

**Analiza tehničko-tehnološke izvodljivosti samodržive otočne (eng. off-grid) mikro mreže turističko-uslužne jedinice različitim izvorima energije**

STRUČNI ČLANAK

Karlo Jelić, Ivan Mikulić, Ivana Ramljak  
Visoka škola Logos centar u Mostaru  
karlo.jelić@logos-centar.com, ivan.mikulic@logos-centar.com, ivana.ramljak@logos-centar.com

**Sažetak** – U ovome radu je istražena mogućnosti primjene tehničke izvedivosti i ekonomske opravdanost implementacije samodržive mikromreže, uključujući analizu troškova i prihoda kojom utvrđujemo opravdanost investiranja u ovakve tehnologije. Za simuliranje energetskog sustava služili smo se softverskim alatom HOMER PRO koristeći NASA podatke o vremenskim uvjetima predviđa njenog vremenskog perioda. Podatke za lokaciju predmetnog objekta odabrali smo podatke lokacije Visoke škole “Logos centar”. Analiziranjem različitih sustava skladištenja energije koji se mogu koristiti u samodrživim otočnim mikromrežama, a osiguravaju kontinuiranu opskrbu električnom energijom u slučaju nedostatka izvora, zaključujemo tehničko-tehnološkom analizom i rezultatima izvodljivosti samodržive otočne mikromreže za predmetni objekt koji koristi generator i vjetroelektranu kao izvore energije.

**Abstract** - In this paper, we study the possibilities of applying the technical feasibility and the economic justification of implementing a self-sustaining microgrid, including an analysis of costs and income by which we determine the justification of investing in such technologies. To simulate the energy system, we used the HOMER PRO software tool using NASA data on weather conditions for the predicted time period. For the location of the object in question, we selected the location of the "Logos Centar" College. Analyzing different energy storage systems that can be used in self-sustaining island microgrids, which ensure a continuous supply of electricity in the event of a lack of sources, we conclude with a technical-technological analysis and the results of the feasibility of a self-sustaining island microgrid for the object in question that uses a generator and a wind farm as energy sources.

**Ključni pojmovi:** Hybrid off-grid, wind turbine, generator

## 1.UVOD

Predmetna turističko-uslužna jedinica se nalazi na području Federacije Bosne i Hercegovine (FBiH). Sastoji se od prostora za organiziranje različitih događaja, te posjeduje bazen i dva manja stambena prostora površine do 50m<sup>2</sup>. Za rad i opstanak predmetne jedinice nužan je uvjet električna energija, odnosno kvalitetno i kontinuirano napajanje električnom energijom. Kako bi se to izvelo potrebno je analizirati mogućnosti napajanja električnom energijom. Kako je predmetna lokacija udaljena od elektroenergetske mreže i udaljena od naseljenih područja, potrebno je razmotriti opcije izgradnje hibridne mikro mreže u samostalnom otočnom (eng. off-grid) sustavu.

Za sve analize su jako bitni ulazni parametri (inputi) koji su ili dostavljeni i/ili usuglašeni s naručiteljem ili su predstavljeni od strane izrađivača ove studije, a što će biti detaljno predstavljeno za svaki ulazni parametar studije.

Sam cilj ove studije nije moguć bez sljedećih ulaznih aktivnosti:

- razgovor s naručiteljem/korisnikom predmetne analize,
- prikupljanje, obrada i analiza prikupljenih podataka i
- prikupljanje, obrada i analiza tehničkih podataka koji ovise o lokaciji i vremenskim uvjetima koji vladaju na istoj.

## 2. METODOLOGIJA IZRADE STUDIJE TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE IZVODLJIVOSTI

Metodologija izrade je bazirana na:

- ulaznim parametrima tehnološkog procesa,
- modeliranju, simuliranju i proračunima tehničke izvodljivosti tehnološkog(ih) procesa te
- tehno-ekonomskoj evaluaciji projekta (tehničke izvodljivosti)

Ulazni parametri tehnološkog procesa:

- dobiveni od investitora/naručitelja i prikupljeni za predmetnu mikrolokaciju

Modeliranje, simuliranje i proračuni tehničke izvodljivosti tehnološkog procesa su bazirani na:

- modeliranju sustava/koncepta mikro mreže s obzirom na tehničko-tehnološke parametre
- mogućnosti (pregled opcija) uz uvjet off-grid sustava

Tehno-ekonomska evaluacija sustava/koncepta mikro mreže daje odgovor na pitanje koji tehnološki proces je optimalan. U tablici 1 prikazana je usporedba analiza ekonomske isplativosti promatranog rješenja energetske neovisnosti.

