

ANALIZA PV MODULA NA TELEKOMUNIKACIONE SISTEME / ANALYSIS OF PV MODULE ON TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

Amira Trako, BA, email: amira.grabus1@hotmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku

Bekir Fulan, BA, email: bekir.fulan@gmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku

Stručni članak

Sažetak: Za kontinuiran rad telekomunikacionih sistema neophodni su pouzdani izvori napajanja na licu mesta. Čelijski tornjevi i repetitori zahtijevaju konstantnu snagu kako bi osigurali stabilnost mreže, a održavanje i punjenje generatora je skupo, neefikasno i dugotrajno. Kako se mreže razvijaju i šire, sve više kompanija se okreće alternativnim energetskim rješenjima za napajanje svoje telekomunikacijske infrastrukture. Usvajanje solarne energije u telekomunikacione tornjeve smatra se održivom inovacijom u napajanju tornjeva. Međutim, sklonost koja se pojavljuje među uključenim akterima je da ako i kada dođe do katastrofe zbog neuspjeha u radu i upravljanju solarnim PV-om nakon njegove instalacije, oni će najvjerovatnije biti skloni u prikazivanju jedno na drugo. U takvoj situaciji postavljaju se pitanja: kako locirati odgovornost, ko bi kome trebao odgovarati i kako proporcionalno raspodijeliti odgovornost? Kroz studiju slučaja u ovom radu razmatra se i analizira pitanje kako se riješiti problem poduzimanjem analize dionika i utjecaja, analize pet dimenzija odgovorne inovacije, a to su: anticipacija, refleksivnost, responzivnost, promišljanje i učešće.

Abstract: Reliable on-site power sources are necessary for the continuous operation of telecommunication systems. Cell towers and repeaters require constant power to ensure network stability, and maintaining and charging generators is expensive, inefficient and time-consuming. As networks develop and expand, more and more companies are turning to alternative energy solutions to power their telecommunications infrastructure.

The adoption of solar energy in telecommunication towers is considered a sustainable innovation in powering the towers. However, the tendency that emerges among the actors involved is that if and when disaster strikes due to failure in the operation and management of solar PV after its installation, they will most likely be inclined to turn on each other. In such a situation, questions arise: how to locate responsibility, who should answer to whom and how to distribute responsibility proportionally? Through a case study, this paper considers and analyzes the question of how to solve the problem by undertaking a stakeholder and impact analysis, an analysis of the five dimensions of responsible innovation, namely: anticipation, reflexivity, responsiveness, reflection and participation.

Keywords: towers, repeaters, solar energy, PV.

1. Uvod

Kada govorimo o solarnim PV modulima, sa sigurnošću možemo reći da su to uređaji koji pretvaraju sunčevu svjetlost u električnu energiju. Oni su suštinska komponenta solarnog sistema i široko se koriste za proizvodnju čiste i obnovljive energije. Sastoje se od fotonaponskih ćelija koje su raspoređene u seriju kako bi proizvele veći napon i paralelno za povećanje struje. Solarni PV moduli su izrađeni od visokokvalitetnih materijala i dizajnirani su da izdrže teške vremenske uvjete, što ih čini vrlo izdržljivim. Otporne su i na ekstremne temperature, vjetar i grad, što ih čini idealnima za upotrebu u svim klimatskim uvjetima. Imaju jako visoku efikasnost, što ukazuje da mogu pretvoriti više sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Što je veća efikasnost modula, to više energije može proizvesti, što ga čini idealnim izborom za stambene i poslovne aplikacije. Solarni PV moduli su lagani i jednostavni za instalaciju, što ih čini idealnim za upotrebu na udaljenim lokacijama. Mogu se koristiti za aplikacije van mreže, gdje nema pristupa električnoj mreži. Isplativi su, jer ne zahtijevaju gorivo ili druge inpute za proizvodnju električne energije. Oni također donose dugoročne uštede, jer smanjuju potrebu za skupim elektranama i smanjuju količinu energije koju treba kupiti iz mreže. Solarni PV moduli se široko koriste za stambene i komercijalne aplikacije, za napajanje domova, poslovnih i industrijskih objekata. Oni su isplativo rješenje za smanjenje troškova energije i obezbjeđivanje čiste energije. Mogu se koristiti za napajanje daljinskih komunikacionih sistema, sistema osvjetljenja i drugih bitnih usluga, koriste se u velikim elektranama za proizvodnju električne energije za mrežu. Oni su suštinska komponenta projekata solarne energije u komunalnom opsegu, koji zajednicama pružaju čistu i obnovljivu energiju.

