

**KORIŠĆENJE HIBRIDNOG SISTEMA ZA NAPAJANJE PREČISTAČA
OTPADNIH VODA U RUMENKI****HYBRID SYSTEM APPLICATION FOR WASTEWATER TREATMENT
FACILITY IN RUMENKA**Gojko Maričić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

Kratka sadržaj – U radu je dat predlog idejnog rešenja hibridnog sistema na bazi krovne fotonaponske i biogasne elektrane za napajanje prečistača otpadnih voda u Rumenci. Softver HOMER je iskorišćen za proračun energetskog menadžmenta oba izvora u sistemu. Izvršen je pregled energetskog bilansa i tehnoe ekonomska analiza.

Ključne reči: prečistač otpadnih voda, fotonaponski sistem, biogasna elektrana.

Abstract – The paper is proposing a conceptual solution of a hybrid system based on a roof-top photovoltaic and biogas power plant for the supply of wastewater treatment facility in Rumenska. HOMER software was used to calculate the energy management of both sources in the system. The energy balance review and techno-economic analysis were performed

Keywords: wastewater treatment facility, photovoltaic system, biogas power plant

1. UVOD

Da bi se rešili ključni energetski problemi današnjice, kao i sve veće klimatske promene usled povećanja emisije gasova staklene bašte (CO₂ i dr.) i posledičnog globalnog zagrevanja, čovečanstvo se okreće široj primeni obnovljivih izvora, čiji resursi su neograničeni. Njih čine solarna energija, energija vetra, hidroenergija, energija biomase, biogasa, energija pokretanja morske vode, geotermalna energija i sl. Energija ovih izvora najčešće se pretvara u električnu ili toplotnu. Zbog njihovog intermitentnog karaktera, često se obnovljivi izvori kombinuju u hibridne elektrane, čime se postiže efikasnije korišćenje.

U ovom radu će se razmatrati napajanje električnom energijom postrojenja za prečišćavanje vode u Rumenci. Osnovna ideja je da se dalje doprinese ekološkom karakteru ovog postrojenja tako što će se zameniti električna energija dobijena iz termoelektrane onom iz jednog hibridnog sistema. Ovaj sistem čine krovna fotonaponska (FN) elektrana i biogasna elektrana, s tim da se biogas dobija dodatnom obradom otpadnog mulja, kao nuzprodukta prečišćavanja vode. Cilj rada je da se kroz energetski bilans utvrdi opravdanost ovog rešenja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio prof. dr Vladimir Katić.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Korišćenje obnovljivih izvora energije je postalo civilizacijska nužnost sa ekonomskog, bezbedonosnog i ekološkog aspekta. Za dobijanje električne energije najčešće se koristi energija vode, vetra, sunca i biomase (biogasa).

2.1. Solarna energija

Solarni energija se koristi na dva osnovna načina:

1. Solarni termalni kolektori – koncentrisani ili nekoncentrisani, gde se pretvara u toplotnu i
2. FN solarni moduli – povezivanjem čine FN sistem kojim se dobija električna energija, što će se dalje razmatrati u radu.

Proteklih 20 godina protekle su u eksponencijalnom porastu prodaje FN solarnih modula i razvoja solarnih sistema. FN tehnologije koje se trenutno koriste i istražuju, uspevaju da iz godine u godinu unaprede svoju efikasnost, produže svoj životni vek i smanje troškove, odnosno cenu proizvodnje. Danas FN sistemi se prave od najmanjih snaga – nekoliko kW (krovni FN sistemi) do najvećih – više stotina MW (FN sistemi na tlu) i imaju ulogu snabdevača energijom, kao jedna od najisplativijih tehnologija. Od novougrađenih postrojenja na bazi obnovljivih izvora u 2019. godini, čak 48% čine solarni FN sistemi, a predviđa se da će se sličan tempo napretka nastaviti i u narednih 5 godina [1]. Zbog ekonomičnosti i jednostavne montaže u naseljenim mestima preferira se korišćenje krovnih FN sistema. Time se štedi prostor i bolje iskorišćuju mogućnosti postojeće distributivne mreže.