Tablica 1. Usporeda analiza ekonomske isplativosti promatranog rješenja energetske neovisnosti

Architecture								Cost			
				XL1	OorjaT3 (kW)	Dis12V	Converter (kW)	Dispatch	NPC (KM)	COE (KM)	Operating cost (KM/yr)
				8	1.50	24	7.12	CC	KM51,498	KM1.48	-KM4,877
				13		50	3.42	CC	KM67,240	KM1.94	-KM12,297
					1.50	26	1.84	CC	KM101,719	KM2.93	KM18,053

### 3. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA IZVODLJIVOST NAPAJANJA PREDMETNOG OBJEKTA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Potrebno je izraditi studiju tehničko-tehnološke izvodljivost napajanja električnom energijom za dvije kućice s bazenom koje služe za iznajmljivanje. Lokacija predmetnog objekta (geo-podatci preuzeti s lokacije zgrade Visoke škole “Logos Centar”, kao primjer ): 43°18.62'N 17°49.33'E  
Potrebno je izabrati optimalni način napajanja dvije kućice. Elektromreža je isključena zbog svoje udaljenosti. Dostavljen je popis trošila (tereta).

Za napajanje uzeti u obzir:

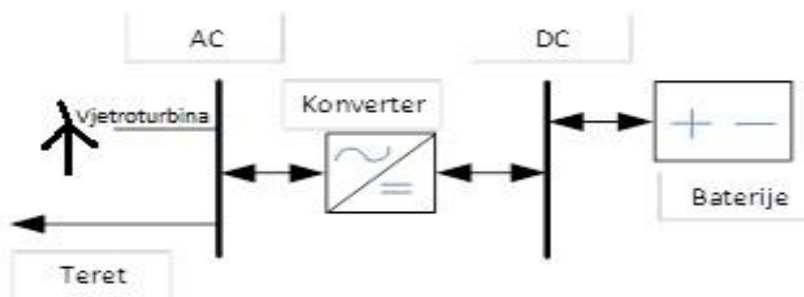
- Vršna snaga objekta (teret): 5 kW,
- Koristiti vjetroagregat snage cca. 1 kW,
- Koristiti baterijski sustav,
- Koristiti generator

Optimalnu konfiguraciju napajanja sustava potvrditi tehno-ekonomskom analizom.

#### 3.1. Tehnološki procesi napajanja električnom energijom – izvodljivost

Dakle, predmetni objekt bit će analiziran po pitanju napajanja električnom energijom u izvorno 3 (tri) varijante – mikro mreže (off-grid sustav) kao konceptualna tehnološka rješenja (kandidati):

##### 1. Napajanje vjetroelektranom i baterijama



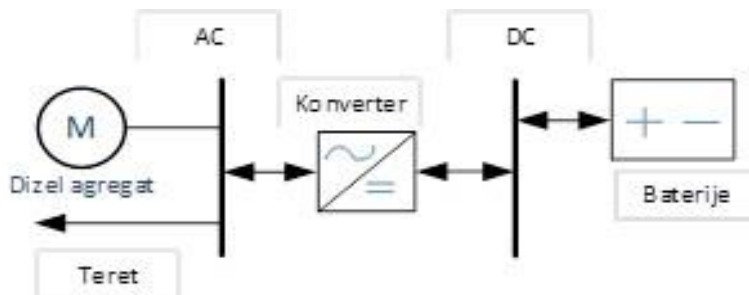
Slika 1. Skica shematskog prikaza vjetroelektrane

Sustav se sastoji od:

- vjetroturbine povezane na AC (izmjeničnu) sabirnicu,
- tereta –trošila –samog objekta čija potrošnja je skoncentrirana u jednom teretu (trošilu)
- sustava baterija 12V (pohrana energije)

Shematski prikaz sustava koji se napaja vjetroelektranom i baterijom je prikazan na slici 1.

## 2. Napajanje generatorom i baterijama



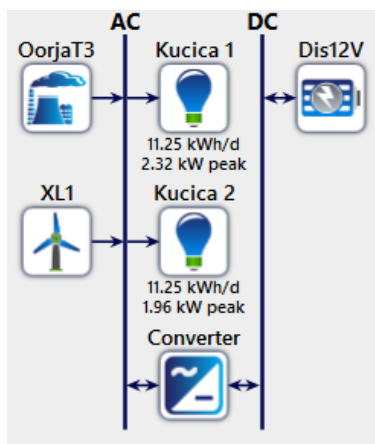
Slika 2. Skica shematskog prikaza generatora

Sustav se sastoji od:

- generator povezan na AC (izmjeničnu) sabirnicu,
- tereta –trošila – sami objekti čija potrošnja je skoncentrirana u jednom teretu (trošilu),
- dvosmjernog (bidirekcijskog) konvertera (DC-AC i AC-DC) pretvarača koji veže AC i DC (istosmjerne) sabirnice i
- sustava baterija 12V (pohrana energije)

Shematski prikaz sustava koji se napaja generatorom i baterijom je prikazan na slici 2.

