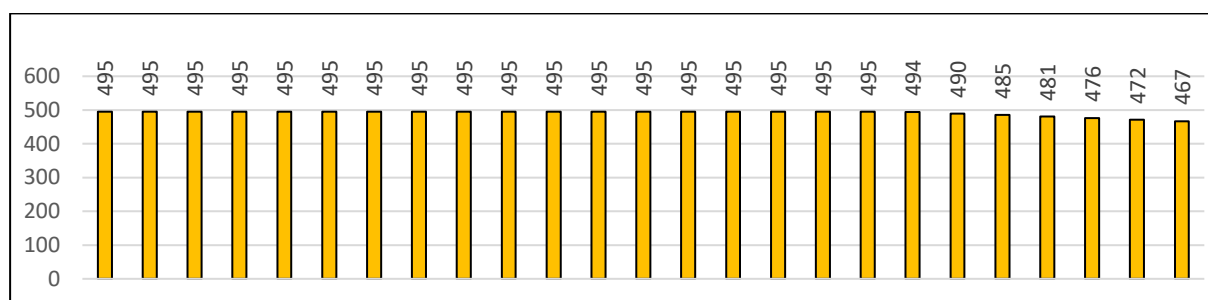
Nakon 25 godina rada, sistem ostvaruje ukupan prihod od 12.272,77 EUR, odnosno profit od 7.622,77 EUR, dok se nakon 15 godina rada ostvaruje profit od 2.773,30 EUR. Ovi rezultati potvrđuju da je projekat finansijski opravdan, pri čemu su troškovi ulaganja pokriveni u realnom roku, a dalji period eksploatacije donosi čistu ekonomsku dobit kroz smanjenje troškova za električnu energiju.

Tab. 3-29 Scenario C – Period povrata investicije, OŠ „Braća Ribar“, tablični prikaz

Povratak investicije (godine)	9,40
Prihod nakon 25 godina, €	12.272,77
Profit nakon 25 godina, €	7.622,77
Prihod nakon 15 godina, €	7.423,30
Profit nakon 15 godina, €	2.773,30



Sl. 3-118 Scenario C – Prikaz ušteda kroz godine za projekt solarne elektrane, OŠ „Braća Ribar“



Sl. 3-119 Scenario C - Godišnji novčani tokovi od elektrane, OŠ "Braća Ribar"

3.14. Sumarni osvrt na rezultate analize referentnih objekata

Analiza referentnih objekata sprovedena u okviru ovog poglavlja obuhvatila je detaljnu tehničku i ekonomsku procenu potencijala instalacije solarnih elektrana na krovovima javnih objekata. Rezultati ukazuju na jasne obrasce u zavisnosti od konfiguracije krova, potrošnje električne energije i dozvoljene priključne snage objekata.

Kod većine analiziranih lokacija pokazalo se da maksimalno iskorišćenje krovne površine (Scenario A) rezultira predimenzionisanim elektranama, čija godišnja proizvodnja višestruko premašuje potrebe objekta. Takvi sistemi generišu značajne viškove električne energije koji se, prema važećem zakonodavstvu, predaju u mrežu bez naknade. S druge strane, kod objekata kod kojih maksimalno iskorišćenje krova dovodi do instalirane snage manje od dozvoljene priključne snage, ovakav pristup pokazao se optimalnim rešenjem, jer omogućava povoljan period povrata investicije i visok stepen samopotrošnje.

Scenario B, koji polazi od ograničenja priključne snage, pokazao se kao najrealniji i regulatorno usklađen model. Iako kod većine objekata i dalje dolazi do određenih viškova proizvedene energije, ovaj scenario omogućava da objekat zadrži status kupca-proizvođača i ostvaruje

stabilne ekonomske uštede u okviru jednog obračunskog perioda. Finansijska analiza u ovom kontekstu sprovedena je konzervativno, uz poštovanje važećih propisa koji ne predviđaju naknadu za višak predate energije.

Scenario C razmatra optimizovane kapacitete solarnih elektrana — one koje omogućavaju pokrivanje većine godišnje potrošnje tokom perioda više tarife, uz minimalne viškove energije predane u mrežu. Ovaj pristup pokazao se kao najefikasniji u tehničkom i ekonomskom smislu, naročito kod objekata sa izraženom sezonskom varijacijom potrošnje, kao što su škole i vrtići.

Rezultati svih scenarija u potpunosti su u skladu sa važećim zakonodavnim okvirom Republike Srbije, koji ograničava instalisanu snagu solarne elektrane na nivo odobrene priključne snage i definiše godišnje neto poravnanje između kupca-proizvođača i snabdevača.

