

# Obnovljivi izvori energije: Od Tesline vizije do savremene perspektive održivog razvoja i eksploatacije

Jovo Jelić

*Sektor upravljanja projektima*

*Delta Inženjering D.O.O.*

Beograd, Republika Srbija

[j.jelic@deltainzenjering.rs](mailto:j.jelic@deltainzenjering.rs)

<https://orcid.org/0009-0009-0773-4457>

**Apstrakt**—U ovom radu je dat prikaz Teslinih istraživanja u oblasti višefaznih naizmjeničnih struja i njihova primena u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne energije, kao i njegova vizionarska razmatranja korišćenja obnovljivih izvora energije predstavljenih kroz razne članke i predavanja krajem 19. i početkom 20. veka. Pre sto i više godina, Nikola Tesla, kao odgovoran naučnik i istraživač, bio je svestan da su ugalj, nafta, gas izvori energije koji su potrošni i ujedno veliki zagađivači čovekove okoline i da samo čista energija iz neiscrpnih resursa kao što su sunčeva energija, energija vetra, geotermalna energija, itd. mogu doprineti rešavanju problema povećanja ljudske energije. Današnji svet i savremeni trendovi razvoja energetskog sektora upravo idu u pravcu sve većeg korišćenja čiste energije i tehnološkog razvoja njene primene. U ovom radu je takođe predstavljen i plan razvoja energetskog sektora Republike Srbije sa posebnim osvrtom na eksploatacije energije iz obnovljivih izvora. Cilj rada je predstaviti razvoj primene obnovljivih izvora energije, od Teslinih pionirskih razmatranja do današnjih dana u svetlu održivog razvoja i harmonije suživota čoveka i prirode.

**Ključne reči**—obnovljivi izvori energije, energetika, održivi razvoj

## I. UVOD

Savremenom čoveku, okruženom blagodatima naučnih i tehnoloških dostignuća, ponekad je vrlo teško da se vrati u prošlost i sagleda prostor, vreme i okolnosti pod kojima su mnogi velikani svojim stvaralačkim zanosom trasirali put savremenoj civilizaciji. Jedan od tih velikana, koji je stvarao u prošlosti, a radio za budućnost, jeste i Nikola Tesla, pionir nauke o elektricitetu i čovek koji je svojim veličanstvenim delom zadužio celi svet.

Nikola Tesla je rođen 10. jula 1856. godine u Smiljanu u Lici, tadašnjoj graničnoj oblasti (Vojnoj granici) Austrougarske imperije. Osnovnu školu i gimnaziju pohađao je u Smiljanu, Gospiću i Karlovcu. Prema porodičnoj tradiciji trebalo je da postane sveštenik, ali pošto je od detinjstva pokazivao veliko interesovanje za nauku i tehniku, posle preležane kolere u osamnaestoj godini, od koje umalo nije umro, dobio je očev blagoslov da ode na studije tehnike u Grac. Vaspitavan da je čovek prevashodno duhovno biće, da su njegove osnovne snage duševne i da je savest taj božanski glas u njemu koji ga opominje da razlikuje dobro od zla, Tesla je iz porodične i nacionalne tradicije usvojio principe na kojima je temeljio svoje stvaralaštvo: pravednost i nesebičnost.

Tesla je u Gracu studirao politehniku na Joaneumu od 1875. do 1877. godine, i prirodnu filozofiju na Karlovom sveučilištu u Pragu, jedan semestar 1880 godine. U periodu 1881 - 1882. godine radi u Budimpešti u Centralnom telegrafskom uredu. U februaru 1882. godine dolazi do otkrića obrtnog magnetnog polja koje stvaraju naizmjenične struje. Sredinom 1882. godine odlazi u Pariz gde se zapošljava u Edisonovom kontinentalnom društvu. Sledeće, 1883. godine, provodi izvesno vreme poslovno u Strazburu. U ovom gradu je napravio prvi prototip indukcionog motora u kome je oživeo princip obrtnog magnetnog polja. Privučen mogućnošću da svoje nove pronalaskе realizuje na komercijalnoj osnovi, odlazi u Ameriku 1884. godine gde prvo godinu dana radi kao Edisonov saradnik. Godine 1885. napušta Edisonovu kompaniju i posle godinu dana iskušanja i neizvesnosti, u martu 1887. osniva "The Tesla Electric Company" i konačno podnosi patentne zahteve za prvih sedam patenata polifaznog sistema. Tesla je u sledećih nekoliko godina patentirao ukupno 36 pronalazaka iz oblasti višefaznog sistema naizmjeničnih struja. Odmah potom Vestinghausova kompanija, od ranije zainteresovana za eksploataciju naizmjeničnih struja, otkupljuje Tesline patenate, i na taj način stiče monopol u ovoj oblasti i postaje glavni promoter novih otkrića i tehnologije u Americi. Do kraja 19. veka standardi koje je Tesla postavio svojim pronalascima potpuno su prihvaćeni širom sveta, čime su industrija i ljudska civilizacija dobili veliki podstrek u svom razvoju.

Prepuštivši Vestinghausu borbu za implementaciju svog višefaznog sistema naizmjeničnih struja u praksi, Tesla se od 1889. godine intenzivno posvetio istraživanjima nove oblasti primene struja visokih frekvencija i napona. Povod za njegov rad predstavljali su čuveni Hercovi eksperimenti iz 1887. godine u kojima je pokazana ispravnost Maksvelove teorije i postojanje elektromagnetnih talasa.

U kratkom roku Tesla je i u ovoj oblasti dao nove doprinose od suštinskog značaja za razvoj čitavih novih grana tehnologije i industrije kao što su bežična telegrafija i telefonija, radio, elektromedicina, elektrometalurgija, hladno svetlo i drugo.