## 3. Napajanje generatorom, baterijama i vjetroelektranom



Slika 3. Skica shematskog prikaza hibridne vjetroelektrane i generatora

Sustav se sastoji od:

- generatora povezanog na AC (izmjeničnu) sabirnicu, tereta –trošila – samih objekata čija potrošnja je skoncentrirana u jednom teretu (trošilu),
- dvosmjernog konvertera (DC-AC i AC-DC) pretvarača koji veže AC i DC (istosmjerne) sabirnice
- sustava baterija 12V (pohrana energije) i
- vjetroelektrane (VE) povezane na AC sabirnicu

Shematski prikaz sustava koji se napaja generatorom, baterijom i vjetroelektranom je prikazan na slici 3.

### 3.2. Tehnička izvodljivost tehnoloških procesa

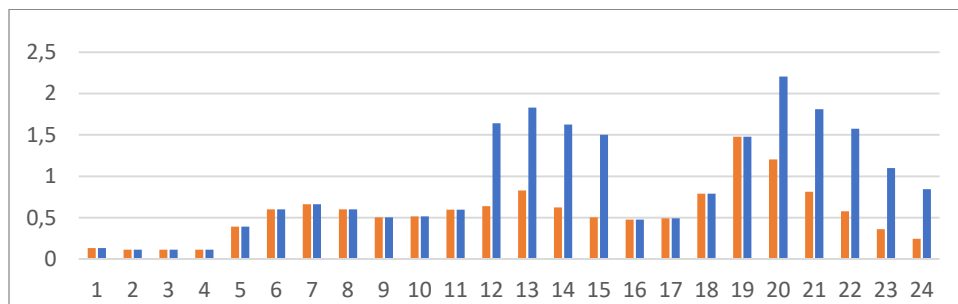
U ovom djelu će se provesti tehnička izvodljivost tehnoloških procesa koji su se predstavili u prošlom djelu. Za procjenu tehničke izvodivosti sva tri tehnološka procesa uradit će se sljedeće:

- ulazni tehnički podaci za procjenu,
- modeliranje elemenata sustava i
- simulacija sustava i analiza rezultata.

#### 3.2.1. Teret

Ulazni podaci trošila/tereta su usuglašeni s investitorom. Profil tereta je ujednačen i kontinuiran na razini godine. Dakle, teret je dnevno i sezonski (godišnje) ujednačen te ovisan o dobu dana. Dakle, govorimo o dnevnom profilu tereta, potrošnje, odnosno potrebe za električnom energijom.

Tablica 2. Simulirani prosjek potrošnje u kW tijekom dana kroz siječanj za kućice 1 i 2



#### **Rezime trošila - model:**

Vršna snaga (kW): 3,58

Godišnja potrošnja električne energije (kWh): 8602

Prosječna dnevna potrošnja električne energije (kWh/dan): 22,50

Ulazni podaci trošila/tereta su usuglašeni s investitorom.

#### 3.2.2. Parametri vremenskih uvjeta

Parametri vremenskih uvjeta su dobiveni u softveru Homer Pro 3.14.4., izborom same lokacija. Parametar brzine vjeta je uzet iz dostupne literature, za datu lokaciju.

#### **Vjetropotencijal:**

Inicijalnim pregledom lokacije, može se načelno zaključiti da je predmetno područje pogodno za instalaciju vjetroturbine. Prosječna brzina vjeta (m/s): 4,58; Hrapavost: 0,01 (izabrano za pašnjak). Na slici 4. je prikazana prosječna brzina vjeta.



Slika 4. Prosječna brzina vjetra

### **Temperatura zraka:**

Temperatura zraka je uzeta iz softvera Homer Pro 3.14.4., a ista je preuzeta iz NASA-ine baze podataka za 30-godišnji period. Prosječna godišnja temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ): 8,9. Na slici 5. je prikazan prosjek temperature po mjesecima u jednoj godini.



Slika 5. Prikazan prosjek temperatura po mjesecima u jednoj godini – prosječno

### **3.2.2.1. Modeliranja elemenata sustava**

#### **1. Agregat/generator**

Tablica 3. Tehnički rezime agregata (generatora) - model:

Oorja T3

Snaga agregata (kW): 1,5
Pogonsko gorivo: metanol
Donja ogrjevna moć goriva (MJ/kg): 20
Gustoća (kg/m <sup>3</sup> ): 792
Udio ugljika (%): 52
Koeficijent iskoristivosti (l/h/kW nazivno): 0,0559
Iskoristivost (l/h/kW izlazno): 0,236
Utrošak goriva: 2,18 l/hr
Minimalno opterećenje (%): 100
Životni vijek (h): 10000

Tablica 4. Emisija čestica agregata

CO (g/l): 0
Čestice (g/l): 0
NO <sub>x</sub> (g/l): 0

Tablica 5. Financijski rezime agregata (generatora) - model

CAPEX (cijena nabava i instaliranja) (KM/kW): 4000
Cijena zamjene(KM/kW): 4000
OPEX (troškovi rada i održavanja) (KM/sat rada): 0
Cijena pogonskog goriva (KM/l): 2,60

Agregat/generator je element nužan kada nema elektroenergetske mreže. Tehnički rezime agregata (generatora) je prikazan u tablici 3. U tablici 3. je prikazana emisija čestica agregata. Agregat za rad koristi metanol kao pogonsko gorivo. Izbor snage agregata se određuje automatski (optimizacijskim alatima) – putem softvera Homer Pro 3.14.4. Cijene su uzete iz istraživanja trenutnih tržišnih kretanja cijena. U tablici 5. je prikazan financijski rezime agregata.