U cilju povećanja stepena iskorišćenosti solarnih elektrana, preporučuje se implementacija baterijskih sistema koji bi omogućili akumulaciju energije proizvedene tokom dana i njeno korišćenje u periodima niže tarife. Takvim pristupom povećava se stepen samopotrošnje i smanjuje količina energije koja se predaje u mrežu bez naknade.

Dodatno, u budućnosti se preporučuje razmatranje implementacije koncepta energetske zajednice, ukoliko se isti uvede u srpsko zakonodavstvo. Energetske zajednice predstavljaju udruživanje više korisnika (građana, javnih institucija ili preduzeća) radi zajedničke proizvodnje, potrošnje i razmene energije iz obnovljivih izvora. Primena ovog koncepta omogućila bi da predimenzionirane solarne elektrane na krovovima javnih objekata (poput škola, vrtića, sportskih dvorana) postanu izvor energije i za druge objekte u lokalnoj zajednici, čime bi se povećala ukupna energetska efikasnost i smanjili troškovi za javni sektor.

Konačno, promena zakonodavnog okvira u pravcu povoljnijih uslova za kupce-proizvođače (npr. uvođenje otkupa viškova električne energije ili povećanje dozvoljene instalisane snage) doprinela bi značajnim pozitivnim pomacima u finansijskoj isplativosti projekata solarnih elektrana, kao i bržem širenju obnovljivih izvora energije u javnom i privatnom sektoru.

4. IZRADA SOLARNOG ATLASA

U procesu izrade Solarnog atlasa korišćen je širok spektar prostornih i tematskih podloga, sa ciljem da se obezbedi sveobuhvatna i kvalitetna analiza potencijala korišćenja solarne energije na području obuhvata projekta. Kao osnovne podloge korišćeni su ortofoto snimci, satelitske slike, digitalni model reljefa (DMR), katastarske i topografske podloge.

Ortofoto snimci su vazdušne ili satelitske fotografije koje su posebno obrađene (ortorektifikovane) tako da prikazuju prostor u stvarnom razmeru — svaka tačka na snimku odgovara svojoj tačnoj poziciji na terenu. Oni omogućavaju vizuelnu identifikaciju objekata i površina, kao što su zgrade, saobraćajnice i vegetacija, uz preciznost geografske karte. Digitalni model reljefa (DMR), za razliku od ortofota koji prikazuje vizuelni izgled terena, predstavlja digitalni prikaz same površine tla, odnosno “gole” zemlje bez vegetacije i objekata. DMR se sastoji od mreže tačaka sa pridruženim visinama i koristi se za proračun nagiba i orijentacije terena, što je ključno za procenu pogodnosti površina za postavljanje solarnih panela. Na primer, nagib terena manji od 35° i južna ekspozicija smatraju se optimalnim za maksimalno iskorišćenje sunčevog zračenja.

Katastarske i topografske podloge omogućile su precizno sagledavanje granica parcela, vlasničke strukture i osnovnih prirodnih karakteristika prostora

Značajan deo pripreme i obrade podataka realizovan je u QGIS-u, otvorenoj GIS platformi koja nudi širok spektar prostornih analiza. U QGIS-u je sprovedena georeferencijacija podloga (usklađivanje u jedinstveni koordinatni sistem EPSG:4326 – WGS 84), izrađeni su osnovni vektorski slojevi obuhvata i sprovedeno čišćenje i standardizacija podataka (uklanjanje duplikata i topoloških grešaka). Iz DMR-a su izrađeni slojevi nagiba i ekspozicije terena, klasifikovani prema kriterijumima pogodnosti za korišćenje solarne energije. QGIS je korišćen i za izradu tematskih karata i vizuelizaciju rezultata pogodnosti, koje su kasnije služile za izradu izveštaja i pripremu podloga za veb aplikaciju.

U ArcMap-u, komercijalnom GIS softveru sa naprednim analitičkim mogućnostima, sprovedene su složenije prostorne analize. Posebno važni su alati ArcGIS Spatial Analyst ekstenzije, pomoću kojih su izračunate vrednosti globalnog sunčevog zračenja na osnovu DMR-a, i to za različite vremenske periode (mesečne i godišnje proseke). Ovi rezultati omogućili su preciznu procenu insolacije, odnosno stvarne količine sunčeve energije koja dopire do određene površine.

Kombinovanjem funkcionalnosti QGIS-a u pripremi i standardizaciji podloga i mogućnosti ArcMap-a u naprednim analizama, izrađuje se Solarni atlas zasnovan na pouzdanim i pažljivo obrađenim podacima. Ovakav pristup omogućava izradu detaljnih i preglednih karata solarnih potencijala, pružajući čvrstu osnovu za strateško planiranje i donošenje odluka u oblasti obnovljivih izvora energije.