2. Solarni PV moduli

Fotonaponske ćelije u solarnim fotonaponskim modulima napravljene su od silicijuma, materijala koji je vrlo efikasan u pretvaranju sunčeve svjetlosti u električnu energiju. Ćelije su povezane serijski i paralelno kako bi se povećao napon, odnosno struja. Rezultirajući električni izlaz se zatim koristi za napajanje električnih uređaja i punjenje baterija.



Slika 1. Telekomunikacioni odašiljač napajan sa Solarnim PV modulima

Današnja telekom infrastruktura se sve više nalazi u udaljenim, izoliranim područjima – od planinskih vrhova do pustinjskih regija koja su većinom daleko od bilo koje električne mreže i za rad se oslanjaju na proizvodnju električne energije na samom licu mjesta. Između troškova goriva i održavanja, generatori su skupi za posjedovanje i rad. Za komunikacijske provajdere,

krajnji cilj jeste da se uspostave samoodržive mobilne mreže sa većom efikasnošću i profitabilnošću kao i da ostanu konkurentni u okruženju sa nižim prosječnim prihodom po korisniku. Zato se provajderi telekomunikacija i pružaoci bežičnih usluga okreću solarnim PV i PV/hibridnim (PV + sekundarni izvor energije) energetskim rješenjima kako bi postigli svoje poslovne ciljeve. Za razliku od generatora i vjetroturbina, fotonaponska (PV) solarna energija nema pokretne dijelove pa zbog toga nema zastoja, a solarni električni sistemi nikada ne trebaju punjenje goriva ili remont. Ovaj tip sistema se može dimenzionirati i instalirati kao primarni izvor energije za udaljenu telekomunikacionu lokaciju, a sistemi bazirani na hidro, vjetru i/ili generatorima mogu dopuniti PV izlaz ako „dani autonomije“ budu nedovoljni za napajanje instalacijske potrebe. Većina razvijenih zemalja je promovisala politike i inicijative za postizanje održivosti smanjenjem energetske zavisnosti i emisija. Danas se konvencionalni izvori brzo iscrpljuju. Štaviše, cijena energije raste, a time i solarne energije koja je jedna od najekonomičnijih i najiskoristivijih obnovljivih izvora energije koji se mogu iskoristiti za proizvodnju energije. Kao što već znamo većina mobilnih telekomunikacionih tornjeva nema priključak za struju iz mreže jer se nalaze na udaljenim lokacijama zemlja. Stoga se oslanjaju na dizel generator, baterije, a sada i solarni PV modul. Sunčeva svjetlost je odličan izvor energije koji se koristi za mnoge primjene kao što je proizvodnja električne energije, kao električna snaga automobila, električni izvor za napajanje čelijske baze stanice itd. Proizvedena električna energija može se skladištiti ili direktno koristiti, vraćati u mrežu ili kombinirati s jednom ili više drugih proizvođača električne energije ili više obnovljivih izvora energije. Solarni PV je vrlo pouzdan i čist izvor električne energije za širok spektar primjena. Postoje neke vrste PV snage sistema koji se koriste za bazne stanice:

- Prvi tip je mrežno povezan sa (bez baterija) sistemima, ovaj sistem se koristi samo kada je pomoćni je dostupan. U suprotnom, sistem se isključuje sve dok se napajanje ne vrati.
- Drugi tip je mreža povezana sa rezervnom baterijom, kod ovog tipa baterija se koristi za skladištenje energije za kritične strujni krugovi koji rade u slučaju nestanka struje.