2.2. Biogas

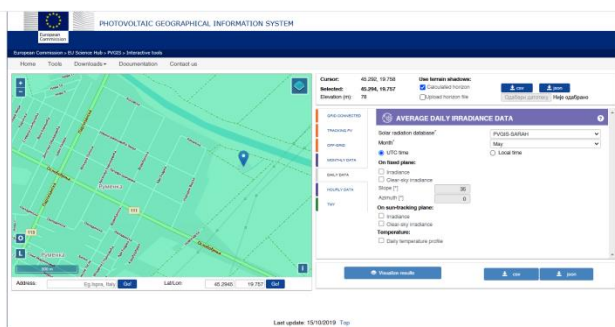
Biogas je mešavina gasova nastala razlaganjem organske materije u odsustvu kiseonika. Glavni sastojci biogasa su metan i ugljen-dioksid. Biogas nastaje anaerobnom digestijom metanogenih ili anaerobnih organizama koji vare organsku materiju u zatvorenom sistemu. Iz 1 Nm³ deponijskog gasa dobija se 2 kWh električne energije, 2,15 kWh toplotne energije. Biogas se može dobiti iz razne vrste biomase, ali i iz različitog organskog otpada, pa i iz organske materije, koja preostaje u procesu tretmana prečišćavanja vode.

3. POTENCIJAL SUNČEVE ENERGIJE U VOJVODINI

Sunčevo zračenje zavisi od insolacionih uslova, veličine i karakteristike prijemnika sunčeve energije, te vremena izlaganja dejstvu sunčevog zračenja.

U Srbiji broj sunčanih sati se kreće od 2.000 do 2.300 sati, dnevna energija globalnog zračenja na horizontalnu površ u toku zimskog perioda od 1,0 kWh/m² do 1,7 kWh/m², leti od 5,4 kWh/m² do 6,9 kWh/m² na jugu. Srbija ima jedne od boljih resursa u Evropi, ali njem solarni potencijal nije dovoljno iskorišćen. Na teritoriji Vojvodine, godišnji proseki dnevne energije globalnog sunčevog zračenja na površinu nagnutu prema jugu pod uglom od 30° iznosi od 4,0-4,6 kWh/m² [2].

Za procenu nivoa zračenja na neku površinu i proračun FN sistema koristi se softver PVGIS (slika 1). Ovaj softverski alat omogućava dnevni, mesečni i godišnji prikaz prosečnog globalnog zračenja na horizontalne i kose površine (optimalni ugao nagiba površine). Procena deficita u godišnjem sunčevom zračenju zbog senke, nagiba i orijentacije terena takođe je obezbeđena. Ovaj softver omogućava procenu proizvodnje FN električne energije na bilo kojoj lokaciji u svetu, unošenjem njenih koordinata ili naziva mesta. Takođe, omogućava praćenje meteoroloških podataka na godišnjem nivou za devet klimatskih promenljivih [3].



Sl. 1. Izgled PVGIS displeja [3]

4. OPIS OBJEKTA PREČISTAČA

Radi eliminisanja štetnih materija u rečnim tokovima ili kanalima, otpadne industrijske vode ili iz domaćinstava podvrgavaju je prečišćavanju na bazi složenih biohemij-skih procesa. U ovom radu razmatra se postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV), koje se nalazi u naselju Rumenka (slika 2).

Postrojenje se sastoji iz sledećih objekata: objekat za grubu rešetku, jedinstveni objekat crpne stanice i sigurnosnog bazena, prijemna stanica za septički mulj, objekat za biološko prečišćavanje – SBR bazeni i silos za mulj, mašinska hala, upravna zgrada, izlivna građevina i šahtne konstrukcije.

