

UNIVERZITET SINGIDUNUM

Departman za
poslediplomske studije i međunarodnu saradnju

INŽENJERSKI MENADŽMENT
MASTER STUDIJSKI PROGRAM

Master Rad

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE - ANALIZA I OCENA INVESTICIONI
ULAGANJA U ENERGIJU VETRA

Mentor:
Doc dr Dragan Marković

Kandidat:
Nikola Aleksić
br. indeksa: 411236/2011

u Beogradu, 2013.



Vetar je horizontalno strujanje vazdušnih masa nastalo usled razlike temperature, odnosno prostorne razlike u vazдушnom pritisku. Vetar je posledica Sunčevog zračenja, tj. energija vetra je transformisani oblik sunčeve energije, a na njegove karakteristike u velikoj meri utiču i geografski činioci.

Sva obnovljiva energija dolazi od sunca. Sunce prema Zemlji zrači 1015 kWh po kvadratnom metru. Oko 1 do 2 posto energije koja dolazi od sunca pretvara se u energiju vetra.

Postoje delovi Zemlje na kojima duvaju takozvani stalni (planetarni) vetrovi i na tim područjima je iskorištavanje energije vetra najisplativije. Dobre pozicije su obale okeana i pučina mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vetrova, ali cene instalacije i transporta energije koče takvu eksploataciju. Kod pretvaranja kinetičke energije vetra u mehaničku energiju (okretanje osovine generatora) iskorištava se samo razlika brzine vetra na ulazu i na izlazu.

Kao dobre strane iskorišćavanja energije vetra ističu se visoka pouzdanost rada postrojenja, nema troškova za gorivo i nema zagađivanja okoline. Loše strane su visoki troškovi izgradnje i promenljivost brzine vetra (ne može se garantovati isporučivanje energije). Velike vetrenjače često se instaliraju u park vetrenjača i preko transformatora spajaju se na električnu mrežu.

Prema podacima Svetske asocijacije energije vetra - World Wind Energy Association (WWEA), u ovoj godini (2012) očekuje se rast tržišta energije vetra za dvostruku vrednost. Prema podacima za prvi kvartal ove godine podaci su dostupni za 80% svetskog tržišta, zabeleženo je 5374 MW instaliranih novih kapaciteta, odnosno 23% povećanja u odnosu na prethodnu godinu. WWEA predviđa instalisanje ukupnih kapaciteta od 152 000 MW širom Sveta do kraja tekuće godine, što će značiti novi rekord od preko 30 000 MW instaliranih kapaciteta u toku jedne godine. Ovo predstavlja rast od 25% u odnosu na prethodnu godinu.

SADRŽAJ:

1. Metodologija istraživačkog rada	6
1.1 Uvodne napomene	6
1.2 Predmet istraživanja	6
1.3 Hipotetički okvir	6
1.4 Ciljevi istraživanja	7
1.5 Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa	7
2. Uvod	8
2.1 Istorija korišćenja vetra	9
3. Prirodni resursi i energija	13
3.1 Vrste energije	15
3.2 Obnovljivi izvori energije	17
4. Energija vetra	21
4.1 Atlas raspoloživosti vetra	22
5. Opis i princip rada vetrotehnologije	24
5.1 Vetroturbine sa vertikalnom osnovom	25
5.2 Vetroturbine sa horizontalnom osnovom	26
5.3 Tornjevi vetroturbina	27
5.4 Tipovi sistema i primene	28
6. Iskorišćavanje energije vetra u EU i svetu	29
6.1 Iskorišćavanje energija vetra u Republici Srbiji	30
7. Istine i zablude o energiji vetra	32
8. Proces investiranja u obnovljive izvore energije u republici Srbiji	33
8.1 Priprema investicionog projekta	33

8.2. Realizacija investicije	34
8.3. Osnovni koraci od ideje do korišćenja vetroelektane	36
8.4. Ciljevi politike korišćenja obnovljivih izvora energije	37
9. Analiza investicionih ulaganja u vetroelektrane	38
9.1. Metodologija gradnje vetroelektrane	38
9.2. Mogućnosti i izvodljivost gradnje vetroelektrane na teritoriji Vojvodine	40
9.2.1. Mogućnost i izvodljivost izgradnje vetroelektrane na razmatranoj lokaciji	40
9.2.2. Model za procenu mape potencijala vetra	41
9.2.3. Modelovanje hrapavosti terena	42
9.2.4. Modelovanje prepreka	42
9.2.5. Modelovanje orografije terena	42
9.3. Mapa vetroenergetskog potencijala Vojvodine	43
9.4. Tehnički uslovi gradnje vetroelektrane na razmatranoj lokaciji	45
9.5. Specifikacija potrebnih dozvola i dokumenata za izgradnju vetroelektrane	45
9.5.1. Energetska dozvola	45
9.5.2. Dokumentacija i elektroenergetska saglasnost za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu	46
9.6. Analiza neophodnih dodatnih istraživanja vetropotencijala na lokaciji predviđenoj za gradnju	48
9.7. Tehničko-tehnološko rešenje vetroelektrane	48
9.7.1. Izbor tipa, veličine i karakteristika vetroagregata	49
9.7.2. Analiza ugroženosti vetroelektrane od atmosferskih pražnjenja	50
9.7.3. Osnovni tehnički zahtevi za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu	50
9.7.4. Osnovni tehnički zahtevi za izvođenje priključka male elektrane	50
9.7.5. Zaštita generatora i priključnog voda male elektrane	51
9.7.6. Pogon vetroelektrana	52
9.8. Proračun ukupne godišnje proizvodnje vetroelektrane	53

9.8.1. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Enercon E 82 2 MW postavljenim na stub visine 80 m.....	53
9.8.2. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Vestas V 80 1,8 MW postavljenim na stub visine 80 m 25	53
9.8.3. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Gamesa G 90 2 MW postavljenim na stub visine 80 m	53
9.9. Tržišni aspekti	54
9.9.1. Analiza i procena tražnje	54
9.9.2. Prognoza prodajnih cena	55
10. Ekološki aspekti rada vetroelektrane	57
10.1. Pozitivni ekološki efekti rada vetroelektrana	57
10.2. Analiza negativnih uticaja rada vetroelektrane na okolinu	58
10.3. Specifikacija dozvola za izgradnju vetroelektrane sa aspekta zaštite životne sredine	59
11. Ekonomsko - finansijski deo analize investicionih ulaganja u vetroelektrane	60
11.1. Investiciona ulaganja u vetroelektrane	62
11.2. Obračun troškova proizvodnje vetroelektrane	65
11.3. Bilans uspeha projekta	66
11.4. Finansijski tok projekta (Cash Flow)	67
11.5. Ekonomski tok projekta (proračun IRR)	67
11.6. Društveni tok projekta	68
11.7. Analiza osetljivosti za vetroelektane	68
12. Zaključak	74
13. Literatura	75

1. Metodologija istraživačkog rada

1.1 Uvodne napomene

Istraživanje sprovedeno tokom pisanja ovog rada je pokazalo da je pitanje energetske sigurnosti i stabilnosti postalo, poslednjih nekoliko godina, kardinalno pitanje čitavog svetskog, ekonomskog, privrednog i društvenog sistema. Visoko razvijene zemlje koje su evoluirale po pitanju energetske sigurnosti takođe se suočavaju sa problemom ostavljanja svog "traga u životnoj sredini" i svoje uloge smanjenja ljudskog uticaja na klimu. U ovom radu su detaljno analizirani sistemi korišćenja energije vetra, kao jedne od grana obnovljivih izvora energije, kao i značaj korišćenja, kroz istoriju pa do danas.

1.2 Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je analiza i potpuno sagledavanje pojma i upotrebe energije vetra u čitavom svetu i u Srbiji, kao i prezentovanje različitih metoda upotrebe kroz praktične primere. U toku ovog istraživanja prikazano je na koj način se može koristiti energija vetra, kao i samo funkcionisanje sistema vetrogeneratora.

1.3 Hipotetički okvir

Generalna ili opšta hipoteza: Zasniva se na tome da je život na Zemlji nastao i opstao milionima godina zahvaljujući povoljnim klimatskim prilikama. Klimatske promene na Zemlji su doživele takav nivo da možemo govoriti o klimatskoj krizi. Vizija izlaska iz te krize je veoma jasna, a to je prelazak na manje štetne izvore energije, odnosno na obnovljive izvore energije. Poznato je da se čovek tokom svoje evolucije, uvek vraćao na prvobitne, osnovne načine korišćenja energenata.

Posebna ili radna hipoteza: Međutim, lobiji koji zagovaraju dalju upotrebu fosilnih goriva i nuklearne energije, daleko su moćniji na tržištu energije i trenutno nema nikakvih naznaka usporavanja potrošnje "prljavih" izvora energije. Takav pristup mogao bi u budućnosti znatno promeniti klimu, a time bi život osetljivih biljaka i životinja bio ugrožen. Da bi se izbegla takva budućnost Zemlje, neke države su počele da podstiču programe štednje energije i prelazak na "čiste" izvore energije. Globalno gledano za sada nema velikog napretka u tome jer je količina energije dobijena na taj način zanemarljiva prema energiji dobijenoj od fosilnih goriva i iz nuklearnih elektrana.

Pojedinačna hipoteza: Zelena energija u savremenom društvu postaje sve popularnija i veoma cenjeni resurs za kojim se povećava potražnja. Velike kompanije su to odavno već uvidele, i već

uveliko traje utrkiivanje ko će proizvesti bolje komponente koje pretvaraju “zelenu energiju” u koristan rad.

1.4 Ciljevi istraživanja

Naučni cilj ovog istraživanja je analiza i potpuno razumevanje prirode i funkcionalnosti obnovljivih izvora energije, sa akcentom na energiju vetra. radi njihove što bolje popularizacije u svetu.

Konkretan cilj ovog istraživanja je pronalaženje odgovora na sledeća pitanja:

- ❖ Koje vrste obnovljivih izvora postoje i koje se najčešće koriste?
- ❖ Koji načini i tehnike postoje za pretvaranje “zelene energije” u koristan rad?
- ❖ Kako je i na koje načine evoluirala primena vetroenergije kroz ljudsku istoriju?
- ❖ Koliko je isplativo korišćenje vetroenergije ?
- ❖ Koliko može biti korisna energija vetra?
- ❖ Kako funkcioniše sistem vetrotehnologije?
- ❖ Koliko se koristi energija vetra u Srbiji i u svetu?

1.5 Metode istraživanja i tok istraživačkog procesa

Osnovne metode: Za potrebe istraživanja izvršena je analiza metoda korišćenja obnovljivih izvora energije. Pomoću nekoliko kompetentnih izvora stručne literature, objašnjen je način primene vetrotehnologije, sa ciljem da se rasvetli značaj na čitav svet i praktičnu primenu u svetu.

Projekat: U cilju potpunog razumevanja povoljnosti korišćenja vetroenergije, biće prezentovan moj lični projekat male vetroelektrane, na realnoj lokaciji.

Tok istraživačkog procesa: Najpre je sprovedena kratka analiza različitih tipova obnovljivih izvora energije. Pri tome su objašnjene njihove karakteristike i obrazloženo kada i gde je najbolje da se koriste i u kojim slučajevima. Potom je izvršena i obimna analiza energije vetra. Na kraju rada je dat pregled korišćenja literature i stručnih izvora na kojima je deo istraživanja i osnovan.

2. Uvod

Energija vetra je transformisani oblik sunčeve energije. Sunce neravnomerno zagreva različite delove Zemlje i to rezultira različitim pritiscima vazduha, a vetar nastaje zbog težnje za izjednačavanjem vazdušnog pritiska. Postoje delovi Zemlje na kojima duvaju tzv. stalni



(planetarni) vetrovi i na tim područjima je iskorišćavanje energije vetra najisplativije. Dobre pozicije su obale okeana i pučine mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vetrova, ali cene instalacije i transporta energije „koče“ takvu eksploataciju. Kod pretvaranja kinetičke energije vetra u mehaničku energiju (okretanje osovine generatora) iskorišćava se samo razlika brzine vetra na ulazu i na izlazu.

Ogromna snaga vetra uočljiva je povremeno kroz njegovu razornu moć, dok u dužem vremenskom periodu vetar izaziva eroziju tla i oblikuje teren u pojedinim oblastima. Kroz vekove, čovek je naučio da vetar može da mu bude saveznik. Osim plovidbe morskim prostranstvima, verovatno je da je vetar korišćen za pogon neke vrste vetrenjača u Kini i Japanu pre oko 3000 godina. Prvi pisani podaci iz 947. godine spominju vetrenjaču izgrađenu u Persiji, u blizini granice sa Avganistanom. Ova vetrenjača radila je na principu vodenice na vodotokovima. Pošto je vetar duvao stalno iz istog pravca bilo je moguće primeniti princip rada vodenice.



U Evropi su se vetrenjače pojavile krajem 12. veka i, zahvaljujući pronalasku zupčanika, konstruisane su sa horizontalnom osovinom. U periodu od 12. do kraja 19. veka vetar je korišćen kao najznačajniji izvor energije. Sredinom 19. veka u Holandiji je postojalo oko 9.000 vetrenjača, u Nemačkoj 18.000, Engleskoj 80.000, Danskoj 3.000, Francuskoj 20.000. Tradicija korišćenja vetra na području Srbije postojala je u Vojvodini. U 19. veku u Vojvodini je bilo oko 280 vetrenjača, a prva je izgrađena krajem 18. veka u Elemiru kod Zrenjanina.

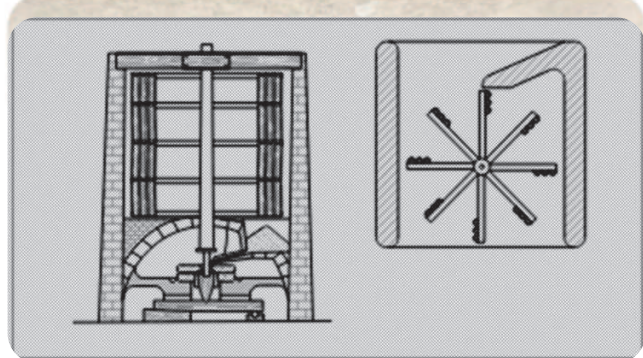
Pre pronalaska parne mašine i industrijske revolucije, polovina energije proizvodila se uz pomoć vetra, a druga polovina korišćenjem hidropotencijala.

Naftna kriza početkom 70-tih godina prošlog veka i akcidenti u nuklearnim elektranama usloveli su potrebu za korišćenjem obnovljivih izvora energije. Krajem 80- tih i početkom 90-tih godina 20. veka, razvoj i primena vetrenjača za proizvodnju električne energije dobijaju na značaju.

2.1 Istorija korišćenja vetra

Snaga vetra koristila se možda još 5.000. godine p.n.e. Najraniji poznati prikaz korišćenja energije vetra na jednoj egipatskoj vazi koja prikazuje jedrenjak datira iz 3.500. godine p.n.e. Originalno vozilo pokretano snagom vetra sa Nila.

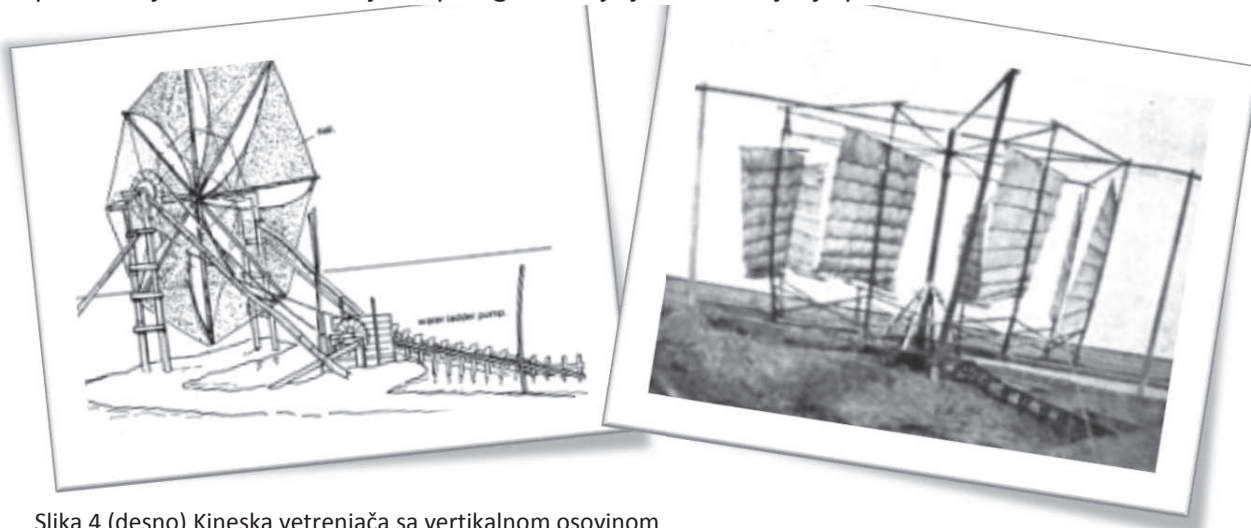
Prva zabeležena upotreba vetrenjača je iz VII veka u Sistanu, u današnjem Avganistanu. Ove rane naprave, zvane panemone, veoma su se razlikovale od današnjih vetrenjača. Imale su vertikalnu osovinu i šest do dvanaest jedara. Korišćene su da bi se izvadila voda iz bunara, ali i za mlevenje žitarica. Ima naznaka da se vetrenjače pojavljuju još ranije, čak u I veku.



Slika 1,2,3: Drevna vetrenjača, Khaf, Sistan, današnji Avganistan

Moderna vetrenjača, sa horizontalnom osovinom i vertikalnim lopaticama, datira iz oko 1100. godine iz Evrope: zabeležka o iznajmljivanju iz 1185. godine odnosi se na vetrenjaču u Jorkširu, u Engleskoj. Ove prve vetrenjače još uvek su koristile jedra umesto rotora. Manje verzije ovakvog dizajna koriste se do današnjeg dana da bi se izvlačila voda u seoskim zajednicama širom sveta.

Neki naučnici dokazuju da se u Kini koriste vetrenjače više od 2.000 godina, ali prvi neosporni dokument jeste napomena u spisima kineskog državnika iz 1219. godine. Ove kineske vetrenjače bile su veoma slične vetrenjačama iz srednje Azije - imale su vertikalnu osovinu i korišćene su za izvlačenje vode i mlevenje žitarica. Ali ono što je kod ovih vetrenjača predstavljalo bitnu razliku jeste prilagođavanje jedara menjanju pravca vetra.



Slika 4 (desno) Kineska vetrenjača sa vertikalnom osovinom

Slika 5 (levo) Kineska vetrenjača sa horizontalnom osovinom - u upotrebi u nekim delovima Kine

Prva velika inovacija u korišćenju snage vetra bile su upravo vetrenjače koje su mogle da se okreću tako da su uvek okrenute ka vetru. U srednjovekovnoj Evropi, upravljač vetrenjače morao je ručno da okrene celu građevinu kako bi uhvatio svaki povetarac.

Holandžani, koji su još uvek lideri u tehnologiji korišćenja vetra, razvili su u XIV veku prvu vetrenjaču kod koje se samo vrh tornja okreće. Ove vetrenjače su imale fiksnu drvenu konstrukciju koja je u sebi imala mašineriju za mlevenje i pokretni vrh koji su činili krov, jedra, vratilo i kočnice. Na taj način se obrtao samo vrh ka vetru, a ne cela građevina kao do tad. Ovaj dizajn je omogućio da vetrenjače postanu veoma velike i da obavljaju više poslova istovremeno. Veće vetrenjače su značile i veću iskorišćenost snage vetra. Takođe, zamisao je Holandžana i da se za vetrenjače koriste lopatice umesto jedara.



Slika 6 Holandska vetrenjača

Svet je počeo da koristi fosilna goriva sredinom XIX veka, a do tada, snaga vetra je korišćena za jedrenjake i vetrenjače i bila je glavni svetski izvor energije. Danas se radi na tome da generatori na fosilna goriva budu zamenjeni turbinama na vetar. Čak i supertankeri eksperimentišu sa novim, visokoefikasnim jedrima kao mogućim načinom za smanjivanje upotrebe goriva. Još jedan primer istorije koja je napravila pun krug i vratila se na početak.

Prva poznata vetroturbina koja je proizvodila električnu energiju, bila je vetroturbina sa vertikalnom osovinom koju je 1887. godine projektovao škotski profesor Džejms Blajt (*James Blyth*) u Glazgovu. Građevina je bila visoka 18m, rotor je u prečniku imao 17m i proizvodila je 12kW. Blajt je ponudio svoj pronalazak susednom gradu Marikirku. Oni su ga odbili verujući da je elektricitet "đavolska rabota".

Prvi pokušaj da se pomoću vetra stvori električna energija u većem obimu pripisuje se Čarlsu Brašu (Charles F. Brush) iz Klivlenda, Ohajo, SAD. Njegova vetroturbina je imala iste karakteristike kao i Blajtova, sa tom razlikom što je imala horizontalnu osovinu i višestruke lopatice. On je svoju vetroturbinu napravio takođe 1887. godine i neki naučnici smatraju da je nemoguće dokazati da je Blajt to učinio pre njega.

Male vetrenjače sa više lopatica bile su simbol američke ekspanzije na zapad - šest miliona je instalirano između 1850. i 1970. godine. Ali Čarls Braš je uneo revoluciju u njihovoj primeni: umesto obrade žitarica i pumpanja vode, one su sada mogle biti korišćene za stvaranje električne energije i punjenje baterija.



