

Tehno-ekonomska analiza projekta vetroparka

Miloš Ječmenica, Đorđe Lazović

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime - Pored ispunjenosti uslova odabira optimalne lokacije poput geografske lokacije, meteoroloških parametara, kao i uslova za priključenje na elektroenergetsku mrežu, tehno-ekonomska analiza predstavlja značajan aspekt prilikom planiranja, razvoja i eksploatacije projekata iz oblasti obnovljivih izvora energije. Konkretno, na primeru vetroparka u Republici Srbiji prikazana je tehno-ekonomska analiza sa osnovnim pokazateljima isplativosti i opravdanosti investicije. Kroz ove pokazatelje sprovedena je analiza investicije vetroparka ukupne instalisane snage 150 MW priljučenog na prenosnu mrežu. Cilj sprovedene analize je dobijanje osnovnih finansijskih indikatora koji mogu biti značaja pri odabiru lokacije, planiranju investicije i održivoj eksploataciji ovakvih i sličnih elektroenergetskih projekata.

KLjučne reči - obnovljivi izvori energije, vetropark, tehno-ekonomska analiza, analiza isplativosti

I UVOD

U skladu sa preuzetim obavezama koje proističu iz međunarodnih ugovora, među kojima se u najznačajnije ubrajaju Pariski sporazum [1] i Zelena agenda za Zapadni Balkan [2], Republika Srbija se trenutno nalazi u procesu sveobuhvatne transformacije energetske politike i elektroenergetskog sistema sa ciljem dekarbonizacije sektora energetike, smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte i povećanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije (OIE). Prema postojećoj strategiji razvoja energetike Republike Srbije [3], u bliskoj budućnosti se očekuje realizacija velikog broja projekata vetroparkova i njihovo priključenje na elektroenergetski sistem. Tehno-ekonomska analiza predstavlja ključan proces za donošenje odluka u vezi razvoja i implementacije ovih projekata.

Tehno-ekonomska analiza vetroparka je procena tehničke izvodljivosti i isplativosti projekta vetroparka. Ona kombinuje tehničke i ekonomske aspekte, uključujući investicione troškove, operativne troškove i prihode od prodaje proizvedene električne energije. Cilj analize predstavljene u radu je da na konkretnom primeru utvrdi da li će investicija u projekat vetroparka biti ekonomski održiva tokom predviđenog životnog veka. Ova analiza je od značaja jer pruža temeljne informacije i podatke od koristi investitorima u proceni isplativosti i izvodljivosti projekta, kao i potom, u proceni rizika. U cilju što jasnijeg predstavljanja, u radu je data uprošćena tehno-ekonomska analiza sa predloženim koracima koje je potrebno uzeti u razmatranje prilikom realizacije projekta vetroparka u Republici Srbiji, priključenog na prenosni sistem.

U radu su objašnjeni osnovni finansijski pokazatelji isplativosti projekta i definisani su ključni faktori za utvrđivanje tehničkih

preduslova izgradnje jednog vetroparka. Takođe, dat je pregled procenjenih komponenti troškova koji su u vezi sa procesom izgradnje i eksploatacije vetroparka. Pored toga numerički su definisani najvažniji ekonomski pokazatelji koji omogućavaju procenu isplativosti i poređenje različitih investicionih odluka. Izvršena je estimacija prihoda od prodaje proizvedene električne energije vetroparka. Potom, izvršene su analize isplativosti investicije vetroparka instalisane snage 150 MW, i predstavljeni su dobijeni rezultati sa diskusijom.

II OSNOVNI FINANSIJSKI POKAZATELJI

Cilj tehno-ekonomske analize koja će biti sprovedena u radu je dobijanje odgovora na pitanje investitora: da li se ulaganja u analizirani projekat vetroparka mogu povratiti i ostvariti finansijski benefiti tokom životnog veka projekta?

