



**Obnovljivi izvori
energije u
sistemima javnog
osvetljenja-**

**Zeleno svetlo za
„zeleno
osvetljenje“**



Obnovljivi izvori energije u sistemima javnog osvetljenja



- Optimizacija energetskeg sektora
- Nivo emitovanog CO₂ u 2021.g dostigao istorijski maksimum
- Redukcija ili totalno isključenje sa mreže instalacija dekorativnog osvetljenja





Obnovljivi izvori energije u sistemima javnog osvetljenja



- Jedan od prioriteta energetske tranzicije i ambicioznih ciljeva dekarbonizacije, tj. prestanka emitovanja CO₂ do 2050.g
- Ciljevi Pariskog sporazuma:
 - ✓ ograničenje rasta prosečne globalne temperature ispod 2°C u odnosu na predindustrijski nivo
 - ✓ povećanje sposobnosti i prilagođavanja na negativne uticaje i jačanje otpornosti na klimatske promene i razvoj praćen niskim emisijama gasova sa efektom staklene bašte, na način koji ne ugrožava proizvodnju hrane
 - ✓ usklađivanje finansijskih tokova sa potrebama razvoja praćenog niskim emisijama gasova sa efektom staklene bašte i ojačanom otpornosti na klimatske promene





Obnovljivi izvori energije u sistemima javnog osvetljenja



- Potreba za povećanjem investicija u čistu energiju
- Ključno rešenje: Povećanje energetske efikasnosti i ulaganje u obnovljive izvore energije!
- *„Korišćenje energije iz obnovljivih izvora je u javnom interesu Republike Srbije i od posebnog je značaja za Republiku Srbiju“ (Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije RS)*
- Električna energija za potrebe javne potrošnje dobijena iz obnovljivih izvora energije
- **Najšira primena u j.o: solarni sistemi**





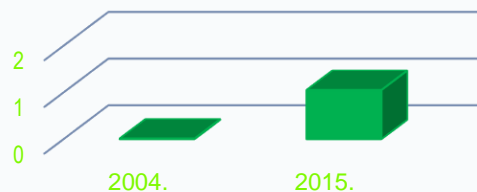
Solarna energija



- **Sunce:** izvor energije koji proizvodi elektromagnetno zračenje u obliku svetlosti
- Tokom godine energija koja dospeva na zemlju 20.000 puta veća od energije neophodne da se zadovolje potrebe cele populacije na planeti !



Učešće energije proizvedene iz solarnih panela



Solarna energija



➤ Međunarodna agencija za energetiku (International Energy Agency): do 2050.g udeo solarne energije u ukupnoj proizvodnji mogao biti 27%: parcijalno učešće:

- ✓ Nemačka 35% do 2030.g,
- ✓ Kina 20%,
- ✓ Sidnej čak 100%!

➤ Dubai : do 2030.g proizvodi 5.000 MW (trenutni kapacitet je 1.627 MW)