## 2. Vjetroagregat/vjetrogenerator

Vjetroagregat/vjetrogenerator je element off-grid sustava koji proizvodi električnu energiju AC - izmjeničnu. Povezuje se na izmjeničnu sabirnicu. Izbor snage agregata je određen – preporučen od strane naručitelja/investitora, tako da je preporučen vjetrogenerator nazivne izlazne snage od oko 10 kW. U tablici 6 je predstavljen tehnički rezime agregata. Na osnovu ulaznih podataka odabran je sličan vjetroagregat po pitanju snage, a s ostalim parametrima definiranim u softveru Homer Po 3.14.4. Financijski rezime agregata je predstavljen u tablici 7.

Tablica 6. Tehnički rezime agregata (generatora) – model

Snaga agregata nazivna (kW): 1
Snaga agregata maksimalna (kW): 1
Pogon: vjetar
Broj lopatica: 3
Životni vijek (god): 20

Tablica 7. Financijski rezime agregata

Cijena nabava i instaliranja (KM): 6000
Cijena zamjene(KM): 6000
OPEX (troškovi rada i održavanja) (KM/god): 500

Cijene su uzete iz istraživanja trenutnih tržišnih kretanja cijena. Uzeti su troškovi rada i održavanja sustava od 2% godišnje što je u skladu s kretanjima ovih vrijednosti na tržištu.

## 4. SUSTAV BATERIJA (SPREMNICI ENERGIJE)

Sustav baterija (spremnici energije) su elementi koji služe da skladište energiju (višak iste) i koriste je po potrebi, u nedostatku drugih izvora. Vrijeme autonomije je okvirno minimalno 3 h, a što je usklađeno s naručiteljem/investitorom.

Baterije su pune svim drugim izvorima energije. Povezane su na DC stranu, a njihova veza s AC stranom i samim teretima je putem bidirekcijskog (dvosmjernog) pretvarača/konvertera/invertera. Odabrane su potopljene baterije tipa OPzS. Tehnički rezime baterija je prikazan u tablici 8. Količina i kapacitet baterija će se u konačnici odrediti u samom softveru Homer Pro 4.14.4., optimizacijskim metodama. Baterije su olovne (*lead acid*). Postavljen je napon baterijskog sustava

Tablica 8. Tehnički rezime baterija

Kapacitet sustava (kVA): optimizacija
Tip: potopljene
Izlazni napon: 12 VDC
Životni vijek baterije (god): 10
Minimalna napunjenost (%): 30

Tablica 9. Financijski rezime agregata

Cijena nabava i instaliranja (KM/kVA): 820
Cijena zamjene (KM/kVA): 820
OPEX (troškovi rada i održavanja) (KM/kVA/god): 0

12 VDC, zbog smanjenja struja i kasnijeg lakšeg dimenzioniranja kabela. Sa strane sigurnosti se uzima minimalni dozvoljeni stupanj napunjenosti od 50%. Cijene su uzete iz istraživanja trenutnih tržišnih kretanja cijena. Uzeti su troškovi rada i održavanja sustava od 2%/godišnje što je u skladu s kretanjima ovih vrijednosti na tržištu. Financijski rezime agregata je prikazana u tablici 9.

## 5. INVERTER/KONVERTER/PRETVARAČ

Ovaj element je veza DC i AC sustava (sabirnica). Veza mora biti obostrana, pa govori se o bidirekcijskom inverteru/konverteru/pretvaraču. Također, za ovaj element se može reći da je to baterijski pretvarač. Isti mora sadržavati sustav za reguliranje punjenja/praznjenja baterija.

Snaga istog ovisi o teretu, izvorima energije i baterijama. Zbog toga, a ovisno o nabrojanim parametrima, snaga ovog konvertera se određuje optimizacijskim algoritmima samog softvera Homer Pro 3.14.4. U tablici 10 je predstavljen tehnički rezime bidirekcionog pretvarača, a u tablici 11 je predstavljen financijski rezime bidirekcijskog pretvarača.

Tablica 10. Tehnički rezime bidirekcijskog pretvarača

Snaga (kW): optimizacija
Tip: bidirekcijski
Napon DC: 48 VDC
Napon AC: 380/400 VAC
Broj faza: 3
Životni vijek baterije (god): 15
Stupanj korisnosti (%): 95

Tablica 11. Financijski rezime bidirekcijskog pretvarača

Cijena nabava i instaliranja (KM/kW): 600
Cijena zamjene (KM/kW): 600

### 5.1. Simulacija sustava i analiza rezultata

U ovom djelu će se prikazati simulacija sustava kandidata, odnosno provjeriti njihova tehnička izvodljivost. Imaju tri kandidata za predmetnu off-grid mikromrežu:

1. Napajanje vjetroelektranom i baterijama,
2. Napajanje generatorom i baterijama i
3. Napajanje generatorom, baterijama i vjetroelektranom.