Shodno tome, osnovni finansijski pokazatelji su:

- *investicioni ili kapitalni troškovi* (eng. *capital expenses*, skr. *CAPEX*) uključuju sve troškove koji su potrebni da se vetropark izgradi i pusti u rad, što obuhvata troškove same lokacije, troškove imovinsko-pravne prirode, troškove projektovanja i ishodovanja svih neophodnih dozvola, izgradnju nedostajuće infrastrukture (pristupni putevi, priključno-razvodno postrojenje, transformatorska stanica), nabavku, transport, izgradnju i priključenje vetrogeneratora na prenosnu mrežu, i ostale troškove neophodne za realizaciju ovog tehnički i organizaciono zahtevnog projekta. Na samom početku projekta, troškovi razvoja projekta obuhvataju troškove izrade planske i projektno-tehničke dokumentacije, administrativne troškove u postupku ishodovanja dozvola, troškove geomehaničkih istražnih radova, troškove geodetskih radova, izrade katastarsko-topografskih podloga, troškove arheoloških istraživanja, troškove postavljanja i održavanja mernog (anemometarskog) stuba, troškove izrade studije o proceni uticaja na životnu sredinu, troškove izrade studije priključenja na prenosni sistem, troškove u postupku priključenja na prenosni sistem, one usled monitoringa životinjskog sveta, izrade studije o nivou buke, studije treperenja senke, kupovine i zakupa zemljišta, itd. Troškovi izgradnje infrastrukture uključuju izgradnju interne kablovske mreže unutar vetroparka, priključka na prenosni elektroenergetski sistem (npr. izgradnju dalekovoda, postavljanje kablova, transformatorske stanice i priključno-razvodnog postrojenja), pristupnih puteva do lokacije vetroparka i putne mreže unutar vetroparka, postrojenja za eventualno skladištenje energije i pratećih objekata. Nabavka, transport i instalacija vetrogeneratora na samoj lokaciji

- predstavlja jedan od najvećih investicionih troškova;
- *operativni troškovi* (eng. *operating expenses*, skr. *OPEX*) predstavljaju troškove projekta koji uključuju monitoring i upravljanje radom vetroparka, održavanje vetro-generatora, transformatorske stanice, priključno-razvodnog postrojenja, prateće infrastrukture, eventualnog zakupa zemljišta, troškove sopstvene potrošnje elektrane, osiguranja, i slično. Ovi troškovi variraju tokom eksploatacionog perioda i utiču na profitabilnost projekta;
 - *procena bruto proizvodnje električne energije* (eng. *energy yield assessment*, skr. *EYA*) je procena proizvodnje električne energije u relaciji sa karakteristikama odabrane lokacije na kojoj se planira izgradnja vetroparka, poput analize brzine, smera i turbulentnosti vetra, topografije terena i ostalih geografskih i meteoroloških faktora. Na osnovu ovih parametara vrši se odabir visine stuba, modela i tipa pojedinačnih vetroagregata u okviru vetroparka, sa ciljem postizanja maksimalne specifične proizvodnje električne energije. U praksi, procena očekivane proizvodnje električne energije vrši se korišćenjem specijalizovanih softvera (poput WasP [4], WindSim [5]);
 - *procena neto proizvodnje električne energije* vrši se tako što se od bruto proizvodnje električne energije oduzmu gubici usled pojave efekta zavetrine i gubici koji se javljaju u samom vetroparku, poput onih usled neraspoloživosti vetroparka, usled pojave prejakog vetra, električni gubici sve do mesta priključenja na prenosni sistem, i ostali gubici koji su karakteristični za pogone ovog tipa;
 - *prihodi od prodaje električne energije* (eng. *income*, skr. *I*) nastaju plasiranjem proizvedene električne energija osnovu Ugovora o otkupu električne energije (eng. *power purchase agreement*, skr. *PPA*), koga između ostalog karakteriše cena po megavat-času (€/MWh) i imaju ključnu ulogu u određivanju prihoda vetroparka i analizi isplativosti istog.

S obzirom na neizvesnost u proceni troškova održavanja, stope diskontovanja i cene električne energije za budući vremenski period od 25 godina, razmatraće se više različitih pokazatelja:

- *inflacija i kamatne stope*; analiza uzima u razmatranje inflaciju i kamatne stope kako bi se pravilno diskontovali budući prihodi i troškovi u današnju vrednost, što utiče na *neto sadašnju vrednost* (eng. *net present value*, skr. *NPV*) projekta;
- *interna stopa povraćaja kapitala* (eng. *internal rate of return*, skr. *IRR*) je diskontna stopa koja *NPV* projekta svodi na nulu. Dakle, ukoliko bi diskontna stopa bila jednaka *IRR*, tada bi *NPV* bio jednak nuli;
- *period povraćaja investicije* (eng. *return of investment*, skr. *ROI*) je period za koji će godišnji neto prihodi (razlika između uloženog *CAPEX* i *OPEX* troška i dotadašnjeg *I*) povratiti uložena sredstva u projekat vetroparka;
- *svedeni trošak proizvodnje električne energije* (eng. *levelized cost of electricity*, skr. *LCOE*) ima ulogu u evaluaciji aktuelizovanog troška proizvodnje jedinične količine električne energije iz vetroelektrane.