Sunčani i dnevni sati nisu iste stvari. Svaki region planete ima potpunu količinu "sunčanih sati" koja se također naziva DNI, sunčeva insolacija ili zračenje. Ovo su godišnji prosjeci i uzimaju u obzir prosječnu kišu ili oblačnost u području. Solarna energija se mjeri u KWh (kilovat-sati) po kvadratnom metru dnevno. Da biste znali koliko je wata potrebno, mora se uzeti u obzir puna količina sunčeve energije koja je potrebna dnevno. Količina after-sun sati također određuje veličinu pogona baterija. Osnovna formula je uzeti potrebni kWh dnevno prema električnoj shemi i podijelite ga prema sunčanim satima lokacije. Integracija vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana u elektroenergetske sisteme uključuje određene tehničke probleme, uglavnom usmjerene na pouzdanost, kvalitet električne energije i stabilnost. Intermitentna priroda takvih izvora može povećati naprezanje mreže, uglavnom zbog nepoželjnih oscilacija na strani napajanja koje mogu utjecati na regulaciju napona prijenosnih sistema. Na nivou niskog/srednjeg napona, različite strategije kontrole reaktivne snage su također predložene kako bi se olakšala integracija obnovljivih izvora energije, uključujući smanjenje aktivne snage. Kao dodatno rješenje za osiguranje ravnoteže između proizvodnje i potražnje, uz smanjeni kapacitet i troškove operativnih rezervi, kratkoročno predviđanje proizvodnje fotonaponskih elektrana javlja se kao relevantna tema od interesa. Ove metode zavise od vremenskih uslova i prethodnih podataka o proizvodnji PV energije. Zbog toga bi nam ažurirane vremenske i električne vrijednosti omogućile preciznije predviđanje kratkoročne proizvodnje fotonaponske energije. Štaviše, tehnologije praćenja u realnom vremenu mogu pružiti relevantne lokalne i tačne informacije kako bi se osigurala kontrola i pouzdanost mreže. Za postizanje ovih ciljeva, postojeće elektroenergetske sisteme treba modernizirati u smislu tehnologija senzora, komunikacije, mjerenja i automatizacije. Niskobudžetna rješenja su se smatrala prioritetom

tokom posljednje decenije, predlažući različite sisteme praćenja i komunikacije. Komunikacija se zasniva na GSM mreži, a posebno na usluzi kratkih tekstualnih poruka (SMS). Modificirani reostat se koristi za procjenu IV-a karakteristika fotonaponskog modula. Kod solarnih panela niz, baterija i kontroler punjenja su tri primarne komponente panel sistema. Kontroler punjenja regulira izlaz panel niza i osigurava pravilno punjenje baterije, štiteći je od zloupotrebe. Prijenosni generator je potreban za napajanje telekom opreme u slučaju da nema izlazne energije iz fotonaponskog sistema. Panel sistem počinje na svom najjednostavnijem nivou sa ćelijom koja je raspoređena u grupu da formira modul. Solarni modul se većinom sastoji od 36 ćelija i daje nazivni napon od 12V. Varira u veličini od 1W do nekoliko stotina vati. Mnogi moduli su međusobno povezani da formiraju panel (podniz). Veličina podniza je diktirana težinom i veličinom kojima se može efikasno rukovati na lokaciji. Zatim instaliraju podnizovi i povezuju se jedni s drugima kako bi formirali niz za potreban napon i strujni izlaz.

3. JAČINA SUNČEVOG ZRAČENJA U BiH

Informacija o sunčevom zračenju koje se od strane meteoroloških stanica svakodnevno mjere, tokom dužeg vremenskog perioda i na karakterističnim lokacijama, daje vrijednost sunčevog globalnog zračenja na horizontalnoj površini. Na mjestima gdje nema mjerenja insolacije, uzima se podatak o broju sunčanih sati, koji se kasnije mogu izračunati, na osnovu poznavanja klimatskih karakteristika pojedinih regija, u dozračenu energiju. Svi podaci o insolaciji koji su prezentovani u ovom radu izvršeni su na osnovu softverskog programa Meteonorm. Novijom verzijom ovog programa, pored informacija o insolaciji izmjerenih na najbližim meteorološkim stanicama, obuhvataju i satelitske snimke koji daju potpuniju sliku o sunčevom zračenju nad posmatranim regionom. BiH ima u prosjeku godišnje 1841 sunčanih sati, dok taj broj na jugu dostiže vrijednost i do 2353 h/godišnje. Jedini bosanskohercegovački grad, a riječ je o Neumu ima u prosjeku godišnje 2600 sunčanih sati raspoređenih u 270 sunčanih dana.