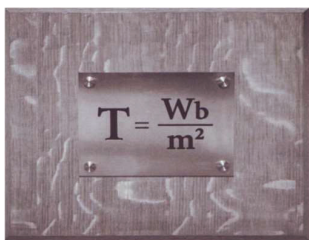
Pre Tesle nisu postojali generatori kontinuiranih visokofrekventnih struja već samo generatori jako prigušenih paketa visokofrekventnih impulsa kakve je koristio Herc. Tesla je već 1890. godine konstruisao nekoliko tipova mehaničkih generatora naizmjeničnih struja nižih frekvencija do 30 kHz, a

1891. godine dobio je prve patente za oscilatorni rezonantni transformator (Teslin kalem), kojim je tokom sledećih nekoliko godina proizvodio struje frekvencija više desetina megaherca i napone reda više desetina megavolti. Teslin transformator postao je od tog vremena nezaobilazni uređaj u svim laboratorijama za istraživanje ovih struja.

Iako je još 1893. godine, na predavanjima u Sent Luisu i Filadelfiji, objavio svoj osnovni plan bežične telegrafije koji je podrazumevao uzemljenu antenu na predaji i prijemu kao i rezonancu između primo-predajnih sistema, Tesla je tek 1897. godine patentirao svoj "sistem četiri strujna kola u rezonanci" – otkriće koje je predstavljalo osnovu za razvoj modernih bežičnih komunikacija. Godine 1898. konstruisao je, prikazao i patentom zaštitio prvi u svetu model broda sa daljinskim upravljanjem. Uvidevši odmah velike mogućnosti ovog otkrića objavio je u časopisima svoje poglede na njegovu upotrebu u vojne i civilne svrhe.

Od početka zainteresovan da dokaže mogućnost prenosa snage, a ne samo signala, svoja istraživanja je posebno usmerio u ovom pravcu. U Kolorado Springsu je 1899. godine sagradio i ispitao transformator napona 12 miliona volti, i sa njim vršio eksperimente u kojima je utvrdio rezonantne frekvencije planete Zemlje i zakone pod kojima se električne struje provode kroz zemlju. Na Long Ajlendu kod Njujorka je 1901. godine na osnovu svojih desetogodišnjih otkrića u oblasti struja visokih frekvencija i napona, počeo da gradi prvi globalni svetski sistem prenosa signala i snage, ali je uskoro morao da odustane od ovog skupog i ambicioznog projekta jer je ostao bez odgovarajuće finansijske podrške.

Od 1908. do 1925. godine bavio se istraživanjima u oblasti mašinstva, gde je dao nekoliko vrednih izuma. Godine 1913. dobio je patente za nov sistem propulzije fluida koji se zasniva na iskorišćenju osobina adhezije i viskoznosti u fluidima, koga je primenio u originalnoj konstrukciji rotora turbomašina bez lopatica. Ovaj princip je komercijalno iskoristio u brzinomerima, za koje je dobio nekoliko patenata u periodu 1916 – 1921. godine.



Sl. 1 Jedinica „tesla“,  $1 \text{ T} = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ N} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} = 1 \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$

Nikola Tesla je tokom svoje karijere dobio oko 250 patenata u Americi i zemljama širom sveta. Tesla je bio naučnik koji je ceo svoj život posvetio traganju za tajnama prirode da bi ih ukrotio i stavio na raspolaganje čovečanstvu. Njegovim imenom je nazvana jedinica za magnetnu indukciju (Sl. 1) u međunarodnom sistemu jedinica, što je svakako najveće priznanje koje jedan naučnik može da dobije [1], [6], [9].

## II. TESLIN POLIFAZNI SISTEM NAIZMENIČNIH STRUJA

Teslin glavni doprinos nauci i tehnologiji jeste otkriće principa stvaranja obrtnog magnetnog polja naizmeničnim strujama. Na osnovu ovog otkrića on je konstruisao indukcion motor i razvio polifazni sistem naizmeničnih struja koji je krajem prošlog veka omogućio nagli razvoj proizvodnje, prenosa i korišćenja električne energije čime je dat snažan impuls razvoju industrije i napretku civilizacije.

Do pojave Teslinog polifaznog sistema, postojali su sistemi za prenos i jednosmernih i naizmeničnih struja. Još 1873. godine na Međunarodnoj izložbi tehnike u Beču, Gram je jedan svoj dinam (pogonjen parnom mašinom) povezo sa drugim dinamom koji je radio kao motor. Veliki broj inženjera i pronalazača širom sveta je radio na ovom problemu.

U Americi su krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina Čarls Braš, Elaja Tomson i Tomas Edison, razvili komercijalne sisteme za prenos jednosmernih struja za osvetljenje i pogon prvih tramvaja i mašina radilica. Osnovni problem u distribuciji jednosmernih struja bili su gubici u prenosu, što je sistem činilo neekonomičnim za prenose na razdaljinu veću od nekoliko kilometara.

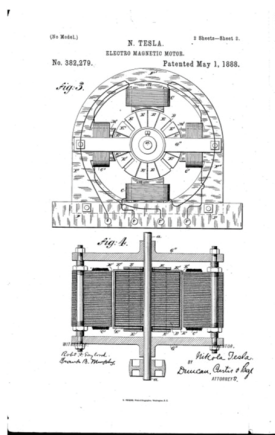
Teslino otkriće principa stvaranja obrtnog magnetnog polja naizmeničnim strujama dalo je osnov za elegantno i jednostavno rešenje svih problema koji su mučili elektroenergetiku u pionirskom periodu razvoja. Pre svega, Tesla je rešio problem motora naizmenične struje. Njegov motor je bio krajnje pojednostavljen u konstrukciji, pouzdan u radu i lak za održavanje. S druge strane, njegov polifazni sistem je omogućio da se napajanje različitih električnih uređaja ili sistema vrši centralizovano - iz jednog izvora - čime je stvorena osnova za razvoj modernog elektroenergetskog sistema. Suštinu svojih razmišljanja u vezi sa problemima koje je rešio svojim sistemom izneo je u predavanju pred Američkim institutom elektro inženjera u Njujorku 16. maja 1888. godine:

„U našim dinamama, kao što je dobro poznato, generišemo naizmenične struje i ispravljamo ih pomoću komutatora, komplikovanog mehanizma, a može se reći i izvora većine nevolja na koje se nailazi u radu mašina. Tako ispravljene struje sada se ne mogu koristiti u motoru, već se – ponovo putem sličnog nepouzdanog mehanizma – moraju vratiti u svoje prvobitno stanje. Funkcija komutatora je potpuno nebitna i ni na koji način ne utiče na sam rad mašina. Prema tome, sve mašine rade sa naizmeničnim strujama, a jednosmerne struje se javljaju samo u spoljašnjim kolima tokom svog puta iz generatora u motor. Uzevši u obzir ovu činjenicu, naizmenične struje su pogodnije za direktnu primenu, a upotreba jednosmernih struja bila bi opravdana samo kada bismo imali dinamomašine koje ih primarno generišu i motore koje bi takve struje direktno pokretale.” [10, str. 24]

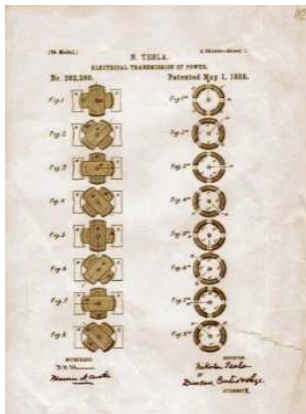
Svoj asinhroni motor i polifazni sistem Tesla je u svim pojedinostima razradio i u Americi zaštitio u 36 patenata prijavljenih u periodu od 12. oktobra 1887. do 13. jula 1891. godine.

Dva ključna patenta polifaznog sistema naizmjeničnih struja, na kojima je, kako je Tesla sam izjavio, bilo zasnovano  $\frac{3}{4}$  posla u elektroenergetici u to vreme, jesu:

1. Električni prenos snage, br. 382,280, prijavljen 12. oktobra 1887, dobijen 1. maja 1888, u kome je zaštitio opšti način ili metod prenošenja snage pomoću motora, zasnovanih na principu obrtnog magnetnog polja, proizvedenog pomoću višefaznih naizmjeničnih struja. (Sl. 2)
2. Elektro magnetni motor, br. 382.279, prijavljen 30. novembra 1887. i dobijen 1. maja 1888. godine, u kome je zaštitio važno otkriće da obrtno magnetno polje proizvedeno u statoru indukuje struje koje stvaraju snažno magnetno polje u rotoru i u međusobnom dejstvu ova dva polja javlja se obrtni moment, koji pokreće rotor. Ovo je patent asinhronog motora jer obrtanje armature zaostaje za obrtanjem magnetnog polja i to utoliko više što je motor jače opterećen. U ovom patentu je takođe zaštitio konstrukciju kavezastog rotora (Sl. 3).



Sl. 2 Teslin patent br. 382279



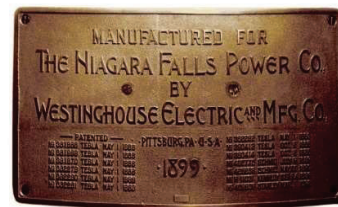
Sl. 3 Teslin patent br. 382280

Svoju najveću promociju Teslin sistem polifaznih struja je doživeo na Nijagarinim vodopadima u gigantskom poduhvatu izgradnje najveće hidrocentrale tog vremena. Da bi se shvatila veličina poduhvata za ono vreme, umesno je uporediti ga sa današnjim lansiranjem rakete u zemljinu orbitu ili slanjem

ljudske posade na Mesec. Jer u gradnji hidrocentrale na Nijagari inženjeri su se sreli sa potpuno novim i nepoznatim problemima u građevinarstvu, mašinstvu i elektrotehnici. Baratali su sa silama sa kojima se tehnika ranije nije sretala. Bilo je neophodno prokopati tunele i kanale koji su trebali da izdrže ogromna dinamička opterećenja, sagraditi turbinu veličine kakva pre nije postojala, i primeniti električni sistem koji je bio potpuno nov. Uz to, podvig je bio i animirati konzervativne poslovne ljude koji su trebali da ulože ogroman kapital u ovaj, u svakom smislu, pionirski posao.

Pre Nijagare, Teslin sistem je u manjem obimu Vestinghausova kompanija primenila za prenos struja do rudnika Telurajd u Koloradu i za osvetljenje Svetske izložbe u Čikagu. Osim toga, u Evropi je, na osnovu uvida u Teslina otkrića, grupa inženjera napravila prenos naizmjeničnih struja od Laufena do Frankfurta na udaljenosti od 173 kilometara.

Sve ovo je uticalo na konačnu odluku da se na Nijagarinim vodopadima primeni plan upotrebe Teslinog polifaznog sistema prenosa električne energije. Instalirana snaga svih generatora iznosila je 50.000 KS. Na slici 4. vidimo spomen ploču sa hidrocentrale na Nijagarinim vodopadima sa koje se vidi da je od 13 primenjenih patenata 9 pripadalo Tesli.



Sl. 4 Spomen ploča sa hidrocentrale na Nijagarinim vodopadima

Teslini pronalasci nisu imali samo tehničko tehnološki značaj. Oni su došli u trenutku kada su bili neophodni za razvoj ekonomije, industrije i tehnologije i znatno su uticali na socijalne odnose i kulturu, a samim tim i na razvoj civilizacije.

Teslin polifazni sistem je jedini poznat metod proizvodnje, prenosa, distribucije i korišćenja naizmjeničnih struja. Od početka njegove primene krajem prošlog veka do današnjih dana on je, kao i asinhroni motor, usavršen i poboljšan do ogromnih i neslučenih razmera, ali je u suštini to sistem koji je predložio Tesla u svojim patentima i predavanju iz 1888. godine.