Slika 7 (levo) Vetroturbina Jamesa Blytha

Slika 8 (desno) Vetroturbina Charlsa Brusha

Prva visokoenergetska turbina na vetar razvijena je u Rusiji 1931. godine. Imala je generator od 100KW i radila je skoro dve godine. Deset godina kasnije, vetroturbina od 1,25MW, sa elisama dužine 50m u prečniku, instalirana je u Vermontu. Radila je samo nekoliko stotina sati pre nego što je rotor pukao. Rani projekti su izgledali više kao ogromne naprave za podizanje, a rotori kao oštrice fena, u odnosu na današnje tanke, aerodinamične turbine.

Moderni dizajn turbine na vetar, sa tri lopatice na vrhu visokog, zatvorenog tornja, naziva se *holandski koncept*. Prototip koji je 1956. godine napravio Johaness Jul (*Johannes Juul*) radio je jedanaest godina bez održavanja.

Naftni embargo 1973. i 1979. godine pojačao je interes SAD-a za energiju vetra. Već 1980. godine SAD su smatrane jednim od svetskih lidera u tehnologiji primene vetra. Ali, interes je zamro devedesetih godina kako je nafta ponovo pojeftinila, a američka industrija vetra tek počela da pristiže svetske lidere. Samo je jedna američka kompanija, GE Wind, među prvih deset proizvođača turbina na vetar u svetu.

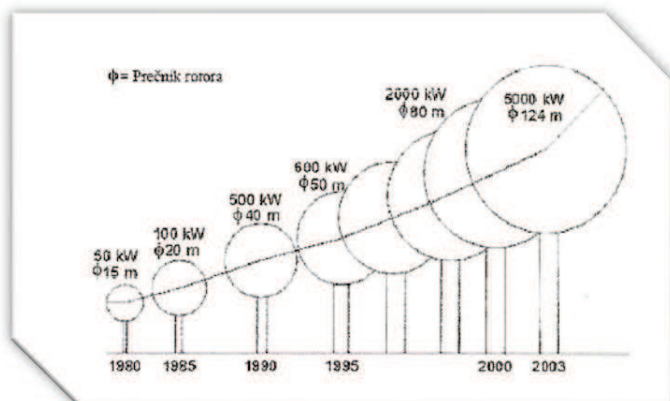


Slika 9 "Holandski Koncept" vetroturbine

Godine 2008, SAD je preuzeo vodeće mesto u proizvodnji struje putem vetra od Nemačke, sa Španijom, Kinom i Indijom ulazi u prvih pet najvećih proizvođača.

Ali SAD i dalje proizvodi manje od 1% struje korišćenjem energije vetra. Radi poređenja, Danska dobija više od 20% svoje struje od vetra.

Od 1980. godine vetroenergetika je snažno napredovala, tako da danas imamo vetroturbine od 1.0 do 2.5 MW, sa prečnikom rotora do 50m do 90m. Na slici je prikazan razvoj tehnologije vetroturbina.



Slika 10 Razvoj tehnologije vetroturbina



3.0 Prirodni resursi i energija

Prirodni resursi i energija imaju veliki značaj za održavanje života na zemlji i za razvoj ljudske civilizacije. Energija i materija su čvrsto povezane jer svaka materija može da se pretvori u energiju, a energije mogu da prelaze iz jednog vida u neki drugi. Osnova energije su resursi. Svaka delatnost koja obavlja određene intervencije u sredini koje znače i promenu, troši određeni vid energije u određenim količinama. Svaka potrošnja prema zakonu entropije, nepovratno troši korisnu energiju (resurse) pretvarajući je u nekorisnu. Prema tome, svako planiranje (ekonomsko, društveno, prostorno, urbanističko) predviđa potrošnju određenih količina energije. Iako svaka vrsta planiranja ima za cilj progres i razvoj određenog područja, ona mora da poštuje principe održivog razvoja i da primenjuje osnove održive energetike.[1]



Osim toga, na mnogim mestima u životnoj sredini, postoje već izgrađeni zagađivači, čije dejstvo je potrebno ublažiti. Iz tog razloga, neophodno je poznavanje osnovnih pojmova, principa, vrsta i mogućnosti primene energije. Predviđanja pokazuju na značajno povećanje potrošnje energije, što može dovesti do ugrožavanja uslova života na zemlji, jer svemiru postoji kontinuiran proces prelaza između materije i energije i sve što je živo, živo je tako dugo dok funkcioniše vrlo

složen sistem međusobno uslovljenih procesa kojima je svojstven spontani promet energije. Prestankom prometa energije prestaje i život. U ovom smislu je ukazivanje Nikole Tesle da od svih „raznovrsnih pojava koje priroda pruža našim čulima, ni jedna nas ne ispunjava većim čuđenjem nego to izuzetno složeno kretanje, koje u njegovoj sveukupnosti definišemo kao ljudski život“.

U stvari, energija se javlja kao glavni izvor života i života čoveka i primarni izvor njegovih mnogostranih napora. „Ako raspoložemo sa dovoljno energije, možemo da zadovoljimo većinu naših želja. Razvoj i bogastvo jednog grada, uspeh jedne zemlje, progres cele ljudske rase, sve to reguliše energija kojom raspoložemo“. Upravo zato očuvanje životne sredine, očuvanje uslova

života na planeti Zemlji, u osnovi se svodi na očuvanje energetske izvora i njihovo racionalno korišćenje.[2]

Iscrpljivanje prirodnih resursa nastalo je kao protivurečnost između tempa njihovog korišćenja (koji je omogućio razvoj dosadašnje i današnje civilizacije) i njihovih rezervi koje su iscrpljive. Ubrzani ekonomski razvoj, rast, zasnovan na rapidnom razvoju proizvodnih snaga, bio je omogućen i intenzivnim korišćenjem energetske izvora i doveo do narušavanja ekološke ravnoteže i degradacije prirodne sredine.

"Sa ubrzanjem privredog razvoja ubrzava se ekonomsko osvajanje prirode, intenzifikuje se i iskorišćavanje prirodne materije i svih njenih resursa. Sa eksponencijalnim rastom proizvodnje eksponencijalno rastu i svi proizvodni inputi, raste upotreba kapitala, potrošnje sirovina i energije, a sa njima i količina raznih tečnih i čvrstih materijala i otpadaka, koji sve intenzivnije zagađuju ljudsku okolinu tako da se zagađivanje prirode vrši po eksponencijalnoj krivoj".[3]

Značajno je da se pri primeni koncepta održivog razvoja za svaku intervenciju i akciju u sredini pri kojoj će se trošiti energija izračuna potrošnja energije, odnosno stavi u zavisnost korist prema šteti od te potrošnje i da se donese odluka šta je "jeftinije". Sa obzirom da se u narednom periodu, očekuje mogućnost udvostručavanja broja stanovnika na zemlji, to je u konceptu održivog razvoja, jedan od najznačajnijih sektora "održiva energetika".[4]

3.1 Vrste energije

Energija se pojavljuje u akumulisanim ili prelaznim oblicima. U zavisnosti od toga da li se pojavljuju u prirodi poznajemo primarne i sekundarne izvore energije.

Sa obzirom na nivo korišćenja primarni izвори energije mogu biti:

- ❖ konvencionalni izvori energije i
- ❖ nekonvencionalni izvori energije.

Sa obzirom na prirodnu obnovljivost izvori energije mogu biti:

- ❖ neobnovljivi izvori energije i
- ❖ obnovljivi izvori energije.



Između obnovljivih i neobnovljivih izvora energije postoje razlike u konstantnosti, mogućnosti uskladištenja i transporta, ali i u pogledu potrebanih ulaganja za gradnju postrojenja za njihovo korišćenje, te troškova za njihov rad i održavanje. Za praktično korišćenje prirodnih potencijala ili nosilaca energije bitna je tehnička mogućnost i ekonomska opravdanost njihovih iskorišćavanja.

Postoji još jedna podela, s obzirom na nosioce energije. U ovoj podeli postoje samo energetske izvori koji su nosioci hemijske energije, i to sa izuzetkom biomase (neobnovljivi), dok svi drugi energetske izvori spadaju u obnovljive.

Primarni izvori energije mogu biti:

- ❖ nosioci hemijske energije (goriva) – drvo, treset, ugalj, sirova nafta, prirodni gas, uljni škriljci, bituminozni peskovi, biomasa;
- ❖ nosioci potencijalne energije – vodne snage, plima i oseka;
- ❖ nosioci nuklearne energije – nuklearna goriva;
- ❖ nosioci kinetičke energije – vetar i morski talas;
- ❖ nosioci toplotne energije i geotermalna energija – toplota mora;
- ❖ nosioci energije zračenja – Sunčevo zračenje.

Istraživanje uzroka narušavanja ekološke ravnoteže koje za posledicu ima i ugrožavanja uslova života na planeti Zemlji, tj. degradaciju životne sredine, koja nastaje naročito intenzivno u drugoj polovini prošlog veka, pokazala su da se oni nalaze u iscrpljivanju prirodnih (posebno neobnovljivih) resursa, tj. u neracionalnom trošenju energije. Tako je stanovništvo oko 2000 godine trošilo 24–34% više energije nego u 1985. godini, a predviđa se da će potrošnja primarne energije u 2020. godini porasti sa 51–76% u odnosu na 1985. godinu.

Takođe postoji velika neusklađenost između razvijenih i nerazvijenih zemalja kako u proizvodnji tako i u potrošnji, i kada su u pitanju energetske izvor i kada su u pitanju mineralne sirovine. Od mineralnih sirovina, najznačajnije su rude metala: gvožđa, aluminijuma, bakra, olova, žive, cinka, kalaja. Najveći potrošači ovih sirovina su razvijene zemlje, dok su nerazvijene zemlje prinuđene da svoje mineralne sirovine ustupaju razvijenima za tehničku ili drugu vrstu pomoći. Međutim, rezerve imaju svoje granice i mnoge sirovine su blizu iscrpljenja.[5]

Velika potrošnja sirovina i energije usmerava modernu tehnologiju za traženje zamena prirodnih resursa, ali njihova proizvodnja uvećava masu i brojnost novih materijala kojih nema u prirodi i koji nemaju prirodno asimilatore, pa se u ekosferu sve intenzivnije unose materijali koji su njoj strani i koje ona ne može preraditi i upotrebiti za svoje životne potrebe.

Razmatranje Nikole Tesle (1856–1943) o izvorima energije i njegovo ukazivanje da svi oni potiču od Sunca, tj. toplote koje pružaju sunčevi zraci, uz ukazivanje na realnu mogućnost iscrpljivanja nekih od izvora energije, ali i razvijanje novih izvora energije (npr. iz tekuće vode, okeana i atoma) svakim danom postaje sve aktuelnija sa širenjem energetske krize. „Ako za proizvodnju energije koristimo gorivo, mi živimo od našeg kapitala i brzo ćemo ga iscrpiti. Taj metod je varvarski i bezobzirno rasipnički, pa sa njim treba prestati u interesu budućih generacija“ Uz to je Tesla, još 1919 godine, ukazivao na prodiranje shvatanja o značaju energije i potrebi njenog racionalnog trošenja, vodeći računa o generacijskim potrebama za energijom. Polako se širi ideja da resursi kojima vladamo pripadaju isto tako i budućim generacijama koliko i nama. I zato je ne treba rasipnički trošiti, jer će se na kraju iscrpiti. Upravo zato, ukazao je Tesla, objavljivanje svake informacije u vezi s novim vrstama energije stvara histerično interesovanje, kao što je to bio slučaj i sa saznavanjem o mogućnosti iskorišćavanja atomske energije.

Sasvim je očigledno da se to rasipništvo ne može beskonačno produžiti jer geološka istraživanja pokazuju da su naše zalihe goriva ograničene. Tesla ukazuje i da se u prirodi nalaze obilne zalihe energije u raznim oblicima koje bi se mogle ekonomičnije koristiti „ako se smisle pravi putevi i načini za to.“[6]

3.2 Obnovljivi izvori energije



Početak XXI veka obeležen je intenzivnim porastom potrošnje svih vidova energije u svetu, a naročito fosilnih goriva, nagoveštavajući da bi ona uskoro mogla biti potpuno iscrpljena. To je dovelo do nastavka rasta cena nafte, gasa i drugih energenata, koji je započeo u poslednjoj deceniji XX veka, ali i do globalne zabrinutosti za buduće izvore energije i razvoj čovečanstva.

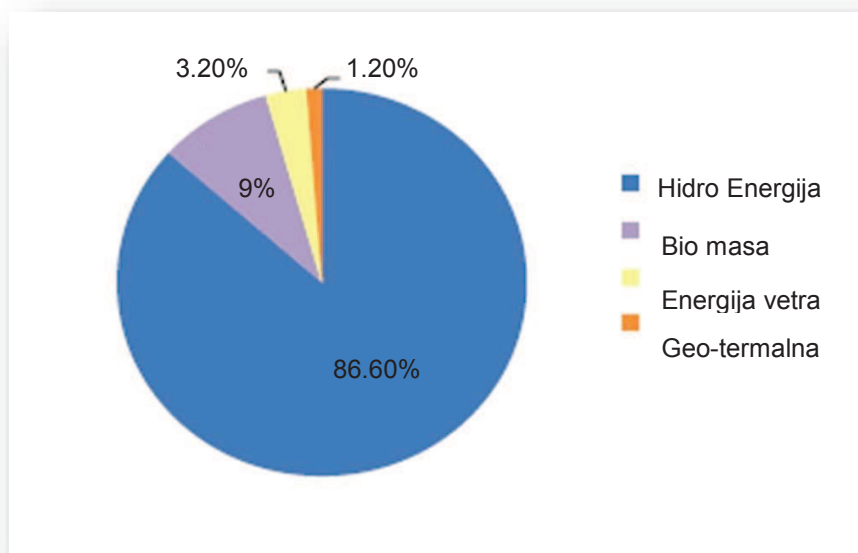
Druga karakteristika ovog perioda je nastavak povećanja koncentracije štetnih gasova u atmosferi (prvenstveno CO₂), kao posledice intenzivnog korišćenja fosilnih goriva,

uprkos opšte prihvaćenom sporazumu o smanjenju emisije – Kjoto protokolu iz 1997. god. Ova dva trenda, konstantan rast potrošnje i cena i intenziviranje posledica efekata staklene bašte, uz ograničenje ili zabranu korišćenja atomske energije, navele su razvijene zemlje, a pre svega zemlje Evropske unije, da se na samom kraju XX veka okrenu širem korišćenju obnovljivih izvora energije. U tom periodu Evropska Unija je koristila tek 6% energije dobijene iz obnovljivih izvora (uglavnom hidro energija i biomasa), dok je čak 79% bilo iz fosilnih izvora – nafta i derivati 41%, gas 22 % i ugalj 16%.

Kao posledica takve orijentacije, donesena je direktiva Evropske Unije 2001/77/EC, koja je polazeći od stanja 1998. god. zacrtala da se do kraja 2012. god. udeo „zelene“ energije u ukupnoj potrošnji energije poveća sa 6% na 12%. Ova odluka bila je od ključnog značaja za nagli razvoj korišćenja svih vidova obnovljivih izvora. Oblast obnovljivih izvora energije sa porastom potrošnje energije i u uslovima rasta korišćenja neobnovljivih izvora energije (fosilna goriva) dobija sve više na značaju zbog svojih osobina obnovljivosti i znatno manjeg štetnog uticaja na životnu sredinu. Povećanje obnovljive energije, smanjuje korišćenje fosilnih goriva i time utiče na očuvanje životne sredine. Povezanost korišćenja obnovljivih izvora energije sa zaštitom životne sredine, ogleda se pre svega kroz borbu protiv klimatskih promena i efekta staklene bašte.

Upotreba obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije od posebnog je interesa, s obzirom da je ona najpogodniji i najkvalitetniji oblik za korišćenje. U vreme donošenja pomenute direktive EU (1998), učešće obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije u 15 zemalja EU bio je između 1,1% (Belgija) i 70% (Austrija), s tim da je prosečno učešće bilo 14%. Direktiva je propisala da se ovaj udeo poveća na 22% do 2010. god. Sa slike 11. vidi se da je najveći deo proizvedene električne energije poticao od hidro energije, odnosno od velikih hidroelektrana. Drugi oblici su učestvovali u manjem procentu, a vetar tek sa 3,2%. kod kojih

efikasnost pretvaranja i razvijena tehnologija pružaju najpovoljnije uslove, ali i do sada zanemareni malim rečnim tokovima, brzim potocima, kanalima za postavljanje malih hidroelektrana. Kao rezultat te orijentacije došlo je do intenzivnog razvoja tehnologije, pre svega, vetroelektrana, po stepenu, koji je jedino uporedljiv sa progresom u računarskoj industriji.



Slika 11: Udeo obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije u EU 1998. godine

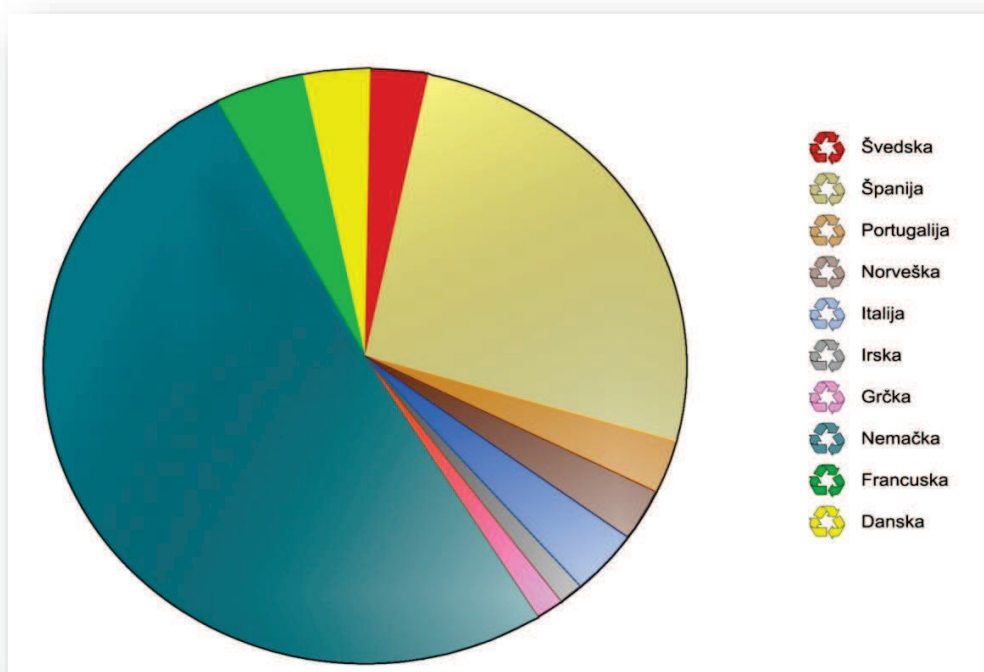
Deset godina kasnije, krajem 2007. god., udeo obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u EU od 775 GW, značajno se popravio. Dve godine pre postavljenog cilja od 22%, obnovljivi izvori premašuju plan, odnosno učestvuju već sa 23%. I dalje najveći udeo imaju velike hidroelektrane (15%), ali sada ozbiljan izvor postaju i elektrane na vetar (7%). Ostali obnovljivi izvori imaju veoma skromno učešće (biomasa 1%, sunce u grupi ostalih izvora). U periodu 2000-2007. god. najveći rast instalisanih kapaciteta imaju elektrane na gas (76,6 GW), pa vetroelektrane (46,8 GW), dok kapaciteti termoelektrana, elektrana na mazut i nuklearnih značajno opadaju (ukupno 32,2 GW).

Predviđa se intenzivan rast u vetroenergetici u EU. Projekcije, koje su postavljene do 2030. god. ukazuju da se očekuje nastavak ovakvog trenda (prema projekcijama EWEA) ili blago usporavanje (prema Evropskoj komisiji).

Najnoviji planovi razvoja energetike u EU do 2020. god. na bazi odluke šefova zemalja EU na sastanku u Briselu 9. decembra 2008. god. i iskazani su u „Climate-energy legislative package“

Direktivi o obnovljivim izvorima energije. Očekuje se značajan porast udela vetroelektrana sa 14% u 2005 na 35% u 2020., ali i nagli rast kapaciteta solarnih elektrana sa zanemarljivih 0,3% u 2005. na značajnih 13,1% u 2020. god. Ovakav rast korišćenja obnovljivih izvora energije (OIE) u proizvodnji električne energije treba da poveća udeo OIE sa 15,2% u 2005. na čak 40% u 2020. god. U daljem periodu, očekuje se nastavak ovakvog trenda.

Stanje instalisanih kapaciteta u Evropi sa podacima sa kraja 2008. god., iznosi preko 64 GW. Najviše vetroelektrana (skoro 46%) ima u Nemačkoj, pa u Španiji (25%), a u ovom pogledu prednjače još i Danska, Italija, Francuska, Velika Britanija, Portugalija, Holandija, Austrija i Grčka. Takođe, u zemljama zapadnog Balkana nema ni jednog instalisanog vetrogeneratora, ali i u nekim zemljama EU (na Kipru, Malti i u Sloveniji).



Slika 12: Udeo instalisanih kapaciteta vetroelektrana po zemljama (kraj 2008. godine)

U Srbiji u ovom trenutku (2012 godina), nema ni jedne ozbiljnije vetroelektrane, koja bi proizvodila električnu energiju iz energije vetra. Međutim, u toku su pripremni radovi za definisanje lokacija, razrade pravnih okvira i preciziranja finansijskih i nefinansijskih uslova realizacija izgradnje vetroelektrana. U tome inicijativu imaju Ministarstvo rudarstva i energetike, Agencija za energetska efikasnost, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine APV, kao i zainteresovane institucije – Republički hidrometeorološki zavod, SANU,

OSCE, Elektroprivreda Srbije, te lokalne samouprave. Pojavljuje se i određen broj privatnih investitora, koji ove radove obavljaju za specifične lokacije.