Simulacije su rađene za razinu od jedne kalendarske godine, na osnovu svih ulaznih podataka i modela elemenata, a što je već objašnjeno prethodno. Simulacije su rađene optimizacijskim algoritmima Homer Pro 3.14.4. Sve simulacije su predočene s popratnim tablicama koje sadrže relevantne podatke za analizu u kasnijem dijelu rada.



**1. Napajanje vjetroelektranom i baterijama:**



Sustav zahtjeva 22, 5 kWh/dan i ima vrh od 5 kW. Proizvodnja vjetroagregata i cijena troškova može se vidjeti iz tablica 12. i 13.

*Tablica 12. Proizvodnja sustava i energetska svojstva*

Proizvodnja generatora (kWh/god.): 19,847
Broj sati rada (h/god): 6,254
Vrijeme autonomije baterije (h): 116

*Tablica 13. Procjena investicije*

Procjena investicije kapitalni troškovi su pretpostavljeni: 119,205.79 KM

**2. Napajanje generatorom i baterijama:**



Sustav zahtjeva 22,5 kWh/dan i ima vrh od 5 kW.

Napajanje generatorom i baterijskim sustavom (baterijama) zahtjeva sljedeće elemente:

- agregat: 1,5 kW,
- baterijski sustav: 81 kWh i pretvarač: 1,84 kW

U tablicama 14. i 15. je prikazana proizvodnja sustava i procjena investicije predloženog modela.

*Tablica 14. Proizvodnja sustava i energetska svojstva*

Proizvodnja sustava (kWh/god.): 9,240
Proizvodnja generatora (kWh/god.): 9,240
Broj sati rada generatora (h/god): 6,160
Potrošnja goriva (l): 7,392
Kapacitet baterija: 81 kWh
Protok energije kroz baterije (kWh/god): 3,219
Vrijeme autonomije baterije (h): 60,5

*Tablica 15. Procjena investicije*

Procjena investicije kapitalni troškovi su pretpostavljeni: 25,430.67 KM

### 3. Napajanje generatorom, baterijama, vjetroagregatom i fotonaponskom elektranom:



Sustav zahtjeva 22,5 kWh/dan i ima vrh od 5 kW. Napajanje generatorom i baterijskim sustavom (baterijama) zahtjeva sljedeće elemente:

- generator: 1.5 kW,
- pretvarač: 6.12 kW,
- baterijski sustav: 74,7 kWh,
- vjetroturbina: 8 kW

Tablica 16. Proizvodnja sustava i energetska svojstva

Proizvodnja sustava (kWh/god.):	13,376
Proizvodnja generatora (kWh/god.):	1,162
Broj sati rada generatora (h/god):	775
Potrošnja goriva (l):	960
Kapacitet baterija: 74,7 kWh	
Protok energije kroz baterije (kWh/god):	3,770
Vrijeme autonomije baterije (h):	55,8
Proizvodnja vjetroagregata (kWh/god.):	12,214
Broj sati rada vjetroagregata (h/god):	6,254

Tablica 17. Procjena investicije

Procjena investicije kapitalni troškovi su pretpostavljeni:  
72,0427KM

## 6. EKOLOŠKI ASPEKT NAPAJANJA PREDMETNOG OBJEKTA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Ekologija je danas vrlo važan parametar energetske projekata. Dakle, vrlo je bitan stupanj ispušnih plinova kod usporedbe različitih varijanti energetske rješenja. U ovom slučaju, usporedit će se sljedeći parametri emisija plinova (CO<sub>2</sub>, CO, Razina čestica, SO<sub>2</sub> i NO). Usporedba je prikazana u tablici 18. Svi ovi plinovi su štetni i bitno je da je njihova emisija što manja.

Imaju se tri kandidata za predmetnu off-grid mikromrežu:

1. Napajanje vjetroelektranom,
2. Napajanje generatorom i baterijama i
3. Napajanje generatorom, baterijama i vjetroelektranom

Tablica 18. Emisija plinova za tri kandidata

Kandidati/scenariji	1	2	3
1. CO <sub>2</sub> (kg/god.)	0	11,163	1,404
2. CO (kg/god.)	0	0	0
3. Razina čestica (kg/god.)	0	0	0
4. SO <sub>2</sub> (kg/god.)	0	38,6	4,86
5. NO (kg/god.)	0	0	0

Iz tablice 18. vidljivo je da je najmanja emisija plinova za treći scenarij, gdje najveći stupanj integracije obnovljivih izvora, a najkraće vrijeme rada agregata/generatora. To je još jedan dokaz u prilog smanjenja emisije plinova implementacijom obnovljivih izvora energije. Ovi rezultati nisu ekonomski evaluirani jer nisu poznati (uvedeni) penali za emisiju štetnih plinova. Ipak, indirektno ćemo uzeti u obzir i razine emisije plinova kod ocjene scenarija.