U proteklom stogodišnjem periodu, razvoj elektroenergetskog sistema išao je, s jedne strane, u pravcu povećanja jediničnih instaliranih snaga generatora i naponskih nivoa prenosnih mreža i, s druge strane, u pravcu povezivanja manjih energetske sistema u veće sa ciljem stvaranja kontinentalnih veza. Može se reći da se sa sadašnjom tehnologijom došlo do granice jediničnih snaga proizvodnih agregata i prenosnih napona. Elektroenergetski sistem je danas po fizičkoj rasprostranjenosti, kapitalnim ulaganjima i značaju za savremeno industrijsko društvo, ubedljivo najveći tehnički sistem i predstavlja najznačajniji deo infrastrukture svake zemlje [6].



### III. PROBLEM POVEĆANJA LJUDSKE ENERGIJE

Nakon što je završio svoj eksperimentalni rad u Kolorado Springsu, Tesla je sa velikim uzbuđenjem pristupio pripremama za projekat izrade Svetskog sistema bežičnog prenosa na Long Ajlendu. Bio je svestan da je pred realizacijom prvog globalnog tehnološkog sistema koji će izazvati revolucionarne promene u odnosima među ljudima na celoj planeti. Kada ga je njegov prijatelj Robert Andervud Džonson, urednik časopisa "*Century Magazine*", zamolio da napiše članak o svojim otkrićima u Kolorado Springsu, on je pripremio znatno širi pogled na problematiku koja je od njega zahtevana, sa opisom ne samo svojih eksperimenata, već i sa prikazom jednog načina razmišljanja u kome je demonstrirao neobičnu kombinaciju plemenitosti, idealizma i praktičnosti. Značaj ovog članka leži u činjenici da on predstavlja prvi pokušaj čovekovog sagledavanja globalnih problema čovečanstva koji se zasniva na uvidu i jasnoj svesti da će do globalizacije problema pre ili kasnije doći. U ovom i nekolicini članaka koje je kasnije napisao Tesla se prikazuje kao dalekovidni i mudri mislilac i strateg čiji su pogledi korisni i danas, u vremenima kada se čovečanstvo u svom razvoju suočava sa preprekama i izazovima, od rešenja energetske probleme do ekološke katastrofe [6].

Analizirajući problem napretka čovečanstva Tesla je primenio metod koji se koristi u inženjerstvu kada se vrši analiza sila u sistemu. Tom metodom je došao do tri cilja strategije globalnog napretka čovečanstva, a to su: hrana, mir i rad. Dao je predloge kako čovečanstvo može da uđe u harmoničan razvoj postepeno težeći ovim ciljevima. Opisao je sredstva i metode u kojima su njegovi dotadašnji uvidi i pronalasci igrali bitnu ulogu [2].

U člancima koje je objavio tokom svoje duge karijere naučnika i pronalazača, energija je bila predmet Teslinog posebnog razmatranja. U članku "Problem povećanja ljudske energije" Tesla je sa ponosom primetio da je njegov sistem naizmjeničnih struja, s jedne strane omogućio radikalni pomak u povećanju efikasnosti korišćenja energije uglja koga više nije potrebno transportovati na daljinu, već ga je moguće goriti na licu mesta, toplotu pretvarati u elektricitet, a zatim istim elektroenergetskim sistemima transportovati do udaljenih potrošača. S druge strane, sva energija koja se dobija iz vodopada čisti je dobitak za čovečanstvo i predstavlja najsavršeniji od svih do tada poznatih metoda za dobijanje energije iz životne sredine [2].

Jedna od glavnih Teslinih teza u vezi sa čovekovim odnosom prema izvorima energije jeste teza da čovek treba da teži da napusti, kako kaže, varvarski proces korišćenja energije razaranjem materijala, čije se rezerve pri tome iscrpljuju (ugalj, nafta, gas) [5]. To nije slučajno izrečen stav već princip koga se on pridržavao ne samo u svojim razmišljanjima, već i u praktičnim naporima. On je smatrao da je za prosvetljenog čoveka koji ulazi u XX vek dostojnije da se sa više pažnje i osećanja odnosi i prema ljudima i prema prirodi i da nijedan napor u tom smislu nije dovoljno veliki niti vredan zanemarivanja.

Tesla razmatra mnoge druge čoveku raspoložive izvore energije koji se obnavljaju, kao što su toplotna energija sunčevih zraka, energija vetra, plima i oseka, energija talasa, razlike

temperature u dubini i površini zemlje ili mora, magnetna i gravitaciona energija [3], [4], [5]. On je i sam pokušavao da konstruiše mašinu koja bi koristila energiju iz okolne sredine i tu mašinu je nazvao „*samoodrživa mašina*“, ali njenu konstrukciju nije detaljno opisao.

Osnovne teze o korišćenju energetske resursa Tesla je, sa manjim ili većim razmatranjima i pojašnjenjima, ponavljao u člancima koje će objavljivati u periodu 1900-1915. godine. U članku "Svet čuda koji će stvoriti elektricitet", objavljenom 1915. godine, on i dalje smatra, i to svoje mišljenje neće promeniti do kraja života, da korišćenja energije uglja i nafte čovečanstvo što pre treba da napusti:

„Ako za proizvodnju energije koristimo gorivo, mi živimo od našeg kapitala i brzo ćemo ga iscrpeti. Taj metod je varvarski i bezobzirno rasipnički pa s njim treba prestati u interesu budućih generacija.“ [3, str. 420]

Detaljno analizirajući rast iskorišćenja hidro-potencijala u SAD na osnovu raspoloživih statističkih podataka, Tesla je, s druge strane procenivši ukupne izvore vodene energije, došao do zaključka da je ta zemlja oko 1915. godine koristila približno jednu desetinu svojih ukupno raspoloživih vodenih resursa. Budući svestan da će potrebe za energijom u budućnosti nadmašiti ove rezerve ne samo u SAD već i u celom svetu, on je detaljnije sada objasnio na koji način energija vode može da se praktično koristi u neograničenim količinama za čovečanstvo.