Obnovljive energije su izvori energije koji se obnavljaju samostalno stalnim prirodnim procesima. Obnovljive energije imaju tri osnovna izvora:

- ❖ sunčevo zračenje,
- ❖ geotermalna toplota,
- ❖ energija plime.

Svaki od ova tri izvora se može koristiti direktno ili indirektno, posebno u obliku biomase, vetra, hidroenergije, energije talasa i sunčevog zračenja. Obnovljivi izvori energije se mogu pretvarati u električnu energiju, toplotu ili se mogu koristiti kao gorivo.

Obnovljive energije imaju ogromne prednosti nad konvencionalnim izvorima energije, posebno zbog toga što:

- ❖ neiscrpne su i čuvaju prirodne resurse,
- ❖ ne zagađuju okolinu i imaju značajan doprinos zaštiti klime,
- ❖ koriste niskorizične tehnologije, koje se mogu, ako je to neophodno, ukloniti i postaviti,
- ❖ stvaraju nova radna mesta, naročito u nerazvijenim oblastima,
- ❖ imaju visok izvozni potencijal na svetsko tržište,
- ❖ obezbeđuju inicijativu za investiranje u moderne tehnologije,
- ❖ mogu biti iskorišćene za razvoj sistema održivog snabdevanja energijom.

Brojne prepreke koje su tokom godina evoluirale, predimenzionisanost kompanija za snabdevanje koje koriste konvencionalne izvore, potcenjivanje potencijala obnovljivih energija i nedostatak inicijative su sprečili odgovarajući porast u ovom sektoru.

Upotreba ovih izvora pomaže ne samo da se smanjuju emisije štetnih gasova iz proizvodnje i korišćenja električne energije već i smanjenju zavisnost EU od uvoza fosilnih goriva (posebno nafte i gasa).

Radi realizacije ambicioznog cilja od 20% učešća obnovljivih izvora energije u energetsom miksu u celini, EU planira da pojača napore u sektoru elektroenergetike, grejanja i hlađenja i biogoriva. U transportu, gde je uglavnom velika zavisnost u nafti, komisija teži da poveća sadašnjih 5,75% učešća biogoriva u ukupnoj potrošnji goriva na 10% učešća do 2020. godine.

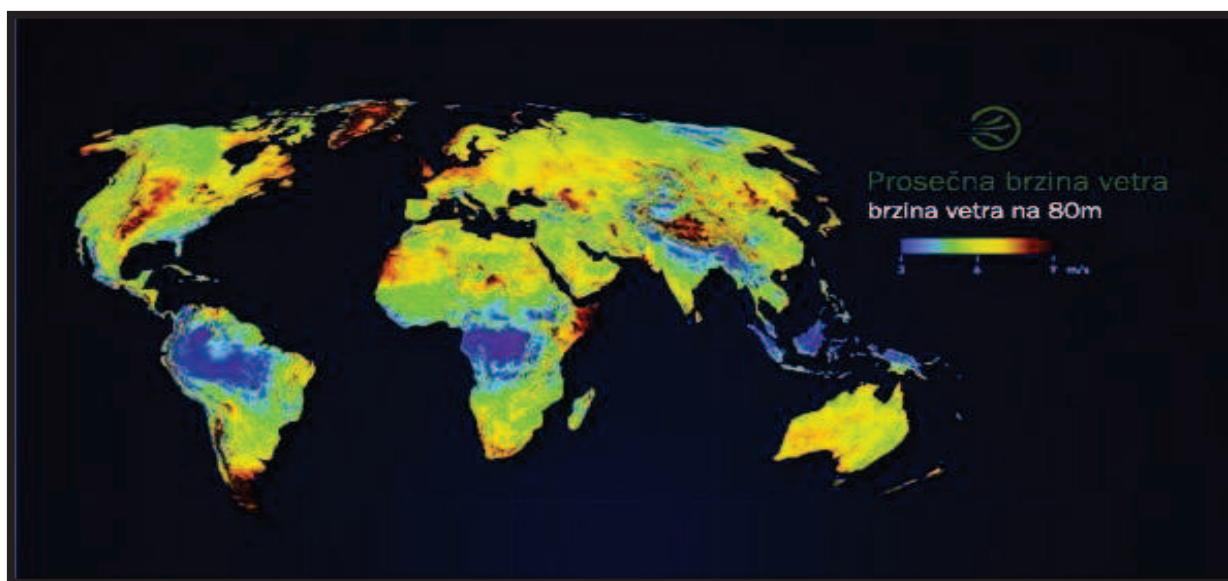
4. Energija vetra



Kao što je već navedeno, energija vetra je transformisani oblik sunčeve energije. Sunce neravnomerno zagrejava različite delove Zemlje i to rezultira različitim pritiscima vazduha, a vetar nastaje zbog težnje za izjednačavanjem vazdušnog pritiska. Postoje delovi Zemlje na kojima duvaju tzv. stalni (planetarni) vetrovi i na tim područjima je iskorišćavanje energije vetra najisplativije. Dobre pozicije su obale okeana i pučine mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vetrova, ali cene instalacije i transporta energije „koče“ takvu eksploataciju. Kod pretvaranja kinetičke energije vetra u mehaničku energiju (okretanje osovine generatora) iskorišćava se samo razlika brzine vetra na ulazu i na izlazu.

Naftna kriza početkom 70-tih godina prošlog veka i akcidenti u nuklearnim elektranama usloveli su potrebu za korišćenjem obnovljivih izvora energije. Krajem 80- tih i početkom 90-tih godina 20 veka, razvoj i primena vetrenjača za proizvodnju električne energije dobijaju na značaju.[7]

4.1 Atlas raspoloživosti vetra



Slika 13: Prosečna brzina vetra na globalnom nivou - 80m iznad tla

Energetski potencijal vetra određenog područja grafički se prikazuje na geografskim kartama na kojima su ucrtane oblasti sa karakterističnim intenzitetima brzine vetra ili gustine snage vetra na datoj visini iznad tla. Skup ovakvih karata nosi naziv Atlas vetrova, a za podatke koji su pridruženi geografskim koordinatama kaže se da su dati u geografskom informacionom sistemu (GIS Geographic Information System). Evropska unija i SAD izradile su atlase svojih resursa vetra za brzine vetra na 45 metara iznad površine zemlje. Iz tih karata može se videti da je jedna četvrtina površine Evropske Unije idealna za instaliranje vetrenjača.

Prvi Evropski Atlas Vetra objavljen je 1989. godine i predstavlja rezultat projekta čiji je kordinator bio Institut RISO iz Danske. Rezultat toga je da Danska danas ima najpreciznije informacije o vetru, a to iskorišćava za postavljanje novih vetrenjača.

Sjedinjene Američke Države uložile su ogromna sredstva u izradu atlasa potencijalne energije vetra za sva svoja područja. Gotovo 50% ukupne površine SAD-a je izuzetno povoljno za iskorištavanje energije vetra (prostori istočne i zapadne obale, a naročito severna područja uz granicu sa Kanadom).

Uz geografsko pozicioniranje vetrenjača, vrlo je bitna i visina tornjeva. Za svakih 10 metara visine tornja cena se uvećava za 15 000 dolara. Veće turbine daju više energije, ali zato različiti promeri zahtevaju veću visinu tornja, a oni diktiraju veću ili manju snagu turbine. Što znači da za

snagu turbine od 225 kW rotor će imati raspon 27 metara, za 600 kW 43 metra, a za 1500 kW 60 metara. Danas se smatra da potreban minimum mora biti zadovoljen u pogledu rada vetrenjače, a to je brzina vetra od 25 km/h ili 6,9 m/s.

Na osnovu Atlasa vetra moguće je identifikovati područja potencijalno pogodna za konverziju mehaničke energije vetra u električnu energiju. Značaj istraživanja započelih 1981. godine iz kojih je proistekao Atlas vetra Evrope je u razvoju metodologije za određivanje energetskeg potencijala vetra. Ova metodologija danas se može koristiti za procenu proizvodnje električne energije vetroelektrane projektovane na lokaciji sa poznatim energetskeg potencijalom vetra i uz poznate podatke o tehničkim karakteristikama izabrane vetroturbine. Za izradu Atlasa vetra datog područja koriste se baze podataka o karakteristikama vetra postojećih meteoroloških stanica, kao i podaci prikupljeni pomoću satelitskih merenja i pomoću meteoroloških balona. Satelitska merenja daju relativno pouzdane podatke o vetru u priobalnom području, dok je njihova upotrebljivost na kopnu veoma ograničena. Novi modeli koji se neprekidno razvijaju, omogućavaju sve precizniju izradu atlasa vetra i na kontinentalnom području na bazi podataka sa geostacionarnih satelita iznad polova.

Pri korišćenju podataka meteoroloških stanica na kopnu, potrebno je pribaviti baze podataka o vetru sa što većeg broja stanica lociranih na izabranom području. Za svaku od stanica vrši se modeliranje uticaja svih faktora koji utiču na lokalnu brzinu i pravac vetra koji se mere. Uzimanjem u obzir procenjen uticaj svih faktora, moguće je bazu podataka o vetru dobijenu merenjem svesti na vrednosti, koje bi instrumenti merili da su postavljeni na mestu koje karakteriše neki „standardni“ uslovi konfiguracije terena u okolini merne stanice. Brzina vetra iznad površine tla u takozvanom graničnom atmosferskom sloju, menja se zavisno od oblika terena (orografije), karakteristika površine terena (hrapavost), prepreka za vetar u okolini merne stanice (razni objekti) i načina postavljanja mernog sistema. Hrapavost terena se razlikuje za vodene površine, šume, pašnjake, pesak, sneg, naseljena mesta i za druge pejzaže i karakteriše se određenom klasom hrapavosti ili nekom drugom veličinom.

Veličina hrapavosti može zavisiti i od godišnjeg doba. Obično se svi tipovi hrapavosti svrstavaju u 4 klase sa oznakama od 0 do 3. Kada se podaci o vetru na nekoj visini iznad tla svedu na datu klasu hrapavosti, moguće je, primenom odgovarajućeg modela promene brzine vetra sa visinom iznad tla, izračunati karakteristike vetra na nekoliko usvojenih visina, obično na visinama od 10 m, 25 m, 50 m, 100 m i 200 m. Ovako dobijeni podaci predstavljaju lokalnu klimu vetra za područje u okolini merne stanice. Atlas vetra za šire područje dobija se interpolacijom rezultata svih mernih stanica na posmatranom području.

Energija vetra je danas najbrže rastući obnovljivi izvor električne energije u svetu. Do kraja 2001. godine je ukupna instalisana snaga turbina na vetar iznosila 17 361 MW, od čega je samo

u 2001. godini izgrađeno 4 389 MW. Očekuje se da će proizvodnja električne energije u ovakvim elektranama rasti oko 13 % godišnje tokom narednih 20 godina.[8]

5. Opis i princip rada vetrotehnologije

Vetrogeneratori pretvaraju energiju vetra u električnu energiju. Proizvodnja električne energije iz vetrogeneratora varira od brzine vetra i trajanja vetrovitosti, odnosno vetrovitog vremena. Postoje dva bazična pristupa za konvertovanje vetra u korisnu energiju:

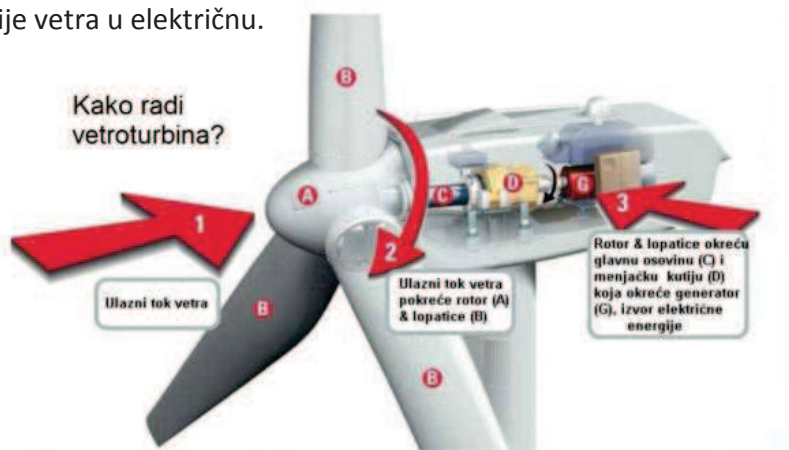
- ❖ vertikalne i
- ❖ horizontalne turbine.

Oba tipa turbina poseduju 5 bazičnih podsistema:

- ❖ rotor (obično sa dve ili tri lopatice),
- ❖ radno telo (generator), sa ili bez reduktora,
- ❖ noseći stub (toranj),
- ❖ različite kontrolne i prateće sisteme, kablove i sl.,
- ❖ „balance of station“ podsistem, koji podrazumeva različitu prateću opremu na zemlji, razvodno postrojenje itd.

Za sada, kao ekonomski najpogodniji tip pokazao se da je sistem sa horizontalnom osom i sa tri lopatice, spregnut na elektrodistributivnu mrežu.[9]

Za vetroenergetiku su od posebnog interesa površinski vetrovi u prizemnom sloju atmosfere do visine od 200 m. U tom sloju se na pogodnim lokacijama postavljaju vetroagregati koji vrše konverziju energije vetra u električnu.



Slika 14: Prikaz rada vetroturbine

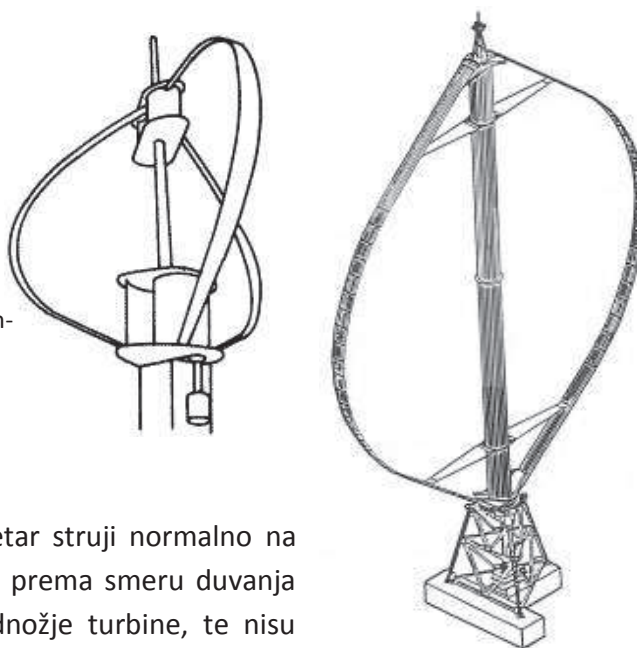
Kinetička energija vetra se transformiše u mehaničku energiju pomoću vetroturbine. Brzinu obrtanja vetroturbine (koja iznosi nekoliko desetina obrtaja u minutu) obično je potrebno prilagoditi zahtevanoj brzini generatora. Zato se koristi mehanički reduktor. Električni generator odnosno - vetrogenerator, može biti sinhroni ili indukcion (asinhroni), pri čemu može raditi sa fiksnom ili promenljivom brzinom obrtanja. Generator se naponski prilagođava elektroenergetskom sistemu (EES-u) pomoću energetskog transformatora.

Vetroturbina je mašina za konverziju kinetičke energije vetra u mehaničku energiju. Postoje različite konstrukcije vetroturbina. Cilj je da se postigne što veći stepen iskorišćenja i stabilan rad u što širem opsegu brzina.

Postoje vetroturbine sa:

- ❖ vertikalnom osovinom
- ❖ horizontalnom osovinom

Slika 15: Vetroturbina sa vertikalnom osnovom-
Darriusova vetroturbina



5.1 Vetroturbine sa vertikalnom osnovom

Kod vetroturbina sa vertikalnom osovinom vetar struji normalno na osu rotacije, pa se one ne moraju usmeravati prema smeru duvanja vetra. Kod njih se generator postavlja u podnožje turbine, te nisu potrebni jaki tornjevi. Vertikalno vratilo ima Darriusova turbina. Ime je dobila po inženjeru George Darrius-u (patent iz 1931. god). Darrius-ova turbina se obično gradi sa dva ili tri luka. Vetroturbine sa vertikalnom osovinom generalno imaju nizak stepen iskorišćenja, pa se iz tog razloga danas praktično ne koriste za vetroagregate većih snaga.

Osnovne teorijske prednosti vertikalnih vetroturbina su:

- ❖ Možete postaviti generator, menjač itd na zemlju, toranj vam nije potreban
- ❖ Nije potreban obrtni mehanizam za skretanje rotora u odnosu na vetar

Osnovni nedostaci su:

- ❖ Brzina vetra su veoma male blizu nivoa tla, tako da iako možete izbeći kulu, brzinama vetra će biti veoma male na donjem delu vašeg rotora
- ❖ Ukupna efikasnost vertikalne vetroturbine nije impresivna

- ❖ Mašina ne poseduje karakteristiku samo-pokretanja (npr. za Darrieus mašinu je potrebna početna sila pre nego što krene. Ovo je samo manji nedostatak za mrežu povezanih turbina, pošto, možete da koristite generator kao motora koji pokreće)
- ❖ Mašine moraju imati žičanu podršku, a to je vrlo nepraktično u oblastima gusto raspoređenih turbina
- ❖ Zamena glavnog nosećeg ležaja rotora zahteva uklanjanje rotora i na horizontalno i na vertikalno osnim mašina. U slučaju ovog drugog, to znači kidanje cele mašine

5.2 Vetroturbine sa horizontalnom osnovom

Vetroturbine sa horizontalnom osovinom mogu biti postavljene uz i niz vetar. Vetroturbine postavljene niz vetar se same prilagođavaju smeru vetra. Nedostatak im je što lopatice pri rotaciji prolaze kroz zavetrinu stuba, čime se stvaraju mehaničke vibracije i buka. Osim toga stub stvara turbulencije što smanjuje efikasnost vetroturbine, pa se ovaj koncept ne koristi za veće snage.

Moderne vetroturbine se grade sa horizontalnom osovinom koja ima sistem za zakretanje osovine u horizontalnoj ravni za praćenje promene smeru vetra. Mogu imati različit broj lopatica, ali se za veće snage najčešće koriste tri lopatice jer daju najveći stepen iskorišćenja. Prečnik rotora (radnog kola ili elise) ovih turbina zavisi od snage i kreće se

od 30 m za snagu od 300 kN do 115 m za snagu od 5 MW. Vetroturbina se postavlja na vertikalni stub koji, u zavisnosti od prečnika rotora turbine, može biti visok i preko 100 m. Stub se najčešće gradi kao čelični konusni, a ređe kao čelično-rešetkasti.



Vetroturbine sa horizontalnom osnovom su najzastupljenije u svetu. Razlog je jednostavan: sve mrežno povezane komercijalne vetroturbine danas su izgrađene sa propelerom rotora na horizontalnoj osi (tj. glavna horizontalna osovina). Svrha rotora je, naravno, da konvertujete linearno kretanje vetra u rotacionu energiju koja se može koristiti za pogon generatora. Isti osnovni princip se koristi i u modernim vodenim turbinama, gde je protok vode paralelan sa osom rotacije sečiva turbine.

5.3 Tornjevi vetroturbina

Kule od Cevastog čelika

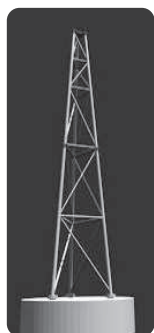
Većina velikih turbina na vetar se isporučuju u obliku tornjeva cevastog čelika, koji su proizvedeni u delovima 20-30 metara, sa prirubnicama na oba kraja, i postavlja se na mestu. Kule su konusne (tj. sa povećanjem prečnika ka bazi) u cilju povećanja snage očuvanja materijala u isto vreme.



Slika: 16,17,18: Primeri kule od cevastog čelika

Rešetkasta kula

Nordek rešetkaste kule su proizvedene korišćenjem zavarenih čeličnih profila. Osnovna prednost rešetkaste kula je cena, jer rešetke kula zahteva upola manje materijala od cevastog tornja sa sličnim krutostima. Osnovna mana rešetke kula je njihov vizuelni izgled, (iako je to pitanje sporno). Bilo kako bilo, iz estetskih razloga rešetkaste kule su skoro nestale iz upotrebe za velike, moderne turbine na vetar. Mnoge male vetroturbine se grade sa uskim polom kule koje podržavaju vrhovi kablova. Prednost je ušteda, a time i troškove. Nedostaci su otežan pristup oko kule što ih čini manje pogodnim u oblastima oko farmi. Konačno, ova vrsta kula je sklonija vandalizmu, i tako ugrožava opštu bezbednost.



Slika 19,20: Primer kule od rešetkaste konstrukcije

5.4 Tipovi sistema i primene

Najsavremeniji vetrogeneratori su povezani na distribicioni sistem za direktnu prodaju električne energije potrošačima. Vetrogeneratori mogu biti, zajedno sa dizel generatorima, korišćeni u svrhe elektrifikacije izolovanih naselja sa malim energetske potrebama.

Vetrogeneratori se koriste i za pumpanje vode iz dubine zemlje uz pomoć mehaničke ili električne energije.

Pri poređenju vetroenergetskih sistema sa drugim načinima dobijanja električne energije, moraju se uzeti u obzir dva značajna faktora:

- ❖ ekonomska izvodljivost,
 - ❖ tehnička ograničenja povezanosti VGT-a u električnu mrežu.
- Ekonomika strana može se raščlaniti na dva dela:
- ❖ troškove rada i održavanja i
 - ❖ kapitalne troškove.