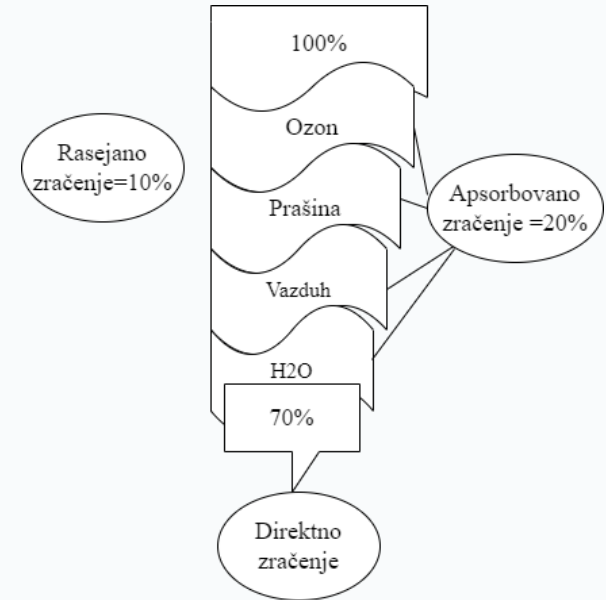
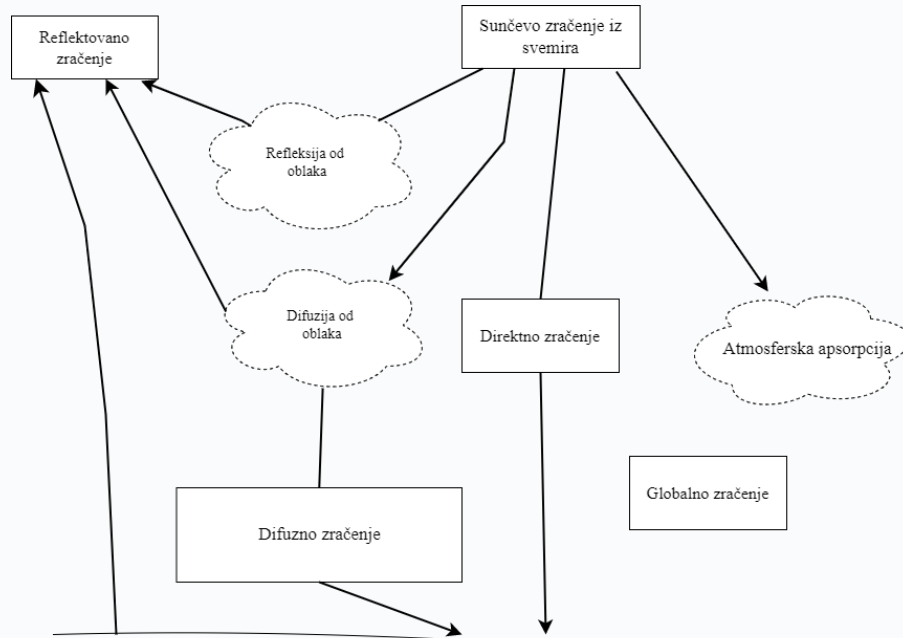




Zračenje

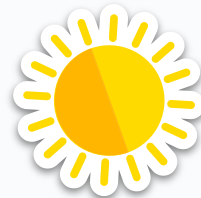


- Tok zračenja: difuzno+direktno≈ totalno zračenje
- Refleksija: sneg (70-80%), trava (15-20%)

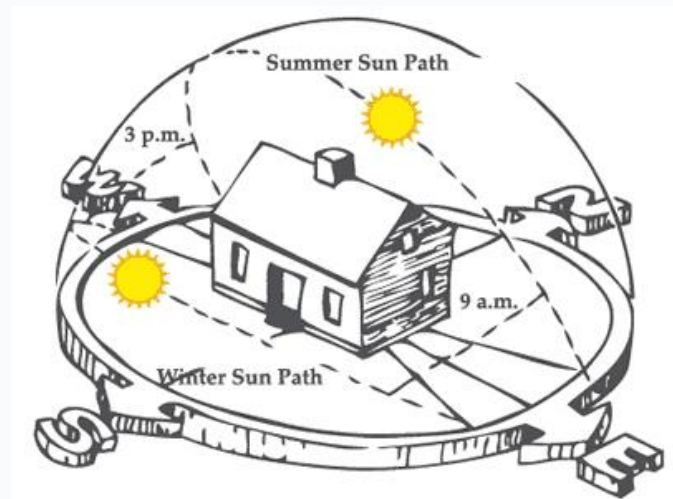




Solarni potencijal



- Sunčeve energije nema u izobilju, nije kontinualno raspoređena
- Snaga se menja sa rotacijom oko ose, Sunca
- **Optimalan položaj i orijentaciju panela** koji će omogućiti najbolji mogući učinak sistema tokom cele godine, i to na osnovu trajektorije Sunca
- Proračuni uvažavaju empirijske podatke o kretanju Sunca tokom godine, i granične slučajeve 21.juna i 21.decembra, kalkulišući u vremenskom intervalu od 9h do 15h
- „Solarni prozor“
 - [SunChartProgram.html](http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html),
<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>