Izrada Solarnog atlasa realizovana je na osnovu dostupnih podloga, uključujući ortofoto snimke i digitalni model reljefa (DMR) rezolucije 30 m, koji je za potrebe ovog projekta ustupio Republički geodetski zavod Republike Srbije. Iako ove podloge omogućavaju generalnu procenu solarnih potencijala na nivou opštine i daju dobar pregled pogodnosti prostora za postavljanje solarnih sistema, njihova rezolucija nije dovoljna za visoku preciznost koja bi bila

potrebna u fazi izrade detaljnih tehničkih rešenja ili projektne dokumentacije za pojedinačne objekte.

DMR rezolucije 30 m znači da se vrednosti visine tla određuju za kvadrate površine 30×30 metara. U praksi to znači da se svi detalji unutar jedne takve ćelije — poput manjih nagiba, mikroreljefa, pojedinačnih objekata ili elemenata koji stvaraju senku — gube i svode na prosečne vrednosti. To može dovesti do odstupanja u proceni nagiba, orijentacije i insolacije, a samim tim i u ukupnoj proceni solarnog potencijala. Za poređenje, u okviru Evropske unije dostupni su podaci visoke rezolucije (0,5 m), čija preciznost omogućava detaljne analize na nivou pojedinačnih krovova i precizno prepoznavanje senčenja usled dimnjaka, krovnih prozora ili okolne vegetacije. Takva rezolucija značajno povećava pouzdanost proračuna iskoristivosti solarne energije i smanjuje rizik pri donošenju investicionih odluka.

U okviru ovog projekta, zbog ograničenih finansijskih sredstava, nije bilo moguće sprovesti snimanje terena LIDAR tehnologijom (Light Detection and Ranging). LIDAR omogućava dobijanje vrlo preciznih trodimenzionalnih podataka o površini terena i objektima, sa razlučivošću od svega nekoliko centimetara. Upotrebom takvih podloga, Solarni atlas mogao bi dostići znatno viši nivo preciznosti i postati alat koji pruža pouzdane podatke i na nivou pojedinačnih domaćinstava ili manjih objekata.

Uprkos navedenim ograničenjima, važno je naglasiti da je izrada Solarnog atlasa koncipirana tako da omogućava naknadnu nadogradnju podataka. U slučaju da u budućnosti bude dostupno snimanje novih podloga visoke rezolucije — bilo na nacionalnom ili lokalnom nivou — ti podaci mogu se relativno jednostavno integrisati u postojeći sistem. Na taj način bi se značajno unapredila preciznost analiza i kvalitet izlaznih rezultata, a Solarni atlas bi dugoročno zadržao svoju relevantnost i vrednost za korisnike.

Zaključno, postojeće podloge pružaju dobar orijentacioni okvir i zadovoljavaju potrebe informativnog i strateškog planiranja na nivou opštine. Međutim, za potrebe operativnog projektovanja i donošenja investicionih odluka, neophodno je obezbediti kvalitetnije i detaljnije prostorne podatke. Buduće nadogradnje Solarnog atlasa, zasnovane na podlogama visoke rezolucije poput LIDAR snimanja, omogućiće da ovaj alat postane i precizan operativni instrument za planiranje solarnih sistema.

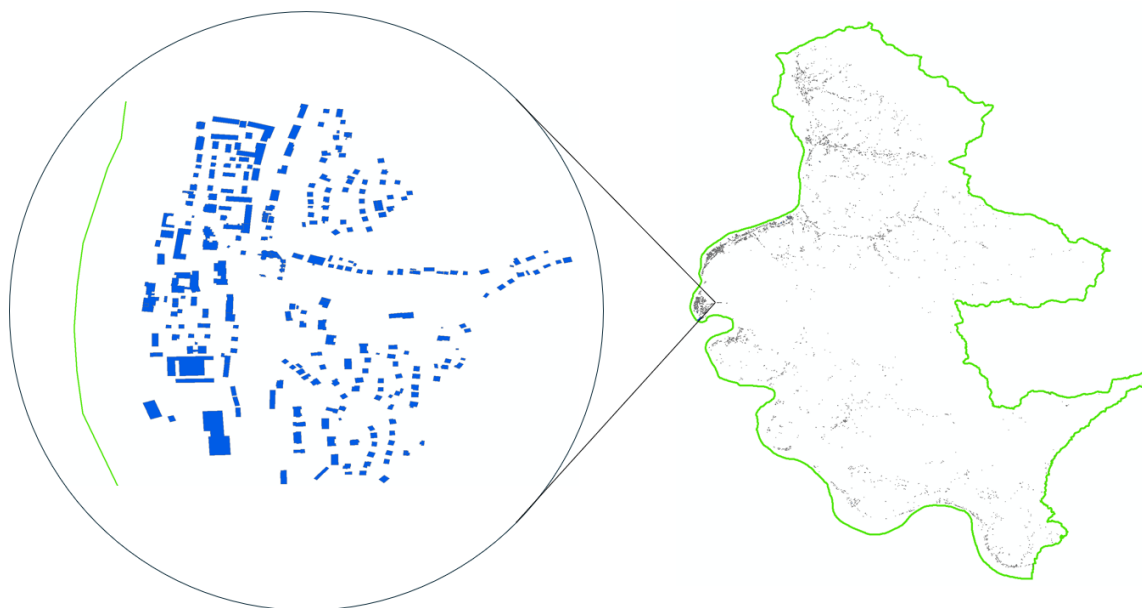
U nastavku je dat opis metodologije izrade Solarnog atlasa.