Značajne uštede se ostvaruju upravo eliminisanjem operativnih troškova, koji su kod sistema baziranih na fosilnim gorivima znatno viši, nego u slučaju energije vetra.

Glavni tehnički problem, vezan za korišćenje energije vetra, jeste usklađenost sa priključnom elektroprenosnom mrežom. Najveći broj distributivnih preduzeća preferira da ograniči penetraciju vetroenergije na 10 do 15% od ukupne snage.

6. Iskorišćavanje energije vetra u EU i svetu

Energija vetra je neiscrpan izvor energije kojim u većoj ili manjoj meri raspolaže svaka zemlja. To je čist izvor energije, što je danas pri sve većem zagrevanju čovekove sredine od velike važnosti. Kao dobre strane eksploatacije energije vetra ističu se visoka pouzdanost rada postrojenja, nema troškova za gorivo i nema zagađivanja okoline. Za domaćinstva su veoma interesantne male vetrenjače snage do nekoliko desetina kW. One se mogu koristiti kao dodatni izvor energije ili kao primarni izvor energije u udaljenim područjima. Kad se koriste kao primarni izvor energije neophodno je dodavanje baterija (akumulatora) u koje se energija skladišti kada se generiše više od potrošnje. Velike vetrenjače često se instaliraju u park vetrenjača i preko transformatora spajaju se na električnu mrežu. Energija vetra ima i svoje nedostatke, a oni se ogledaju u tome što je vazduh fluid male gustine, što nameće potrebu za izgradnjom velikih i skupih uređaja za njegovo korišćenje. Loše strane su i visoki troškovi izgradnje i promenljivost brzine vetra (ne može se garantovati isporučivanje energije). Vetar je promenljivog pravca, brzine i trajanja zbog čega uređaji za njegovo korišćenje rade pod vrlo neujednačenim pogonskim uslovima.

Turbine na vetar danas rade na brzinama od 2,5 do 25 m/s. U svetu je najdinamičniji pad zabeležen upravo kod cena električne energije dobijene u turbinama na vetar. Od početka osamdesetih godina cene su smanjene za preko 80%.

Aktuelna prosečna cena je oko 7 Usc/kWh (minimalna je 4,6 Usc/kWh u Francuskoj, a maksimalna 15 Usc/kWh u Japanu), što je relativno konkurentno u poređenju sa drugim tehnologijama naročito ako imamo u vidu očekivani pad troškova izgradnje za 15 do 30%. Prema ranijim istraživanjima u Srbiji postoje oblasti sa aeroenergetskim potencijalom od 1 do 2 MWh/m². Istovremeno su na određenim lokacijama merene brzine vetra na 10 i 50 m visine i zabeležene su brzine od 2,7 do 6,4 m/s.[10]

U 2008. godini vetar je postao glavni izvor energije za pogon novoizgrađenih kapaciteta za proizvodnju električne energije u Evropskoj Uniji (EU). Instalirana snaga novih vetroelektrana te godine premašila je pojedinačno učešće novih elektrana na klasična goriva i na nuklearni pogon.

Nemačka je trenutni lider u proizvodnji električne energije iz vetra sa 8.750 MW, što predstavlja više od jedne trećine ukupno instalirane snage vetrenjača na svetu. Veliki broj instaliranih vetrenjača u Nemačkoj je rezultat politike nemačke vlade koja podsticajnim merama pomaže instalaciju novih kapaciteta. Zbog toga se u 2001. godini ukupno instalirana snaga povećala se 43.7%. U Španiji, Danskoj i Italiji takođe raste instalirani kapacitet. Od ukupne proizvodnje električne energije Danska dobija 14% od vetra i dalje ubrzanim tempom gradi nove kapacitete. Namera Danske je da takvim pristupom do 2030. godine 50% energetske potreba

domaćinstava zadovolji iskorišćavanjem energije vetra. U SAD-u je trenutno instalirano 6.374 MW vetrenjača. Tako mala instalirana snaga u privredno najjačoj zemlji sveta rezultat je tradicionalnog američkog oslanjanja na fosilna goriva.[11]

Sektor iskorištavanja energije vetra postaje jedan od najbrže rastućih sektora iskorištavanja obnovljivih izvora energije, ne samo u Europskoj Uniji i SAD-u, nego i širom sveta. Istraživački projekti na polju iskorišćavanja energije vetra su sve intenzivniji i celo vreme se pronalaze nove tehnike za efikasnije pretvaranje energije vetra u električnu energiju. Sva ta istraživanja podstaknuta su sve ozbiljnijim pristupom vlada širom sveta u vidu smanjenja energetske zavisnosti i diversifikacije izvora energije u više grana koje mogu funkcionisati nezavisno, a obnovljivi izvori energije su idealni za ostvarenje takve politike.[12]

6.1. Iskorišćavanje energija vetra u Republici Srbiji

Na osnovu postojećih i dostupnih analiza i studija realni energetski potencijal vetra u Republici Srbiji je procenjen na instalisanu snagu od oko 1.300 MW. Procena energetskog potencijala je obavljena na osnovu podataka Republičkog hidrometeorološkog zavoda prikupljenih merenjem na meteorološkim stubovima visine do 10 metara, pri čemu je zaključeno da su najperspektivnije lokacije za izgradnju elektrana na vetar: planina Midžor, Suva Planina, Vršачki Breg, Stara Planina, Deli Jovan, Krepoljin, Tupižnica, Juhor i Jastrebac. [13]

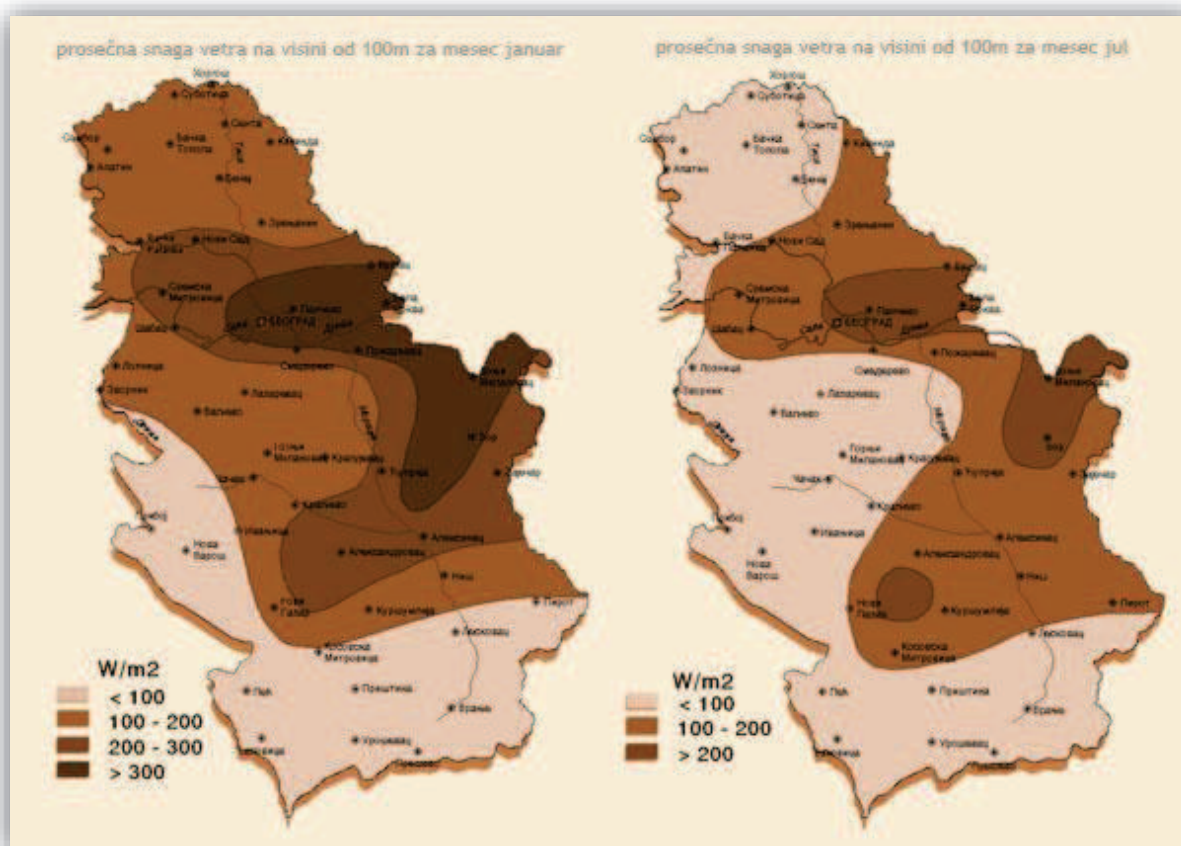
Za tačnu ocenu opravdanosti izgradnje elektrane na vetar na datoj lokaciji neophodno je sprovesti detaljna merenja brzine i pravca vetra. Agencija za energetsku efikasnost Republike Srbije je obavila merenja parametara vetra na visini od 50 metara – u Negotinu, Velikom Gradištu i Titelu.

LOKACIJA	Prosečna brzina vetra na visini od 50 m (m/s)		Ekstrapolisna prosečna brzina vetra na visini od 80 m (m/s)		Raspoloživost podataka	
	6 meseci	12 meseci	6 meseci	12 meseci	6 meseci	12 meseci
Veliko Gradište	3,61	3,5	3,82	3,71	99,70%	99,00%
Negotin	5,24	5,77	5,55	6,1	86,40%	92,40%
Titel	4,68	4,72	4,95	4,99	97,80%	98,10%

Tabela 1: Rezultati merenja brzine vetra [14]

U narednom periodu je potrebno nastaviti merenja vetra na visinama od 50 metara u cilju izrade atlasa vetrova i stvaranja uslova za investiranje u kapacitete za proizvodnju električne energije koji koriste energiju vetra. Područja koja je potrebno ispitati su:

- ❖ Istočni delovi Srbije – Stara Planina, Vlasina, Ozren, Rtanj, Deli Jovan, Crni Vrh itd. U ovim regionima postoje lokacije čija je srednja brzina vetra preko 6 m/s.
- ❖ Zlatibor, Žabljak, Bjelasica, Kopaonik, Divčibare su planinske oblasti gde bi se merenjem mogle utvrditi pogodne mikrolokacije za izgradnju vetrogeneratora.
- ❖ Panonska nizija, severno od Dunava je takođe bogata vetrom. Ova oblast pokriva oko 2.000 km² i pogodna je za izgradnju vetrogeneratora jer je izgrađena putna infrastruktura, postoji električna mreža, blizina velikih centara potrošnje električne energije i slično.[15]



Slika 21 : Prosečna energija vetra na visini od 100 metara (Januar) i prosečna snaga vetra na visini od 100m [16]

7. Istine i zablude o energiji vetra

Svaka nova tehnologija donosi sa sobom strah od nepoznatog. Kada je Tomas Džeferson predstavio Americi paradajz, mnogi ljudi su verovali da je on otrovan. Neki ljudi su mislili da je struja delo đavola. Postoje slični urbani mitovi o energiji vetra. Evo nekih najčešćih:

Vetroturbine su bučne!? Zapravo, u krugu od 300m, prosečna turbina pravi buku koliku pravi i frižider. Propisi u SAD, npr, nalažu odstojanje ne manje od 380m. U podnožju vetroturbine može se voditi normalna konverzacija. Sasvim je druga priča kada se stoji na 300m od klasične elektrane.



Vetroturbine izazivaju efekat treperenja senki od kog može da pozli!? Ovaj efekat nastaje kada sunce koje se diže ili zalazi prolazi direktno iza vetroturbine koja se kreće. Industrija vetra priznaje da ovo treperenje može nastati u toku perioda od par minuta u toku izlaska ili zalaska sunca, pod veoma specifičnim okolnostima, zato se ta mogućnost uzima u obzir tokom planiranja mesta instalacije. Treperenje predstavlja neprijatnost, ali nikada nikoga nije zaista učinilo bolesnim.

Vetroturbine ubijaju ptice!? Ovo je tačno. Ptice i šišmiši mogu da udare u tornjeve ili da budu uhvaćeni u brzu promenu pritiska iza elisa turbine koje se vrte. Ali i mnoge druge stvari ubijaju ptice: fabrike, telefonski stubovi, automobili, kamioni, brodovi, avioni, antene, ravni stakleni prozori, dalekovodi, domaće mačke i naravno industrijski dimnjaci i otrovni smog iz elektrana na fosilno gorivo. Planeri vetroparkova rade zajedno sa environmentalistima kako bi obezbedili da turbine ne budu smeštene na migracionom putu ili u staništima.



Svaki oblik ljudske tehnologije utiče na okruženje i naše društvo. Važno je da ne podvrgavamo energiju vetra standardu apsolutne environmentalne perfekcije, dok u isto vreme prihvatamo miniranja, bušenja u potrazi za naftom, otpuštanja u prirodu nusprodukta industrije, prolivanje tankera, curenje naftovoda, eksplozije u postrojenjima za skladištenje i neizbežan smog i emisiju gasova koji izazivaju efekat staklene bašte kao normalne prateće pojave vezane za industriju fosilnih goriva.

8. Proces investiranja u obnovljive izvore energije u republici Srbiji

8.1. Priprema investicionog projekta

Analizirajući proces pripreme realizacije jednog investicionog projekta, pre svega sa stanovišta izrade potrebnih studija i elaborata, može se konstatovati da ovaj proces obuhvata izradu:

- ❖ predinvesticione studije (prethodne studije opravdanosti),
- ❖ investicionog programa (studije opravdanosti),
- ❖ tehničke dokumentacije. [17]

U nastavku rada biće obrađeni osnovni koraci od ideje do korišćenja vetroelektrane, metodologija gradnje vetroelektrane, mogućnosti i izvodljivost gradnje vetroelektrane na razmatranoj lokaciji, tehnički uslovi gradnje vetroelektrane, specifikacija potrebnih dozvola i dokumenata za izgradnju, tehničko-tehnološko rešenje vetroelektane, proračun godišnje proizvodnje, tržišni aspekti, ekološki aspekti rada, i ekonomsko-finansijska analiza investicionih ulaganja.

Istraživanja koje je potrebno uraditi temelje se na osnovama »Pravilnika o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata« (»Sl. Glasnik RS«, br. 80/05). [18]

Obnovljiva energija iz vetra, malih hidroelektrana, biomase i geotermalnih izvora je u centru pažnje država, potencijalnih investitora i potrošača u celom svetu. U 2007. godini, Evropska Unija postavila je cilj zemljama članicama da, do 2020. godine, 20% energije u svakoj od zemalja treba da potekne iz obnovljivih izvora energije. [19]

Srbija ima značajne izvore obnovljive energije kojima bi mogla da zadovolji novonastale zahteve. Vlada Srbije je razvila strategiju kako bi iskoristila ovu priliku. Da bi podstakla razvoj i investicije u ovaj sektor i ispunila obavezu po Ugovoru o energetske zajednici Jugoistočne Evrope, Vlada Srbije je usvojila nekoliko propisa po direktivi od novembra 2009, uključujući:

- ❖ uspostavljanje sistema „podsticajnih tarifa“ u kome će Vlada Srbije subvencionisati trošak obnovljive električne energije,
- ❖ definisanje zahteva za sticanje statusa „Povlašćenog proizvođača električne energije“ koji koristi obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije“.
- ❖ Potencijalnom investitoru neophodno je obezbediti dovoljno referentnih informacija u vezi sa energetske potencijalom, a posebno informacije u vezi sa isplativosti projekta, nakon čega bi usledilo i donošenje odluke u vezi sa investiranjem. Poznato je, da će pored ove dokumentacije biti nužno obezbediti i ostalu koja se tiče urbanističkih,

prostornih i ekoloških zahteva, zatim, drugih relevantnih dozvola, a osim toga, u fazi reprodukcije, obezbeđenje »zelenog sertifikata« sa mogućnostima berzanskih efekata, stimulativnog bonusa u novom tarifnom sistemu i sl. [20]

8.2. Realizacija investicije

U skladu sa Strategijom razvoja energetike Republike Srbije do 2015.godine, kreirani su i konačni vodiči za proces izdavanja dozvola za obnovljive izvore sa ciljem podsticanja investitora i drugih tržišnih učesnika da postanu aktivni u ovom sektoru. Predstavnici Ministarstva rudarstva i energetike, Ministarstva zaštite životne sredine i prostornog planiranja i Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede su zajedno sa stručnjacima GTZ-a su kreirali četiri takva "vodiča", koji objašnjavaju proces dobijanja dozvola za razvijanje projekata za podsektore geotermalne vode, malih hidroelektrana, energije vetra i biomase. USAID Projekat za razvoj konkurentnosti je podržao GTZ JLS u kreiranju vodiča za investitore kao deo svojih aktivnosti vezanih za podsticanje investicija u sektor kroz pružanje tehničke pomoći perspektivnim investitorima.

Svaki vodič je kreiran u vidu detaljnog dokumenta, koji opisuje administrativne procedure i identifikuje institucije od značaja i dokumenta vezana za planiranje i izradu projekata koja su neophodna za investitore. Vodiči obuhvataju i zakonski i regulatorni okvir i treba da se koriste kao osnova za dalje zakonske i regulatorne reforme. GTZ JLS je takođe pripremio kraću verziju vodiča, koji predstavljaju sažetke vodiča koje investitori mogu da koriste za nalaženje podataka.

U okviru vodiča za investicije definisano je sledeće:

Elektrana na vetar–vetroelektrana je jedna ili više proizvodnih jedinica za proizvodnju električne energije na vetar koje su međusobno povezane i opremljene na način da se mogu priključiti na elektroenergetsku mrežu.

Povlašćeni proizvođač energije:

- ❖ male elektrane snage do 10 MW,
- ❖ proizvodnja iz obnovljivog izvora.

Investitor mora da stekne sledeća prava:

1. Pravo na izgradnju,
2. Pravo na obavljanje proizvodnje električne energije.

Izvori prava su:

- ❖ Zakon o energetici («Sl. Glasnik RS» br. 84/04)
- ❖ Zakon o planiranju i izgradnji («Sl. glasnik RS» br. 72/09 i 81/09)
- ❖ Zakon o zaštiti životne sredine («Sl. glasnik RS» br. 135/04 i 36/09)
- ❖ Zakon o vodama («Sl. glasnik RS» br. 30/10)
- ❖ Zakon o koncesijama («Sl. glasnik RS» br. 55/03)
- ❖ Zakon o javnim preduzećima i obavljanju delatnosti od opšteg interesa («Sl. glasnik RS» br. 25/00, 25/02, 107/05 i 108/05)
- ❖ ostali prateći zakoni i podzakonska akta...

Nadležne institucije:

- ❖ Jedinica lokalne samouprave – JLS,
- ❖ Ministarstvo prirodnih resursa, rudarstva i prostornog planiranja - MPRRPP
- ❖ Agencija za energetiku – AE,
- ❖ Republički geodetski zavod – RGZ,
- ❖ Ministarstvo poljoprivrede trgovine šumarstva i vodoprivrede
- ❖ Republički hidrometeorološki zavod – RHMZ,
- ❖ Elektromreža Srbije – EMS,
- ❖ Elektroprivreda Srbije – EPS,
- ❖ ostale nadležne institucije u konkretnom slučaju.

8.3. Osnovni koraci od ideje do korišćenja vetroelektane

Osnovni koraci se odnose, pre svega na sticanje prava na izgradnju i izgradnju objekta vetoelektrane i korak za sticanje prava na obavljanje proizvodnje električne energije.

I Koraci za sticanje prava na izgradnju i izgradnja objekta vetroelektane:

I-1 Pribavljanje informacije o lokaciji,

I-2 Pribavljanje energetske dozvole,

I-3 Pribavljanje lokacijske dozvole:

- ❖ prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom,
- ❖ rešavanje imovinsko-pravnih odnosa / parcelacija i preparcelacija,
- ❖ prikupljanje uslova za projektovanje.

I-4 Pribavljanje građevinske dozvole

- ❖ izrada studije opravdanosti sa idejnim projektom/glavnim projektom,
- ❖ izrada studije o proceni uticaja na životnu sredinu.

I-5 Pribavljanje vodne dozvole i upotrebne dozvole:

- ❖ izgradnja objekta.

Prethodni koraci:

- ❖ izbor lokacije,
- ❖ obilazak lokacije,
- ❖ provera da li je lokacija obuhvaćena planskim dokumentom (objekat obavezno mora biti obuhvaćen planskim dokumentom).

II Koraci za sticanje prava na obavljanje proizvodnje električne energije:

II-1 Ugovor o poveravanju,

II-2 Licenca,

II-3 Odobrenje za priključenje,

II-4 Status povlašćenog proizvođača,

II-5 Ugovor o otkupu električne energije. [21]

8.4. Ciljevi politike korišćenja obnovljivih izvora energije

U okviru Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine postavljeni su i osnovni ciljevi Programa u oblasti OIE:

- ❖ efikasnije korišćenje sopstvenih potencijala u proizvodnji energije;
- ❖ smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte;
- ❖ smanjenje uvoza fosilnih goriva;
- ❖ razvoj lokalne industrije;
- ❖ otvaranje novih radnih mesta.

Cilj Republike Srbije je da do kraja 2015. godine poveća učešće električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora za 2,2%, posmatrano u odnosu na ukupnu nacionalnu potrošnju električne energije u 2007. godini, kao i da zastupljenost biogoriva i drugih obnovljivih goriva na tržištu iznosi najmanje 2,2% u odnosu na ukupnu potrošnju goriva u saobraćaju računato na osnovu energetskeg sadržaja.