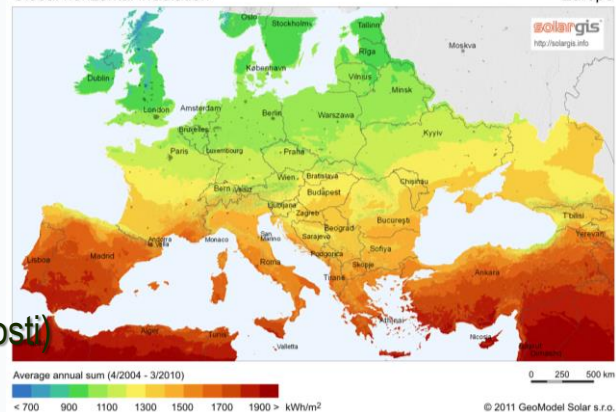
Solarni potencijal u Srbiji



- Prosečna vrednost insolacije za Grad Beograd 1446.8 kWh/m^2 , broj sati osunčavanja na godišnjem nivou iznosi oko 2 200h
- Kvalitet insolacije za definisanu geografsku širinu zavisi od :
 - ✓ godišnjeg doba,
 - ✓ stanja oblačnosti,
 - ✓ osobina atmosfere (vlažnosti vazduha i parametara zagađenosti)

Global horizontal irradiation

Europe



- Srednja dnevna vrednost snage zračenja tokom jula oko 6 puta veća u odnosu na decembar!

januar	februar	mart	april	maj	juni	juli	avgust	septem	oktobar	novemba	decemba
85	106	154	186	226	270	301	291	231	193	89	59

Trajanje insolacije za grad Beograd uoku godine(h)



Solarni potencijal u Srbiji



- Srednje dnevne vrednosti sunčevog zračenja

Srednje dnevne vrednosti sunčevog zračenja					
Grad	Mesec				Ukupno godišnje kWh/m ²
	maj	juni	juli	decembar	
Sombor	5,95	6,3	6,15	1,4	1387,35
Novi Sad	5,8	6,35	5,75	1,2	1392,64
Beograd	6,00	6,45	6,75	1,15	1446,80
Kraljevo	5,90	6,2	6,05	1,65	1458,40
Zaječar	6,05	6,45	6,95	1,3	1468,05
Vranje	6,15	6,4	6,50	1,5	1543,40



Fotonaponski sistemi

- Konverzija svetlosne energije u električnu=fotonaponski efekat
 - **Solarne ćelije, moduli, paneli**
 - Ne zagađuje se životna sredina
 - Izostanak mehaničkih pokretnih delova
 - Nema buke
 - Veoma dug životni vek komponenti
 - Sunčeva energija je besplatna, neiscrpna i sveprisutna
 - Fotonaponske module odlikuje lakoća transportovanja, fleksibilna veličina
-
- *Zavisnost od Sunca*
 - *Relativno visoka vrednost inicijalnih investicija*



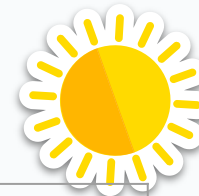
Optimizacija fotonaponskih panela



- Neophodno je **optimalno orijentisati solarne panele i postaviti pod nagibnim uglovima tako da se postigne maksimalno iskorišćenje** sunčevog zračenja tokom cele godine na nekoj mikrolokaciji, kao i ka odgovarajućoj orijentaciji u prostoru (jug, jugo-zapad)
- BU, ETF: Optimalna vrednost nagibnog ugla fotonaponskog panela postavljenog **na zemlji** za područje grada Beograda između 40° i 45° , pa se za jedinstvenu optimalnu vrednost uzima **41°** (na većim visinama je neophodno uvažiti uticaj kretanja vazдушnih masa, tj. vetra)