Otpadna voda dolazi do postrojenja gravitacionim putem, prvo prolazi kroz grubu rešetku, zatim se potiskuje na postrojenje za mehanički predtretman (fina rešetka, peskolov, hvatač masti). U SBR bazenima se odigravaju procesi punjenja, aeracije, mešanja, taloženja i dekantiranja. Prečišćena voda se odvodi u recepijent, višak mulja u silos za mulj, gde se vrši zgušnjavanje i dodatna stabilizacija. Vijčanom pumpom se ugušćeni mulj vodi na dehidraciju.

Ukupna instalisana snaga je 128,48 kW, pa je maksimalna jednovremena snaga 89,94 kW.

Postrojenje je povezano na distributivnu mrežu i napaja preko stubne trafostanice transformatorom snage 250 kVA. U slučaju nestanka struje uključuje se dizelagregat kao rezervno napajanje.



Sl. 2. Izgled prečistača otpadnih voda

5. HIBRIDNI SISTEM NAPAJANJA

5.1. Fotonaponski sistem

Za proizvodnju električne enerije iz solarne koristi se FN sistem, koji se postavlja na krovove objekata postrojenja prečistača. Kako je postrojenje povezano na distributivnu mrežu ovde se razmatra „on grid“ sistem. Sistem se sastoji iz FN panela povezanih u odgovarajuće nizove, noseće konstrukcije za panele, DC kablova i instalacije, invertora (DC/AC pretvarača), AC kablova, prekidača i druge instalacije, kao i brojlara električne energije. Pored toga FN sistem ima i odgovarajuće komunikacione i bezbedonosne uređaje.

Za panele su odabrani oni snage 280 Wp sa vekom trajanja od 25 godina. Na krovovima moguće je montirati ukupno 89 panela, što obezbeđuje ukupnu snagu od 25 kWp.

Za noseću konstrukciju odabrane su dve vrste nosača, za ravni i za kosi krov. Nosači su aluminijumski, fleksibilni, otporni na udare i sneg, sa mogućnošću montaže panela horizontalno i vertikalno.

Za inverter je predložen onaj snage 25 kW (slika 3), mada je opravdano odabrati i one od 10% do 20% niže snage. Ovaj uređaj se lako i brzo instalira i izrađen u IP66 zaštiti. Sa obe strane invertora povezuju se zaštitna orema, tj. DC i AC ormani sa odgovarajućim osiguračima, prenaponskom zaštitom, diferencijalnom zaštitom. Pošto su paneli fiksirani nema potrebe za korišćenjem kontrolera za FN panele.

Na kraju za uvezivanje sistema ostaju kablovi. Za jednosmernu struju koristi se nadzemni kabel, koji se polaže duž postojećih kablovskih trasa, a za AC stranu koristi se podzemni kabel PP00 4x10mm².



Sl. 3. Izgled FRONIUS invertora

5.2. Biogasni sistem

Za dobijanje biogasa iz postrojenja otpadnih voda potrebno je posebno tretirati mulj, koji se taloži u SBR bazenima objekta za biološko prečišćavanje (SBR bazeni i silos za mulj).

Iz silosa za mulj, u kome se nalazi sirovi mulj, potrebno je povećati koncentraciju mulja na 5%. Mulj se pumpama prebacuje do ugušćivača mulja u kome se gravitacijom i zgrtanjem mulja pospešuje proces. Ugušćivač je pokriven i vazduh ispod pokrivača se menja pomoću ventilatorai vodi na lava filtere.

Količina viška aktivnog mulja se mora prepumpavati, i ona se dobija računskim putem da bi se zadržala željena koncentracija.

Ugušćeni mulj se transportuje u digestore pomoću pumpnih stanica. U anaerobnim digestorima mulj truli pri temperaturi od 33°C do 37°C, sa vremenom zadržavanja od 20 dana. Anaerobna digestija smanjuje neprijatne mirise i količinu bakterija u mulju, čineći stabilizovani mulj relativno bezopasnim i neškodljivim.