Za ostvarenje postavljenog cilja za učešće električne energije u ukupnoj potrošnji do 2012. godine planirano je privlačenje i angažovanje privatnih izvora finansiranja u izgradnji kapaciteta snage 102 MWe koji za proizvodnju električne energije koriste obnovljive izvore, čime bi se stvorili uslovi za povećanje proizvodnje „zelene električne energije“ za 739,1 GWh.

U posmatranom periodu će se proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora povećati za 7,4% – sa 9.974 GWh u 2007. na 10.713,1 GWh u 2012. godini.

Planirani kapaciteti obuhvataju izgradnju najmanje 45 MWe malih hidroelektrana, 45 MWe vetroelektrana, 5 MWe solarnih fotonaponskih postrojenja, 2 MWe postrojenja na biomasu i 5 MWe postrojenja koja koriste biogas, uz ukupnu vrednost investicija od oko 200 miliona evra u periodu do 2014.

Privlačenje i angažovanje privatnih izvora finansiranja, kao i finansiranje podsticaja i podrške razvoju OIE, će se realizovati sprovođenjem politike podsticaja i mehanizama za podršku razvoju OIE.

Planirano povećanje učešća biogoriva u saobraćaju u Republici Srbiji je moguće obezbediti korišćenjem biodizela, s obzirom da postoje mogućnosti za proizvodnju – od sirovina do proizvodnih kapaciteta (procenjena mogućnost proizvodnje od 141.750 do 250.600 t biodizela godišnje, u zavisnosti od strukture setve).

Ostvarenje ciljnog učešća biogoriva u saobraćaju od 2,2% u 2012. godini je moguće obezbediti određivanjem minimalnog zapreminskog sadržaja metilestra masne kiseline (MEMK) u dizel gorivima odnosno obaveznim umešavanjem biodizela u dizel gorivu, pod uslovom da ukupna potrošnja naftnih derivata u saobraćaju ostane na nivou planiranom za 2009. godinu – 586,332 tona motornih benzina i 1,909,671 tona dizel goriva.

Prema podacima Evropske solarne termičko-tehnološke platforme, oko 50% ukupne proizvedene energije se troši u zgradama, od toga 69% energije se troši na grejanje ili hlađenje prostora (u Americi i na ventilaciju zgrada), 15% grejanje vode, na osvetljenje i električne uređaje 11% i kuvanje 5%. Najveći emitenti štetnih gasova staklene bašte su SAD i Kina. [22]

9. Analiza investicionih ulaganja u vetroelektrane

9.1. Metodologija gradnje vetroelektrane

Polazne osnove za izradu ovog dela rada su već doneti zakoni, od kojih su bitni Zakon o energetici i delimično Zakon o zaštiti životne sredine, a i buduća zakonska, ili podzakonska akta, koja će tretirati pitanja energetske efikasnosti i obnovljivih energetskih izvora.

Analiza izgradnje vetroelektrane na teritoriji Vojvodine urađena je na osnovama »Pravilnika o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata.

Za sagledavanje ekonomskih i tehničkih uslova gradnje vetroelektrane osnovni preduslov je što preciznije utvrđivanje vetroenergetskog potencijala. Osim toga, potrebno je utvrditi optimalan broj, snagu i tip vetroagregata i uslove njihovog priključenja na električnu mrežu.

Za estimaciju vetroenergetskog potencijala korišćena je metodologija iz Evropskog atlasa vetrova i WASP kao profesionalni softverski alat koji je baziran na Evropskom atlasu vetrova kao standardu. Procena vetroenergetskog potencijala je rađena na globalnom nivou, na mezo nivou i na mikro nivou. Korišćena su standardni hidrometeorološki podaci o merenju brzine vetra i jednogodišnja namenska merenja brzine vetra i temperature vazduha.

Na osnovu postojećih istraživanja vetroenergetskog potencijala, baziranih na standardnim hidrometeorološkim merenjima, data je globalna slika o vetroenergetskom potencijalu Srbije. Utvrđene su karakteristike vetra i perspektivni regioni za potencijalnu gradnju vetroelektrana sa

aspekta vetroenergetskog potencijala. Za Vojvodinu, kao perspektivni region, izrađena je mapa vetroenergetskog potencijala bazirana na višegodišnjim standardnim hidrometeorološkim merenjima. Optimizacija broja, jedinične nazivne snage i tipa vetroagregata, kao i njihovo pozicioniranje je utvrđeno uz uvažavanje:

- ❖ vetroenergetskog potencijala i profila brzine vetra na teritoriji Vojvodine,
- ❖ klimatoloških karakteristika terena,
- ❖ specifičnosti različitih modela turbina,
- ❖ ograničenja kapaciteta postojeće srednjenaponske elektrodistributivne mreže.

Ekonomski aspekti proizvodnje električne energije za vetroelektrane su kroz klasičnu cost-benefit analizu izvršeni na bazi:

- ❖ ukupnih investicionih troškova procenjenih na osnovu utvrđenog broja, snage i tipa vetroagregata,
- ❖ ukupne procenjene godišnje proizvodnje električne energije pilot vetroelektrane,
- ❖ procenjenih troškova održavanja,
- ❖ procenjenih finansijskih troškova realizacije projekta,
- ❖ mogućih državnih mehanizama za stimulaciju proizvodnje iz obnovljivih izvora energije,
- ❖ tehničkih mogućnosti poboljšanja uslova plasmana proizvedene električne energije (komplementarnost proizvodnje i tarifne politike),
- ❖ ekonomskog vrednovanja pozitivnih globalnih i lokalnih uticaja vetroelektrane na životnu sredinu.

Sagledavanje uticaja na životnu sredinu je izvršeno kroz uvažavanje mogućih negativnih uticaja rada vetroelektrane, ali i kroz uštede u emisiji gasova koji zagađuju životnu sredinu pri proizvodnji električne energije analizirane vetroelektrane u odnosu na proizvodnju u termoelektranama na lignit. Ekonomska valorizacija uticaja na životnu sredinu je uvažena kroz utvrđivanje eksternih troškova proizvodnje električne energije.

Tržišni aspekti su sagledani kroz analizu i procenu tražnje i prognoze prodajnih cena.

9.2. Mogućnosti i izvodljivost gradnje vetroelektrane na teritoriji Vojvodine

Dosadašnja istraživanja, pokazala su da postoje realne mogućnosti za izgradnju vetroelektrana na određenim područjima Vojvodine, u istočnoj Srbiji (Vlasina, Stara planina, Kopaonik, itd.). Nesumnjivo je, da sa izgradnjom svake sledeće vetroelektrane, ovaj vid obnovljive energije dobija na značaju u energetici Srbije i pozitivno utiče na buduće investicije u ovom sektoru i omogućava investitoru bolju poziciju u budućim projektima izgradnje obnovljivih izvora energije.

Potencijalni investitori su zainteresovani za racionalno ulaganje i ostvarenje profita (iskustvo pokazuje da to u ovoj oblasti više nije sporno), s obzirom na značaj obnovljive energije u energetici budućnosti. Realno je očekivati da Srbija sledi ostale zemlje Evrope i sveta u pogledu stimulisanja ulaganja u vetroelektrane, kao faktora budućeg razvoja energetske kapaciteta na osnovama koncepta održivog razvoja. Osim toga, nova delatnost će značiti i angažovanje raspoloživih kapaciteta industrije, a time i povećanu zaposlenost u zemlji. Nesporno je da je jedan od osnovnih uslova rasta privrede obezbeđenje ukupnih potreba za električnom energijom, koja definitivno predstavlja nezamenjiv uslov života i rada društva u celini, a što se ovim poduhvatom potpomaže.

9.2.1. Mogućnost i izvodljivost izgradnje vetroelektrane na razmatranoj lokaciji

Kao ciljna lokacija za gradnju vetroelektrane je odabrana lokacija na teritoriji Vojvodine. Ključni razlozi za izbor mikrolokacije su sledeći:

- ❖ Ciljna mikrolokacija se nalazi u južnobanatskom regionu koji je identifikovan kao najperspektivniji region za gradnju vetroelektrana u Srbiji;
- ❖ U neposrednoj blizini lokacije postoji srednjenaponski distributivni vod 20 kV koji obezbeđuje relativno male troškove priključenja pilot vetroelektrane na EES;
- ❖ Izgrađena je putna infrastruktura koja obezbeđuje jeftin transport opreme na ciljnu mikrolokaciju;
- ❖ Položaj mikrolokacije omogućava proširenje vetroelektrane, tako da je postoji mogućnost, da se poveća broj vetroagregata, odnosno, poveća instalisana snaga vetroelektrane;
- ❖ U neposrednoj blizini mikrolokacije ne postoji veće naselje, pa su negativni uticaji rada vetroelektrane (buka, treperenje senke, vizuelni uticaj i dr.) na životnu sredinu minimalni. [23]

Razmatrana je izgradnja vetroelektrane na razmatranoj lokaciji sa instalisanom snagom do 10 MW.

Dosadašnja istraživanja vetroenergetskog potencija Srbije izdvajaju region Vojvodine, kao perspektivan region u pogledu korišćenja ovog obnovljivog izvora energije. Osnovne karakteristike koje favorizuju Vojvodinu kao perspektivan region u pogledu mogućnosti korišćenja energije vetra su:

- ❖ dobar potencijal vetra,
- ❖ pristupačan teren i niski troškovi izgradnje vetroelektrana,
- ❖ jeftini transportni troškovi vetroturbina iz zemalja Evropske Unije,
- ❖ nizak izokeraunički nivo.
- ❖ dobar potencijal ostalih obnovljivih izvora (biomasa, solarna i geotermalna energija), što omogućava gradnju hibridnih sistema.
- ❖ relativno velik broj izolovanih potrošača se nalazi u regionu i oni bi se mogli snabdevati električnom energijom pomoću malih izolovanih vetroagregata.

U cilju detaljnije analize Vojvodine, kao perspektivnog regiona za izgradnju vetroelektrana u Studiji, estimirana je mapa vetroenergetskog potencijala Vojvodine na bazi hidrometeoroloških merenja karakteristika vetra. Za formiranje mape korišćen je softver WAsP i metodologija iz Evropskog Atlasa Vetrova. Kao ulazni podaci korišćena su standardna hidrometeorološka merenja u 6 meteoroloških stanica u regionu Vojvodine i tri pogranične stanice u Hrvatskoj, Mađarskoj i Rumuniji. [24]

9.2.2. Model za procenu mape potencijala vetra

Brzinu vetra izmerenu u meteorološkim stanicama određuju dva faktora: globalni sistem vremenskih prilika, koji obično ima opseg od nekoliko stotina kilometara i okolna topografija, čiji uticaj se posmatra do nekoliko desetina kilometara od stanice. Strogo govoreći, upotreba izmerene brzine za proračune energije vetra daje rezultate koji su reprezentativni samo za tačne pozicije mernih uređaja. Zbog toga, primena izmerenih brzina u regionalnim proračunima energije vetra zahteva izvesnu metodu prostorne transformacije statistike merenja vetra. Modeli u Evropskom atlasu vetrova se baziraju na fizičkim principima toka vazduha u graničnom atmosferskom sloju, a uzimaju u obzir i efekat različitog stanja površine tla, efekat zaklanjanja od strane građevina i drugih većih prepreka, kao i modifikacije vetra koje određuje varijacija visine tla (orografija) oko određene meteorološke stanice.

Za procenu mape vetrova Vojvodine za sve hidrometeorološke merne stanice prikupljeni su podaci o njihovom okruženju, koji obuhvataju:

- ❖ klasu hrapavosti terena, npr. vodene oblasti, šume, velike obradive površine itd,
- ❖ blizinu zaklanjajućih objekata, kao što su građevine i druge prepreke vetru,
- ❖ varijacije visine tla, tj. orografija tla.

9.2.3. Modelovanje hrapavosti terena

Hrapavost terena je određivana na osnovu satelitskih snimaka i obilaskom terena. Modelovanje hrapavosti je vršeno procenom dužine hrapavosti terena, na osnovu čega su formirane odgovarajuće ruže hrapavosti u okolini svake merne stanice. Treba napomenuti da dužinu hrapavosti treba posmatrati kao klimatološki parametar jer se hrapavost neke oblasti menja sa olistavanjem, opadanjem lišća, promenama vegetacije, količinom napadanog snega itd.

9.2.4. Modelovanje prepreka

Obilaskom mernih stanica locirani su objekti u okolini mernih stanica koji utiču na strujanje vetra. Efekat smanjenja brzine vetra prouzrokovan nekom preprekom se naziva zaklon. Da li će neka prepreka praviti zaklon na određenom mestu zavisi od sledećih faktora:

- ❖ rastojanja od prepreke do mernog mesta,
- ❖ visine prepreke,
- ❖ visine tačke u kojoj se meri vetar,
- ❖ dužine prepreke,
- ❖ poroznosti prepreke.

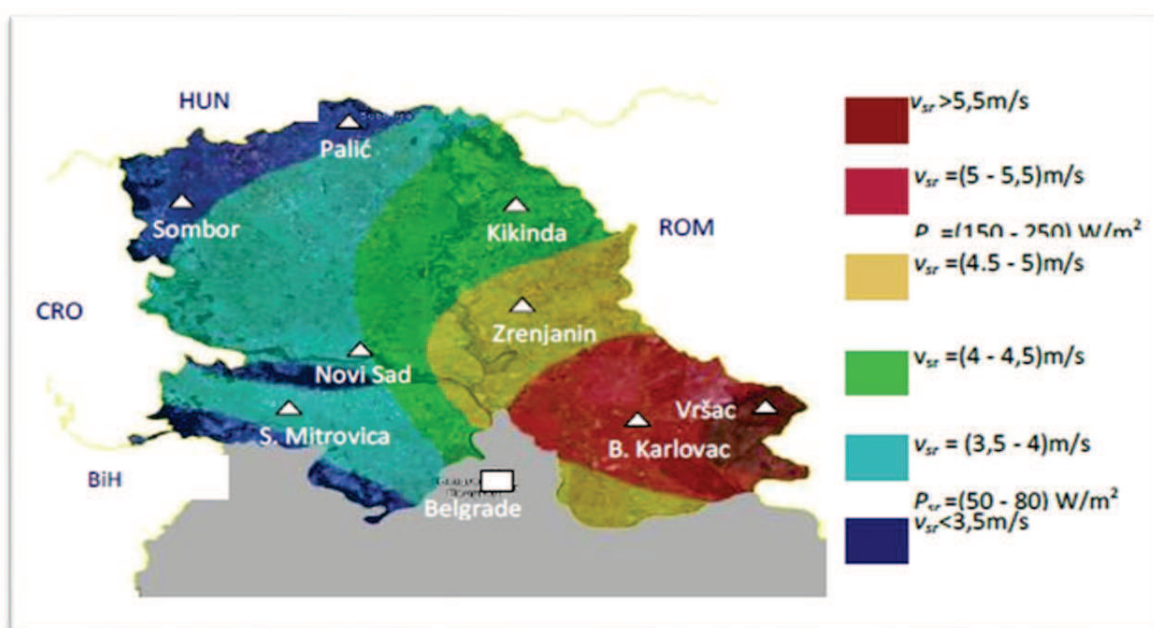
Praktično uticaj prepreke se oseća do visine približno tri puta veće od visine prepreke, a u pravcu duvanja vetra do dužine 30 do 40 puta veće od visine prepreke.

9.2.5. Modelovanje orografije terena

Uticaj orografije terena na brzinu vetra je jako veliki i neophodno ga je uvažiti u cilju dobijanja tačnijih rezultata. Svaka promena visine terena ima uticaj na vazdušni tok. Povećanje visine za samo 5% može imati uticaj do 5% na srednju brzinu vetra, recimo na visini osovine vetroturbine, što se dalje odražava na povećanje od 15% moguće izlazne snage turbine. Uvažavanje orografije terene oko mernih stanica u Vojvodini je obuhvaćeno kroz digitalne topografske mape koje su formirane za region oko svake merne stanice u prečniku 40 km. [25]

9.3. Mapa vetroenergetskog potencijala Vojvodine

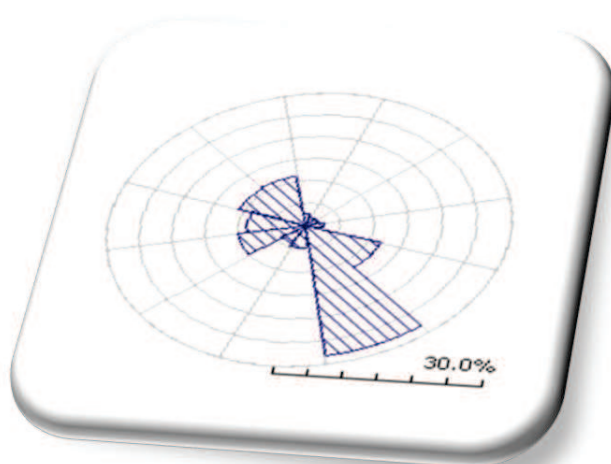
Formirani modeli orografije terena, prepreka i hrapavosti su prilagođeni zahtevima profesionalnog softverskog paketa za estimaciju vetroenergetskog potencijala WAsP. Pomoću WAsP-a, za svaku mernu stanicu, formirana je regionalna mapa vetroenergetskog potencijala. U proračunu su uključeni standardni hidrometeorološki merni podaci o merenjima brzine vetra za period od 1999. do 2005. Estimacija mape vetrova je vršena za standardnu visinu od 50m. Regionalne mape vetrova (40×40) km, estimirane za svaku mernu stanicu, su prostorno ekstrapolirane i dobijena je mapa vetrova Vojvodine koja je prikazana na slici 1. Mapa prikazana na slici 1 se odnosi na srednje brzine vetra na 50m iznad tla kada bi teren bio homogen.



Slika 22 : Mapa srednjih godišnjih brzina vetra (50 m iznad tla) za Vojvodinu. [26]

Verifikacija mape je izvršena na osnovu merenja vetra na namenskom anemometarskom stubu, koji je postavljen u blizini merne stanice Banatski Karlovac, na kojem su vršena merenja vetra na visini 40 m. Srednja godišnja brzina vetra izmerena na mernom stubu na visini od 40 m je iznosila 5,75 m/s, a odgovarajuća srednja godišnja gustina snage vetra je 237 W/m^2 . Merni stub se nalazio u regionu u kojem je procenjena brzina vetra na 50 m iznosila $(5 \div 5,5) \text{ m/s}$, pa se na osnovu ovog poređenja može zaključiti da estimirana mapa prikazana na slici 5 daje u izvesnoj meri skromniji potencijal od stvarnog. Prethodna analiza ukazuju na neophodnost vršenja namenskih merenja za svaki projekat perspektivnih vetroelektrana u Vojvodini. Mapa koja je prikazana na slici 22 može poslužiti za odabir ciljnog regiona i globalnu procenu potencijala energije vetra.

Na osnovu regionalne mape vetroenergetskog potencijala Vojvodine može se zaključiti da u regionu Južnog Banata postoji tehnički iskoristivi potencijal vetra klase 3 i 4. Lokalni efekti (efekat brda i efekat tunela) mogu značajno povećati brzinu vetra na određenoj mikrolokaciji, tako da u određenim regionima u Vojvodini, posebno u Južnom Banatu, postoji značajan broj mikrolokacija sa srednjim godišnjim brzinama vetra iznad 6 m/s na visini od 50 m , kojima odgovaraju srednje godišnje gustine snage od preko 300 W/m^2 . Na takvim mikrolokacijama očekuje se da bi mogla postojati ekonomska opravdanost gradnje vetroelektrana.



Slika 23 : Ruža vetrova (10 m iznad tla) za mernu stanicu Banatski Karlovac. [27]

Ružu vetrova u regionu Vojvodine karakteriše izrazito dominantan jugoistočni vetar – Košava. Na slici 2 prikazane su uporedo srednje brzine vetra u mernim stanicama koje su poređane u smeru vetra.

Postoje relativno velike varijacije srednjih godišnjih brzina vetra u mernim stanicama, tako da postoje manje i više vetrovite godine. Ove varijacije je neophodno uzeti u obzir, odnosno definisati tipičnu godinu sa aspekta vetroenergetskog potencijala koja je merodavna za analizu ekonomičnosti projekta. [28]

9.4. Tehnički uslovi gradnje vetroelektrane na razmatranoj lokaciji

Nakon definisanja ciljeva i svrhe investiranja, analize razvojnih mogućnosti i izvodljivosti izgradnje vetroelektrane, značajno mesto u daljoj studiji svakako zauzima geografski položaj lokacije i vlasnički status zemljišta i urbanistički uslovi gradnje vetroelektrane.

Tehnički uslovi za gradnju vetroelektrana se pre svega odnose na infrastrukturne elemente. U vezi sa tim potrebno sagledati sledeće:

- ❖ Da li je transport opreme moguć iz zemalja zapadne Evrope,
- ❖ Da li je postojećim putem moguće obezbediti uslove za bezbedan transport opreme i specijalnih dizalica za njihovo postavljanje.

Dosadašnja iskustva Evropskih zemalja pokazala su da ova kategorija troškova ima značajan udeo (i do 30%) u ukupnim investicionim troškovima realizacije projekata izgradnje manjih vetroelektrana. [29]

9.5. Specifikacija potrebnih dozvola i dokumenata za izgradnju vetroelektrane

9.5.1. Energetska dozvola

Dozvolu za izgradnju vetroelektrane izdaje Ministar energetike Republike Srbije na osnovu zahteva za izdavanje energetske dozvole. Kriterijum za izdavanje energetske dozvole, sadržina zahteva i način izdavanja energetske dozvole su propisani odgovarajućim Pravilnikom. Kriterijumi za izdavanje energetske dozvole za izgradnju vetroelektrane su definisani u Članu 5. Pravilnika. Zahtev za izdavanje energetske dozvole podnosi se na obrascu O-1 koji čine sastavni deo Pravilnika. Obrazac se predaje ministru nadležnom za poslove energetike.