S obzirom da tri četvrtine zemljine površine zauzimaju okeani, u prirodi se neprestano odvija jedan gigantski proces: sunce zagreva vodu, vodena para se diže u vis, vetar je odnosi u predele gde se ona sakuplja u stanju osetljive suspenzije odakle se u vidu padavina spušta na zemlju i delimično vraća u okean. Verovao je da ovladavanje procesom električne kontrole padavina može pružiti čovečanstvu dovoljne izvore energije. Teslino uverenje se nije zasnivalo samo na teorijskim razmatranjima već i na praktičnim eksperimentima. Znamo da je 1908. godine podneo jednu patentnu prijavu Patentnom zavodu Sjedinjenih Država u kojoj je tražio zaštitu ovog procesa. Patent mu nije odobren, a tehničko rešenje na osnovu koga je zamislio rešenje ovog problema nije poznato. Ipak se na osnovu opštih mesta u pojedinim člancima može zaključiti da je u osnovi ove njegove originalne ideje bila pretpostavka da je električno pražnjenje okidački, tj. kontrolni mehanizam koji izaziva ubranu kondenzaciju vodene suspenzije i postepeno dovodi do padavina. U eksperimentima izvedenim u Kolorado Springsu sa oscilatorom od 12 miliona volti izazvao je, kako je tvrdio, gustu maglu. Na osnovu toga, verovao je da će se njegovim džinovskim oscilatorima, kao što je bio onaj koji je počeo da gradi na Long Ajlendu, upravljati tokovima osetljivih vodenih suspenzija u atmosferi [3].

I u svom poslednjem velikom članku "Pokretačka snaga budućnosti" objavljenom 1931. godine Tesla je ostao pri ranije izloženim tezama. Kao svoj doprinos ovde je izneo konkretne planove za iskorišćenje toplotne razlike površine i dubine zemlje, mora i okeana, kao i energiju plime i oseke [5].

#### IV. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U SVETU I NJIHOV UTICAJ NA GLOBALNO ZAGREVANJE

Klima je primarni energetska resurs čijim delovanjem su nastali i fosilni izvori energije uglj i nafta. Aktuelno ispoljavanje klime kao resursa predstavljaju solarna i eolska energija (energija vetra), energija biomase i geotermalna energija. Današnje čovečanstvo uglavnom proizvodi energiju sagorevanjem uglja, gradnjom velikih brana ili iz nuklearnih elektrana.

Na ovaj način troše se neobnovljivi resursi, zagađuje se životna okolina i prisutan je stalni strah od mogućih novih nuklearnih katastrofa i slično. Globalno posmatrano, može se reći da je u „svojoj energetska istoriji“ svet došao do kraja jedne epohe kada neobnovljivi izvori energije ne mogu biti osnova za planiranje budućeg razvoja i kada se postavlja pitanje - šta dalje.

Odgovor se mora i može potražiti u obnovljivim izvorima energije (OIE). Karakteristika obnovljivih izvora energije je da se tokom korišćenja njihove zalihe ne smanjuju kao kod fosilnih goriva, ima ih u ogromnim količinama i, što je veoma važno, ne zagađuju čovekovu okolinu. Energije vetra i sunca spadaju u najviše korišćene izvore obnovljive energije danas u svetu. Pored toga što se radi o ekološki čistim energijama, bitan faktor za značajnu ekspanziju je i činjenica da je eksploatacija izvora obnovljive energije postala i ekonomski konkurentna. Poslednjih godina je u čitavom svetu, a naročito u Evropskoj uniji, došlo do naglog porasta primene svih oblika izvora obnovljive energije. Direktno korišćenje izvora obnovljive energije nije jedini put ka poboljšanju energetske situacije. Sve veći značaj u novije vreme dobija i unapređivanje energetske efikasnosti sa osloncem na strategiju racionalnog korišćenja energije.

Mogućnosti dobijanja energije iz obnovljivih energetska izvora još nisu do kraja ispitane, ali se može sagledati koliki je taj potencijal trenutno. Na pitanje koliko se to energije može dobiti iz obnovljivih izvora energije kratak odgovor glasi – i više nego što nam je potrebno.

U svim rekama sveta ima toliko energetska potencijala kolike su trenutne potrebe čovečanstva. Energetska potencijal okeanskih talasa, nastalih uticajem plime i oseke, dovoljan je da proizvede duplo više energije nego što nam je potrebno.

Geotermalni potencijal je pet puta veći, dok su svetski potencijali biomase oko dvadeset puta veći od naših potreba. Mnogostruko puta veći je potencijal vetra, a potencijal sunčeve energije na našoj planeti je 2.850 puta veći od trenutnih godišnjih energetska potreba.

Obnovljivi izvori energije su glavni pokretač i nosilac energetska tranzicije ka karbonski neutralnoj energetici i ekonomiji. Borba protiv klimatska promena je postala međunarodna obaveza za skoro sve države u svetu, koje su se obavezale da spreče povećanje prosečne temperature na planeti za 2°C u odnosu na predindustrijski period i da smanje emisiju gasova sa efektom staklene bašte u 2030. godini za 45% u odnosu na emisije iz 2010. godine. Evropa je postavila ambiciozan plan – nulta emisija štetnih gasova do 2050. godine.

Obnovljivi izvori energije, kao sedmi od 17 ciljeva Održivog razvoja UN, pod nazivom Dostupna i čista energija, postaju sve bitniji i prioritetniji među globalnim ciljevima za spas planete. Procenjuje se da će njihovo korišćenje, uz povećanje energetska

efikasnosti i elektrifikaciju saobraćaja, dovesti do efektivnog uticaja na smanjenje globalnog zagrevanja i zagađenja.

Pandemijska 2020. godina postavila je obnovljive izvore energije kao važnu temu u javnom diskursu, ističući važnost čistih tehnologija za zdravlje ljudi, kao i za energetska nezavisnost svake države. Upravo su obnovljivi izvori energiji u 2020. godini u Evropi prvi put u istoriji nadmašili proizvodnju energije dobijene iz fosilnih goriva. Četvrtina energije dobijena je iz nuklearnih reaktora, za koje takođe postoji plan gašenja u budućnosti.