## 7. EKONOMSKA ANALIZA

U ovom djelu će se ekonomski evaluirati scenariji tehničko-tehnološkog procesa napajanja predmetnog objekta električnom energijom. Tri su kandidata za predmetnu off-grid mikromrežu:

1. Napajanje vjetroelektranom i baterijama,
2. Napajanje generatorom i baterijama i
3. Napajanje generatorom, baterijama i vjetroelektranom.

Prvo, odabrat će se dva kandidata za daljnju analizu.

Kriteriji će biti:

- Neto-sadašnji trošak (NPC - net present cost) i
- LCOE (nivelirani troškovi proizvodnje električne energije).

Neto-sadašnji trošak (trošak u životnom vijeku) je sadašnja vrijednost svih troškova CAPEX i OPEX tijekom životnog vijeka projekta umanjena za sadašnju vrijednost svih prihoda kroz životni vijek projekta.

LCOE (levelized cost of electricity) je prosječni trošak proizvodnje kWh korisne električne energije proizvedene u sustavu.

Za ove vrijednosti je potrebno je definirati sljedeće ekonomske parametre:

- Diskontna stopa (%),
- Stopa inflacije (%) i
- Životni vijek projekta.

Literaturno, diskontna stopa je 3,5% u OECD zemljama i Kini a 10% u ostalim zemljama. Godine 2018. je bila 5% u Njemačkoj. Globalno, 2018. godine je diskontna stopa je bila od 3%-10%. Kako je vidljivo diskontna stopa je također varijabilna ovisno o literaturi, manja je u ekonomski stabilnijim zemljama i reda je veličine 3%-10% [1, 2].

Stopa inflacije se najčešće uzima 2%.

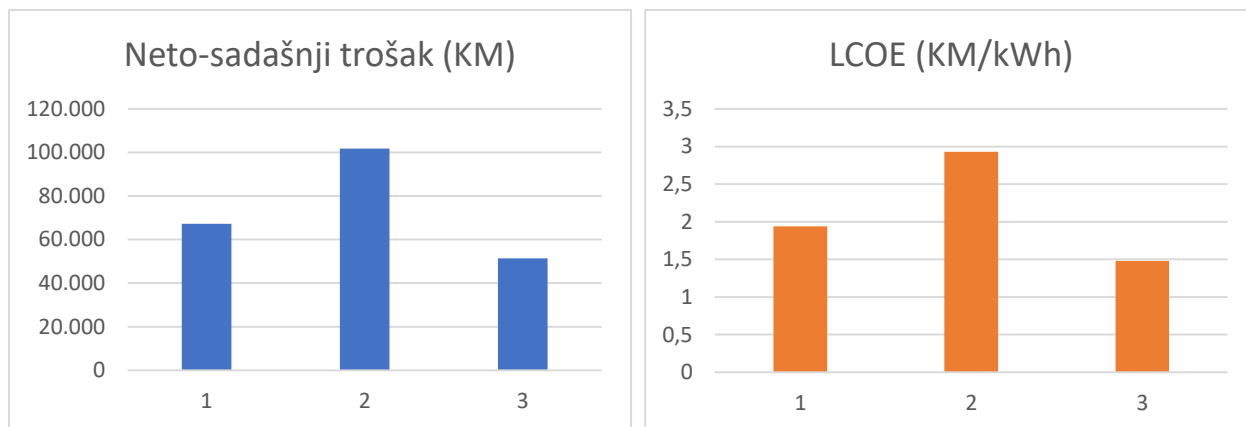
Za predmetnu studiju bira se:

- Diskontna stopa (%): 8
- Stopa inflacije (%): 2
- Životni vijek projekta: 5

Na osnovu ulaznih parametara i odabranih ekonomskih parametara u tablici 19. su prikazani rezultate predloženih scenarija/kandidata. Na slici 6 prikazana je grafička usporedba rezultata za scenarije 1,2 i 3.