Pored prethodnih finansijskih pokazatelja, za detaljniju finansijsku analizu potrebno je uvažiti i sledeće:

- *promenu cene električne energije* koja može značajno uticati na prihode vetroparka i analiza je potrebno da razmotri ove fluktuacije i njihov uticaj na dugoročnu profitabilnost projekta;
- *regulativne i poreske faktore*, kao i podsticaje koji mogu značajno uticati na finansijsku isplativost projekta vetroparka, pa ovi faktori treba da budu pažljivo analizirani; i
- *analizu osetljivosti* koja se koristi za testiranje kako bi promene u određenim finansijskim varijablama (poput cena električne energije ili operativnih troškova) mogle uticati na isplativost projekta.

Sve ove pokazatelje je potrebno pažljivo analizirati u razmatranje pre odluke o započinjanju investicije.

III TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Prihodi vetroparka zasnivaju se na proizvedenoj električnoj energiji i njenim finansijskim plasmanom na tržištu. U skladu sa analizom potencijala vetra (mernih podataka preuzetih sa ispitnog anemometarskog stuba na potencijalnoj lokaciji budućeg vetroparka), izradom studije o proceni proizvodnje može se proceniti očekivana proizvodnja električne energije vetroparka, koja je stohastičke prirode zbog same karakteristike vetra. Postoji dosta faktora koji utiču na nesigurnost proračuna očekivane proizvedene električne energije vetroparka, gde je potrebno uvrstiti i verovatnoću u analizu. U ekonomskim analizama najčešće se na osnovu neke vrednosti verovatnoće traži odgovarajuća granična vrednost (prag) proizvodnje, a koja će biti prebačena sa tom, zadatom, verovatnoćom. Uobičajeni nivoi procene verovatnoće definisani su na sledeći način:

- *W(P50)* – sa kojom će neto godišnja proizvodnja električne energije biti ostvarena (ili prebačena) sa verovatnoćom do 50%;
- *W(P75)* – sa kojom će neto godišnja proizvodnja električne energije biti ostvarena (ili prebačena) sa verovatnoćom do 75%; i
- *W(P90)* – sa kojom će neto godišnja proizvodnja električne energije biti ostvarena (ili prebačena) sa verovatnoćom do 90%.

Ovi nivoi procene verovatnoće su od značaja jer se na osnovu njih mogu proceniti rizici u pogledu odstupanja godišnje energije koju će vetroelektrana proizvesti tokom eksploatacije u odnosu na procenjenju proizvodnju dobijenu u fazi projektovanja. Investitori često prilikom proračuna ekonomskih parametara koriste pokazatelje *W(P75)* i *W(P90)*, umesto *W(P50)*, čime se ide na stranu sigurnosti. Ukoliko je procena nesigurnosti prosečne godišnje proizvodnje energije kod vetroelektrane mala (što se svodi na tačnost procene meteoroloških podataka vetra na odabranoj lokaciji), tada je mala i razlika između vrednosti pokazatelja *W(P50)*, *W(P75)* i *W(P90)*. Na prikazanom primeru u nastavku rada, neće biti predstavljena analiza procene bruto i neto proizvedene električne energije, već će biti prikazani samo osnovni koraci koji se sprovedu prilikom izrade tehnno-ekonomske analize. Detaljan proračun proizvodnje električne energije, kao i postupak za određivanje nivoa verovatnoće pri

proizvodnji je neizostavan korak prilikom izrade realne studije proizvodnje vetroelektrane i više informacija o tome se može naći u [6].

Varijanta I – Osnovna analiza isplativosti

Proračunom predstavljenih finansijskih pokazatelja može se dobiti analiza isplativosti projekta izgradnje vetroparka. U tabeli 1 prikazani su procenjeni investicioni troškovi vetroparka ukupne instalisane snage 150 MW. U njih spadaju troškovi razvoja projekta, eventualna kupovina zemljišta, nabavke i instalacije vetroagregata, izgradnje temelja za stubove, realizacije pristupnih i internih puteva unutar vetroparka, kao i izgradnje potrebne energetske infrastrukture za priključenje vetroparka na elektroenergetski sistem.