U narednom periodu, očekuje se još veći rast kapaciteta OIE jer, da bi se dostigao klimatski cilj da se umani povećanje prosečne globalne temperature za 1,5 °C do 2050. godine, korišćenje fosilnih goriva mora da se smanji 75%.

Direktivom Evropske unije 2009/28/EC postavljen je cilj da, od ukupne potrošnje energije 2020. godine, 20% bude iz obnovljivih izvora. Članice Energetske zajednice dobile su još zahtevnije ciljeve, što je za Srbiju značilo 27% zelene energije u ukupnoj potrošnji.

Novom Direktivom 2018/2001/EC (RED II- Renewable Energy Directive) taj cilj je povećan na 32% do 2030. godine u potrošnji energije.

Evropa ubrzano radi na ozelenjavanju svojih energetska kapaciteta, naročito putem širenja korišćenja energije sunca i vetra. Trend rasta novih kapaciteta OIE u EU je veoma dinamičan u poslednjih 10 godina [7].

#### V. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U SRBIJI

Prema Zakonu o energetici, energija iz obnovljivih izvora je energija proizvedena iz nefosilnih obnovljivih izvora, kao što su: vodotokovi, biomasa, vetar, sunce, biogas, deponijski gas, gas iz pogona za preradu kanalizacionih voda i izvori geotermalne energije.

Prema Direktivi 2009/28/EZ, energija iz obnovljivih izvora je energija iz nefosilnih obnovljivih izvora i to: energija vetra, solarna, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna, energija okeana, hidroenergija, biomasa, deponijski gas, gas iz postrojenja za obradu otpada i biogas.

Srbija je od 2015. godine do danas napravila značajan pomak u oblasti primene obnovljivih izvora energije, pre svega izgradnjom sedam vetroelektrana ukupnog kapaciteta 398 MW. Prema podacima iz 2019. godine, udeo u bruto finalnoj potrošnji energije iznosio je oko 21,5 %.

Prema projekcijama Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, ukupan potencijal obnovljivih izvora energije u našoj zemlji iznosi 5,65 miliona toe (tona ekvivalenta nafte) godišnje (Tabela 1).

Republika Srbija je 2013. godine donela Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije, sa ambicioznim ciljem da do 2020. godine ostvari 27% udela OIE u bruto finalnoj potrošnji energije. Trenutno je u razradi novi Integrirani energetska i klimatska plan, koji će definisati nove ciljeve u oblasti OIE do 2030. godine. Korišćenje OIE u prethodnom periodu zasnivalo se na proizvodnji električne energije iz velikih rečnih tokova, iz vetro potencijala i na korišćenju

biomase, najvećim delom za potrebe grejanja u domaćinstvima a manjim delom u industriji [7].

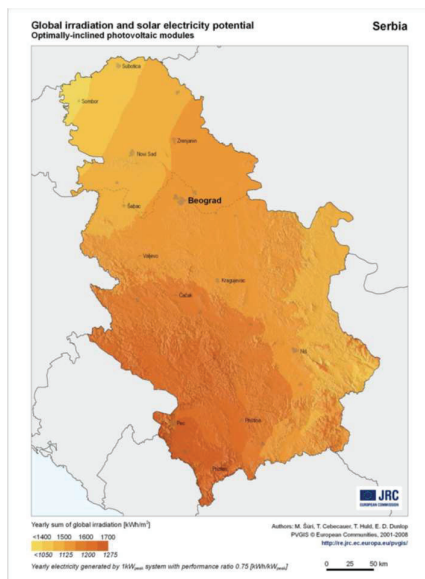
Tabela 1: Raspoloživi tehnički potencija obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji

Vrsta OIE	Raspoloživi tehnički potencijal koji se koristi (MtOE)	Neiskorišćeni raspoloživi tehnički potencijal (MtOE)	Ukupni raspoloživi tehnički potencijal (MtOE)
BIOMASA	1,054	2,394	3,448
Poljoprivredna biomasa	0,033	1,637	1,67
Ostaci od poljoprivrednih kultura	0,033	0,99	1,023
Ostaci u voćarstvu, vinogradarstvu i preradi voća	-	0,605	0,605
Tečni stajnjak	-	0,042	0,042
Drvena (šumska) biomasa	1,021	0,509	1,53
Energetski zasadi	-	-	nije dostupno
Biorazgradivi otpad	0	0,248	0,248
Biorazgradivi komunalni otpad	0	0,205	0,205
Biorazgradivi otpad (osim komunalnog)	0	0,043	0,043
HIDRO ENERGIJA	0,909	0,770	1,679
Za instalisane kapacitete do 10MW	0,004	0,151	0,155
Za instalisane kapacitete od 10MW do 30MW	0,020	0,102	0,122
Za instalisane kapacitete preko 30MW	0,885	0,517	1,402
GEOTERMALNA	≈0	0,1	0,180
Za proizvodnju električne energije	≈0	≈0	≈0
Za proizvodnju toplotne energije	0,005	0,175	0,180
ENERGIJA SUNCA	≈0	0,240	0,240
Za proizvodnju električne energije	≈0	0,046	0,046
Za proizvodnju toplotne energije	≈0	0,194	0,194
ENERGIJA VETRA	≈0	0,103	0,103
Ukupno iz svih OIE	1,968	3,682	5,65

Izvor: Startegija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine

Tabela 1 – Tabela sa pregledom potencijala korišćenja različitih vidova obnovljive energije u Republici Srbiji

Kao i u slučaju potencijala energije vetra, i potencijal iskorišćenja solarne energije zavisi, osim od prirodnih uslova, i od tehničkih mogućnosti elektroenergetskog sistema da je integriše. Na Sl. 5 dat je prikaz globalnog horizontalnog zračenja i moguća količina proizvedene električne energije pri optimalno postavljenom nagibnom uglu PV panela za 1 kWp instalisane snage za Republiku Srbiju.