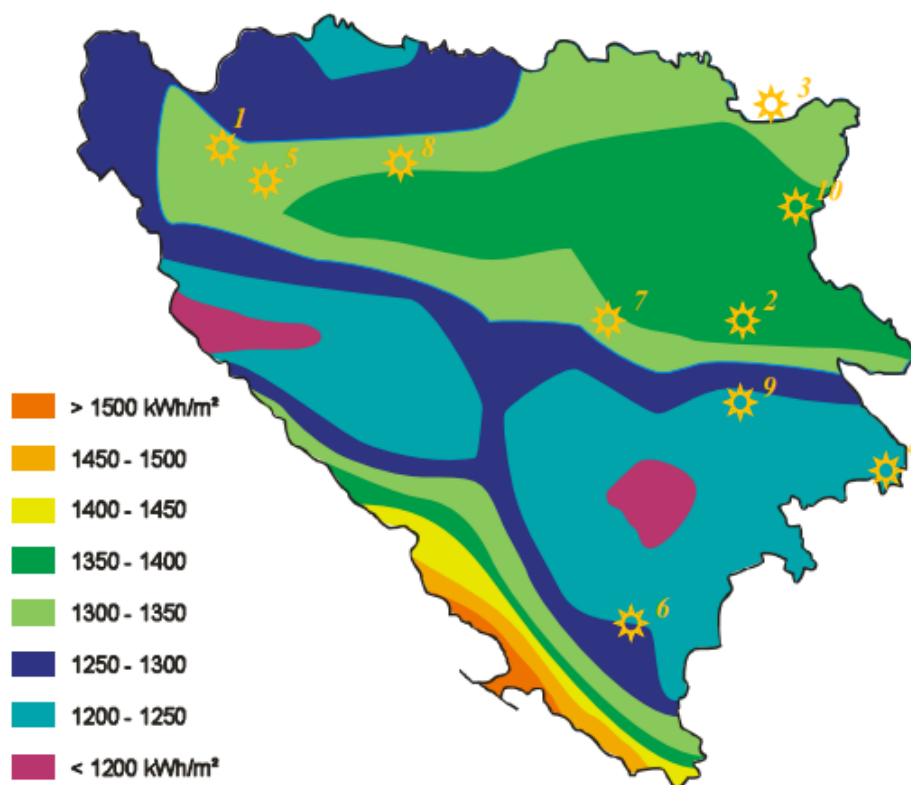
U tabeli 1. prikazani su podaci o broju sunčanih sati za određena područja u BiH.

Tabela 1 Broj sunčanih sati godišnje za neke lokacije u BiH, [3]

Lokacija - Meteorološka stanica	Broj sunčanih sati godišnje
	[h/god]
Neum	2600,0
Mostar	2352,5
Čitluk	2342,0
Livno	2337,0
Ivan sedlo	1850,3
Drvar	1839,9
Bjelašnica	1823,1
Sarajevo	1794,2

Na slici 2. prikazani su grafički interpretirani rezultati proračuna za BiH za prosječnu godišnju vrijednost ukupnog sunčevog zračenja. Iz slike možemo vidjeti da BiH pripada zemljama Europe sa značajnim ukupnim sunčevim zračenjem koje se na godišnjem nivou kreće u intervalu od 1200 kWh/m² na sjeveru zemlje i u planinskim predjelima do 1600 kWh/m² na

"EUROPE'S ENERGY TRANSITION AND SUSTAINABLE MOBILITY WITH CHALLENGES TO THE SITUATION IN BOSNIA AND HERZEGOVINA"
jugu. Na slici su prikazane lokacije za koje su prikupljene vrijednosti mjerenja intenziteta sunčevog zračenja.



Slika 2. Prosječne godišnje vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu za BiH

Možemo vidjeti da se vrijednost ukupne energije sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u Hercegovini mijenja od 1,51 do 1,71 kWh/m² dan u januaru i 6,3 do 6,91 kWh/m² u mjesecu julu. Kontinentalni dio BiH u januaru dobija skoro duplo više sunčeve energije u odnosu na Sjevernu Europu, dok se na području istočne Hercegovine i oko Neuma može reći da imaju 3 do 4 puta više energije sunčevog zračenja od Sjeverne Europe, odnosno 2 puta više nego Srednja Europa. Treba spomenuti da su ove navedene vrijednosti insolacije, ustvari prosječne dnevne vrijednosti. Za vrijeme sunčanih dana stvarne vrijednosti mogu biti i do 35% od prosječnih, dok za vrijeme oblačnih dana dozračena energija može iznositi 25% prosječne vrijednosti. Za period cijele godine, stvarne vrijednosti se mijenjaju unutar intervala $\pm 22\%$ prosječne vrijednosti. Prvi korak u projektovanju solarnog fotonaponskog sistema je određivanje ukupne snage i energijepotrošnja svih opterećenja koja treba da budu opskrbljena solarnim fotonaponskim sistemom kako slijedi: odrediti ukupnu energetska potrebu opterećenja sistema pomnožite potrošnju energije svake komponente koja se mora isporučiti s njenim radnim satima kako bi dobili energiju opreme, a zatim dodali sve energije opreme, da su sve komponente jednosmjerne struje. Da bi se praktično primjenila sunčeva energija, odnosno projektovao i optimizirao uređaj za korištenje sunčeve energije, nužno je, pored svih vrijednosti insolacije na horizontalnu površinu, da poznamo i količinu dozračene energije na nagnute i vertikalne površine, kao i strukturu zračenja, odnos difuznog i direktnog zračenja. Za većinu najpovoljnija je primjena prijemnika sunčevog zračenja orijentisati u pravcu juga, s tim da je odstupanje do 20° prema istoku, odnosno zapadu sasvim nebitno umanjuje ukupnu energiju pristiglu na ravan kolektora. Optimalni nagib u odnosu na horizontalu ovisi o konkretnoj