Tabela 1. Procena investicionih troškova (CAPEX)

Opis pozicije	Količina	Jedinična cena u EUR	Ukupna cena u EUR
Vetroagregat 6 MW	25	6.000.000	150.000.000
Temelji vetroagregata	25	500.000	12.500.000
Pristupni i interni putevi po km	35	200.000	7.000.000
Transformatorska stanica 35/110 kV	1	3.000.000	3.000.000
PRP 110 kV	1	5.000.000	5.000.000
Dalekovod 110 kV	1	3.000.000	3.000.000
Ostali troškovi razvoja vetroparka po MW	150	100.000	15.000.000
UKUPNO			195.500.000

Operativni troškovi vetroparka podrazumevaju troškove održavanja i servisiranja opreme u vetroparku, eventualnog zakupa zemljišta, troškove osiguranja kao i ostale troškove neophodne za funkcionisanje pogona. U tabeli 2 su prikazani procenjeni operativni troškovi ovog vetroparka.

Tabela 2. Procena operativnih troškova (OPEX)

Opis pozicije	Kol.	Jedinična cena u EUR	Ukupna cena u EUR
Godišnji zakup zemljišta cca. po ha	100	500	50.000
Godišnja plata zaposlenog stručnog osoblja na održavanju	4	75.000	300.000
Premija osiguranja cca 0.5% Capex-a	1	977.500	977.500
Ostali troškovi (rezervni delovi, oprema za održavanje, transport, itd.)	1	100.000	100.000
UKUPNO			1.427.500

Rezultati studije [7] o proceni proizvodnje električne energije u velikom broju slučajeva pokazuju da efektivno vreme rada vetroagregata sa nominalnom snagom iznosi oko 2500 časova godišnje, odnosno da je njegov faktor iskorišćenja kapaciteta oko 28,5%. Iste vrednosti biće usvojene u nastavku. Takođe, ako se pretpostavi da će se prodaja električne energije obavljati po ceni

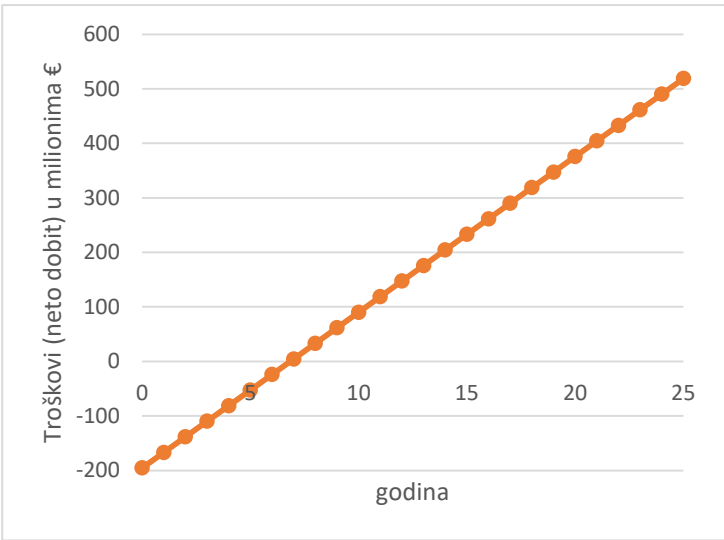
od 80 €/MWh, može se dobiti procena prihoda od plasmana električne energije, predstavljeni u tabeli 3

Tabela 3. Procena prihoda od prodaje električne energije

Opis pozicije	Vrednost
Efektivno vreme rada	2500 h/god
Instalisana snaga vetroparka	150 MW
Ukupna godišnja proizvedena električna energija	375.000 MWh
Cena električne energije po MWh	80 EUR
Ukupno godišnji prihodi (I)	30.000.000 EUR
Radni vek vetroparka	25 god
UKUPNO PRIHODI	750.000.000 EUR

Ukupni prihodi tokom radnog veka vetroparka su izračunati na osnovu efektivnog vremena rada, projektovanog radnog veka, ukupne instalisane snage vetroparka i jedinične cene električne energije. U praksi, životni vek vetroelektrane premašuje projektovanih 25 godina, pa uvedene pretpostavke su na strani investicione sigurnosti.