Sl. 5 Prikaz globalnog horizontalnog zračenja i moguća količina proizvedene električne energije pri optimalno postavljenom nagibnom uglu PV panela za 1 kWp instalisane snage za Republiku Srbiju

Važan korak u proceni izvodljivosti solarne elektrane i obezbeđenja finansiranja projekata je adekvatna procena godišnje proizvodnje električne energije koja se očekuje od solarne elektrane. Određivanjem godišnjeg prinosa električne energije daje se osnova za obračun finansijskih performansi projekta u toku njegovog životnog veka od 25 ili 30 godina. Za tačan proračun proizvodnje električne energije proizvedene iz solarne elektrane potrebni su podaci o solarnoj insolaciji na lokaciji elektrane, meteorološkim karakteristikama lokacije (temperatura, vlaga, brzina vetra, padavine, itd.), topologiji terena i objektima koji mogu izazvati zasenčenje solarnih kolektora, tehničkim elementima elektrane (nagibni ugao solarnih kolektora, tip solarnih kolektora, fiksni sistem ili sistem sa praćenjem kretanja sunca, itd.) i mnogo drugih elemenata [8].

U Srbiji je do sada izgrađeno 107 solarnih elektrana instalisane snage 8,82 MW koje su dobile podsticajne cene (*feed-in* tarife). Reč je o objektima male snage na zemlji i na krovu. Solarne elektrane su izgradili i privatni investitori za svoje potrebe ili za potrebe prodaje trgovcima električnom energijom. Procenjuje se da je izgrađeno oko 2,5 MW solarnih elektrana van podsticajnih mera. U narednim godinama očekuje se investiciona ekspanzija i dolazak velikih investitora iz oblasti solarne energije, jer se potencijal ove energije veoma malo koristi. Procenjuje se da se u ranoj fazi razvoja nalazi više od 100 MW solarnih parkova.

Prema Zakonu o korišćenju obnovljivih izvora energije, kojim je korišćenje OIE definisano kao javni interes, od posebnog značaja za Republiku Srbiju, naime, prvi put je omogućeno da domaćinstva i industrija mogu da postanu kupci-proizvođači (prosumeri), a građani mogu da formiraju zajednicu obnovljivih izvora energije. Domaćinstva i industrija moći će na taj način da instaliraju na svoje objekte elektrane na OIE (što su najčešće solarni paneli) i da tu energiju koriste za sopstvenu potrošnju, a da višak isporuče u mrežu ili da ga uskladište radi kasnijeg korišćenja.

Ono što se posebno ističe u ovom radu jeste da je u toku izgradnja solarne elektrane „Kostolac - Petka“, snage 9,75 MW. Proizvedena električna energija predavaće se u elektroenergetski sistem EPS-a. S obzirom na ukupnu proizvodnju koju JP EPS ostvaruje, izgradnja solarne elektrane na zemlji, snage 9,75 MW, predstavlja zanemarljiv udeo u ukupnim kapacitetima (oko 0,6 %) , kao i u ukupnom bilansu proizvodnje električne energije (oko 0,2 %). Međutim, njen značaj je pre svega strateški i eksperimentalni. Izgradnjom solarne elektrane JP EPS će prvi put isporučivati električnu energiju koja se proizvodi iz sunca, a takođe će kroz rad elektrane moći da testira mogućnosti dalje primene sunčeve energije u sopstvenim proizvodnim kapacitetima. Takođe, izgradnja solarne elektrane „Kostolac - Petka“ doprineće poboljšanju elektroenergetskog sistema na lokalnom nivou (grad Požarevac i opština Kostolac).

Solarna elektrana na zemlji, snage 9,75 MW, nakon izgradnje biće jedna od dve najveće elektrane tog tipa u Srbiji i značajan iskorak za JP EPS i Republiku Srbiju u primeni čistih tehnologija i održivog razvoja (*CDM – Clean Development Mechanism*).



Kako JP EPS predstavlja trenutno jedinog dominantnog proizvođača i isporučioa energije na tržištu Srbije, razvojne mogućnosti su, između ostalog, uslovljene i strateškim planovima najvišeg reda Republike Srbije.

Sa druge strane, liberalizacijom tržišta energije u Srbiji, jedan od prioriteta JP EPS jeste i profitabilno poslovanje u sektoru proizvodnje i isporuke električne energije.

Proizvodni deo elektroenergetskog sistema Srbije zasniva se na korišćenju sopstvenih primarnih energenata, u prvom redu uglja (lignit) i raspoloživog hidropotencijala. Prema aktuelnim sagledavanjima, ovi potencijali obezbeđuju proizvodnju postojećih i novih objekata čiji se ulazak u pogon očekuje do 2030. godine u punom tehnološkom veku trajanja.

U Tabeli 2, dat je prikaz prognoze potrošnje u elektroenergetskom sistemu Srbije do 2030. godine.

Godina	Ukupna potrošnja (GWh)	Maksimalno opterećenje (MW)
2018.	37.473	6.534
2019.	37.904	6.608
2020.	38.407	6.703
2025.	40.996	7.137
2030.	42.960	7.524

Tabela 2 – Prognoza potrošnje u elektroenergetskom sistemu Republike Srbije

Prognozirani obim i strukturu potrošnje električne energije elektroenergetskog sistema Srbije u dugoročnom planskom periodu moguće je podmiriti korišćenjem proizvodnih kapaciteta koji su u pogonu, kao i izgradnjom novih kapaciteta, pre svega u termoelektranama, a u određenoj meri i aktiviranjem preostalog raspoloživog hidroenergetskog potencijala.

Pored izgradnje novih, aktivnosti elektroprivrede u narednom periodu biće usmerene ka intenzivnoj realizaciji projekata revitalizacije i rekonstrukcije postojećih hidro i termo elektrana čime će se, pored povećanja nivoa sigurnosti snabdevanja potrošača, ostvariti i određeni efekti u povećanju snage i proizvodnje postojećih proizvodnih kapaciteta.