Tablica 19. Rezultati odabranih ekonomskih parametara za predložene scenarije

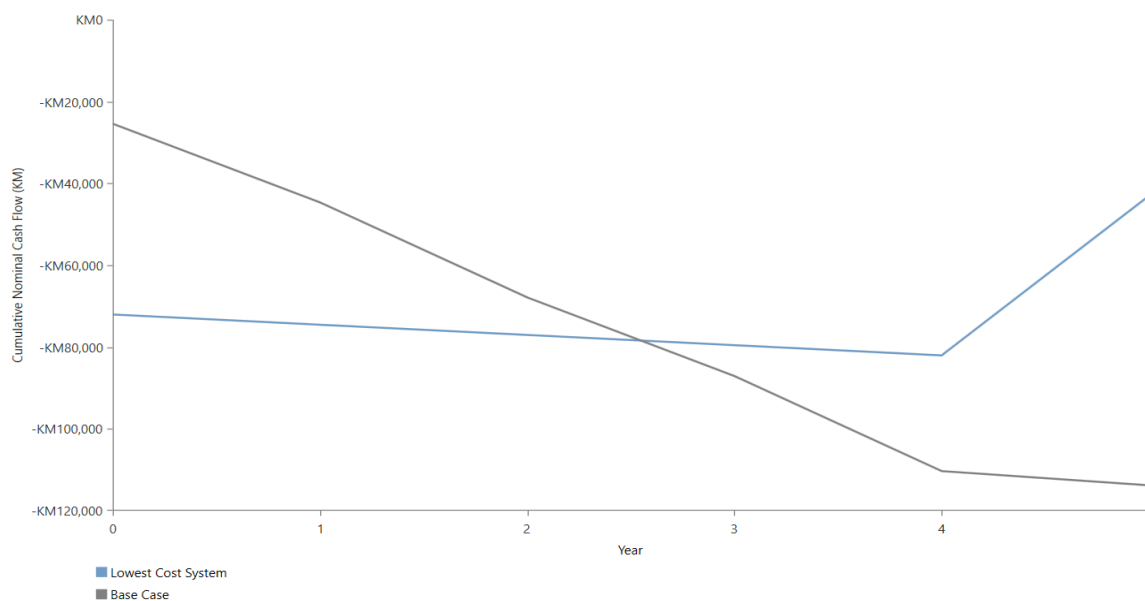
Kandidati/scenariji	1	2	3
1. Neto-sadašnji trošak (KM)	67,241	101,809	51,453
2. LCOE (KM/kWh)	1,94	2,93	1,48



Slika 6. Grafička usporedba za rezultate scenarija 1,2 i 3

Vidljivo je iz dva prethodna grafa da je neto-sadašnji trošak i LCOE daleko najlošiji za scenarij/kandidat 2 – napajanje objekta samo iz generatora, a najpogodniji za scenarij/kandidat 3.

### 7.1. Izbor optimalnog tehničko-tehnološkog scenarija napajanja predmetnog objekta – ekonomska evaluacija



Slika 7. Prikaz kumulativnog toka novca kroz životni vijek projekta

Analiza dva kandidata za izbor optimalno tehničko–tehnološkog scenarija po pitanju ekonomske evaluacije:

2. Napajanje generatorom i baterijama – Bazni scenarij
3. Napajanje generatorom, baterijama i vjetroelektranom – Najjeftiniji scenarij

### PREDLOŽENI SCENARIJ

Usporedba ova dva scenarija/kandidata će po pitanju ekonomske evaluacije biti izvršena prema parametrima:

- IRR (internal rate of return) – interna stopa prinosa (%),
- Vrijeme povrata investicije (god.) i
- Diskontirano vrijeme povrata investicije (god.)

IRR je diskontna stopa pri kojoj oba scenarija imaju jednak NPC. IRR treba biti veći od diskontne stope. Vrijeme povrata investicije je vrijeme za koje se investicija isplati u godinama, bez diskontiranja. Diskontirano vrijeme povrata investicije je vrijeme za koje se investicija isplati u godinama, uz diskontiranje. Vrijeme povrata investicije je stvar koja je kompromisna i koju određuje investitor. Na slici 7. je prikazan kumulativni toka novca kroz životni vijek projekta. Siva boja predstavlja bazni scenarij a plava boja predstavlja najjeftiniji sustav, u našem slučaju odabrani.

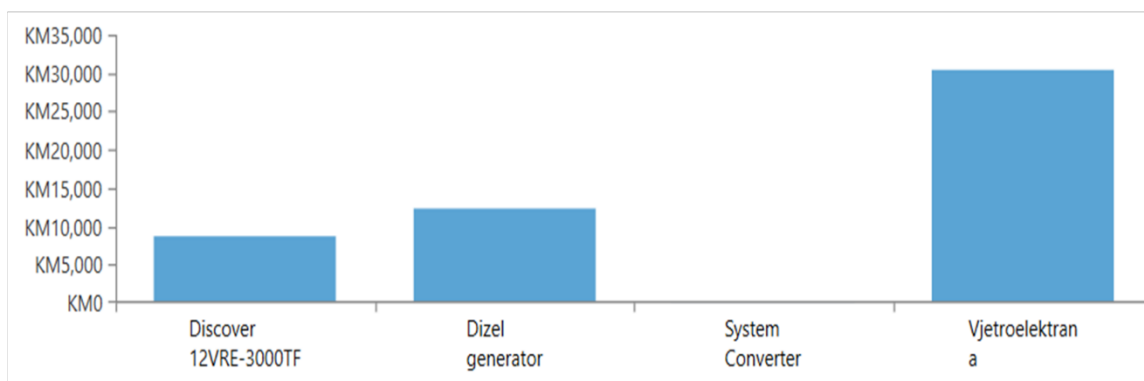
Rezultati:

- IRR (%): 34,6
- Vrijeme povrata investicije (god.): 2,55
- Diskontirano vrijeme povrata investicije (god.): 2,87

Vidljivo je da odabrani scenarij/kandidat (scenarij 3.) ima odlične rezultate po pitanju ekonomske isplativost. Naime, IRR je znatno veći u odnosu na diskontnu stopu. Vrijeme povrata je ispod 4 godine, što je u pravilu jako dobar rezultat.