4.1. Metodologija izrade Solarnog atlasa

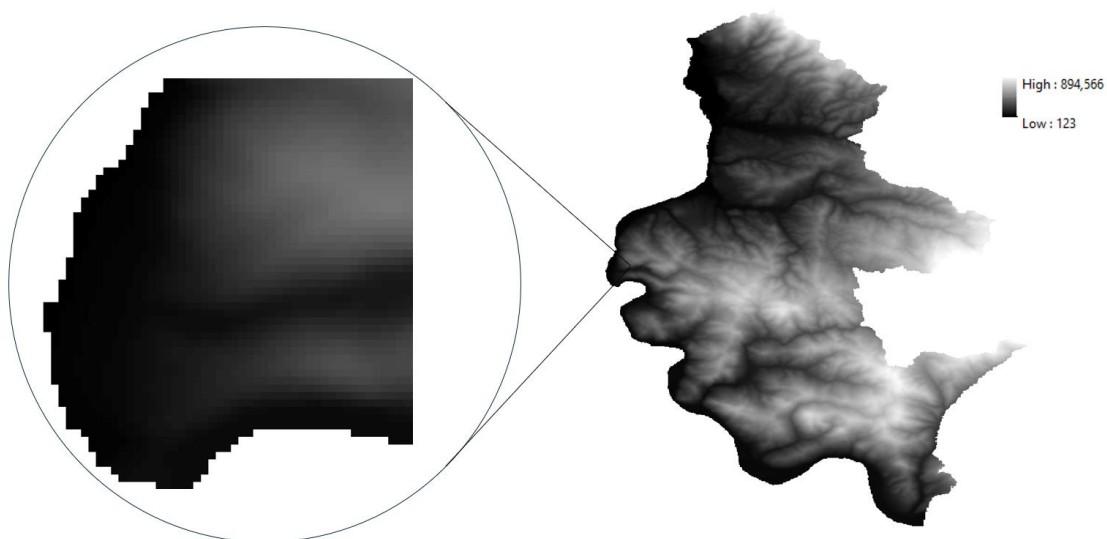
4.1.1. Priprema i standardizacija prostornih podataka

Izrada Solarnog atlasa započela je prikupljanjem, organizovanjem i standardizacijom prostornih podloga relevantnih za analizu solarnog potencijala na nivou opštine. Korišćeni su digitalni model reljefa (DMR), ortofoto snimci, podaci o insolaciji i podaci o smještaju objekata i njihovih površina. Svi prostorni slojevi učitani su u QGIS, gde je izvršena provera projekcionog sistema i njihovo usklađivanje u jedinstveni koordinatni referentni sistem radi očuvanja prostorne tačnosti. Za svaki objekat, odnosno zgradu u obliku poligona generisani su centroidi, koji su služili kao referentne tačke za kasniju prostornu analizu nagiba i orijentacije terena.