Na osnovu procenjenih investicionih i operativnih troškova, kao i estimiranih prihoda vetroelektrane, formiran je uprošćeni dijagram novčanih tokova (eng. *cash flow diagram*), prikazan u tabeli 4 i na slici 1. Ovaj dijagram daje uvid o novčanim prihodima i rashodima tokom životnog veka projekta i pomaže u proceni njegove likvidnosti i održivosti. Sprovedena uprošćena analiza od interesa je pri brznoj proceni isplativosti investicije.

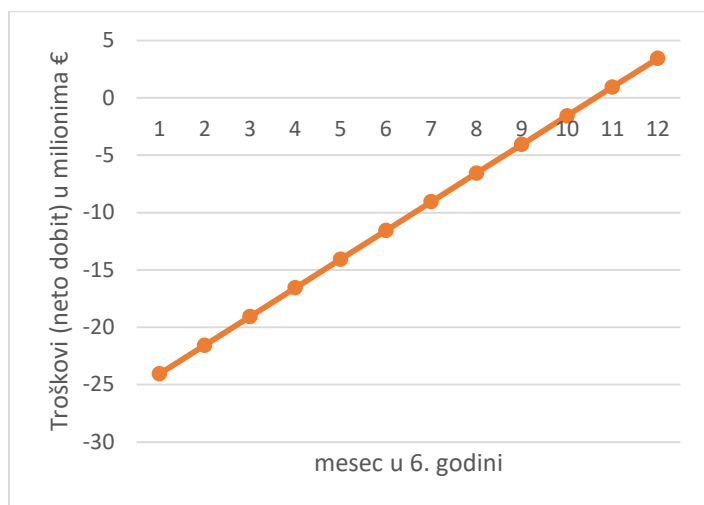


Slika 1. Dijagram novčanih tokova projekta

Procenjena neto dobit na kraju životnog veka projekta, u navedenom primeru, iznosi oko 520 miliona EUR. Sa dijagrama novčanih tokova može se odrediti i prelomna tačka investicije tj. period povraćaja investicije (ROI). Na slici 2 bliže je definisan mesec u godini kada će se ova investicija i otplatiti. Uz aproksimaciju ravnomernog priliva neto prihoda, određeno je da je prelomna tačka projekta u desetom mesecu 6. godine projekta.

Tabela 4. Osnovna analiza isplativosti investicije

Godina	CAPEX u EUR	OPEX u EUR	Godišnji prihod u EUR	Rekapitulacija u EUR
1	195.500.000	1.427.500	30.000.000	-166.927.500
2	/	1.427.500	30.000.000	-138.355.000
3	/	1.427.500	30.000.000	-109.782.500
4	/	1.427.500	30.000.000	-81.210.000
5	/	1.427.500	30.000.000	-52.637.500
6	/	1.427.500	30.000.000	-24.065.000
7	/	1.427.500	30.000.000	4.507.500
8	/	1.427.500	30.000.000	33.080.000
9	/	1.427.500	30.000.000	61.652.500
10	/	1.427.500	30.000.000	90.225.000
...	...	...	...	...
24	/	1.427.500	30.000.000	490.240.000
25	/	1.427.500	30.000.000	518.812.500

**Slika 2.** Dijagram novčanih tokova u 6. godini projekta

U praksi, pri izradi tehno-ekonomske analize u oblasti obnovljivih izvora energije, u koje spada i analizirana izgradnja vetroparka, vrši se detaljniji ekonomski proračuni koji će biti izloženi u nastavku.

Varijanta II - Analiza isplativosti metodom ekvivalentne sadašnje vrednosti i ekonomičnosti investicije

Cilj ekonomske analize koja će biti sprovedena u ovom poglavlju je da se dobije odgovor na pitanje investitora: Da li se ulaganja u analiziranu elektranu i pridruženi troškovi mogu povratiti tokom životnog veka projekta? Obzirom na neizvesnost u proceni mnogih ulaznih parametara, razmatraće se više različitih ekonomskih pokazatelja [8].

Pokazatelj *NPV* pretvara sve novčane tokove ostvarene tokom celog životnog veka u ekvivalentnu vrednost vezanu za sadašnji vremenski trenutak i za projekat koji se analizira se definiše

sledećim izrazom:

$$NPV = -C_I - \sum_{n=1}^N \frac{C_{O\&M}}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{P}{(1+i)^n} \quad [€] \quad (1)$$

gde su: C_I ukupna vrednost investicije vetroelektrane (*CAPEX*), $C_{O\&M}$ godišnji troškovi održavanja (*OPEX*), N životni vek elektrane, a i stopa aktuelizacije. U pogledu analize pokazatelja *NPV*, projekat vetroelektrane je prihvatljiv za definisanu stopu aktuelizacije (eng. *interest rate*, skr. *i*), ukoliko je pokazatelj *NPV* pozitivan, a veće vrednosti ovog pokazatelja ukazuju na veću ekonomsku dobit investitora.