primjeni, odnosno o dinamici potrošnje isporučene sunčeve energije tokom godine dana.⁸³ Potencijal sunčeve energije u BiH iznosi 67,21 PWh godišnje, uz tvrdnju da svakog dana u godini na svaki kvadratni metar horizontalne površine u prosjeku padne energija zračenja od 3,61 kWh. Ova vrijednost višestruko nadmašuje ukupnu energetska potrebu BiH. Različite veličine PV modula će generirati različite količine energije. Generirani Wp (maksimalni wat) se oslanja na veličinu PV modula i klimu mjesta uzimajući u obzir različite "sunčane sate" na svakome mjestu, sunčani sati su oko 5,04 h za Bosnu i Hercegovinu. Potreban broj PV panela se izračunava dijeljenjem dnevnih ukupnih opterećenja u Whr sa sunčanim satima prema ocjeni PV panela i odaberete panel od 250Wp jer ima veliku gustinu snage i komercijalno se koristi (N).

$$PV = \frac{\text{Dnevno ukupno opterećenje u kWh}}{\text{Sunčani sati}} = \frac{6,9 \text{ kWh}}{5,04} = 1,37 \text{ kwp}$$

$$N_{\text{panel}} = \frac{\text{Dnevna ukupna opterećenja u Whr}}{\text{ocjena panela} * \text{sunčani sati}} = \frac{6,9 \text{ kWh}}{250 \text{ W} * 5,04} = 6 \text{ panela}$$

$$\text{Amper sati opterećenja za system (H)} = \frac{\text{Dnevno opterećenje u Whr}}{48} = \frac{6,9 \text{ kWh}}{48} = 143,75 \text{ Ah}$$

$$\text{Broj baterija potrebnih za system} = \frac{\text{Amper sati opterećenja}}{\text{Veličina baterija} * \text{DOD}} = \frac{143,75}{150 * 0,5} = 2 \text{ baterije}$$

Ali, kao što je poznato, sunce ne sija uvijek i ne sija i ima oblačnih i kišnih dana ovi dani se zovu dani autonomije. Dakle, dani autonomije moraju se uzeti u obzir dok dizajniramo sistem jer sistem radi samo na baterijama, a ne na solarnim panelima. Procijenimo da su dani autonomije kao tri dana (Barnes, 2019.) zatim pomnožimo dane autonomije sa brojem baterije u normalnim danima da dobijemo ukupan broj baterija potrebnih za sistem.

$$N_{\text{Ukupno baterije}} = 3 \times 2 = 6 \text{ baterija}$$

Izračunajte potreban kapacitet baterija kako biste bili sigurni da će PV sistem pokriti potreban kapacitet opterećenja uključujući baterije:

$$C = 2 * 150 * 12 = 3600 \text{ W}$$

4. Mreža mobilne telefonije

Sektor mobilnih telekomunikacija doživljava brz rast širom svijeta zbog sklonosti korisnika prema novim tehnologijama, dostupnosti pametnih telefona, potražnje za brzim povezivanjem podataka, digitalizacije i sve većeg broja pretplatnika. Da bi se ispunila rastuća potražnja mobilnih pretplatnika, potrebna je infrastruktura u smislu mreže, tehnologije, povezivanja i pratećeg hardvera treba da se razvije i proširi. Mreža mobilne telefonije se sastoji od aktivne i pasivne opreme. Aktivna oprema je široko kategorizirana u tri podsekcije podsistema bazne stanice (BSS) uključuje (mobilne telefone, baznu primopredajnu stanicu (BTS), brzinu transkodiranja i jedinicu za adaptaciju (TRAU), nizove prekidača, jedinice za pohranu podataka i centralnu procesorsku jedinicu (CPU) i kontroler bazne stanice (BSC)); centar za prebacivanje mobilnih usluga (MSC) uključuje (registar kućne lokacije (HLR), registar lokacija posjetitelja