Optimizacija fotonaponskih panela



- Srednja dnevna insolacija na horizontalnoj površini i na fiksno postavljeni PV modul pod različitim uglovima, pri vedrom danu i realnim uslovima oblačnosti

mesec	lh		Insolacija na PV modul, I _c (kWh/m ²)											
			Σ=20°		Σ=25°		Σ=30°		Σ=35°		Σ=40°		Σ=45°	
	vedro	realno	vedro	realno	vedro	realno	vedro	realno	vedro	realno	vedro	realno	vedro	realno
Januar	2,1620	0,9356	3,6890	1,3010	4,0146	1,3792	4,3126	1,4507	4,5807	1,5149	4,8168	1,5713	5,0191	1,6196
Februar	3,2646	1,9239	4,8565	5,5388	5,1796	2,6652	5,4674	2,7781	5,7178	2,8767	5,9289	2,9603	6,0991	3,0282
Mart	4,9047	2,8159	6,2835	3,3173	6,5301	3,3991	6,7333	3,4617	6,8915	3,5046	7,0036	3,5275	7,0686	3,5301
April	6,5941	5,2047	7,4483	5,7139	7,5449	5,7614	7,5926	5,7756	7,5910	5,7562	7,5403	5,7037	7,4409	5,6177
Maj	7,7704	5,9947	8,0823	6,1278	8,0349	6,0804	7,9367	6,0007	7,7886	5,8893	7,5916	5,7470	7,3473	5,5743
Juni	8,2397	5,7685	8,2666	5,7130	8,1527	5,6286	7,9881	5,5164	7,7742	5,3771	7,5124	5,2117	7,2048	5,0212
Juli	7,9558	6,7838	8,1066	6,8258	8,0223	6,7466	7,8880	6,6321	7,7048	6,4829	7,4740	6,2997	7,1975	6,0838
Av gust	6,9756	5,3237	7,5698	5,6427	7,6007	5,6459	7,5836	5,6177	7,5185	5,5583	7,4061	5,4686	7,2470	5,3481
Septemba	5,4454	3,9721	6,5644	4,5906	6,7429	4,6820	6,8778	4,7461	6,9680	4,7823	7,0128	4,7903	7,0118	4,7701
Okto bar	3,7424	2,1189	5,1792	2,6500	5,4594	2,7482	5,7033	2,8306	5,9091	2,8966	6,0752	2,9455	6,2004	2,9771
Novem bar	2,4172	1,3227	3,9015	1,8624	4,2137	1,9734	4,4972	2,0726	4,7500	2,1595	4,9701	2,2332	5,1558	2,2933
Decem bar	1,8399		3,2659	1,0036	3,5732	1,0620	3,8558	1,1153	4,1116	1,1633	4,3388	1,2055	4,5355	1,2416



Optimizacija fotonaponskih panela



- Srednja dnevna insolacija na horizontalnoj površini i na fiksno postavljen PV modul pod nagibnim uglom 41° i pri vedrom danu

mesec	I_H	Insolacija na PV modul, I_c (kWh/m ²) $\Sigma=41^\circ$
Januar	2,1620	4,9643
Februar	3,2646	5,9882
Mart	4,9047	6,8662
April	6,5941	7,2026
Maj	7,7704	7,1011
Juni	8,2397	6,9440
Juli	7,9558	6,9439
Avgust	6,9756	7,0109
Septembar	5,4454	6,7906
Oktobar	3,7424	6,0666
Novembar	2,4172	5,0903
Decembar	1,8399	4,4955
godišnje	61,3119	6,2887



Optimizacija fotonaponskih panela

- Ekstremno visoke temperature mogu **smanjiti efikasnost panela** za 15 do 20% (referentna temperatura prilikom testiranja 25°C)
- Neophodno obezbediti hlađenje!