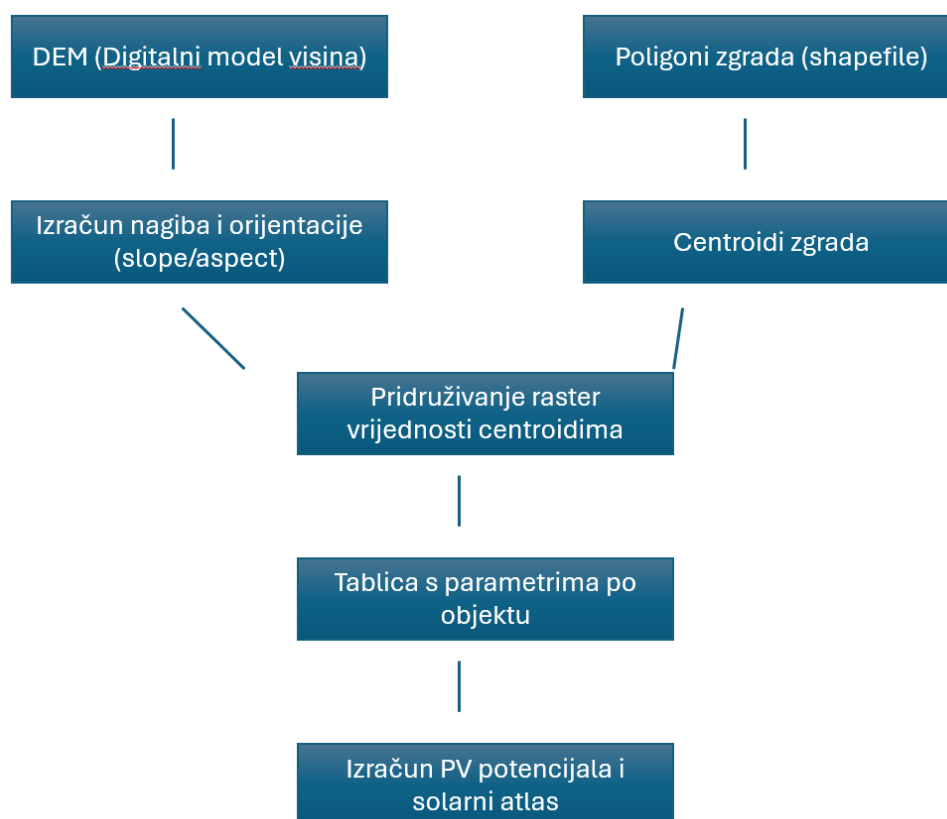
DMR je zatim transformisan u odgovarajući koordinatni sistem kako bi se obezbedila doslednost svih ulaznih podataka.



Sl. 4-1 Prikaz objekata na teritoriju Opštine Mali Zvornik



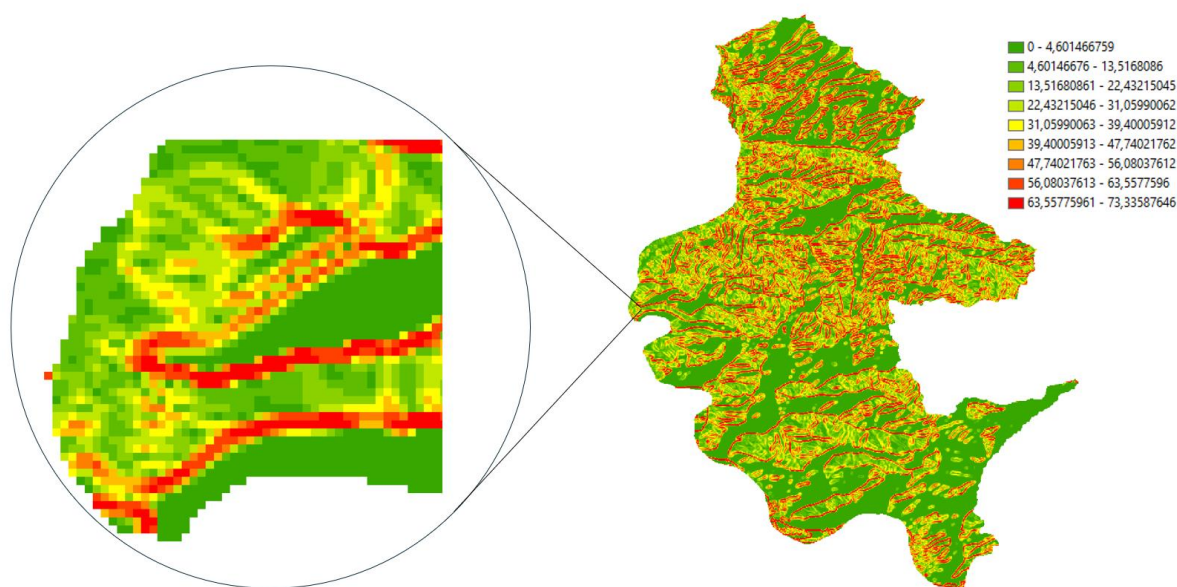
Sl. 4-2 Prikaz DMR podloge za teritorij Opštine Mali Zvornik