Sagledavanjem negativnog uticaja postojeće tehnologije proizvodnje energije iz uglja na životnu sredinu i potreba da se razvoj energetskog sektora uskladi sa principima očuvanja životne sredine (održivi razvoj), donete su odluke na državnom nivou (Zakon o energetici) i potpisani međudržavni dokumenti (Ugovor o energetskoj zajednici), koji upućuju i obavezuju na intenzivnije korišćenje obnovljivih izvora energije.

U kontekstu navedenog, investiranje u solarnu elektranu predstavlja pre svega stratešku investiciju čiji je glavni cilj promocija korišćenja OIE i dokaz posvećenosti očuvanju životne sredine i odgovornom i održivom poslovanju [7].

## VI. ZAKLJUČAK

„Napredak i razvoj čoveka bitno zavise od izumiteljskog dara. On je najvažniji proizvod čovekovog stvaralačkog uma. Njegov krajnji cilj je potpuna prevlast uma nad materijalnim svetom i ovladavanje prirodnim silama za potrebe ljudi. To je težak zadatak za pronalazača, koga vrlo često pogrešno shvataju i ne priznaju. Ali, on nalazi ogromnu nadoknadu u zadovoljstvu koje proizilazi iz njegove moći i osećanja da pripada klasi izuzetno privilegovanih ljudi, bez kojih bi čovečanstvo odavno iščezlo u ljutoj borbi protiv nemilosrdnih sila prirode.“ [1, str. 17]

U svetlu modernih i savremenih razmišljanja, Tesline ideje i uputstva – objavljene pre sto godina – deluju mudro i dalekovidno. Njegov polifazni sistem, originalno namenjen za korišćenje energije vode, bio je jedan „sistem koji podržava život“. Njegov bežični sistem prenosa energije imao je za cilj stvaranje uslova života na planeti kakve bi danas većina čovečanstva pozelela, sa ravnomernijom i pravednijom raspodelom resursa. Poseban značaj dobija njegovo insistiranje na traganju za izvorima energije koji nisu „potrošivi“ kao drvo, nafta i ugalj već „obnovljivi“ kao voda, sunce i mnogi drugi čoveku skriveni, ali postojeći oblici energije u prirodi koja je sva u kretanju. Ili njegovo izbegavanje da se bavi istraživanjem korišćenja atomske energije jer „ovo dostignuće umesto da bude blagoslov, moglo bi da bude katastrofalno za čovečanstvo, dajući povoda razdoru i anarhiji koji bi na kraju doveli do vladavine omraženog režima i sile“ [1], [6].

Krajem 19. i početkom 20. veka, kada se nije slutilo da će zapadna civilizacija doživeti ovakav tehnološki i ekonomski razvoj, niti da će taj razvoj postati pretnja opstanku čoveka na planeti Zemlji, Tesla se svojim projektima, idejama i patentima trudio da ukaže na drugi put kojim bi čovek trebalo da ide u svom razvoju – put velike misaone udobljenosti i ljubavi prema svemu što stvara, put zahvalnosti prema svemu što je stvoreno pre no što je čovek stupio na istorijsku pozornicu. Tada se takav pristup činio nepotrebnim, ali danas, kada razmišljamo o ostavštini za budućnost, primer naučnika i mislioca podjednako zagledanog u svet oko sebe i u svet u sebi, slobodnog u stvaralaštvu, ali i odgovornog u stvaranju, postaje sve aktuelniji.

## LITERATURA

- [1] N. Tesla, „Moji izumi“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [2] N. Tesla, „Problem povećanja ljudske energije“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [3] N. Tesla, „Svet čuda koji će stvoriti elektricitet“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [4] N. Tesla, „Energija budućnosti“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [5] N. Tesla, „Pokretačka snaga budućnosti“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [6] B. Jovanović, „Tesla – duh, delo, vizija“, Freemental, Beograd 2001.
- [7] V. Lukić, Delta inženjering d.o.o. Beograd, Projekat Za Izvođenje – Projekat tehnologije, Solarna elektrana „Petka“ snage 9,95MW, Investitor: Javno Preduzeće „Elektroprivreda Srbije“, Beograd.
- [8] Marijan Rančić, Kamala Šantić Mujezinović, Ljuboslav Lenhart, Miloš Perišić, Nikolina Genko, Rade Mrdak, Tea Požar - New Energy Solutions d.o.o. Beograd, „Studija izvodljivosti solarne elektrane Saraoci“, Naručilac: AVR Solar Park d.o.o. Beograd.

- [9] A. Marinčić, „Teslina autobiografija“, Članci, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 1995.
- [10] N. Tesla, „Nov sistem motora i transformatora naizmjenične struje“, Predavanja, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 2006.

## ABSTRACT

**RENEWABLE ENERGY SOURCES: FROM TESLA'S VISION  
TO THE CONTEMPORARY PERSPECTIVE OF  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND EXPLOITATION**

Jovo Jelić

This paper offers an overview of Tesla's research in multiphase alternating currents and their role in generating, transmitting, and distributing electrical energy. It also explores his visionary views on renewable energy sources, as discussed in various articles and lectures from the late 19<sup>th</sup> to early 20<sup>th</sup> century. Over a hundred years ago, Nikola Tesla, as a responsible scientist and researcher, was aware that coal, oil, and gas were consumable sources of energy and also significant environmental pollutants. He recognized that only clean energy from inexhaustible resources such as solar energy, wind energy, geothermal energy, etc., could contribute to solving the problem of increasing human energy consumption. Present-day global trends in energy sector development are to a greater extent focused on clean energy adoption and technological advancements. Additionally, this paper outlines Serbia's energy sector development plan, emphasizing the utilization of renewable energy sources. The paper aims to illustrate the evolution of renewable energy applications, from Tesla's pioneering concepts to contemporary practices, within the framework of sustainable development and harmony with nature.

*Keywords – renewable energy sources, energetics, sustainable development*