Efikasnost fotonaposnke ćelije:

- Varijacije sunčevog zračenja u toku godine utiču na faktor iskorišćenja, što uz nisku efikasnost pri fotonaposnoj konverziji čini da se relativno mali % Sunčeve pretvara u električnu energiju
- **12 do 27 %**
- **Max. 40%** (nisu u komercijalnoj upotrebi)





Tipovi solarnih sistema za proizvodnju električne energije



- Samostalni (autonomni) fotonaponski sistemi
- Mrežno-povezani (hibridni) fotonaponski sistemi





LED-solarni sistemi: „zeleno“ osvetljenje



- Energetski efikasna rešenja
- „Eco-friendly“
- Tehnološki razvoj → tehnički progres LED-solarna rešenja u javnom osvetljenju, ali i višestruki pad cena direktnih ulaganja
- Izbor lokacija : dominantno slabije infrastrukturno razvijena područja, rubne gradske ili ruralne lokacije sa minimalnim brojem prepreka u neposrednom okruženju





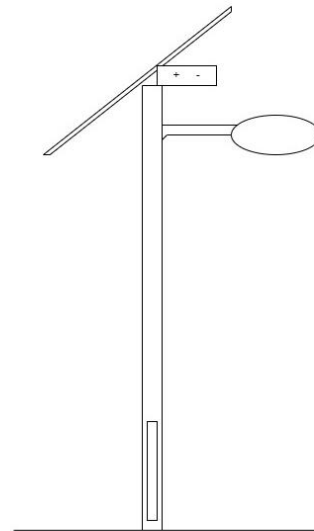
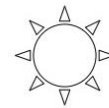
LED-solarni sistemi: „zeleno“ osvetljenje



- Solarni panel, LED svetiljka, punjiva baterija, kontroler, stub i interkonektivni kablovi
- Prednosti autonomnih LED-solarnih sistema :



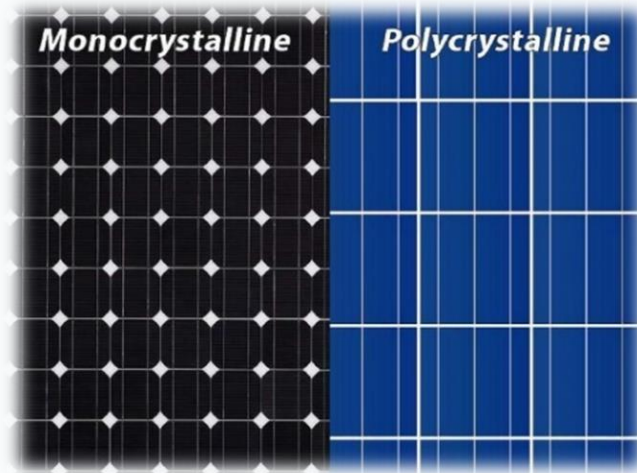
- ✓ smanjenje zavisnosti od elektroenergetske mreže,
 - ✓ ostvarivanje ušteda energije,
- ✓ smanjenje emitovanja gasova staklene bašte,
 - ✓ smanjenje troškova održavanja,
- ✓ zaštiti pejzaža usled redukovanja potrebe za kopanjem,
 - ✓ unapređenje usluga grada





LED-solarni sistemi: „zeleno“ osvetljenje

- **Solarni panel:** konverzija solarne energije u električnu
- **Amorfni, polikristalni i monokristalni** silicijum
- **Monokristalni** solarni paneli su najstariji i najrazvijeniji solarni sistem (jedinstvene boje i izgled koji ukazuje na visoku čistoću silicijuma)
- Monokristalni : veći stepen konverzije (15-27%) u odnosu na polikristalne (13-16%), zahtevaju manje prostora, imaju dug životni vek od 25 godina i efikasnije rade u uslovima manje insolacije, viša cena
- **Visoka cena, čišćenje solarnih panela** (nečistoće mogu smanjiti efikasnost do 15%)
- **Čišćenje solarnih panela:** prirodno (strujanje vazdušnih masa, gravitacija, kiša), mehaničke metode (četkanje, duvanje, vibriranje). Hiperbolične forme