Uz zahtev za izdavanje energetske dozvole podnosioc zahteva – investitor podnosi:

1. izvod iz urbanističkog plana ili akt o urbanističkim uslovima, koji nije stariji od jedne godine, ako su ti akti doneti, odnosno izdati;
2. akt nadležnog organa o nameni zemljišta na kojem će se graditi energetska objekta sa utvrđenim merama i uslovima zaštite životne sredine u skladu sa zakonom kojim se uređuje zaštita životne sredine, ako je takav akt donet;
3. elaborat o izgradnji energetske objekta za koji se traži energetska dozvola, a koji sadrži naročito: ciljeve investiranja sa osnovnim podacima o investitoru; analizu postojećeg stanja – prostorna lokacija objekta, njegova funkcija i značaj s obzirom na vrstu i kapacitet energetske objekta; analizu tržišta – načinu proizvodnje, nabavke,

preuzimanja i prodaje energije i energenata; tehnički opis postrojenja i tehnoloških procesa – režima rada i načina korišćenja postrojenja; analizu energetske efikasnosti objekata sa podacima o energiji i energentima koji će se koristiti; planiranom veku objekta; analizu nabavnog tržišta; rokom izgradnje objekta; analizu i ocenu izbora lokacije, analizu mogućih uticaja na životnu sredinu sa predlogom mera zaštite životne sredine, odnos prema prirodnim i kulturno-istorijskim dobrima, uticaju na klimu, površinske i podzemne vode, floru, faunu i tlo; finansijsku analizu ocene sa proračunom potrebnih ulaganja i izvorima finansiranja i obavezama prema izvorima; analizu osetljivosti i rizika investiranja; analizu izvora finansiranja i finansijskih obaveza (sopstvena sredstva, domaći izvori, inostrani i međunarodni izvori, garancije i obaveze); analizu organizacionih i kadrovskih mogućnosti (organizacija, kadrovski potencijal); predlogom mera o uslovima i načinu uređivanja odnosa u slučaju privremenog ili trajnog prestanka rada, odnosno korišćenja energetske objekta; merama koje će se preduzeti radi zaštite energetske objekta i predlogom mera kojima će se definisati svi potrebni parametri za eventualni kasniji ponovni početak rada energetske objekta;

4. odgovarajuću izjavu banke da je spremna da prati podnosioca zahteva, odnosno investitora u finansiranju izgradnje energetske objekta;
5. dokaz o odgovarajućem bonitetu dodeljen od strane kvalifikovane specijalizovane organizacije;
6. mišljenje operatora distributivnog sistema o uslovima i mogućnostima priključivanja novog energetske objekta na sistem.

Ministar, odnosno nadležni organ na osnovu priložene dokumentacije i podataka dostavljenih uz zahtev proverava ispunjenost propisanih uslova za izdavanje energetske dozvole i donosi rešenje kojim se izdaje energetska dozvola ili odbija zahtev za izdavanje energetske dozvole.

Sadržaj rešenja o izdavanju energetske dozvole je preciziran u Članu 10 Pravilnika. [30]

9.5.2. Dokumentacija i elektroenergetska saglasnost za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu

U skladu sa Zakonom o Elektroprivredi i sa Odlukom o opštim uslovima za isporuku električne energije, vlasnik male elektrane – investitor treba da:

- ❖ pribavi elektroenergetsku saglasnost za priključenje male elektrane na mrežu,
- ❖ pribavi odobrenje za upotrebu objekta, i
- ❖ ispuni tehničke uslove za izradu tehničke (projektne) dokumentacije za gradnju.

Redosled aktivnosti do priključenja male elektrane na distributivnu mrežu:

1. Vlasnik male elektrane – investitor na odgovarajućem obrascu elektrodistribucije podnosi Zahtev za izdavanje elektroenergetske saglasnosti za priključenje male

elektrane na distributivnu mrežu i uz ovaj zahtev nadležnoj elektrodistribuciji predaje sledeća dokumenta:

- ❖ situacioni plan (katastarski plan) sa ucrtanim objektima male elektrane;
- ❖ izvod iz tehničke dokumentacije male elektrane: tehnički izveštaj, jednopolna šema, osnovni podaci o mestu priključenja male elektrane i mestu priključenja na distributivnu mrežu, podaci o energetske transformatorima u maloj elektrani, opis osnovnih uređaja sistemske zaštite i zaštite priključnog voda;
- ❖ opis vrste i načina rada pogonskih mašina, generatora, pretvarača;
- ❖ povećanje struje kratkog spoja na mestu priključenja na distributivnu mrežu, ukoliko snaga male elektrane prelazi 1 MVA;
- ❖ protokol (atest) o očekivanim strujama viših harmonika pretvarača;
- ❖ protokol (atest) o očekivanom delovanju elektrane na vetar na distributivnu mrežu;
- ❖ dokaz o regulisanim imovinsko-pravnim odnosima.

2. Nadležni organ elektrodistribucije u roku od 30 dana od podnošenja Zahteva donosi Rešenje o elektroenergetskoj saglasnosti, ako na lokaciji na koju treba da se izgradi mala elektrana postoje izgrađeni elektroenergetski objekti koji imaju tehničke mogućnosti za priključenje i paralelan rad male elektrane i distributivne mreže. Elektroenergetska saglasnost važi dve godine, i prestaje da važi ako u tom roku nije započeta gradnja male elektrane.
3. Nakon završetka izgradnje male elektrane, mernog mesta i rasklopne aparature u objektu, kao i priključnog voda, vlasnik male elektrane – investitor na odgovarajućem obrascu elektrodistribucije podnosi Zahtev za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu.

Kao dokaz da su svi elektroenergetski objekti i električne instalacije u maloj elektrani i na priključnom vodu izvedene kvalitetno i u skladu sa tehničkim propisima i standardima, vlasnik male elektrane – investitor uz Zahtev za priključenje prilaže:

- ❖ odobrenje za upotrebu objekta;
- ❖ izveštaj (stručni nalaz) ovlašćene institucije da priključenje male elektrane neće imati štetno delovanje na distributivnu mrežu.

Nadležni organ elektrodistribucije vrši tehnički pregled priključka male elektrane na distributivnu mrežu i mernog mesta i na posebnom obrascu elektrodistribucije potvrđuje da su ovi elektroenergetski objekti izvedeni prema tehničkim uslovima iz elektroenergetske saglasnosti.

Na osnovu prethodnih dokumenata, nadležni organ elektrodistribucije:

- ❖ sklapa sa vlasnikom male elektrane – investitorom Ugovor o paralelnom radu male elektrane sa distributivnom mrežom,
- ❖ sklapa sa vlasnikom male elektrane – investitorom Ugovor o isporuci (primopredaji) električne energije;

- ❖ izdaje Nalog za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu, koje mora da se izvrši najkasnije za 15 dana nakon potpisivanja Ugovora o paralelnom radu male elektrane sa distributivnom mrežom i Ugovora o isporuci električne energije. [21]

9.6. Analiza neophodnih dodatnih istraživanja vetropotencijala na lokaciji predviđenoj za gradnju

Za realizaciju projekta vetroelektrana, potrebno je izvršiti montiranje namenskog merno–akvizicionog sistema za merenje karakteristika vetra na ciljnoj mikrolokaciji. Merno akvizicioni sistem mora obezbediti merenje sledećih veličina:

- ❖ srednje desetominutne brzine vetra na najmanje tri visine,
- ❖ smer vetra na najmanje dve visine,
- ❖ merenje temperature vazduha,
- ❖ merenje vlažnosti vazduha (nije neophodno ali je poželjno da bi se sagledale pojave uslova za hvatanje leda na lopaticama i mernoj opremi).

Merenja je potrebno kontinuirano vršiti najmanje godinu dana (ako se vrši duži vremenski period to mora biti ceo broj godina). Preporučuje se kupovina NRG opreme koja mora imati kalibrisane senzore kako bi merni podaci bili tehnički i pravno validni za realizaciju projekta. Takođe se predlaže kupovina sistema koji omogućava GSM komunikaciju sa akvizicionim sistemom (*data logger*) na mernom stubu, jer se time omogućava jednostavan prenos mernih podataka i kontrola rada sistema.

Za postavljanje mernog stuba na određenoj lokaciji potrebno je obezbediti sledeće dozvole:

- ❖ urbanistička dozvola,
- ❖ saglasnost republičkih (ili pokrajinskih) organa za urbanizam i zaštitu životne sredine,
- ❖ građevinski projekat,
- ❖ mehanički proračun stuba,
- ❖ dozvola od civilnog vazduhoplovstva,
- ❖ vojna dozvola. [31]

9.7. Tehničko-tehnološko rešenje vetroelektrane

Tehničko-tehnološko rešenje vetroelektrane je urađeno uz uvažavanje:

- ❖ postojećeg raspoloživog prostora na mikrolokaciji,
- ❖ utvrđenog vetroenergetskog potencijala i profila brzine vetra na mikrolokaciji,
- ❖ klimatoloških karakteristika terena (izokeraunički nivo),
- ❖ specifičnosti različitih modela turbina,
- ❖ ograničenja kapaciteta postojeće srednjenaponske elektrodistributivne mreže.

9.7.1. Izbor tipa, veličine i karakteristika vetroagregata

Ekonomski razlozi (*economy of scale*) ukazuju da je projektovanje vetroelektrana sa većim nazivnim snagama isplativije nego projektovanje vetroelektrane iste nazivne snage sa manjim brojem jedinica. Sa druge strane, postoje tehnička ograničenja izgradnje velikih vetrogeneratorskih jedinica koja mogu značajno poskupiti cenu projekta po instalisanom MW. Jedno od glavnih tehničkih ograničenja su transportni troškovi koji dominantno zavise od gabarita opreme, odnosno instalisane snage korišćenih vetroagregata.

S obzirom na postojeći nivo razvoja tehnologija u oblasti vetroenergetike i iskustava evropskih zemalja, najprihvatljivije rešenje za realizaciju vetroelektrana su vetroagregati instalisane snage 1,8 MW do 2 MW. Ovakve jedinice danas predstavljaju standard u Evropi za pristupačne lokacije. Jedinice instalisane snage veće od 2 MW takođe mogu biti uzete u razmatranje ali su iskustva projekata realizovanih sa ovakvim jedinicama još uvek nedovoljna.

Ukupna instalisana snaga vetroelektrane je ograničena sa raspoloživim prostorom i kapacitetom postojećeg 20 kV voda na koji treba da bude priključena vetroelektrana. S obzirom na usvojenu jediničnu snagu vetroagregata i zahtevana minimalna međusobna rastojanja između vetroagregata u okviru vetroelektrane, trenutni raspoloživi prostor omogućava izgradnju maksimalno pet turbina jedinične snage 2 MW, što zbirno iznosi 10 MW.

Proizvodnja električne energije u vetroelektrani zavisi od brzine vetra, kao i činjenice da uslovi hlađenja dalekovoda zavise od brzine vetra. Optimalan izbor visine stuba vetroelektrane je tehničko–ekonomski problem koji treba da uvaži sa jedne strana uticaj visine stuba na povećanje investicionih i operativnih troškova i, sa druge strane, uticaj visine stuba na povećanje proizvodnje električne energije. U navedenom optimizacionom problemu postoje tehnička ograničenja u pogledu minimalne i maksimalne visine stuba koja nameće sam proizvođač opreme. Za definisanu jediničnu snagu turbine od 2 MW većina proizvođača sugeriše visinu stuba u opsegu od 70 m do 100 m. Povećanje investicionih troškova sa povećanjem visine stuba je uzrokovano većim utroškom materijala, povećanim transportnim troškovima, troškovima montaže i izrade temelja. Operativni troškovi mogu biti uvećani sa povećanjem visine stuba zbog povećanja verovatnoće udara groma u vetroagregat, sa kojima su usko povezani i troškovi održavanja i troškovi usled neraspoloživosti vetroagregata. Sa druge strane, povećanje visine stuba obezbeđuje veću proizvodnju električne energije zbog visinskog profila brzine vetra, koji zavisi od hrapavosti terena na kojem je postavljena vetroturbina. Ukoliko je hrapavost terena veća onda je veća i promena brzine vetra sa promenom visine pa je na takvim lokacijama pogodno postavljati više stubove. [32]

9.7.2. Analiza ugroženosti vetroelektrane od atmosferskih pražnjenja

S obzirom da su vetroagregati zbog svoje visine izloženi atmosferskim pražnjenjima koja predstavljanju jedan od najčešćih uzroka kvarova i ispada iz pogona vetroagregata potrebno je pri izboru lokacije i visine stuba analizirati verovatnoću broja udara groma u zoni vetroelektrane. Sa verovatnoćom udara groma u neki objekat usko je povezan broj grmljavinskih dana u godini (izokeraunički nivo). Pretpostavimo da je na razmatranoj lokaciji grmljavinska aktivnost relativno slaba. [23]

9.7.3. Osnovni tehnički zahtevi za priključenje male elektrane na distributivnu mrežu

Na mrežu može da se priključi mala elektrana koja za priključenje i bezbedan paralelan rad sa distributivnom mrežom, mora da:

- ❖ zadovolji 4 osnovna kriterijuma, a to su kriterijum dozvoljene snage male elektrane, kriterijum flikera, kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika i kriterijum snaga (struja) trofaznog kratkog spoja,
- ❖ je opremljena zaštitnim i drugim uređajima kojima se štite generatori i druga oprema male elektrane od oštećenja i havarija zbog kvarova u mreži, ili zbog nedozvoljene razlike napona, frekvencije i/ili faznog stava u maloj elektrani i distributivnoj mreži kod priključenja na distributivnu mrežu,
- ❖ ispunjava zahteve propisa o zaštiti životne sredine. [33]

9.7.4. Osnovni tehnički zahtevi za izvođenje priključka male elektrane

Priključak male elektrane služi za povezivanje mesta priključenja male elektrane sa mestom priključenja na distributivnu mrežu. Pomoću priključka vrši se uklapanje male elektrane u distributivnu mrežu, u skladu sa osnovnim principima oblikovanja elektrodistributivne mreže određenog naponskog nivoa.

Mala elektrana se povezuje sa distributivnom mrežom samo preko jednog priključka. Priključak male elektrane je trofazni, i dimenzioniše se i izvodi prema nazivnom naponu mreže i maksimalnom jednovremenom opterećenju male elektrane.

Priključak male elektrane se sastoji od:

- ❖ Priključnog voda, koji može da bude kablovski ili nadzemni.
- ❖ Rasklopnih aparata, merne, zaštitne i druge opreme u izvodnom polju (ćeliji) priključnog voda u objektu male elektrane na mestu priključenja. Glavni elementi ovog dela

rasklopne aparature su: prekidač (spojni prekidač), merni transformatori za napajanje zaštite, kao i za merenje predate i primljene električne energije ako je predviđeno merenje u maloj elektrani.

- ❖ Rasklopnih aparata, merne, zaštitne i druge opreme na mestu priključenja male elektrane na mrežu koji su elementi rasklopne aparature u distributivnoj TS ili na mreži, u izvodnom polju (ćeliji) priključnog voda za malu elektranu na mestu priključenja na distributivnu mrežu.
- ❖ Opreme i uređaja za merno mesto.

Izuzetno, nadležna distribucija može da odobri da se mala elektrana direktno (kruto) priključi na SN ili NN mrežu, i to:

- ❖ na mrežu 10 kV ili 20 kV mala elektrana instalisane snage do 160 kVA, pod uslovom da se priključak na nadzemnu mrežu 10 kV (20 kV) izvede preko sklopke–rastavljača na stubu.
- ❖ na NN mrežu mala elektrana instalisane snage do 63 kVA, ako dužina priključnog NN voda ne prelazi 100 m. [33]

9.7.5. Zaštita generatora i priključnog voda male elektrane

Potrebno je utvrditi osnovne zahteve za izbor uređaja za zaštitu generatora i elemenata rasklopne aparature male elektrane od mogućih havarija i oštećenja usled kvarova i poremećaja u mreži (kratak spoj, zemljospoj, promena napona i/ili promena frekvencije), u uslovima paralelnog rada., što znači da je potrebno obuhvatiti sledeće zaštite:

- ❖ sistemska zaštita,
- ❖ zaštita priključnog voda.

Delovanjem ovih zaštita, mora na spojnem prekidaču da se automatski prekine paralelan rad generatora sa mrežom i izvrši havarijsko zaustavljanje generatora (brzo razbuđivanje i brzo zaustavljanje), ukoliko nije predviđen automatski prelazak male elektrane u ostrvski rad.

Sistemska zaštita se sastoji od naponske zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije i frekventne zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje aktivne energije. [34]

9.7.6. Pogon vetroelektrana

Vlasnik male elektrane mora uređaje koji su potrebni za paralelan rad sa distributivnom mrežom da redovno održava i da povremeno kontroliše ispravnost funkcionisanja spojnog prekidača i zaštitnih uređaja. Rokovi za obavljanje pojedinih radova ne mogu da budu duži od rokova koje propisuje Pravilnik o tehničkim normativima za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja i vodova. Rezultati ispitivanja se unose u poseban protokol. Ovaj protokol prikazuje hronološki sprovedena ispitivanja i služi kao dokaz o redovno nadgledanom pogonu. Ovlašćeni predstavnik elektrodistribucije može u svako doba da traži rezultate ispitivanja sistemske zaštite i zaštite priključnog voda u maloj elektrani, a kada to pogonski uslovi mreže zahtevaju može da traži i promenu podešenja zaštita.

Mala elektrana mora da se odvoji od distributivne mreže za slučaj kvarova i poremećaja u mreži, i sme da se ponovo priključi na distributivnu mrežu tek kada se ispune uslovi za priključenje i nesmetan paralelan rad. Kod male elektrane sa više generatora, priključenje narednog generatora može da se izvede najmanje dva minuta posle priključenja prethodnog generatora. Elektrodistribucija ima pravo da u slučaju opasnosti i smetnji trenutno odvoji malu elektranu od distributivne mreže. O takvom isključenju, kao i o isključenjima male elektrane radi obavljanja radova (revizija, remont itd.) u mreži, vlasnik male elektrane se pravovremeno obaveštava.

Ovlašćenom predstavniku elektrodistribucije, u dogovoru sa vlasnikom male elektrane, mora u svako vreme da bude omogućen pristup rasklopnim aparatima, zaštitnim i mernim uređajima, o čemu će da se zaključi odgovarajući ugovor o pogonu.

Kontrola ispravnosti razvoda jednosmernog napona u maloj elektrani od izuzetne je važnosti za pouzdan rad male elektrane i sprečavanje pojava teških havarija.

Pojava nenormalnih stanja u razvodu jednosmernog napona mora da se blagovremeno signalise, a kvarovi moraju da se otklone sa prvim stepenom prioriteta.

U slučaju nestanka jednosmernog napona akumulatorske baterije za napajanje zaštitnih uređaja i rasklopnih aparata u maloj elektrani, treba da dođe do automatskog normalnog zaustavljanja generatora: rasterećenje generatora, prekid paralelnog rada male elektrane sa distributivnom mrežom isključenjem spojnog prekidača, razbuđivanje i zaustavljanje.

Nadležna elektrodistribucija i vlasnik male elektrane treba uzajamno da se obaveštavaju o bitnim izmenama u svojoj mreži, odnosno postrojenju, koje imaju uticaj na paralelni rad, kao što

su: zamena zaštitnih uređaja i/ili rasklopnih aparata, izmene na uređajima za kompenzaciju reaktivne snage itd. [23]

9.8. Proračun ukupne godišnje proizvodnje vetroelektrane

Proračun ukupne očekivane godišnje proizvodnje električne energije vetroelektrane je estimiran u WAsP-u. Estimacija je urađena za tri modela vetroturbina i to:

1. Enercon E 82, 2MW; (Nemački proizvođač www.enercon.de)
2. Vestas V 80, 1,8 MW; (Danski proizvođač www.vestas.dk)
3. Gamesa G 90, 2 MW; (Španski proizvođač www.gamesa.es)

Tehničke karakteristike analiziranih vetrogeneratora mogu se dobiti direktno od proizvođača navedenih modela vetroagregata na osnovu dostavljene dokumentacije odnosno vetroenergetskog potencijala, tehničko- tehnološkog rešenja itd .

9.8.1. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Enercon E 82 2 MW postavljenim na stub visine 80 m

Na osnovu sprovedenog proračuna zaključuje se da je očekivana godišnja proizvodnja vetroelektrane sa pet vetroagregata Enercon E 82 2MW oko 26, 98 GWh sa ukupnim gubicima usled *wake* efekta od 3,4%. Faktor iskorišćenja kapaciteta za analiziranu vetroelektranu je 31.36% ili oko 2750 h. [35]

9.8.2. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Vestas V 80 1,8 MW postavljenim na stub visine 80 m

Na osnovu sprovedenog proračuna zaključuje se da je očekivana godišnja proizvodnja vetroelektrane sa pet vetroagregata Vestas V 80 1.8 MW oko 21, 811 GWh sa ukupnim gubicima usled *wake* efekta od 6,38%. Faktor iskorišćenja kapaciteta za analiziranu vetroelektranu je 27,66% ili oko 2420 h. [36]

9.8.3. Proračun proizvodnje vetroelektrane sa turbinama Gamesa G 90 2 MW postavljenim na stub visine 80 m

Na osnovu sprovedenog proračuna zaključuje se da je očekivana godišnja proizvodnja vetroelektrane sa pet vetroagregata Gamesa G 90 2 MW oko 23, 94 GWh sa ukupnim gubicima usled *wake* efekta od 6,4%. Faktor iskorišćenja kapaciteta za analiziranu vetroelektranu je 30,78% ili oko 2700 h. [37]

9.9. Tržišni aspekti

U okviru ovog dela rada analiziran je trenutni bilans proizvodnje i potrošnje električne energije u Srbiji, procene i dinamika izgradnje novih kapaciteta, prognoza kretanja cena električne energije i kompatibilnost dnevnih i godišnjih profila proizvodnje električne energije u perspektivnoj izgradnji vetroelektrane.