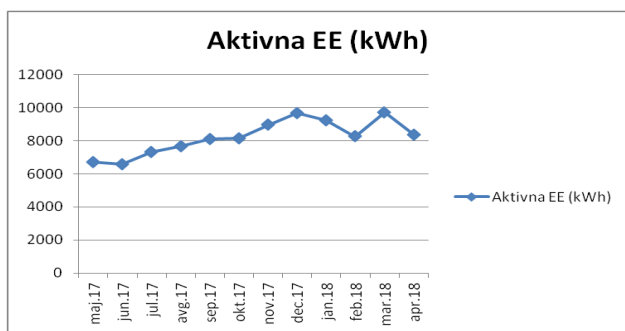
Dobijeni biogas se sastoji od metana (55-70%) i ugljen-dioksida (45-30%). Skladišti se u rezervoaru gasa i koristi kao gorivo kotlovske jedinice za grejanje digestora i objekata, odnosno za potrebe gasnih motora radi proizvodnje električne energije.

Gasni motor spreže se sa sinhronim električnim generatorom i time dobiva agregat, koji vrši proizvodnju električne energije.

6. PROCENA ENERGETSKOG BILANSA

6.1. Procena proizvodnje i potrošnje energije

Procena potrošnje je izvršena na osnovu jednogodišnjih podataka potrošnje električne energije dobijene od JKP "Vodovodi i kanalizacija" Novi Sad (slika 4). Sa grafika se vidi da je potrošnja industrijskog tipa, tj. tokom cele godine je ujednačena, bez velikih odstupanja.



Sl. 4. Potrošnja PPOV Rumenka

6.2. Procena proizvodnje FN sistema "PVGIS"-om

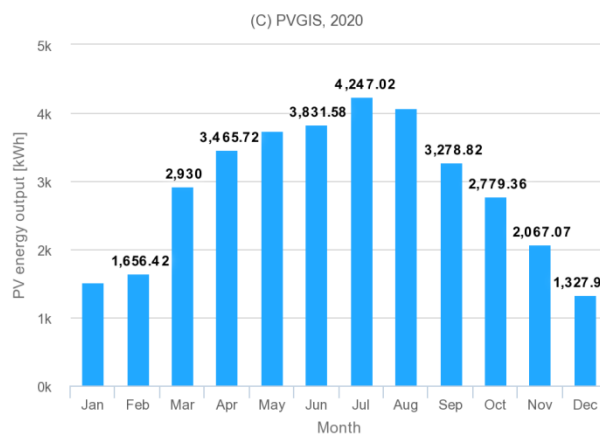
Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) omogućava procenu proizvodnje sistema u toku jedne godine. Pomoću PVGIS softvera dolazimo do rezultata izračunavanja energetske efikasnosti instalirane solarne elektrane od 25 kW. Sistem je nepokretan, ugao nagiba prema jugu je 36° i orijentacijom od 0°. Procenjeni gubici na osnovu softverske simulacije: gubici usled temperaturnih uticaja – 6,95%, gubici zbog ugaone refleksije – 2,82% i drugi sistemski gubici – 2% ukupni gubici: 11,77%. U tabeli 1 su prikazane vrednosti: prosečna mesečna proizvodnja električne energije sistema

(Em) u kWh/m², prosečnog sunčevog zračenja na FN modul (Hm) u kWh/m² i standardne devijacije (SDm) u kWh [3].

Proizvodnja električne energije dostiže svoj maksimum od 4.247 kWh u toku meseca jula, dok je očekivani minimum proizvodnje u toku decembra, i iznosi 1.328 kWh, što je prikazano na slici 5.

Tabela 1. Mesečna proizvodnja električne energije, sunčevo zračenje i standardna devijacija

Mesec	Em	Hm	SDm
Januar	1513,3	61,9	278,4
Februar	1656,4	68,7	410
Mart	2930	125	528,1
April	3465,7	153,9	500,8
Maj	3744,2	170,3	285,5
Jun	3831,6	177,6	298,1
Jul	4247	199,4	308,3
Avgust	4066,4	189,8	458,9
Septembar	3278,8	148,2	480,6
Oktobar	2779,4	120,6	437,1
Novembar	2067,1	86,3	270,1
Decembar	1328	54,8	354,8



Sl. 5. Procena mesečne proizvodnje električne energije solarnih panela prema PVGIS softveru [3]

7. TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

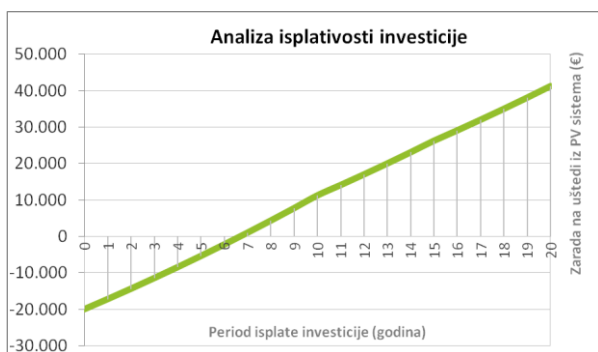
Sagledavši investiciju koja nam je potrebna za izgradnju solarne elektrane došli smo do vrednosti od 22.779,20 €. U tabeli 2 prikazana je potrebna oprema.

Nakon toga izveden je obračun uštede na električnoj energiji prema cenama Elektroprivrede Srbije.

Dobijena razlika vrednosti potrošnje i proizvodnje se koristi za procenu isplativosti investicije. Na slici 6 prikazana je isplativost investicije kroz period od 20 godina.

Tabela 2. Predmet opreme solarne elektrane

Materijal	J.M.	Kol.	Cena (€)	Uk. Cena
Solarni panel TT285-60P, 280 Wp	kom	89	95,00	8.455,00
Aluminijumski nosači za montažu	kom	1	2.457,00	2.457,00
Invertor FRONIUS Eco 25.0-3-S	kom	1	2.942,00	2.942,00
DC orman sa zaštitnom opremom	kom	1	758,00	758,00
AC orman sa zaštitnom opremom	kom	1	856,00	856,00
Set kablova i konektora za povezivanje	pauš	1	758,00	758,00
Uređaj za kontrolu toka energije	kom	1	650,00	650,00
Ostali sitan montažni materijal	pauš	1	440,00	440,00
			Ukupno (bez PDV)	17.316,00
			UKUPNO:	20.779,20



Sl. 6. Grafički prikaz isplativosti investicije

8. ZAKLJUČAK

Obnovljivi izvori energije predstavljaju budućnost energetske industrije, pogotovo solarna energija. Kroz ovaj rad smo videli da proizvodnja električne energije pomoću solarnih panela podiže energetska efikasnost, i da se relativno brzo isplaćuje kao investicija.

Objašnjen je i princip rada biogasnog postrojenja, međutim kapacitet postrojenja je nedovoljan da bi se takav poduhvat isplatio.

Ostaje prostora za dalju analizu izgradnje biogasnog postrojenja, nakon povećanja kapaciteta PPOV Rumenka.

9. LITERATURA

- [1] „Global Market Outlook For Solar Power / 2020 – 2024”, Solar Power Europe 2020. <https://www.solarpowereurope.org/>
- [2] M. Lambić i dr., “Studija o proceni ukupnog solarnog potencijala – solarni atlas i mogućnosti proizvodnje i korišćenja solarne energije na teritoriji AP Vojvodine”, Studija za Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine, Tehički fakultet “M.Pupin”, Zrenjanin, 2011.godine, veb sajt: <http://www.psemr.vojvodina.gov.rs/index.php/studije/item/8-studije-potencijala-i-mogucnosti-primene-energije-sunca-u-apv>
- [3] PVGIS softver, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>

Kratka biografija:



Gojko Maričić rođen je u Gračacu, Hrvatska 1987. god. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2013.god., a master rad iz iste oblasti 2020. god.



Vladimir Katić je rođen 1954. god. u Novom Sadu. Diplomirao je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, a magistrirao i doktorirao na Univerzitetu u Beogradu. Od 2002. godine je redovni profesor na Univerzitetu u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su mu energetska elektronika, kvalitet električne energije, obnovljivi izvori električne energije i električna vozila.