## 8. TROŠKOVNIK

Troškovnik je predstavljen u obliku tablice 20. , a grafički je prikazan slikom 9.



Slika 9. Grafički prikaz podjele troškova

Tablica 20. Ukupni troškovi instaliranja odabrane mikro mreže

R/B	Element	Količina	Cijena (KM)	Ukupno (KM)
1	Generator snage min. 1,5 kW, faktor snage 0,8 Koeficijent iskoristivosti (l/h/kW nazivno): 0,800 Utrošak goriva: 2,60 l/hr Minimalno opterećenje (%): 100 Životni vijek (h): 10000 Sustav s kabelom i ostalom sitnom opremom Nabavka, ugradnja i instalacija Podešenja za paralelni rad s mrežom	<b>1,5kW</b>	<b>4,000.00</b>	<b>4,000.00</b>
2	Sustav olovnih baterija (lead acid) s vremenom autonomije minimalno 3,7 sati Baterije su pune svim drugim izvorima energije Povezane su na DC stranu, a njihova veza s AC stranom i samim teretima je putem bidirekcijskog (dvosmjernog) pretvarača/konvertera/invertera Odabrane su potopljene baterije tipa OPZS Izlazni napon baterijskog sustava je 48 VDC Minimalni dozvoljeni stupanj napunjenosti od 30% <u>Tehnički rezime baterija:</u> Kapacitet sustava (Ah): 260 Tip: potopljene Izlazni napon: 24 VDC Životni vijek baterije (god): 10 Minimalna napunjenost (%): 30 Ukupni kapacitet: 92 kVA Sustav s kabelom i ostalom sitnom opremom Nabavka, ugradnja i instalacija Podešenja za paralelni rad s mrežom.	<b>24</b>	<b>820.00</b>	<b>19,680.00</b>
3	Vjetroagregat nazivne snage agregata 1 kW Snaga agregata maksimalna 1 kW Broj lopatica: 3 Životni vijek (god): 20 Sustav obuhvaća stup, lopatice i sami agregat Sustav s kabelom i ostalom sitnom opremom Nabavka, ugradnja i instalacija. Podešenja za paralelni rad s mrežom.	<b>8</b>	<b>6000.00</b>	<b>48,000.00</b>
4	Inverter	<b>6,12 kW</b>		<b>360.00</b>

## 9. ZAKLJUČAK

Svrha ove studije tehničko-tehnološke izvodljivosti je odgovor na pitanje kako izvesti kontinuirano i kvalitetno napajanje za promatrani objekt u:

- tehničko-tehnološkom i
- tehno-ekonomskom pogledu.

Metodologija izrade je bazirana na:

- ulaznim parametrima tehnološkog procesa,
- modeliranju, simuliranju i proračunima tehničke izvodljivosti tehnološkog(ih) procesa te
- tehno-ekonomskoj evaluaciji projekta (tehničke izvodljivosti).

Ulazni parametri tehnološkog procesa:

- dobiveni od investitora/naručitelja i prikupljeni za predmetnu mikrolokaciju.

Simulacije su rađene za razinu od jedne kalendarske godine, na osnovu svih ulaznih podataka i modela elemenata, a što je već objašnjeno prethodno. Simulacije su rađene optimizacijskim algoritmima Homer Pro 3.14.4.

Vidljivo je da odabrani scenarij/kandidat (scenarij 3.) ima odlične rezultate po pitanju ekonomske isplativost. Naime, IRR je znatno veći u odnosu na diskontnu stopu. Vrijeme povrata je ispod 2,5 godine, što je u pravilu odličan rezultat.

Po pitanju zaštite okoliša, vidljivo je da je najmanja emisija plinova za treći scenarij (odabrani), gdje najveći stupanj integracije obnovljivih izvora, a najkraće vrijeme rada agregata/generatora.

To je još jedan dokaz u prilog smanjenja emisije plinova implementiranjem obnovljivih izvora energija. Također, dodatno gledano, projekt doprinosi široj društvenoj zajednici u vidu zapošljavanja, dodatnog razvoja transporta i trgovine.

## LITERATURA

- [1] Photovoltaics report, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, Germany, veljača 2018.
- [2] Power generation in Germany – assessment of 2017, ISE, Germany, siječanj 2018.