9.9.1. Analiza i procena tražnje

Prema energetske bilansima iz Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine sagledana je potrošnja električne energije, prema tabeli 2.

Opis	2003.	2006.	2009.	2012.	2015.
Bruto potrošnja	30.584	32.023	33.726	36.568	37.453
Obavezne isporuke	1.287	1.600	1.600	1.600	1.600
Ukupne potrebe	31.781	33.623	35.326	37.168	39.047
Domaća proizvodnja	30.871	33.810	34.990	39.820	39.850
Neto: uvoz (-)/i izvoz(+)	-1000	187	-336	2.652	803

Tabela 2: Potrošnja električne energije u EPS-u [38]

Prognozirani obim i strukturu potrošnje električne energije elektroenergetskog sistema Srbije u periodu do 2015. godine, moguće je podmiriti korišćenjem postojećih proizvodnih kapaciteta, kao i izgradnjom novih. Nesumnjivo je, da će osnova rasta novih kapaciteta biti intenzivna dinamika izgradnje novih termoenergetskih blokova, sa ulaskom u pogon po dinamici prikazanoj u tabeli 3.

Period	Snaga na pragu (MW)
do 2005.	0
2006. do 2010.	700
2011. do 2015.	350

Tabela 3: Dinamika planiranja izgradnje novih proizvodnih kapaciteta u EPS-u. [39]

U ovim dugoročnim bilansima nije se eksplicitno računalo sa diverzifikacijom izvora, odnosno, nisu bilansirane i mogućnosti obnovljivih izvora, kao što se to uveliko radi u Evropi. Bilansi iz Strategije dati kao ilustracija, samo potvrđuju nesumnjivu činjenicu da će »glad« za električnom energijom u zemlji biti evidentna, jer se data dinamika novih kapaciteta u »velikoj energetici« ne može ostvariti, tako da tržišni prostor za »malu energetiku« u koju spadaju u vetroelektrane nije sporan, naprotiv, potražnja će podsticati njihovu gradnju. Ako se tome dodaju i stimulansi, nagovešteni zakonima, a čija se operacionalizacija očekuje u kratkom roku, sa sigurnošću se može tvrditi da ne postoje ograničenja u plasmanu električne energije iz vetroelektrana na području Vojvodine. [40]

9.9.2. Prognoza prodajnih cena

Trenutno stanje u cenovnom portfelju, kada je reč o prodajnim cenama električne energije u Srbiji, ne može se oceniti kao stimulativno za buduće investicije u »maloj energetici«. Nastojanja EPS-a da se promeni to stanje sa zahtevima za priznavanje normalnih ekonomskih cena, zatim, dosadašnje aktivnosti Agencije za energetiku u sektoru tarifnih sistema za prodaju električne energije i druge aktivnosti u toj oblasti sigurno će dati ohrabrujuće rezultate budućim investitorima za izgradnju vetroelektrana na područjima Republike.

Na osnovu člana 123. Tačka 3. Ustava Republike Srbije, a u vezi sa Zakonom o energetici („Službeni glasnik RS“, broj 84/04), Vlada je donela Uredbu o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije.

U članu 1. pomenute uredbe bliže se propisuju mere podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i za otkup te energije - Feed In - , balansiranje i očitavanje, definisani su energetske objekti koji proizvode električnu energiju iz obnovljivih

izvora, uređena je sadržina ugovora o otkupu električne energije po merama podsticaja, kao i naknada troškova kupcu tako proizvedene energije.

Članom 4. je određeno sledeće : »Mere podsticaja, u smislu ove uredbe, obuhvataju otkupne cene određene ovom uredbom prema vrsti elektrane u kojoj se proizvodi električna energija korišćenjem obnovljivih izvora energije i prema instalisanoj snazi izraženoj u MW.

Vrsta elektrane i instalisana snaga određuju se aktom o sticanju statusa povlašćenog proizvođača električne energije. Otkupne cene iz stava 1. Ovog člana, izražene u evrocentima po kilovat-satu (c€/1 kWh), dati su u tabeli 4 iznose:

Redni broj	Vrsta elektrane	Instalisana snaga (MW)	Mere podsticaja - otkupna cena (c€/1 kWh)
1.	Hidroelektrane		
1.1.		do 0,5 MW	9,7
1.2.		od 0,5 MW do 2 MW	10,316 – 1,233*P
1.3.	na postojećoj infrastrukturi	od 2 MW do 10 MW	7,85
1.4.	na postojećoj infrastrukturi	do 2 MW	7,35
1.4.		od 2 MW do 10 MW	5,9
2.	Elektrane na vetar		9,5

Tabela 4: Otkup cene po -feed in- tarifama [41]

U skladu sa pomenutom Uredbom, dogovorena je ukupna prodajna cena za proizvedenu električnu energiju (na predajnom mestu na distributivnoj mreži 20kV) iz ove vetroelektrane od 9,5 c€/kWh, na osnovu koje će se utvrditi i konačan »output«, kao ključni faktor za ekonomsku analizu.

10. Ekološki aspekti rada vetroelektrane

10.1. Pozitivni ekološki efekti rada vetroelektrana

Jedan od osnovnih motiva za nagli razvoj obnovljivih izvora energije je njihov relativno mali negativan uticaj na životnu sredinu u poređenju sa konvencionalnim elektranama. Glavni negativni uticaji proizvodnje električne energije se kvantifikuju kroz emisiju štetnih gasova u atmosferu pri proizvodnji svakog kWh električne energije.

Glavni negativni uticaji proizvodnje električne energije, odnosno emisije gasova pri radu elektrana su:

- ❖ negativan uticaj na globalno zagrevanje zbog efekta staklene bašte,
- ❖ uzrokuju pojavu kiselih kiša,
- ❖ negativan uticaj na kvalitet voda i ekosistem.

Svaki od navedenih štetnih gasova koji se emituju u atmosferu u manjoj ili većoj meri uzrokuje navedene negativne uticaje na životnu sredinu. Uticaj pojedinih gasova na određenu kategoriju zagađenja životne sredine se kvantifikuje preko odgovarajućih koeficijenata. Kvantifikacija uticaja proizvodnje električne energije na određenu kategoriju ugrožavanja životne sredine se posmatra kroz utvrđivanje nivoa ekvivalentne emisije određenog referentnog gasa (npr. CO₂ je referentni gas za globalno zagrevanje, SO₂ za stvaranje kiselih kiša i PO₄³⁻ za ugrožavanje voda i ekosistema).

Pod pretpostavkom da je vetroelektrana realizovana sa pet vetroturbina Enercon E 82 njena ukupna očekivana godišnja proizvodnja električne energije je oko 27 GWh/god.

Ekološka valorizacija projekta za izgradnju vetroelektrana se izražava kroz uštedu u emisiji analiziranih referentnih gasova u odnosu na emisiju tih gasova pri proizvodnji iste količine električne energije u termoelektrani na lignit (TE).

Ekologija je bitan aspekt pri definisanju cene električne energije. Naime, cene električne energije u postojećim tržišnim uslovima ne uključuju eksterne troškove, odnosno troškove koji su vezani za zagađenje životne sredine i ugrožavanje zdravlja stanovništva. Univerzitet u Štutgartu je, pod pokroviteljstvom Evropske Unije, pokrenuo opsežan program "ExternE" u kojem su detaljno analizirani negativni uticaji različitih izvora električne energije na okolinu. U analizi su definisani koeficijenti kojima su penalisani različiti negativni uticaji proizvodnje električne energije iz pojedinih primarnih izvora. Kao rezultat takve analize definisani su eksterni troškovi odnosno eksterna (dodatna) cena generisanja svakog kWh električne energije.

Sabiranjem eksternih troškova sa direktnim troškovima (cenom) dobili bi se ukupni troškovi. Ako bi se cena električne energije formirala na osnovu ukupnih troškova, što se u svetu sve više potencira, onda bi energija vetra bila konkurentnija od klasičnih izvora u ravnopravnim tržišnim uslovima. [42]

10.2. Analiza negativnih uticaja rada vetroelektrane na okolinu

Iako se često vetroelektrane karakterišu kao ekološki potpuno čist izvor električne energije, one ipak imaju neke negativne posledice na okolinu od kojih se najčešće ističe buka. Vetroagregat pri radu generiše određeni nivo buke.

Predpostavimo da najbliži objekat vetroelektrani vikend kuća koja se nalazi na udaljenosti od oko 200 m od najbliže vetroturbine. Nivo buke na mestu potencijalno ugroženog objekta biti oko 43 dB(A) što odgovara nivou uobičajene buke u domaćinstvu. Treba napomenuti da je odabrani vetroagregat Enercon E 82 karakterističan po tome što nema reduktor pa je i nivo buke manji od vetroagregata iste snage sa reduktorom.

Sa problemom buke, odnosno vibracija, u određenoj meri je vezan i negativan uticaj rada vetroelektrane na lokalni biljni i životinjski svet. Ovaj problem je naročito potenciran sa početkom razvoja moderne vetroenergetike, kada su neke analize pokazale da vetroagregati uzrokuju odumiranje nekih biljnih vrsta u okolini njegove lokacije a takođe je primećeno da se povećava sterilnost nekih životinjskih vrsta, kao i njihovo napuštanje staništa. Pretpostavlja se da su infrazvuk i vibracije, koje generiše vetrogenerator pri radu, uzročnik ovih negativnih uticaja na lokalnu floru i faunu. Ovaj uticaj je gotovo u potpunosti isključen kod savremenih vetroagregata, koji osim što imaju stabilan rad vetroturbine, imaju i posebnu zaštitu od prekomernih vibracija koja isključuje generator i zaustavlja turbinu. U okviru ovog problema posebno se analizira i negativan uticaj vetrogeneratora na ptice, koje mogu stradati pri sudaru sa vetroturbinom. Međutim, mnoge analize su pokazale da je broj ptica koje stradaju od vetroturbine zanemarljivo mali u odnosu na njihove ostale životne neprijatelje, pre svega visoko naponske vodove. [42]

10.3. Specifikacija dozvola za izgradnju vetroelektrane sa aspekta zaštite životne sredine

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (Sl. glasnik Republike Srbije br. 135/04, Član 2.) definiše da je nadležni organ odgovoran za sprovođenje postupka procene uticaja onaj na čijem nivou se daje odobrenje za gradnju energetskog objekta, u ovom slučaju vetroelektrane. Nadležnost izdavanja dozvole za izgradnju definisana je Članom 89. Zakona o planiranju i izgradnji (Sl. glasnik Republike Srbije br.47/03). Na osnovu člana 89. stavova 1. i 4. Zakona o planiranju i izgradnji (Sl. glasnik Republike Srbije br.47/03) predmetna delatnost uređaji za korišćenje snage vetra u cilju proizvodnje energije nije u nadležnosti Ministarstva za kapitalne investicije R. Srbije, odnosno, za izdavanje odobrenja za izgradnju je nadležna opština na čijoj se teritoriji planira projekat. Samim tim i nadležni organ za poslove zaštite životne sredine lokalne samouprave je nadležni organ odgovoran za sprovođenje postupka procene uticaja na životnu sredinu predmetnog projekta.

Na osnovu Uredbe o utvrđivanju liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik Republike Srbije br. 84/05), predmetni projekat – uređaji za korišćenje snage vetra u cilju proizvodnje energije (vetroelektrana) se nalazi na Listi II – projekti za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu.

Na osnovu već navedenog, investitor (nosilac projekta), nakon izrađenog generalnog ili idejnog projekta, treba da se obrati nadležnom organu lokalne samouprave u vezi informacija o postupku vezanom za odobrenje za izgradnju predmetnog objekta nakon odabira konkretne lokacije – treba da podnese zahtev za dobijanje Akta o urbanističkim uslovima, koji će sadržati kompletne uslove kome sve treba da se obrati (kojim nadležnim organima i organizacijama) i šta sve treba da pribavi u postupku dobijanja odobrenja za izgradnju. Između ostalog, investitor (nosilac projekta), treba nadležnom organu za poslove zaštite životne sredine lokalne samouprave da se obrati Zahtevom o potrebi procene uticaja na životnu sredinu predmetnog projekta.

11. Ekonomsko - finansijski deo analize investicionih ulaganja u vetroelektrane



Ekonomska evaluacija projekta obuhvata ekonomsku i finansijsku analizu i za osnovu ima »Pravilnik o sadržini, obimu i načinu izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za izgradnju objekata « (»Sl. Glasnik RS«, br. 80/05.). U skladu sa studijom u nastavku rada ocenjuje se ekonomska opravdanost projekta, odnosno, da li projekat doprinosi pozitivnom tekućem poslovanju, finansijskoj likvidnosti i reprodukciji uloženog kapitala i definiše interna i društvena rentabilnost.

U predinvesticijskoj studiji definisana su potrebna investiciona sredstva i izvori pribavljanja potrebnih sredstava i procenjuju efekti koji će investicioni projekat da donese u periodu eksploatacije. Ekonomsko - finansijska analiza obuhvata:

- ❖ proračun obima, strukture i dinamike ukupnih ulaganja,
- ❖ definisanje strukture i dinamike izvora finansiranja i proračuna obaveza prema izvorima,
- ❖ proračun ukupnog prihoda koji se ostvari u eksploataciji,
- ❖ proračun troškova poslovanja,
- ❖ obračun ličnih dohodaka,
- ❖ izradu bilansa uspeha [17]

Investiciona ulaganja za Projekat su urađena na osnovu informativnih ponuda proizvođača opreme, uz uvažavanje svetskih iskustava u vezi aktuelnih specifičnih investicija za vetroelektrane u funkciji jediničnih kapaciteta. Sagledane su investicije u vrednosti od 10,945 mil.€.

Za finansiranje ovog projekta predviđena su sredstva iz sopstvenih izvora u izosu od 3% i kreditna sredstva sa učešćem od 97% sa rokom otplate od 15 godina sa kamatnom stopom od 5,0%.

Bilans uspeha investicionog projekta („statička analiza“) pokazuje, da projekat ostvaruje ukupnu bruto dobit za period od 25 godina u iznosu od 36,31 mil.€, odnosno, neto dobit posle oporezivanja u iznosu od 32,68 mil.€.

Gotovinski tok projekta je pokazao da je projekat likvidan u celom periodu i da ukupni neto priliv novčanih sredstava iznosi 32,23 mil.€.

Ekonomska opravdanost investicionih ulaganja je posmatrana i kroz dinamičku ekonomsku analizu, s aspekta projekcije ekonomskog toka i proračuna interne stope povraćaja investicija – IRR (Internal rate of return), pokazuje da interna stopa povraćaja iznosi 16,33%. Vreme povraćaja uloženog kapitala u nominalnom iznosu je 6 godina.

Neto sadašnja vrednost – NPV (Neto Present Value) za diskontnu stopu od 8% iznosi 8,21 mil.€.

Dodatno je urađena i dinamička analiza, predviđena Pravilnikom o sadržini studije opravdanosti (Sl. Glasnik br 80/05) pod nazivom „Društveni tok projekta“ koja pokazuje da je sa eliminisanjem transfernih izdataka koji predstavljaju zakonske obaveze dobijena interna stopa od 17,23%, a NPV u iznosu od 9,1mil.€.

Na bazi izvršenih finansijsko – ekonomskih analiza može se zaključiti da ovaj projekat ima veoma povoljne ekonomske performanse što se zaključuje i na osnovu interne stope rentabilnosti (IRR) i neto sadašnje vrednosti (NPV).



11.1. Investiciona ulaganja u vetroelektrane

Saglasno napred datom obrazloženju i strukturi investicija uslovljenoj lokacijom i drugim faktorima ukupne investicije za vetroelektranu snage 5 x 2 MW = 10MW prikazane su u tabeli 5.

Tabela 5: Specifikacija investicija za vetroelektrane

Redni broj	Vrsta Investicija	Ukupno hiljada €
I	GRAĐEVINSKI RADOVI	310
1.	Temelji sa infrastrukturom	250
2.	Montažna zgrada	35
3.	Ograda oko stubova sa signal sistemom	25
II	OPREMA	10.040
1.	Uvozna oprema sa transportom i montažom	10.000
2.	Putničko i terensko vozilo	40
III	NEMATERIJALNA ULAGANJA	595
1.	Zakup zemljišta u toku eksplotacije	270
2.	Istražni radovi	25
3.	Projektovanje- glavni projekat	180
4.	Odštete	45
5.	Dozvole i takse	20
6.	Inženjering	55
	UKUPNA OSNOVNA SREDSTVA	10.945
	UKUPNE INVESTICIJE	10.945

Dinamikom ulaganja je predviđeno trajanje investicija u vremenskom periodu od 2,5 godina, uvažavajući dinamiku koja će minimalno opteretiti troškove kredita u „grace period“-u. Tako je za tekuću, 2013. godinu predviđeno ulaganje od svega 580 hilj.€, a najveći deo u 2014. i manji deo u 2015. godini.

U tekućoj 2013. godini ulaganja se uglavnom odnose na pozicije nematerijalnih ulaganja, zgradu i vozila, i to:

Osnivanje firme i inženjering	55
Zakup zemljišta	240
Projektovanje	180
Takse i dozvole	20
Istražni radovi	25
Montaža zgrada sa opremom	25
Vozila	35
Ukupno	580

Tabela 6 - Troškovi godišnje amortizacije

Tabela 7 – 9 : Obračuni interkalarnih kamata i anuiteta

Obračun IKK				
Iznos kredita		10.600		
Godišnja kamatna stopa		5,0%		
Broj Perioda		3		
		1. godina	2.godina	UKUPNO
Dinamika ulaganja u %		22,2%	97,78%	100%
Dinamika ulaganja u vred.		235	10.365	10.600
Kredit + IKK		241	11.152	11.393
IKK		6	787	793

tabela 7

USLOVI KREDITA			
ZAJAM	10.600,00	INTERESNI KOEFIJIENT	1,025
KAMATA	5,00		0,025
BROJ GODINA	15	ANUITETNI KOEFIJIENT	0,080766456
BROJ OTPLATA U GODINI	2	ANUITET	506,44
UKUPAN BROJ OTPLATA	30	UKUPNA KAMATA	183.731,59
UKUPNA OTPLATA	15.193,29	TOTAL	194.331,59

tabela 8

ANUITETNI PLAN				
BROJ OTPLATE	POČETNO STANJE	ANUITET	KAMATA	GLAVNICA
1	10.600,00	506,44	265	241,44
2	10.358,56	506,44	258,96	247,48
3	10.111,08	506,44	252,78	253,67
4	9.857,41	506,44	246,44	260,01
5	9.597,40	506,44	239,94	266,51
6	9.330,90	506,44	233,27	273,17
7	9.057,73	506,44	226,44	280
8	8.777,73	506,44	219,44	287
9	8.490,73	506,44	212,27	294,17
10	8.196,55	506,44	204,91	301,53
11	7.895,02	506,44	197,38	309,07
12	7.585,95	506,44	189,65	316,79
13	7.269,16	506,44	181,73	324,71
14	6.944,45	506,44	173,61	332,83
15	6.611,61	506,44	165,29	341,15
16	6.270,46	506,44	156,76	349,68
17	5.920,78	506,44	148,02	358,42
18	5.562,36	506,44	139,06	367,38
19	5.194,97	506,44	129,87	376,57
20	4.818,40	506,44	120,46	385,98
21	4.432,42	506,44	110,81	395,63
22	4.036,79	506,44	100,92	405,52
23	3.631,27	506,44	90,78	415,66
24	3.215,60	506,44	80,39	426,05
25	2.789,55	506,44	69,74	436,7
26	2.352,85	506,44	58,82	447,62
27	1.905,23	506,44	47,63	458,81
28	1.446,41	506,44	36,16	470,28
29	976,13	506,44	24,4	482,04
30	494,09	506,44	12,35	494,09

tabela 9

11.2. Obračun troškova proizvodnje vetroelektrane

Specifičnost ove tehnologije proizvodnje–transformacije energije je, da glavni deo troškova proizvodnje čine fiksni troškovi vezani za investicije i način finansiranja i operativni troškovi čiju glavninu čine troškovi održavanja postrojenja. Do sada nisu uvedeni neki fiskalni troškovi za korišćenje potencijala, kao što je to slučaj kod klasičnih proizvođača električne energije u hidro i termoelektranama koje imaju uvedenu taksu na korišćenje vode i eksploataciju lignita [23]

Najveće troškove čine obračunata amortizacija i kamata na kredite kao finansijski trošak.

U tabeli 6 obračunati su troškovi godišnje amortizacije, a kamate su sadržane u napred datim tabelama 11,12,13.

Redni broj	Osnovno sredstvo	Nabavna vrednost	Stopa %	Iznos amortizacije
1.	Građevinski objekti	310	3%	9,3
2.	Oprema	10.040	4%	401,6
3.	Nematerijalna ulaganja	595	10%	59,536
4.	IKK	793	10%	79,29226
	Ukupno	11.738	4,68%	549,72826

Tabela 10

Troškovi održavanja, kao glavni operativni troškovi, obračunati su po stopi od 1,5% na vrednosti opreme, a premija osiguranja po stopi od 1,0% na istu osnovicu.