Za razliku od metode ekvivalentne sadašnje vrednosti, gde se pretpostavlja da je stopa aktuelizacije i konstanta i gde se mera ekonomičnosti investicije izražava u ekvivalentnom novčanom iznosu, u *IRR* metodi mera ekonomičnosti investicije je stopa aktuelizacije koja balansira jednačinu aktuelizovanih novčanih tokova, odnosno za koju je sadašnji novčani ekvivalent jednak nuli. Ona se definiše sledećim izrazom:

$IRR = i$, za koje je

$$NPV = -C_I - \sum_{n=1}^N \frac{C_{O\&M}}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{P}{(1+i)^n} = 0 \quad [€/god] \quad (2)$$

Kako bi se ovom metodom utvrdilo da li je projekat vetroelektrane isplativ, njegova interna stopa povraćaja kapitala se upoređuje kriterijumskom stopom (eng. *minimal attractive rate of return*, skr. *MARR*). Projekat zadovoljava uslove ekonomičnosti kada je $IRR \geq MARR$ mada se smatra da on može biti prihvatljiv za realizaciju za svaku pozitivnu vrednost *IRR*. Pored rentabilnosti projekta, *IRR* pokazuje i najveću kamatnu stopu na kredite koju investitor može prihvatiti, a da ne ostvaruje gubitak.

Tabela 5. Ekonomski pokazatelji investicije u vetropark

Opis pozicije	Vrednost
Ukupna vrednost investicije C_I [€]	195.500.000
Operativni godišnji troškovi $C_{O\&M}$ [€/god]	1.427.500
Godišnji prihod I [€/god]	30.000.000
Stopa aktuelizacije i [%]	5
Neto sadašnja vrednost NPV [€]	207.200.000
Interna stopa povraćaja kapitala IRR [%]	14
Period povraćaja investicije ROI [god]	12,2

Pokazatelj *LCOE* ima značenje aktuelizovanog troška proizvodnje jedinične energije i definiše se sledećim izrazom:

$$LCOE = \frac{C_I + \sum_{n=1}^N \frac{C_{O\&M}}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{W_1}{(1+i)^n}} \quad [€/kWh] \quad (3)$$

gde W_1 predstavlja ukupnu godišnju proizvedenu električnu energiju vetroelektrane.

Specifični investicioni troškovi vetroelektrane ukupne instalisane snage 150 MW iznose oko 1300 €/kW (tabela 1). Na osnovu podatka o godišnjim operativnim troškovima elektrane (tabela 2),

kao i podatka o ukupnoj godišnjoj proizvedenoj električnoj energiji (tabela 3), izvršen je proračun svedenih troškova proizvodnje električne energije, poput:

$$LCOE = 40,8 \text{ €/MWh}$$

U tabeli 5 su predstavljene vrednosti preostalih ekonomskih pokazatelja. Za stopu aktuelizacije usvojena je vrednost od 5%. NPV pokazatelj je pozitivan i iznosi 207.200.000 €, dok je IRR projekta jednak 14%. Prema ovoj metodi period povraćaja investicije je nešto duži i iznosi 12,2 godina.

IV REZULTATI

Dobijeni rezultati osnovne analize isplativosti predstavljeni u varijanti I u radu, ukazuju da je period otplate investicije u 10. mesecu 6. godine rada vetroparka, a da je procenjena neto dobit projekta oko 520 miliona EUR. Ovakvi proračuni daju nešto optimističnije rezultate, ali su jednostavni i mogu se koristiti pri početnim procenama ekonomske isplativosti ulaganja u neku investiciju. Za detaljniju i realniju procenu isplativosti investicije, kao i realnije procene rizika ulaganja u projekat, od interesa je analiza predstavljena kroz varijantu II. U njoj su sprovedene analize na osnovu kojih se može zaključiti sledeće:

- pokazatelj *LCOE* ukazuje da je specifični trošak proizvodnje 1 MWh električne energije iz vetroparka jednak 40,8 €/MWh. *LCOE* predstavlja ekonomski parametar koji determiniše ekonomsku opravdanost investicije u realnim tržišnim uslovima. Ukoliko je cena otkupa električne energije iz vetroparka ka prenosnoj mreži veća od vrednosti *LCOE* onda je projekat ekonomski opravdan;
- period otplate investicije vetroparka je procenjen do 12,2 godine, pa se troškovi investicionih i operativnih troškova mogu povratiti tokom životnog veka vetroparka;
- vrednosti pokazatelja *NPV* iznosi 207.200.000 €. Pozitivna vrednost ovog parametra ukazuje na to da će ova investicija obezbediti očuvanje kupovne sposobnosti uloženi sredstava i prihvatljiv nivo prinosa; i
- vrednost pokazatelja *IRR* pokazuje da će vrednost *NPV* biti veća od nule za bilo koju stopu aktualizacije manju od 14%.

V ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena tehno-ekonomska analiza sa procenom isplativosti projekta vetroparka ukupne instalisane snage 150 MW u Republici Srbiji. Identifikovani su investicioni i operativni troškovi pri izgradnji i eksploataciji ovog elektroenergetskog objekta. Izvršena je procena prihoda od proizvodnje električne energije. Predstavljen je proračun osnovne analize isplativosti, kao i analize isplativosti metodom ekvivalentne sadašnje vrednosti i metodom ekonomičnosti investicije. Izvršeno je poređenje rezultata ovih metoda i date su preporuke za njihovo korišćenje. Autori sugerišu da je sagledavanje neizvesnosti pri proceni realne proizvodnje vetroparka, neophodno u cilju dobijanja šireg skupa finansijskih pokazatelja ove investicije, a samim tim i pouzdanije procene rizika što će biti predmet budućeg istraživanja autora.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Zakon o potvrđivanju Sporazuma iz Pariza, „Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori“, broj 4 od 30. 03. 2017. godine, <https://www.paragraf.rs/dnevne-vesti/030321/030321-vest12.html> [pristupljeno 28.04.2024]
- [2] European Commission, Guidelines for the Implementation of the Green Agenda for the Western Balkans, Brussels, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020SC0223> [pristupljeno 28.04.2024]
- [3] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, „Službeni glasnik RS“, broj 101 od 08. 12. 2015. godine <https://otvorenavlada.rs/strategija-energetika124-lat-doc-2/> [pristupljeno 28.04.2024]
- [4] WAsP Software, <https://www.wasp.dk/software> [pristupljeno 08.05.2024]
- [5] WindSim Software, <https://windsim.com/software/> [pristupljeno 08.05.2024]
- [6] Đurišić, Ž.R. *Vjetroelektrane*, Akademski misao, Beograd, 2019.
- [7] International Renewable Energy Agency (IRENA). *Renewable energy prospects for Central and South-Eastern Europe Energy Connectivity (CESEC)*, Abu Dhabi, 2020. <https://www.irena.org/Publications/2020/Oct/Renewable-Energy-Prospects-for-Central-and-South-Eastern-Europe-Energy-Connectivity-CESEC> [pristupljeno 10.05.2024]
- [8] Calović, M.S., Sarić, A.T., Stefanov, P.Č. *Planiranje elektroenergetskih sistema*, Beopres, Beograd, 2000.

AUTORI/AUTHORS

Miloš Ječmenica – doktor nauka elektrotehnike i računarstva, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, jecmenica@etf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0001-6345-5000](https://orcid.org/0000-0001-6345-5000)

Đorđe Lazović – master inženjer elektrotehnike i računarstva, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, lazovic@etf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-9736-9810](https://orcid.org/0000-0002-9736-9810)

Techno-Economic Analysis of the Wind Farm Project

Abstract – In addition to fulfilling the conditions for choosing the optimal location, such as geographical location, meteorological parameters, as well as conditions for connection to the power grid, the techno-economic analysis represents an important aspect when planning, developing and exploiting projects in the field of renewable energy sources. Concretely, on the example of a wind park in the Republic of Serbia, a techno-economic analysis with basic indicators of the profitability and justification of the investment is presented. Through these indicators, an investment analysis of a wind park with a total installed capacity of 150 MW connected to the transmission network was carried out. The goal of the conducted analysis is to obtain basic financial indicators that can be important when choosing a location, planning an investment and sustainable exploitation of this and similar power projects.

Index Terms – Renewable energy sources, Wind park, Techno-Economic analysis, Profitability analysis