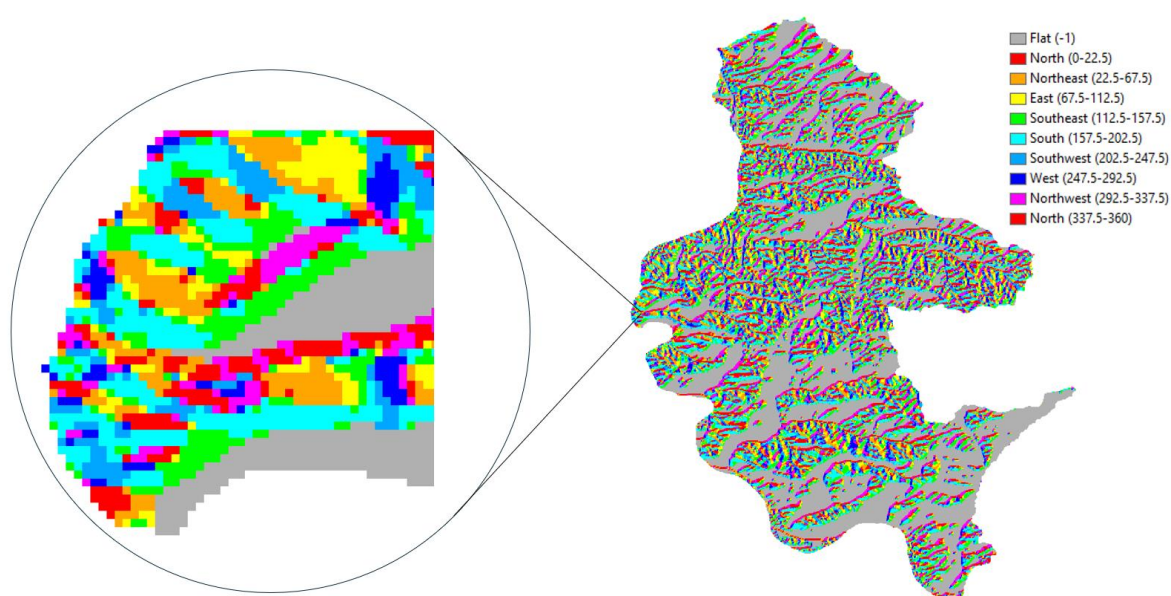
Sl. 4-3 Pojednostavljeni dijagram postupka izrade solarnog atlasa

4.1.2. Analiza nagiba i orijentacije krovnih površina

U sledećoj fazi sprovedena je analiza reljefa korišćenjem softvera ArcMap. Na osnovu digitalnog modela visina izračunate su vrednosti nagiba (slope) i orijentacije (aspect) terena. Dobijeni parametri prostorno su pridruženi centroidima objekata, čime je za svaki krov definisana ekspozicija i nagib — ključni faktori za procenu pogodnosti lokacije za postavljanje fotonaponskih sistema. Rezultati su objedinjeni u jedinstvenoj atributnoj tabeli, čime je formirana baza tehničkih podataka za dalju analizu potencijala.



Sl. 4-4 Izračunati nagib terena (ArcMap 10.8)



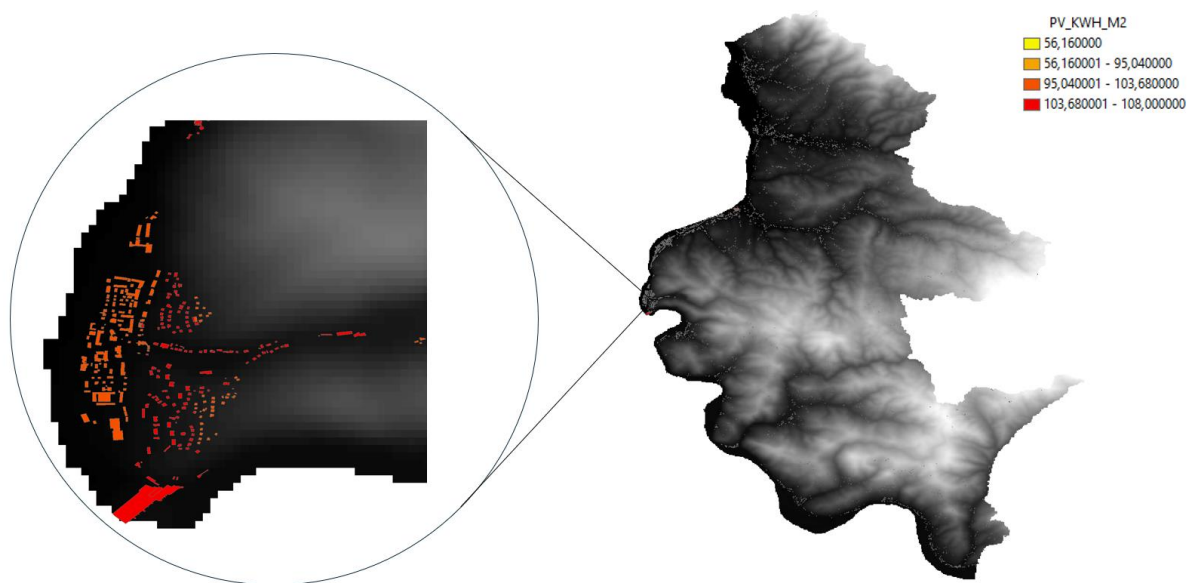
Sl. 4-5 Izračunata orijentacija terena (ArcMap 10.8)