Pored ovih troškova u troškove reprodukcije uključene su i usluge i eventualne obaveze koje može uvesti opština, kao što su firmarina i drugi transakcioni troškovi, ali oni ne mogu imati neki značaj na visinu ukupnih poslovnih troškova u fazi reprodukcije vetroelektrane.

U obaveze je uključen i porez na dobit u visini od 10%.

11.3 Bilans uspeha projekta

Za ekonomsku evaluaciju Projekta usvojena je rigidnija varijanta proizvodnje električne energije, na nivou od 26,98 GWh/god. Ovaj parametar čine osnovu za formiranje kompletnog »output«-a, poslovnog prihoda Projekta koji služi za dalju raspodelu i definisanje osnovnih ekonomskih faktora.

Ekonomska evaluacija Projekta sa tzv. »statičkom analizom« i »dinamičkom analizom« ima za osnovicu bilans uspeha za vek rada od 25 godina.

Poznato je, da bilans uspeha pokazuje poslovanje investitora u ekonomskom veku projekta (do 2037. godine). Ukupan prihod u posmatranom periodu čini isključivo prihod od prodaje električne energije na distributivnoj mreži 20 kV, a ukupni rashodi za isti period predstavljaju zbir fiksnih i varijabilnih troškova, troškova finansiranja i amortizacije, napred proračunatih.

Bruto dobit predstavlja razliku ukupnih prihoda i ukupnih rashoda, i čini osnovicu za plaćanje poreza na dobit po stopi od 10%, a neto dobit projekta iznosi:

Profit =32,7 mil.€.

Projekat nema u početnoj godini negativne poslovne rezultate, s obzirom da servisiranje kredita počinje tek u godini pune proizvodnje električne energije. Proračuni bilansa uspeha za vek rada od 25 godina daju se u tabeli 10 na kraju tekstualnog dela.

11.4 Finansijski tok projekta (Cash Flow)

Finansijski tok projekta pokazuje priliv i odliv novčanih sredstava u ekonomskom veku projekta dat u stalnim cenama bez diskontovanja. Priliv obuhvata prihod od prodaje električne energije, prihode od finansiranja (kredit za investicije) i prihod od ostatka vrednosti projekta. Odlivi obuhvataju troškove investicija, fiksne i varijabilne troškove, obaveze prema izvorima finansiranja (otplate kredita i kamate) i porez na dobit. Razlika priliva i odliva daje nam neto priliv projekta.

Ukupan neto priliv projekta iznosi:

32,2 mil €.

Proračuni gotovinskih tokova Projekta za aktivizacioni period i period reprodukcije dati su u tabeli 11 na kraju tekstualnog dela.

11.5. Ekonomski tok projekta (proračun IRR)

Interna stopa rentabilnosti daje određenu kvalitativnu oznaku opravdanosti odnosno investicionog projekta, jer se smatra, da ukoliko je ona veća, realizacija investicije donosi veću nadoknadu uložnim sredstvima. Sleduje principijelni stav, da je investicija bolja ukoliko je njena interna stopa rentabilnosti veća. [17]

Neto sadašnja vrednost spada u grupu dinamičkih kriterijuma koji se formiraju uz pomoć tehnike diskontovanja. To je jedan apsolutni pokazatelj koji je veoma poznat u teoriji i praksi ocene investicija. Pod kriterijumom neto sadašnje vrednosti podrazumevamo sumu diskontovanih neto priliva (efekata) koji se ostvare u periodu eksploatacije investicije (veku trajanja investicionog projekta).

Ocena opravdanosti realizacije investicionih projekata uz pomoć ovog kriterijuma vrši se na taj način, što se svaki investicioni projekat koji ima pozitivnu vrednost kriterijuma neto sadašnje vrednosti, smatra opravdanim za realizaciju. [17]

Ekonomski tok projekta daje proračun interne stope povraćaja IRR (Internal rate of return). Ključni inputi za ovu dinamičku analizu su : investicije i troškovi poslovanja (bez amortizacije i kamate), a «output» čine prihodi po godinama životnog veka projekta i ostatak vrednosti projekta. Proračunom se utvrđuje stopa aktualizacije kojom se svi neto rashodi i neto prihodi svode na nulu.

Takođe, računato je da se u periodu reprodukcije od 25 godina uloži u vidu «proste reprodukcije» – zamene osnovnih sredstava , još 1,004 mil.€.

Ostvarena interna stopa povraćaja iznosi:

$IRR = 16,33\%$.

U ekonomskom toku izračunata je i neto sadašnje vrednosti sa diskontnom stopom od 8% koja iznosi 8,2 mil.€.

Proračun IRR i NPV daje se u tabeli 9 na kraju tekstualnog dela.

11.6 Društveni tok projekta

Društveni tok projekta, kategorija koja nije poznata u razvijenoj tržišnoj privredi, figurira u pomenutom Pravilniku i predstavlja preslikani ekonomski tok sa reduciranjem određenih transfernih plaćanja – sekundarne raspodele, kao što su, porezi na zarade, ostale zakonske obaveze i porez na dobit.

Rezultat je interna stopa povraćaja koja je uvek veća od interne stope u ekonomskom toku.

U ovom slučaju ta stopa iznosi 17,23%.

Proračun društvenog toka daje se u tabeli 10 na kraju tekstualnog dela.

11.7 Analiza osetljivosti za vetroelektane

Analiza osetljivosti je tehnika koja upozorava na promene efikasnosti projekta uzrokovane datim promenama pojedinih ključnih varijabli formiranja te efikasnosti. Tehnika polazi od očekivane vrednosti veličina ključnih varijabli i izoluje uticaj promene svake pojedini ključne varijable na iskazanu finansijsku efikasnost projekta.

Analiza osetljivosti polazi od pretpostavke volatilnosti ključnih elemenata formiranja efikasnosti projekta. Svrha je da pokaže šta će se dogoditi sa efikasnošću projekta merenom nekim od kriterijuma finansijskog odlučivanja ako se promeni veličina neke od ključnih varijabli u odnosu na njenju očekivanu. Pritom se, najčešće, izolovano posmatra učinak promene svake od ključnih varijabli na efikasnost projekta, zadržavajući druge varijable konstantnima u visini očekivanih veličina, iako je moguće analizirati i promene efikasnosti projekta uz kombinovano delovanje promena ključnih varijabli. Takvo ispitavanje osetljivosti promena ključnih varijabli upućuje i na stepen elastičnosti efikasnosti na promene svakog ključnog elementa, odnosno njihovih kombinovanih promena. Pri tome je uobičajeno posmatranje određenih postotaka promene ključnih varijabli ili pak intenziteta njihove promene do prelomne tačke, odnosno granične efikasnosti projekta.

Razmatrana su četiri ključna faktora od uticaja na ekonomske reference Projekta i to:

- ❖ investicije,
- ❖ prodajne cene električne energije,
- ❖ obim produkcije električne energije, i
- ❖ operativni troškovi.

Usvojeni dijapazon promene parametara osetljivosti projekta iznosi od -20% do $+20\%$ u odnosu na bazno stanje.

Slika 24 koja sledi prikazuje dijagram koji simulira promene ovih parametara, sa uticajem na promenu IRR. Kao što se sa grafika može videti tri parametra od četiri predviđena imaju značajan uticaj na dobijene bazne performanse Projekta .

Samo operativni troškovi i njihove promene na više, ili niže, nemaju neki bitan značaj na stopu IRR.

Slika 24: Analiza osetljivosti za vetroelektrane

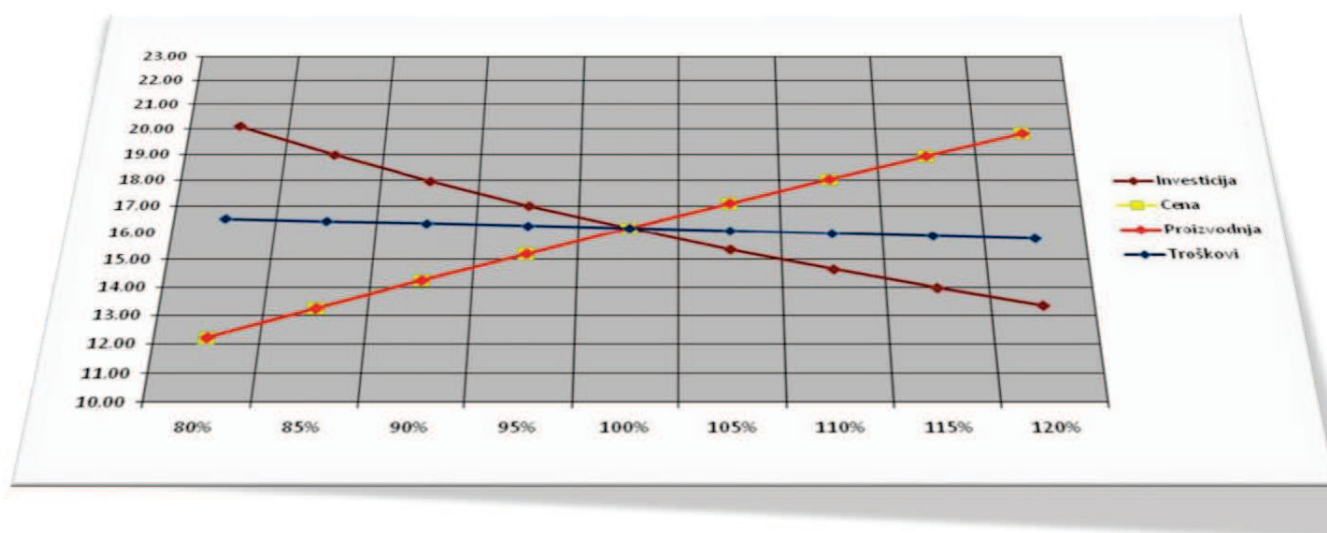


Tabela 13: Interna stopa povraćaja – IRR (Internal rate of return) 9

ELEMENTI	Ukupno (2013-2037)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
PRIBODI	63.544,40	0,00	0,00	1.026,00	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10
1. Prihod od prodaje električne energije na 20 kV	62.540,40	0,00	0,00	1.026,00	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10
2. Ostatak vrednosti projekta	1.004,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RASHODI	24.511,70	700,00	10.500,00	243,40	445,60	448,40	451,40	454,50	457,70	461,20	464,70	468,50	555,80	574,50	578,90	583,50	588,30	593,40	615,40	619,60	619,60	619,60	619,60	619,60	619,60	536,30
1. Investicije	12.039,47	580,00	10.365,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	0,00
2. Održavanje i reprogramiranja	3.803,64	0,00	0,00	60,20	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	150,60	163,50	163,50	163,50	163,50	163,50	163,50	163,50	163,50
3. Premija osiguranja	2.459,90	0,00	0,00	50,20	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40	100,40
4. Troškovi radnika	3.114,00	0,00	0,00	90,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00
5. Usluge	767,58	0,00	0,00	12,10	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	30,20	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20
6. Naknada za licencu	30,00	0,00	0,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
7. Zakonite obaveze	75,00	0,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
8. Porez na dobit	3.630,82	0,00	0,00	53,40	107,80	110,30	112,90	115,60	118,50	121,50	124,70	128,00	131,50	149,00	152,90	157,00	161,20	165,70	168,80	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50
NETO PRIHOD	39.032,70	-700,00	-10.500,00	782,60	2.117,50	2.114,70	2.111,70	2.108,60	2.105,40	2.101,90	2.098,40	2.094,60	2.007,30	1.988,60	1.984,20	1.979,60	1.974,80	1.969,70	1.947,70	1.943,50	1.943,50	1.943,50	1.943,50	1.943,50	1.943,50	2.026,80
DISKONTOVANI NETO PRIHOD		-632,91	-9.216,70	-8.638,24	-7.223,09	-5.945,26	-4.791,53	-3.749,92	-2.809,56	-1.960,74	-1.194,55	-503,04	96,13	632,83	1.117,01	1.553,78	1.947,73	2.303,01	2.620,64	2.907,22	3.166,33	3.400,60	3.612,42	3.803,94	3.977,11	4.140,39
			-8.583,79	578,46	1.415,15	1.277,83	1.153,72	1.041,62	940,36	848,82	766,19	691,50	599,17	536,70	484,19	436,77	393,95	355,27	317,64	286,57	259,11	234,28	211,82	191,52	173,17	163,28
INTERNA STOPA POVRAĆAJA	16,33																									
NPV ZA STOPU 8%	8.208,92																									

Tabela 14: Društveno-ekonomski tok – Interna stopa povraćaja – IRR (Internal rate of return)

ELEMENTI	Ukupno (2013-2037)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
PRIHODI	63.544,40	0,00	0,00	1.026,00	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10	2.563,10
1. Prihodi od prodaje električne energije na 20 Kv	62.540,40	0,0	0,0	1.026,0	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1	2.563,1
2. Ostatak vrednosti projekta	1.004,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RASHODI	22.184,49	580,00	10.345,00	212,54	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	407,22	423,14
1. Investicije	12.039,47	580,0	10.365,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. Održavanje i promatiranja	3.803,64	0,0	0,0	60,2	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	150,6	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5	163,5
3. Premija osiguranja	2.459,80	0,0	0,0	50,2	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4
4. Troškovi radnika	3.114,00	0,0	0,0	90,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0	126,0
5. Usluge	767,58	0,0	0,0	12,1	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
6. Naknada za licencu	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7. Zakonike obaveze	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8. Porez na dobit	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NETO PRIHOD	41.359,91	-580,00	-10.345,00	813,46	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.155,88	2.071,69	2.071,69	2.071,69	2.071,69	2.071,69	2.071,69	2.055,77	2.055,77	2.055,77	2.055,77	2.055,77	2.055,77	2.055,77	2.139,96
DISKONTOVANI NETO PRIHOD	-1.319,51	-520,6	-8.871,3	-8.383,0	-6.883,7	-5.627,6	-4.500,2	-3.488,3	-2.580,0	-1.764,7	-1.032,9	-376,1	190,5	689,0	1.155,4	1.563,1	1.932,9	2.263,0	2.557,0	2.820,8	3.057,7	3.270,3	3.461,1	3.632,4	3.786,2	3.929,8
DISKONTOVANI NETO PRIHOD		4.749,4	-8.350,7	588,3	1.399,4	1.256,0	1.127,4	1.011,9	908,3	815,3	731,8	656,8	566,5	508,5	456,4	409,7	367,7	330,1	294,0	263,9	236,9	212,6	190,8	171,3	153,7	143,6
INTERNA STOPA POVRAĆAJA	17,23																									
NPV ZA STOPU 8%	9.652,82																									

12. Zaključak

Pitanje energetske sigurnosti i stabilnosti postalo je u poslednjih nekoliko godina kardinalno pitanje čitavog svetskog ekonomskog, privrednog i društvenog sistema. Istraživanje uzroka narušavanja ekološke ravnoteže koje za posledicu ima i ugrožavanja uslova života na planeti Zemlji, tj. degradaciju životne sredine, koja nastaje naročito intenzivno u drugoj polovini prošlog veka, pokazala su da se oni nalaze u iscrpljivanju prirodnih (posebno neobnovljivih) resursa, tj. u neracionalnom trošenju energije.

U samom energetsom sektoru najvažniji mehanizmi za borbu protiv klimatskih promena su opšte poznati, pa ipak vredni ponovnog spominjanja, naime energetska efikasnost i uvođenje obnovljivih izvora energije u proizvodnji, transmisiji, distribuciji i potrošnji/zadovoljenju energetske potrebe.

Na drugoj strani, potencijalni investitori su zainteresovani za racionalno ulaganje i ostvarenje profita, s obzirom na značaj obnovljive energije u energetici budućnosti. Nova delatnost će značiti i angažovanje raspoloživih kapaciteta industrije, a time i povećanu zaposlenost u zemlji. Nesporno je da je jedan od osnovnih uslova rasta privrede obezbeđenje ukupnih potreba za električnom energijom, koja definitivno predstavlja nezamenjiv uslov života i rada društva u celini, a što se ovim radom i potpomaže.

Svrha investiranja na mikro nivou je u atraktivnosti poduhvata sa stanovišta potencijalnih investitora da ulože kapital u Projekat, na principima efektivnosti i efikasnosti ulaganja kojim će se povratiti uložena sredstva i ostvariti respektivna dobit.

Ekološke koristi projekta su primarno vezane za proizvodnju čiste energije, zamenjujući fosilna goriva. Troškovi projekta su minorni u odnosu na društvenu korist.

Obnovljivi izvori energije sa svoje strane vode ka stvaranju novih radnih mesta, decentralizaciji energetske sektora, naučno-tehničkim inovacijama, smanjenju makroekonomske nestabilnosti, socijalnoj koheziji i solidarnosti, inkluziji nižih slojeva društva.

13. Literatura

- [1] <http://www.tesla.ch/>
- [2] <http://horizonti.org/>
- [3] Owen, D., *Renewable energy: Ecternality costs as market barriers*, *Energy Policy*, vol. 35, March 2006, 62.
- [4] Owen, D., *Renewable energy: Ecternality costs as market barriers*, *Energy Policy*, vol. 35, March 2006, 64.
- [5] Đukanovic, S., *Obnovljivi izvori energije (ekonomska ocena)*, 2009, 78-83.
- [6] <http://sr.wikipedia.org/sr>
- [7] *Ekonomieast magazin*, br. 158, specijalni dodatak, mart 2010, 10–20.
- [8] *Korišćenje energije vetra u Srbiji*, *Jefferson Institute*, decembar 2009, 4–7.
- [9] Radaković, Miloš, *Obnovljivi izvori energije i njihova ekonomska ocena*, *AGM knjiga*, 2010, 30–32.
- [10] Eyre, N., *The External Costs of Wind Energy, Social Costs and Sustainability*, *Springer*, Berlin, 1997,
- [11] *Ibid.*, 167.
- [12] www.ewea.org
- [13] Katić, Vladimir, *Atlas vetrova AP Vojvodine*.
- [14] www.mre.gov.rs
- [15] Zlatanović, Miodrag, *Korišćenje energije vetra u Srbiji – prirodni uslovi i praktična primena*, *Jefferson Institute*, decembar 2009, 6–10.
- [16] www.mre.gov.rs
- [17] Jovanović, Petar, *Upravljanje investicijama*, *Visoka škola za projektni menadžment*, Beograd, 20087, 53.
- [18] *Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine*, *Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije*, Beograd, 2009.
- [19] <http://irena.org/>
- [20] *Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine*, *Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije*, Beograd, 2009.

[21] Lepotić Kovačević, Branislava, Bojan Lazarević, *Izgradnja vetroelektrana i proizvodnja električne energije iz energije vetra u Republici Srbiji, Vodič za investitore*, 2010.

[22] <http://mre.gov.rs/>

[23] Rajaković, N., Ž. Đurišić, M. Bubnjević, D. Mikičić, *Analyses Elekctricity Production of Perspective Small Wind-Plant In the Region of Deliblatska Peščara, Proc. of 6th International Symposium Nikola Tesla, Belgrade, Serbia, 2006.*

[24] Đurišić, Željko, Momčilo Bubnjević, Dušan Mikičić, Nikola Rajaković, *Wind Atlas of Serbian Region Vojvodina, Proc. of European Wind Energy Conference (EWEC 2007), Milano, Italy, May 2007.*

[25] Gburčik, P. (rukovodilac), *Studija EE704–1052A, Ministarstvo nauke i životne sredine Republike Srbije*, 2005, 20–24.

[26] Katić, Vladimir, *Atlas vetrova AP Vojvodine, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, 2008, 27.

[27] Katić, Vladimir, *Atlas vetrova AP Vojvodine, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, 2008.

[28] Mikičić, D., B. Radičević, Ž. Đurišić, *Wind Energy Potential in the World and Srbija in Montenegro, Facta Universitatis – Series: Electronics and Energetics, Vol. 19 No1, April 2006, 47–61.*

[29] Mikičić, D., B. Radičević, Ž. Đurišić, *Vetrogeneratori – perspektivni izvori energije, Elektroprivreda, br. 2, jun 2005, 140–143.*

[30] *Zakon o planiranju i izgradnji, Službeni glasnik RS, br. 72/2009, 81/2009 – ispr. I 64/2010 – Odluka US.*

[31] Đurišić, Željko, Momčilo Bubnjević, Dušan Mikičić, Nikola Rajaković, *Wind Atlas of Serbian Region Vojvodina, Proc. of European Wind Energy Conference (EWEC 2007), Milano, Italy, May 2007.*

[32] Đurišić, Željko, Milenko Đurić, Dušan Mikičić, *The Economics of Wind Turbines, Proc. of 3th International conference ELECTRA, Herceg Novi, Montenegro, 2004, 119–123.*

[33] Đurišić, Ž., D. Mikičić, M. Bubnjević, *Integracija male elektrane u elektroenergetski sistem, Alternativni izvori energije i njihova primena u zemlji (IV naučni skup), Budva, 2005.*

[34] Poullikkas, Andreas, *Implementaion of distributed generation technologies in sisolated power systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 11, 2007, 56.*

[35] <http://enercon.de/>

[36] <http://vestas.dk/>

[37] <http://gamesa.es/>

[38] <http://eps.rs/>

[39] <http://eps.rs/>

[40] <http://eps.rs/>

[41] *Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne energije i toplotne energije, Sl. glasnik 84/04, član 4.*

[42] *Gburčik, P. Studija EE704–1052A, Ministarstvo nauke i životne sredine Republike Srbije, 2005.*