⁸³ <https://www.ceps.edu.ba/Files/DIT/Godina%205%20Broj%202/16.pdf?ver=1>

(VLR), registar identiteta opreme (EIR) i komutacijski centar mobilnih usluga (GMSC) uključuje iste komponente kao MSC. I MSC i GMSC su dio mrežnog komutacijskog podsistema. Pasivna oprema, s druge strane, uključuje fizičke strukture (telekomunikacijski tornjevi, konstrukcije za montažu antene, antene, skloništa za kućišta opreme), sisteme za napajanje (mrežno napajanje, dizel generator (DG) setovi, prekidački način napajanja, baterija, sistem upravljanja AC i DC napajanjem), sistemi hlađenja (klima uređaji, ventilator konvektori, izduvni ventilatori, pasivni rashladni materijali) i, sigurnosni sistemi (sistemi za nadzor alarma, uzemljenje i gromobrane, rasvjetne sisteme i avio lampe). Bežična mreža se može podijeliti u dvije glavne kategorije, kao što su operateri i pretplatnici (što uključuje mobilne telefone). Preko 90% potrošnje električne energije u telekom sistemu može se pripisati kategoriji operater.. Potrošnja električne energije BTS-a u suštini zavisi od njegove snage koja se kreće od 600 W do 10 kW na osnovu opsega pokrivenosti i tipa instalacije.

5. Zaključak

U ovom radu predstavljen je dizajn i optimizacija solarne elektrane za ćelijsku mobilnu bazu stanice, i ukratko razgovarali smo o značaju i korištenju obnovljive energije umjesto tradicionalnog izvori električne energije za modele potrošnje energije mobilne mreže. Takođe, ovaj rad predstavila četiri glavna tipa fotonaponskih energetskih sistema koji se koriste za ćelijske bazne stanice. Kvalitet dizajna fotonaponske elektrane za mobilna mreža je određena konstantnošću napona za uštedu energije svaki dan. Minimalni trošak i poboljšanje ekoloških problema poput zagađenja u poređenju sa drugim tradicionalnim snagama izvori. Budući da BiH pripada zemljama Europe sa značajnom sunčevom iradijacijom trošenje sunčeve energije, u poređenju sa zemljama EU može se smatrati zanemarivom. Prirodni potencijal sunčeve energije u BiH iznosi 67,21 PWh godišnje, uz tvrdnju da svakog dana na svaki kvadratni metar u toku godine dana, horizontalne površine u prosjeku padne energija zračenja od 3,61 kWh. Ova vrijednost znatno premašuje ukupnu energetsku potrebu BiH. Kada bi se 4% ukupne teritorije BiH pokrilo sunčevim kolektorima sa prosječnom godišnjom efikasnošću od 55% i PV modulima sa prosječnom godišnjom efikasnošću 12%, onda bi ukupan tehnički potencijal BiH iznosio 500 TWh (1800 PJ). U budućnosti bit će od velikog značaja proučavanje povezanosti više vrsta obnovljive energije i stanica zajedno, kao što su solarne i vjetroelektrane. Iskorištavajmo prednosti različitih karakteristika i izbjegavajmo njihove nedostatke, kao što su periodi sunca tokom maglovitog ili vjetrovitog vremena a također će biti ispitani i neki od problema od kojih patimo kao što su efekti prašine i vlage na solarne panele i ukupnu količinu energije proizvedene u teškim vremenskim faktorima.

6. Literatura

- [1] Web stranica: AEE Arbeitsgemeinschaft erneuerbare energie, <http://www.aee.at/themen/solarthermie/einleitung.html> (12.04.2023)
- [2] <https://bljesak.info/gospodarstvo/posao/rs-gradi-50000-solarnih-elektrana-za-kucanstva-fbih-samo-za-privatnike/390940>. (22.04.2023)
- [3] Kulić F. Metović S. 2005, ADEG.
- [4] Design-of-Solar-System-for-LTE-Networks.pdf
- [5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X21002206> (03.05.2023)
- [6] <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/3051> (12.05.2023)
- [7] <https://www.ceps.edu.ba/Files/DIT/Godina%205%20Broj%202/16.pdf> (12.05.2023)