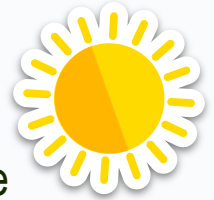
LED-solarni sistemi: „zeleno“ osvetljenje



- **LED svetiljka:** najzastupljenija vrsta svetiljke u novim sistemima javnog osvetljenja širom sveta
 - Bolja svetlosna raspodela
 - Više vrednosti svetlosne iskoristivosti
 - Mogućnost upravljanja i nadgledanja
 - Višestruko veći životni vek u odnosu na konvencionalne svetiljke
 - Manji troškovi održavanja
 - Manja potrošnja električne energije
 - Odsustvo opasnih materija



LED-solarni sistemi: „zeleno“ osvetljenje



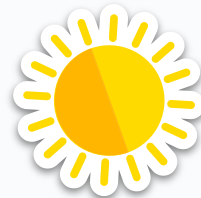
- **Punjiva baterija:** sekundarne ćelije
 - Baterija skladišti električnu energiju proizvedenu tokom obdanice, da bi se ista trošila tokom noći
 - Najvažnije karakteristike:
 - ✓ **kapacitet**
 - ✓ **životni vek baterije**
 - Olovne, nikl i baterije sa dubokim ciklusom sa GEL ćelijama
- Mesto montaže: ukopana u zemlji ili je na stubu uz panel



- **Kontroler:** utiče na proces punjenja, uključanja i isključenja svetiljke
- Programabilni : punjač baterija, sekundarni izvora napajanja, drajver LED svetiljke, zaštitno kolo i MCU.



Tržište LED-solarnih panela



- Od 2002.g proizvodnja fotonaponskih sistema na svetskom nivou je približno 600MW godišnje, 40% rasta
- Do kraja 2027.g tržište LED-solarnih sistema vredeti 12,54 milijardi dolara
- 2018.g: Azijsko-pacifička regija (45,4%)
- **Lideri: Kina, Japan, Indija, Južna Koreja i Australija**
Afrika i Bliski istok (Kenija, Južna Afrika, Gana, Nigerija)
Evropa
- Podrška Svetske banke (subvencije, kampanje, ..)





Tržište LED-solarnih panela



- VerySol GmbH,
 - Philips Lighting (Signify),
 - Bridgelux,
 - Omega Solar,
 - Dragons Breath Solar,
 - Solektra International,
 - SOKOYO Solar Group ,
 - Sunna Design,
 - Solar Street Lights USA,
 - Urja Global Ltd.,
 - Fonroche Éclairage
-
- **EnGo Planet**



Primeri dobre prakse



- **Afrika:** sistemi javnog osvetljenja su nedovoljno prisutni ili uopšte ne postoje
- **Uganda :** Kampala, Jinja (Džindža) siti -2.5km centralnih gradskih ulica
- Efekti →ušteta: održavanje i potrošnja električne energije, →preusmerenje finansijskih sredstava na druge komunalne oblasti (sakupljanje smeća ili uređenje parkovskih površina), bezbednost stanovništva
- „prestonica avantura istočne Afrike“: porast prihoda u sektoru turizma
- Izazov: inicijalni troškovi, kadrovski kapaciteti **Svetska banka** : program *Podrška Ugandi za razvoj opštinske infrastrukture* = masterplan+510 miliona dolara sa periodom iskorišćenja 2023.g
- **Senegal:** 50.000 LED-solarnh svetiljki (**Fonroche**)

- Solarno osvetljenje generisaće **96-160GW** obnovljive energije u Africi, udvostručiće se stopa proizvodnje energije





Primeri dobre prakse



- **Azija.** Indija-nedostatak energije (projekcija 2023.g najmnogoljudnija zemlja na svetu)
- 2050.g rezerve uglja min
- Nedostatak sistemskih rešenja
- **UPNEDA** (Uttar Pradesh New and Renewable Energy Development Agency) i **MANIREDA** (Manipur Renewable Energy Development Agency): 76.000 LED solarnih svetiljki u 800 sela u Utar Pradešu i Manipura-
Signify





Primeri dobre prakse

- **Evropa. Grčka.** Lipsi (Dodekanez)
- Autonomni LED-solarni sistem javnog osvetljenja (**Signify**) : panel, svetiljka, kontroler i baterija u integrisanom kućištu. Ugrađen je i pasivni infracrveni senzor pokreta, koji smanjuje nivo osvetljenosti na 30% nominalne vrednosti u periodu kada ne detektuje motorni ili pešački saobraćaj





Primeri dobre prakse



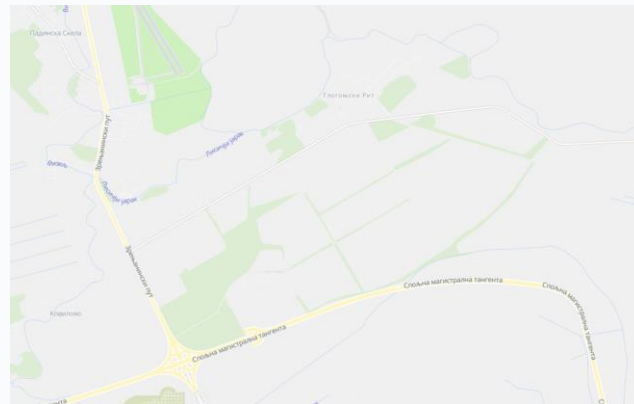
- **Novi Sad. 2019.g : IPA projekat -R-SOL-E „Renewable Solar Energy“**
- 100 stubova i svetiljki sa solarnim panelima na mestima na kojima nije moguće povezivanje na elektro-mrežu, ili gde je bila potrebna dopuna postojećem osvetljenju
- 24 dečijih igrališta i 24 autobuska stajališta
- Integracija u GIS





Primeri dobre prakse

- **Beograd. 2021.g** : saobraćajnica 3km koja od Zrenjaninskog puta vodi ka palilulskom naselju **Glogonjski rit**, 5m širina puta (CE3)
- 85 stubova (H=8m), prosečna udaljenost između stubova 25m,
- Fotonaponski monokristalni moduli su maksimalne snage 305Wp, samočisteće kaljeno staklo, 25%, **20°**
- LED svetiljke snage 60W, 190Lm/W, 4000K, dimovanje, daljinska kontrola i upravljanje
- Baterija: minimum 4000h (10-12 godina), izabrana da je omogućen režim rada bez prekida tokom 365 dana (sistem može da podnese prekid dotoka svetlosnog zračenja 5 dana uzastopce)



Primeri dobre prakse



- Elektronska oprema je integrisana na jednom mestu, uz panel na vrhu stuba, nije ukopana u zemlji (vandalizam!)
- Kontrola opterećenja je optimizovana :
 - postoji zaštita od preopterećenja,
 - zaštita od pregrevanja,
 - postiže se ravnomerna potrošnja baterije



Modifikovani kriterijumi zaštite- ne postavlja se klasično uzemljenje!



Primeri dobre prakse

Glogonjski rit

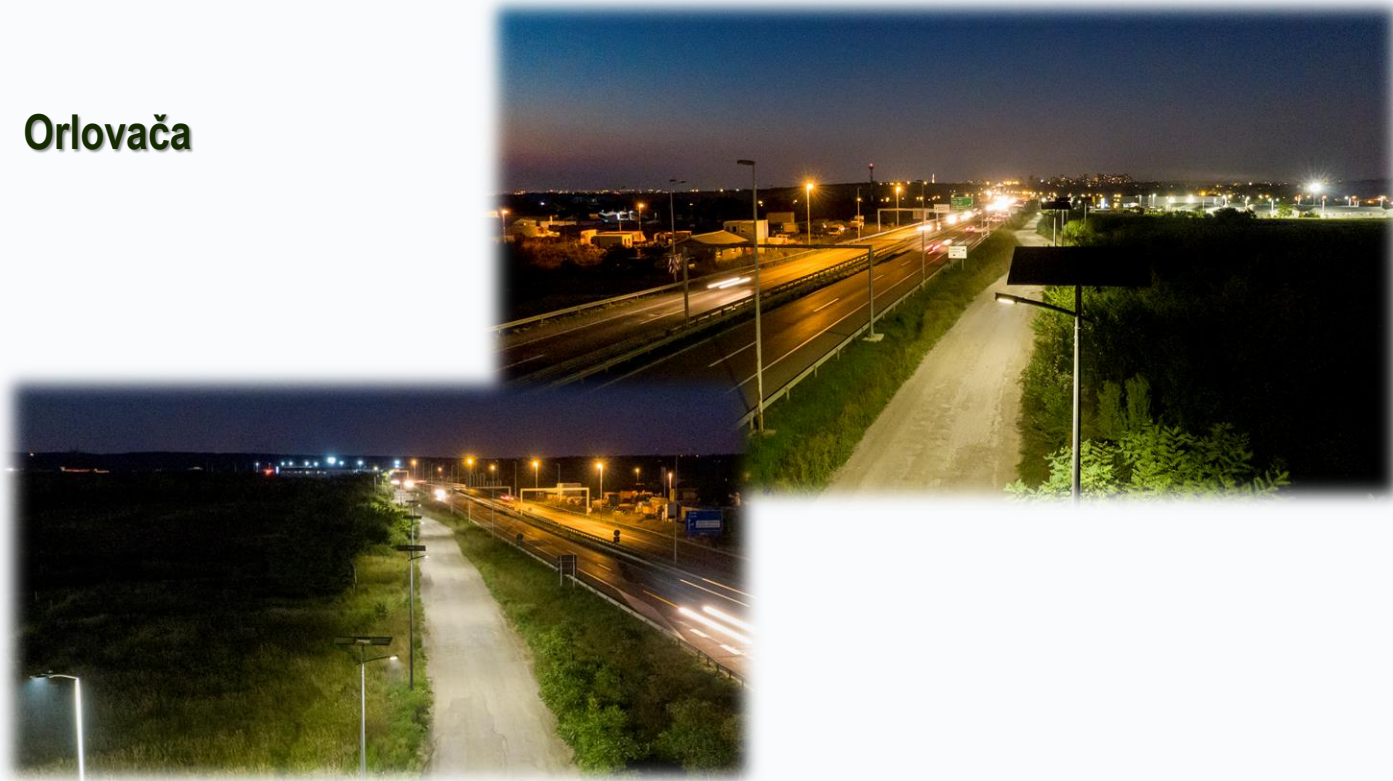


Primeri dobre prakse



Primeri dobre prakse

Orlovača



„Zeleno osvetljenje“

Primeri dobre prakse

Omladinski stadion Bežanijska
kosa (95 stubova)



„Zeleno osvetljenje“

Zaključak



- Drugačiji modeli funkcionisanja instalacije javnog osvetljenja → odsustvo standardnih problema ili pak, uvođenje novih izazova
- Onemogućeno rezervno manuelno (tzv. ručno) uključenje → osporava testiranje rada svetiljke u dnevnom režimu
- Sfera „niskog“ napona
- Monitoring i daljinsko upravljanje su poželjni (potrošnja električne energije, stanje napunjenosti akumulatora, relativna vrednost svetlosnog fluksa, itd.)
- Prekretnica: drugačiji pristup, mnogobrojni efekti
- Zaokret u ostvarivanju ciljeva dekarbonizacije
- Put održivosti predmetnih sistema je još uvek nepoznanica(?)
- Osim globalnog, postoji prevashodno lokalni interes



Obnovljivi izvori energije u sistemima javnog osvetljenja

HVALA NA PAŽNJI!



„Zeleno osvetljenje“