4.1.3. Procena solarnog potencijala

Nakon određivanja orijentacije i efektivne površine krovova, izvršena je klasifikacija vrednosti globalne horizontalne iradijacije (GHI) po orijentacijama, pri čemu su najviše vrednosti dodeljene južno orijentisanim krovovima, a niže istočno-zapadnim i severnim. Efektivna površina dostupna za instalaciju panela određena je primenom faktora iskorišćenja. Na osnovu raspoložive površine i gustine instalirane snage izračunata je maksimalna moguća instalirana snaga po objektu. Konačni solarni potencijal izražen u kWh/godini određen je kombinovanjem raspoložive površine, odgovarajućih GHI vrednosti i tehničkih ograničenja.

4.1.4. Kartografska obrada i priprema podataka za veb aplikaciju

Dobijeni rezultati su obrađeni i vizuelizovani kroz tematske karte u QGIS-u i ArcMap-u. Krovovi su klasifikovani prema potencijalnoj proizvodnji električne energije, a rezultati prikazani kroz gradiirane tematske slojeve koji jasno ilustruju prostornu raspodelu potencijala. Svi podaci su potom standardizovani i konvertovani u GeoJSON format, čime je omogućena integracija u veb aplikaciju i interaktivne alate za pregled i analizu rezultata.

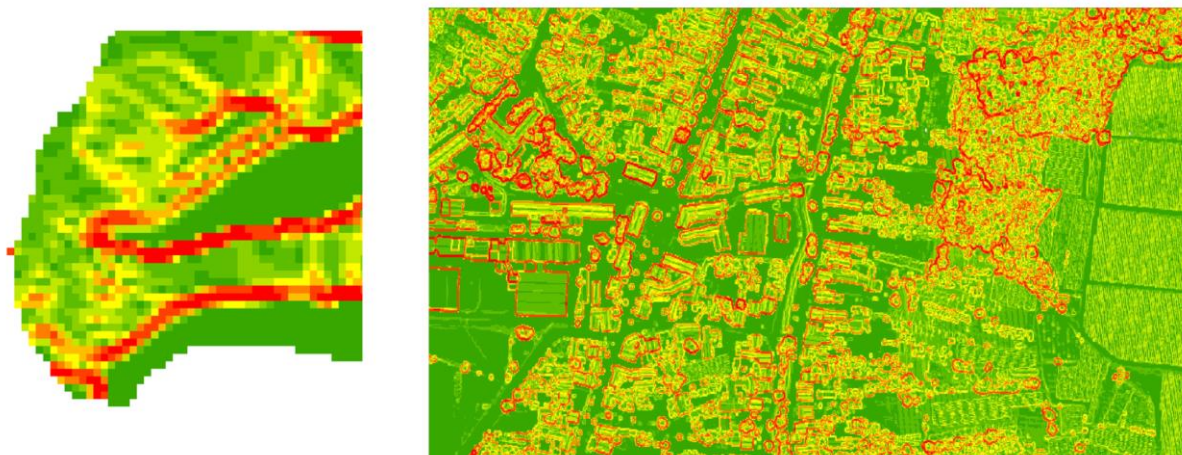


Sl. 4-6 Vizuelizovani rezultati prostorne raspodjele solarnog potencijala (ArcMap 10.8)

4.1.5. Ograničenja rezolucije ulaznih podataka i razvoj algoritamskog kalkulatora

Tokom izrade Solarnog atlasa, ključni izazov predstavljao je kvalitet i rezolucija dostupnih prostornih podloga, pre svega digitalnog modela reljefa (DMR). Korišćeni DMR rezolucije 30 m omogućava generalnu procenu solarnih potencijala na nivou većih površina, ali nije dovoljan za analize visoke prostorne tačnosti, naročito kada se radi o proceni potencijala na nivou pojedinačnih objekata. Ova rezolucija podrazumeva da se visinska vrednost odnosi na kvadrat površine dimenzija 30 × 30 metara, što znači da se svi detalji unutar takve ćelije — poput nagiba krova, mikroreljefa, objekata koji stvaraju senku ili malih promena u ekspoziciji — svode na prosečnu vrednost.

Kao posledica toga, rezultati prikazani u aplikaciji nisu u potpunosti usklađeni sa stvarnim vrednostima na terenu. Kod objekata manjih dimenzija razlike između modelovanih i realnih parametara mogu biti značajne, naročito u pogledu orijentacije, nagiba i efektivne površine dostupne za instalaciju solarnih panela. Ovo ograničenje direktno utiče na tačnost izračuna solarnog potencijala i može dovesti do odstupanja u prikazu proizvodnje na nivou pojedinačnih krovova.



Sl. 4-7 Razlika u prikazu nagiba terena između dostupnih podloga niže rezolucije (levo) i LiDAR podataka visoke rezolucije (desno).

Zbog toga je doneta odluka da se u okviru projekta razviju posebni algoritmi za izračun potencijalne proizvodnje solarne energije, koji bi radili nezavisno od prostorne rezolucije podloga. Ovi algoritmi omogućavaju da aplikacija funkcioniše i kao interaktivni kalkulator, pri čemu korisnik može definisati osnovne ulazne parametre — površinu krova, orijentaciju i nagib — na osnovu kojih sistem izračunava procenjeni energetska potencijal. Na ovaj način značajno se povećava upotrebljivost i fleksibilnost alata, a efekat ograničene rezolucije ulaznih podataka delimično se kompenzuje.

Uvođenjem kalkulacionih funkcionalnosti Solarni atlas dobija dodatnu praktičnu vrednost, jer pored prostornog pregleda potencijala omogućava i simulaciju scenarija na nivou pojedinačnih objekata, što je naročito korisno za planiranje manjih fotonaponskih sistema i preliminarne investicione procene.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj dokument predstavlja stručnu podlogu projekta PRO-EFFICIENT - Razvoj i implementacija aplikacije za analizu solarnih potencijala opštine Mali Zvornik, kojom su analizirani referentni objekti i obrađene tehničke, ekonomske i regulatorne podloge za razvoj aplikacije za analizu solarnog potencijala Opštine Mali Zvornik.

Sprovedena analiza omogućila je realnu procenu mogućnosti implementacije solarnih sistema na krovovima javnih objekata, uz razmatranje tehničkih, ekonomskih i regulatornih ograničenja. Analizom su identifikovani tipični obrasci potrošnje i proizvodnje energije, sezonske varijacije, kao i odnosi između instalirane i priključne snage. Dobijeni rezultati pružaju jasnu osnovu za donošenje odluka o optimalnim kapacitetima solarnih elektrana i prioritetima njihove implementacije.

Na osnovu prikupljenih podataka i rezultata simulacija, utvrđeno je da kod velikog broja objekata maksimalno iskorišćenje krovne površine dovodi do predimenzionisanih sistema sa značajnim viškovima električne energije koji se predaju u mrežu bez naknade. S druge strane, kod objekata čija je instalirana snaga manja od priključne, ostvaruju se uravnoteženi rezultati, uz povoljan period povrata i visok stepen samopotrošnje. Na taj način potvrđeno je da optimalno dimenzionisanje solarnih elektrana u skladu sa važećim zakonodavnim okvirom donosi najbolje tehničko-ekonomske efekte.

Izrada Solarnog atlasa Opštine Mali Zvornik realizovana je korišćenjem dostupnih prostornih podloga — ortofoto snimaka i digitalnog modela reljefa (DMR) rezolucije 30 m, koje je ustupio Republički geodetski zavod Republike Srbije. Ove podloge omogućile su pouzdanu procenu solarnih potencijala na nivou opštine i identifikaciju pogodnih lokacija za postavljanje solarnih sistema, ali njihova rezolucija nije dovoljna za visoku preciznost potrebnu pri izradi detaljnih tehničkih rešenja. Nedostatak detalja unutar ćelija DMR-a ograničava tačnost u proceni nagiba, orijentacije i senčenja krovova, što može dovesti do odstupanja u proceni solarnog potencijala.

Zbog toga se okviru ovog projekta metodološki pristup razvoju aplikacije za analizu solarnih potencijala zasniva na razvoju algoritma za proračun solarnih potencijala zasnovanog na raspoloživim podacima te rezultatima analize referentnih objekata, uz mogućnost buduće nadogradnje sistema. Uvođenje LiDAR snimanja terena u narednim fazama omogućilo bi znatno veću preciznost, detaljno trodimenzionalno modelovanje i upotrebu Solarnog atlasa kao pouzdanog alata ne samo za strateško planiranje, već i za izradu tehničke i investicione dokumentacije.

Ovaj izveštaj kroz objedinjavanje tehničkih, ekonomskih i regulatornih aspekata predstavlja osnovu za dalji razvoj metodologije i aplikativnih alata u oblasti solarne energetike. Stečeni rezultati i iskustva mogu poslužiti kao model za buduće projekte sličnog karaktera, doprinoseći racionalnijem planiranju i efikasnijem korišćenju obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji.