

Utjecaj vjetroelektrana na okoliš

Tomašković, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:762835>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Lucija Tomašković

UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA
OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

Lucija Tomašković

UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Igor Peternel

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE

ZAVRŠNI ZADATAK

Studentica: Lucija Tomašković

Matični broj: 0415612064

Naslov teme: UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ

Opis zadatka:

1. UVOD
2. ENERGIJA VJETRA
3. OSNOVNI PRINCIP RADA VJETROELEKTRANE
4. PODJELA VJETROELEKTRANA
5. VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ I U SVIJETU
6. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ
7. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ TIJEKOM PRIPREME I GRAĐENJA
8. PREDNOSTI I NEDOSTACI VJETROELEKTRANA
9. ZAKLJUČAK
POPIS SLIKA
POPIS OZNAKA I KRATICA
LITERATURA

Zadatak zadan:

5/2015

Rok predaje rada:

6/2015

Predviđeni rok obrane:

7/2015

Mentor:

dr.sc. Igor Peternel, v.pred.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.

SAŽETAK

U ovom radu ukratko se opisuje nastanak kinetičkog oblika sunčeve energije koji nazivamo vjetar, stoga sam iskoristila priliku za kratak osvrt na načine korištenja te energije kroz povijest ljudskog roda. Posebno mjesto zauzima značaj i vizija energije vjetra u budućnosti, vrste i princip rada vjetroelektrana. Nabrojane su značajne lokacije i karakteristike vjetroelektrana u RH, te najznačajnija svjetska vjetroelektrana. Spomenula sam i moguće varijante ekoloških nesreća vezanih uz rad vjetroelektrana.

U radu je također naglašena važnost odgovarajućih mjera zbrinjavanja otpada nastalog tokom izgradnje, te rada vjetroelektrane. Detaljno je opisan utjecaj vjetroelektrana na okoliš, točnije utjecaj na tlo, zrak, biološku raznolikost i ekološku mrežu, ptice, krajobraz, kulturnu baštinu. Skrenuta je pažnja na utjecaj buke na okoliš tokom izgradnje, te prilikom rada vjetroelektrane.

Spomenute su prednosti i nedostaci vjetroelektrana što je isto tako vrlo bitno za ovu temu, stoga se tema ovog rada svodi na pitanje koliko su vjetroelektrane energetski isplative i da li treba poticati njihovu izgradnju i u budućnosti. Jedno je sigurno, vjetroelektrane ne zagađuju okoliš. Njihovim radom ne dolazi do proizvodnje ugljikovog i sumporovog dioksida koji su jedni od najvećih zagađivača našeg planeta.

SUMMARY

This paper briefly describes the formation of kinetic form of solar energy, which we call wind, so I took the opportunity to brief overview of the uses of this energy through the history of mankind. Particular role and importance of the vision of wind power in the future, the type and principle of operation of wind farms. Included in these numbers are significant locations and characteristics of wind power in the Republic of Croatia, and the most significant global wind power. I mentioned the possible variants of ecological accidents related to the operation of wind farms.

The paper also highlighted the importance of appropriate measures of disposal of waste generated during the construction, operation and wind power. The paper describes the impact of wind farms on the environment, in particular the impact on soil, air, biodiversity and the ecological network, birds, landscape, cultural heritage. Attention was drawn to the impact of noise on the environment during construction and during operation the wind farm.

Mentioned are the advantages and disadvantages of wind power which is also very important for this subject, so the subject of this paper comes down to the question of how much energy as wind power profitable and whether to encourage their development in the future. One thing is certain, wind power does not pollute the environment. Their work does not come to the production of carbon and sulfur dioxide, which are one of the biggest polluters.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ENERGIJA VJETRA.....	3
2.1. ŠTO JE VJETAR I KAKO NASTAJE?	3
2.2. ZNAČAJ I VIZIJA ENERGIJE VJETRA U BUDUĆNOSTI.....	6
3. OSNOVNI PRINCIP RADA VJETROELEKTRANE.....	10
3.1. OSNOVNI DIJELOVI VJETROAGREGATA.....	10
3.2. PRINCIP RADA VJETROAGREGATA.....	12
3.3. DJELOVANJE VJETROELEKTRANE.....	14
4. PODJELA VJETROELEKTRANA	17
4.1. VJETROELEKTRANE S HORIZONTALNOM OSI VRTNJE ROTORA.....	18
4.2. VJETROELEKTRANE S VERTIKALNOM OSI VRTNJE ROTORA	19
5. VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ I U SVIJETU	20
5.1. POSTOJEĆE VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ.....	20
5.2. NAJZNAČAJNIJA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ.....	23
5.3. NAJZNAČAJNIJA VJETROELEKTRANA NA SVIJETU	24
6. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ.....	27
7. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ TIJEKOM PRIPREME I GRAĐENJA	29
7.1. UTJECAJ NA TLO	29
7.2. UTJECAJ NA ZRAK	30
7.3. UTJECAJ BUKE.....	31
7.4. UTJECAJ NA BIOLOŠKU RAZNOLIKOST I EKOLOŠKU MREŽU	32
7.5. UTJECAJ NA PTICE.....	33

7.6.	UTJECAJ NA KRAJOBRAZ	34
7.7.	UTJECAJ NA KULTURNU BAŠTINU.....	35
7.8.	NASTAJANJE OTPADA	36
8.	PREDNOSTI I NEDOSTACI VJETROELEKTRANA.....	39
8.1.	PREDNOSTI VJETROELEKTRANA	39
8.2.	NEDOSTACI VJETROELEKTRANA.....	40
9.	ZAKLJUČAK	42
	POPIS SLIKA	43
	LITERATURA.....	45

1. UVOD

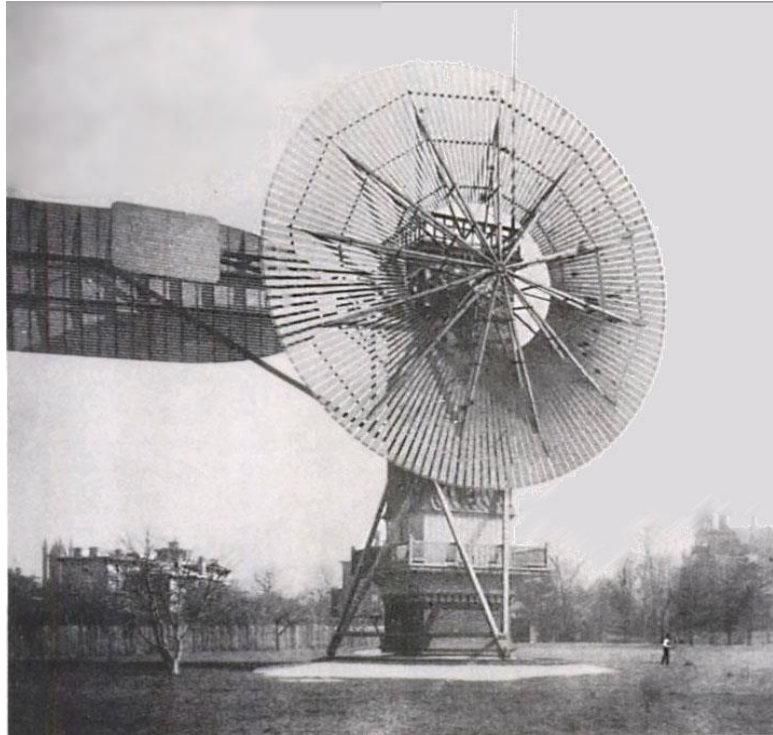
Povijest korištenja energije vjetra seže u doba kada su ljudi prvi puta postavili jedra na brodove i time si omogućili daleka putovanja i isto tako odlučili svoje živote povjeriti u ruke tog nepredvidljivog izvora enerije. Može se reći da je na neki način vjetar bio taj koji je pokrenuo eru istraživanja i omogućio prijenos robe i dobara u neslućenim količinama na velike udaljenosti. Dugo vremena nakon prvih jedara uslijedilo je korištenje energije vjetra za obavljanje mehaničkog rada u mlinovima i za pokretanje vodenih pumpi (posebice u Nizozemskoj, na srednjem zapadu SAD-a i u zabačenim dijelovima Australije) [1].

U modernim vremenima, a usporedno s dolaskom i izumom električne energije počinju se upotrebljavati u svrhu proizvodnje iste, no tek u zadnja dva desetljeća zbog sve većeg zagađenja okoliša počinju svoj značajan uzlet da bi danas to bio jedan od glavnih izvora energije za blisku budućnost [1].

Vjetroelektrana je niz blisko smještenih vjetroagregata, najčešće istog tipa, izloženih istom vjetru i priključenih posredstvom zajedničkog rasklopnog uređaja na elektroenergetski sustav [2].

Vjetroagregat je rotirajući stroj koji pretvara kinetičku energiju vjetra prvo u mehaničku, a zatim preko električnih generatora u električnu energiju. Pri tome se rotor vjetroturbine i rotor električnog generatora nalaze na istom vratilu [2].

Vjetroelektana je obnovljivi izvor električne energije pokretan kinetičkom energijom vjetra [2].



Slika 1. Vjetroagregat Charlesa Brusha iz 1888. [2]



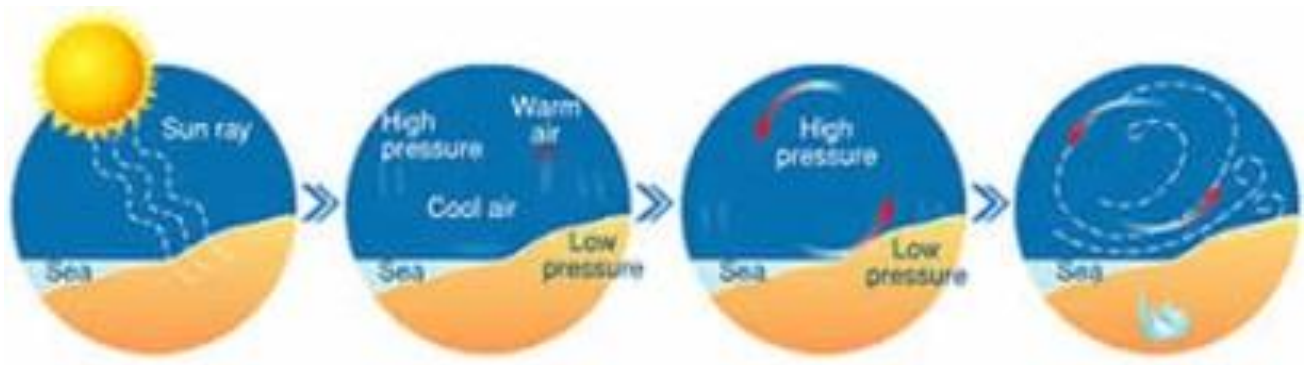
Slika 2. Vjetrenjače La Mancha [2]

2. ENERGIJA VJETRA

2.1. ŠTO JE VJETAR I KAKO NASTAJE?

Vjetar najjednostavnije možemo opisati kao strujanje zračnih masa koje nastaje uslijed razlika temperatura, odnosno tlakova. Strujanjem zraka dolazi do trenja, odnosno gubitka kinetičke energije u doticaju sa čvrstom podlogom, što rezultira razlikama u brzini strujanja u prostoru i vremenu [1].

Uslijed nejednolikog zagrijavanja Zemljine površine dolazi do zagrijavanja zračnih masa. Topli zrak uzdiže se na desetak km u ekvatorijalnom pojasu, te se usmjerava prema polovima i zakreće pod utjecajem Zemljine rotacije, odnosno Coriolisove sile. Hladni zrak popunjava nastale praznine i na taj način uzrokuje stalne vjetrove [1].

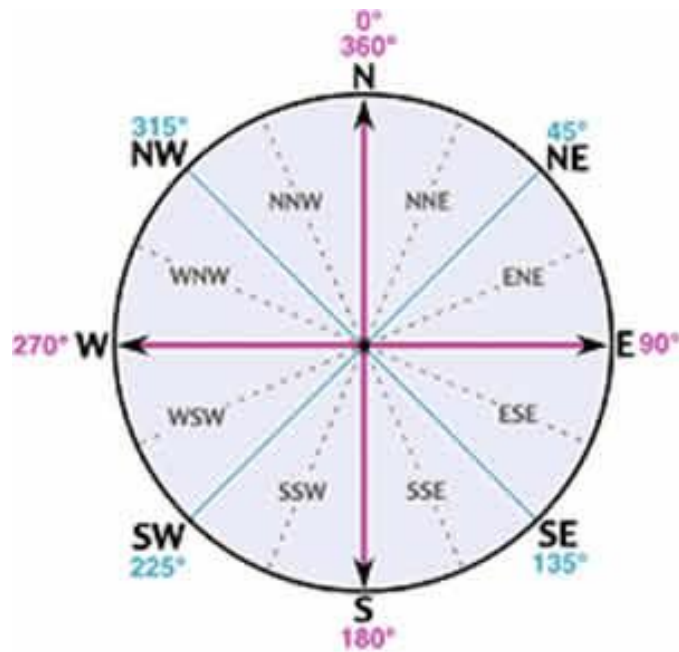


Slika 3. Nastajanje vjetra [1]

Lokalni vjetrovi nastaju zbog globalne raspodjele tlaka i putujućih cirkulacijskih sustava, odnosno, uvelike ovise o topografskom i geografskom obilježju kao što su: drveće, zgrade, jezera, more, planine i kotline [1].

Značajke vjetra:

Vjetar se najčešće opisuje dvjema jednostavnim komponentama: smjerom i jačinom. Za određivanje smjera koristi se vjetrulja, a označavamo ga stranom svijeta sa koje dolazi [1].



Slika 4. Vjetrulja [1]

Jačinu vjetra određujemo anemometrom ili pomoću Beaufortove ljestvice, oznakama od 0 do 12, gdje 0 označava brzinu vjetra od 0-14 km/h, a 12 označava orkanski vjetra jači od 154, 8 km/h [1].

Beaufort Code	Speed Miles per Hour	Speed Kilometers per Hour	Description	Effects on the Environment
0	< 1	< 1	calm	smoke rises vertically
1	2 - 3	1 - 5	light air	smoke drifts slowly
2	4 - 7	6 - 11	light breeze	leaves rustle, wind can be felt, wind vanes move
3	8 - 12	12 - 19	gentle breeze	leaves and twigs on trees move
4	13 - 18	20 - 29	moderate breeze	small tree branches move, dust is picked up from the ground surface
5	19 - 24	30 - 38	fresh breeze	small trees move
6	25 - 31	39 - 51	strong breeze	large branches move, telephone and power overhead wires whistle
7	32 - 38	51 - 61	near gale	trees move, difficult to walk in the wind
8	39 - 46	62 - 74	gale	twigs break off from trees
9	47 - 54	75 - 86	strong gale	branches break off from trees, shingles blown off roofs
10	55 - 63	87 - 101	whole gale	trees become uprooted, structural damage on buildings
11	64 - 74	102 - 120	storm	widespread damage to buildings and trees
12	> 75	> 120	hurricane	severe damage to buildings and trees

Slika 5. Beaufortova ljestvica [1]

2.2. ZNAČAJ I VIZIJA ENERGIJE VJETRA U BUDUĆNOSTI

Zbog razvijenosti tehnologije, učinkovitosti i ekonomike, vjetar trenutno izgleda kao najperspektivniji izvor energije budućnosti, ali je već i značajan izvor električne energije sadašnjosti. No, treba priznati i da nije i ne može biti jedino rješenje svih energetske izazova koje donosi doba u kojem ćemo iscrpiti sva fosilna goriva koja nam je Zemlja stvarala milijunima godina [1].

Razdoblja bez ili sa manje vjetra će se moći predvidjeti – disperzijom izvora i smanjiti na minimalnu moguću mjeru, ali će se ipak dešavati. Zbog toga svi oni koji rade u industriji vjetra razmišljaju i o upotrebi solarne energije i posebice energiji vode, kao izvoru koji se idealno nadopunjuje s vjetrom (akumulacijske hidroelektrane i pumpno-akumulacijske hidroelektrane su iznimno učinkoviti spremnici energije koji mogu balansirati promjenjivost proizvodnje energije iz vjetroelektrana, kao i promjenjivost potrošnje energije krajnjih kupaca). Također, glavni akteri u industriji vjetra su se okrenuli i drugim tehnologijama spremanja energije (npr. gorive ćelije) kao rješenju koje može pomoći što većem udjelu vjetroelektrana u elektroenergetskom sustavu [2].

Jednom kada se otplati kapitalna investicija vjetroelektrane, kada se njena ukupna vrijednost amortizira – to će biti uz solarne elektrane najjeftiniji izvor energije. Troškovi goriva su nepostojeći, a troškovi pogona i održavanja minimalni. Vjetroelektrane imaju gotovo nepostojeći utjecaj na okoliš u usporedbi s drugim izvorima energije – posebno fosilnim gorivima [2].

Neke regije su već dokazale da su visoki udjeli vjetroelektrana mogući u današnjim sustavima. Dodatnim razvojem sustava i primjenom nove paradigme upravljanja sustavom, kao i upotrebom drugih obnovljivih izvora energije, te sustava spremanja energije očekuje se da će se granice udjela vjetroelektrana u elektroenergetskim sustavima samo pomicati prema naprijed.

EWEA predviđa da bi vjetar mogao pokriti čak i 80% potreba čovječanstva za električnom energijom do 2050. godine.



^a Source: EC, 2008a.

^b Source: IEA, 2008a.

Slika 6. Razvoj vjetroelektrana u EU do 2030., izvor: EWEA

Na slici je prikazana usporedba predviđanja Europske komisije (EC), IEA, i EWEA. Ove brojke jasno pokazuju dinamiku kojom vjetroelektrane osvajaju svijet, i dinamiku potpuno nekarakterističnu za postojeće trome elektroenergetske sustave. Time se još više ističe potreba za što hitnijom promjenom paradigme elektroenergetskog sustava i ulaganjima u razvoj istoga – a sve da bi se mogao prilagoditi na vjetar promjena koji donose vjetroelektrane i ostali obnovljivi izvori energije [1].

Do 2030. se očekuje 400 GW vjetroelektrana, i ukupna proizvodnja od 1155 TWh električne energije godišnje. 592 TWh iz 250 GW kopnenih vjetroelektrana i 563 TWh iz 150 GW priobalnih i pučinskih vjetroelektrana. Također se očekuje izbjegavanje troška od čak 56 milijardi € za fosilna goriva godišnje. Tako se u 2030. godini očekuje da će vjetroelektrane pokriti između 25% i 34% ukupnih potreba EU za električnom energijom [1].

Drugim riječima, temeljem predviđanja broja ljudi i kućanstava, te prosječne godišnje potrošnje istih u 2030. energija iz vjetra bi te godine trebala i više nego pokriti potrošnju svih kućanstava u EU [1].

Isto tako, pretpostavljajući upotrebu električnih auta u 2030., a uzevši u obzir prosječnu potrošnju jednog takvog auta od 0,2 kWh/km i prosječnih 10.000 km prevaljenih godišnje, EWEA predviđa da bi energija iz vjetroelektrana mogla te godine pokretati 577 milijuna auta. 2020. bi taj broj iznosio 291 milijuna auta [1].

Jedno od najboljih svojstava vjetroelektrana je da je gorivo besplatno, tako da jedino kapitalni troškovi prilikom izgradnje vjetroelektrane određuju ukupnu investiciju kroz vrijeme eksploatacije elektrane [1].

Predviđanja su da će cijena po MW instalirane snage u budućnosti značajno pasti, unatoč tome što je zadnjih godina zabilježen očit rast cijena zbog velike potražnje za opremom i relativno malog broja proizvođača vjetroagregata [1].

Važna je i činjenica da industrija vjetra svake godine zapošljava sve više ljudi, a zbog svoje naravi zapošljavaju se stručnjaci i radnici najšireg mogućeg spektra profesija [1].

Gdje je u svim tim velikim brojkama Hrvatska?

Krajem 2008. godine izdana je prilagođena i nadograđena strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske, koja u obzir treba uzeti sve veću potrebu za iskorištavanjem obnovljivih izvora energije. Prema ciljevima strategije, Hrvatska bi do 2020. godine trebala instalirati 1.200 MW vjetroelektrana, čime bi se po broju MW po glavi stanovnika približila Španjolskoj danas. Naravno, do tada će Španjolci biti na daleko većem nivou.

Predviđa se i da će do 2030. biti instalirano oko 2.000 MW vjetroelektrana. U ovom trenutku u Hrvatskoj ima instaliranih oko 70 MW vjetroelektrana. Donošenjem podzakonskih akata za reguliranje tržišta obnovljivih izvora energije 2007. godine bilo je predviđeno 360 MW vjetroelektrana u pogonu krajem 2010. godine. Sasvim je očito da je zabilježen ogroman podbačaj u dostizanju tog cilja [1].

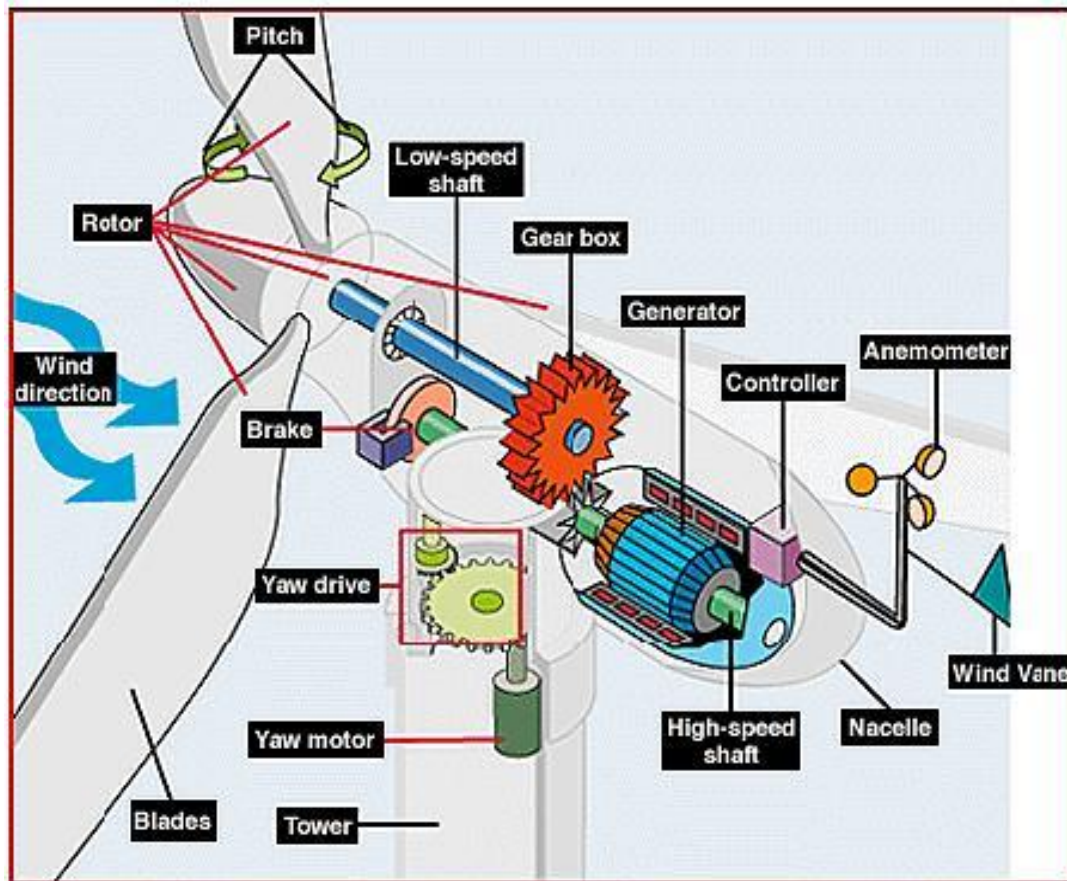
Krivnja pri tome leži samo na administrativnoj proceduri i nedorečenom zakonskom okviru, jer u registru obnovljivih izvora energije ima upisano oko 6.000 MW projekata vjetroelektrana, izdana su rješenja studije utjecaja na okoliš za oko 35 vjetroelektrana – međutim tek ih je nekolicina dobila mogućnost priključenja na elektroenergetsku mrežu. I to unatoč činjenici da Hrvatska uvozi 30% električne energije i da proizvodimo 40% ukupne potrošnje iz hidroelektrana koje su idealni partner za reguliranje energije iz vjetra u trenucima kada vjetra nema [1].

Općenito, razmišljanje koje prevladava u Hrvatskoj jest ono kako su obnovljivi izvori energije potrebni za ispunjavanje određenih ciljeva i normi koje nameće EU. Nažalost takva klima nije nimalo poticajna za razvoj obnovljivih izvora. Vjetroelektrane su u susjednim i drugim zemljama EU postale zamašnjak razvoja i razvijanja novih kompetencija za svijet budućnosti. Hrvatska u tome prilično zaostaje, kao što i zaostaje u razvoju vjetroelektrana. Ta činjenica je tim prije neshvatljiva jer Hrvatska ima značajne potencijale energije vjetra koje bi mogla iskoristiti i na način da izvozi tako proizvedenu zelenu energiju u zemlje koje nemaju toliko obnovljivih potencijala [1].

Nažalost, slična situacija, ako ne i gora po pitanju iskorištavanja energije vjetra je i u drugim zemljama regije, posebno Srbiji i Bosni i Hercegovini. Te dvije države su tek ove godine donijele zakone koji reguliraju tržište obnovljivih izvora energije [1].

3. OSNOVNI PRINCIP RADA VJETROELEKTRANE

3.1. OSNOVNI DIJELOVI VJETROAGREGATA



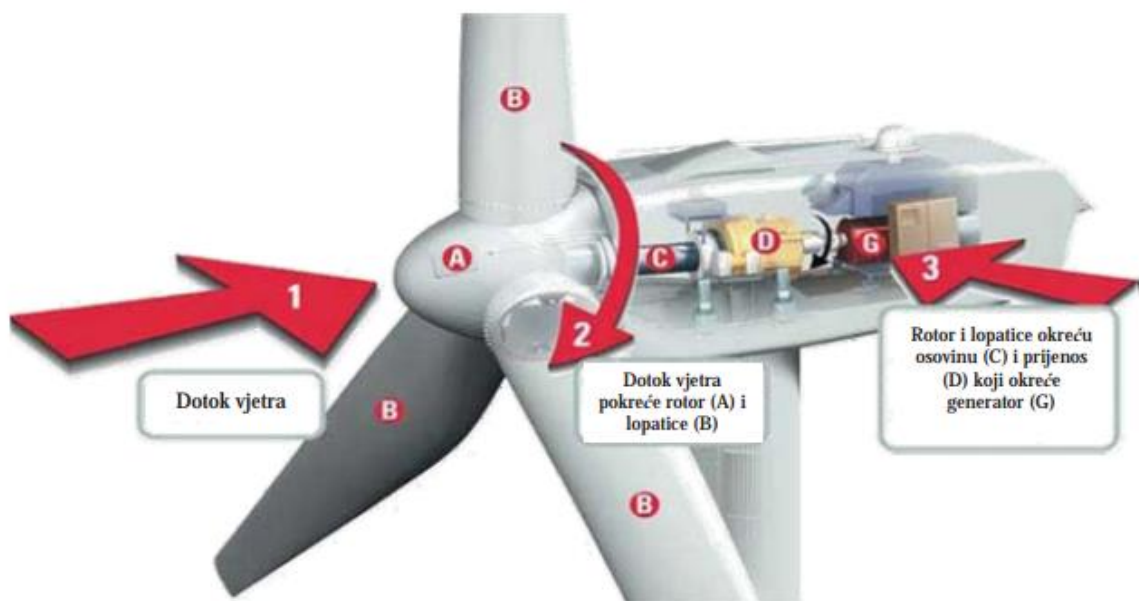
Slika 7. Osnovni dijelovi vjetroagregata [3]

Vjetroagregat se sastoji od:

- Kućišta (engl. Nacelle)
- Anemometra
- Zakrivača smjera vjetra (engl. Wind Vane)
- Brzo-okretne osovine (engl. High-speed shaft)
- Upravljača (engl. Controller)
- Generators
- Prijenosnika (engl. Gear Box)
- Sporo-okretne osovine (engl. Low-speed shaft)
- Kočnice (engl. Break)
- Lopatice (engl. Blades)
- Zubčanika (engl. Yaw drive)
- Motora zubčanika (engl. Yaw motor – služi za zakretanje kućišta)
- Tornja (engl. Tower)
- Sustav upravljanja putem zakretanja elise (engl. Pitch) [3]

3.2. PRINCIP RADA VJETROAGREGATA

Pojam vjetroelektrana podrazumijeva sustav za transformaciju energije gibajuće zračne mase, odnosno vjetra u električnu energiju posredstvom vjetroturbine i električnog generatora. Na slici 8. prikazan je osnovni princip rada vjetroagregata [4].



Slika 8. Osnovni princip rada vjetroagregata [4]

Energija vjetra pretvara se u mehaničku energiju vrtnje korištenjem rotora vjetroagregata. Mehanička energije vrtnje rotora zatim se putem pogonske osovine prenosi na električni generator. Pomoću električnog generatora mehanička energije vrtnje pretvara se u električnu energiju. Proizvodnja električne energije iz vjetra izrazito je problematična jer je vjetar kao „gorivo“ teško predvidjeti i kontrolirati, pa su takve veliki problem za elektrenergetske sustave jer u njima stalno stvaraju „poremećaje“.

Najjednostavnije vjetrenjače se sastoje od tri osnovna dijela:

1. Rotor - vjetar djelujući svojom silom pokreće lopatice turbine, a dio se energije prenosi na rotor
2. Vratilo – prenosi rotacijsku energiju sa rotora na generator
3. Generator - koristi svojstva elektromagnetske indukcije za proizvodnju električne struje, sastoji od magneta i vodiča [5]

Vodič je namotana žica. Unutar generatora vratilo je spojeno s grupom magneta koji okružuju namotanu žicu. U elektromagnetnoj indukciji, ako imamo vodič okružen magnetima, i jedan dio rotira u odnosu na drugi te dolazi do nastajanja napona u vodičima. Kada rotor okreće vratilo, vratilo pokreće magnete i stvara se napon u žici. Budući da se nalaze na velikoj visini zatvoreni su u prostor koji nazivamo gondola [5].

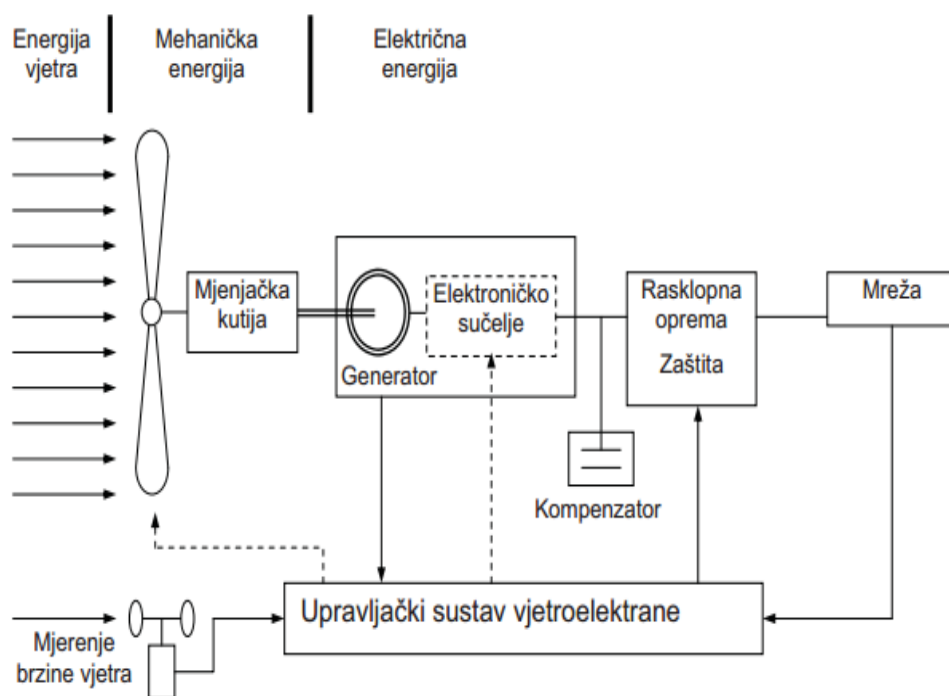
3.3. DJELOVANJE VJETROELEKTRANE

Budući da vjetar predstavlja izrazito promjenjivi energetska resurs koji se ne može uskladištiti, potrebno je utvrditi uvjete pogona sustava za pretvorbu energije vjetra u električnu energiju [4].

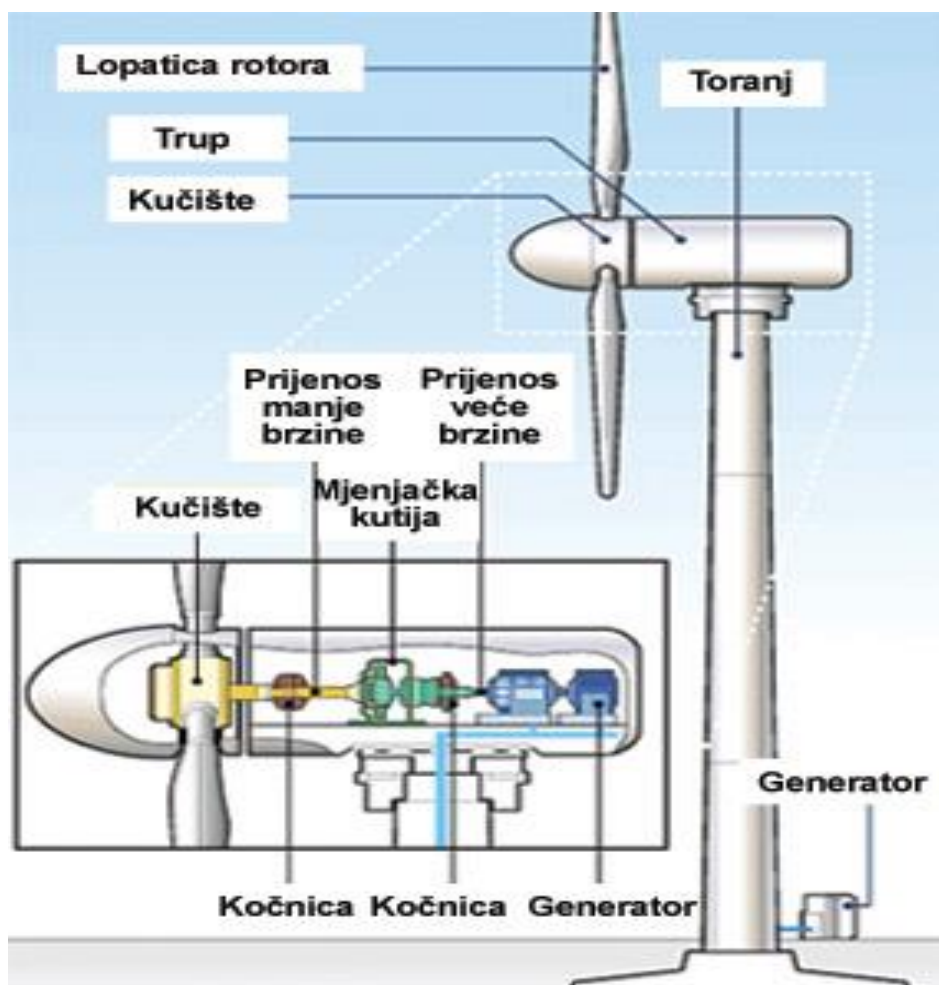
Općenita shema djelovanja vjetroelektrane prikazana na slici 9. obuhvaća elemente koji se projektiraju obzirom na tri oblika energije: energiju vjetra, mehaničku energiju, te električnu energiju [4].

Vjetroturbina koja može imati jednu ili više elisa, služi za transformaciju energije vjetra u mehaničku energiju. Oko 90% vjetroturbina koje se trenutno koriste u svijetu imaju trokraki rotor. Spoj između vjetroturbine i električnog generatora ostvaren je pomoću mehaničke spojke koja uobičajeno u sebi uključuje mjenjačku kutiju s prijenosnikom pomoću kojeg se niža brzina vrtnje rotora vjetroturbine prilagođava višoj brzini vrtnje rotora generatora. Da bi se kinetička energija rotora uz pomoć generatora pretvorila u električnu, bila bi potrebna brzina rotora od 1 500 okretaja u minuti. Postotak iskoristivosti energije je 98%, a gubitak energije koji nastaje uslijed trenja zupčanika prijenosnika manifestira se u obliku topline i buke [3].

Rasklopna oprema treba biti projektirana na način koji omogućava glatko priključenje na mrežu. Upravljački sustav vjetroelektrane može biti izveden s različitim stupnjevima složenosti [4].



Slika 9. Općenita shema djelovanja vjetroelektrane [4]



Slika 10. Prikaz djelovanja VE

4. PODJELA VJETROELEKTRANA

Općenito postoje dva tipa vjetroelektrana:

- vjetroelektrana s okomitim rotorom
- vjetroelektrana s vodoravnim rotorom



Slika 11. Vjetroelektrana s okomitim rotorom i vodoravnim rotorom [6] , izvor: e-priručnik; „Zelena energija za zdravu hranu“

4.1. VJETROELEKTRANE S HORIZONTALNOM OSI VRTNJE ROTORA

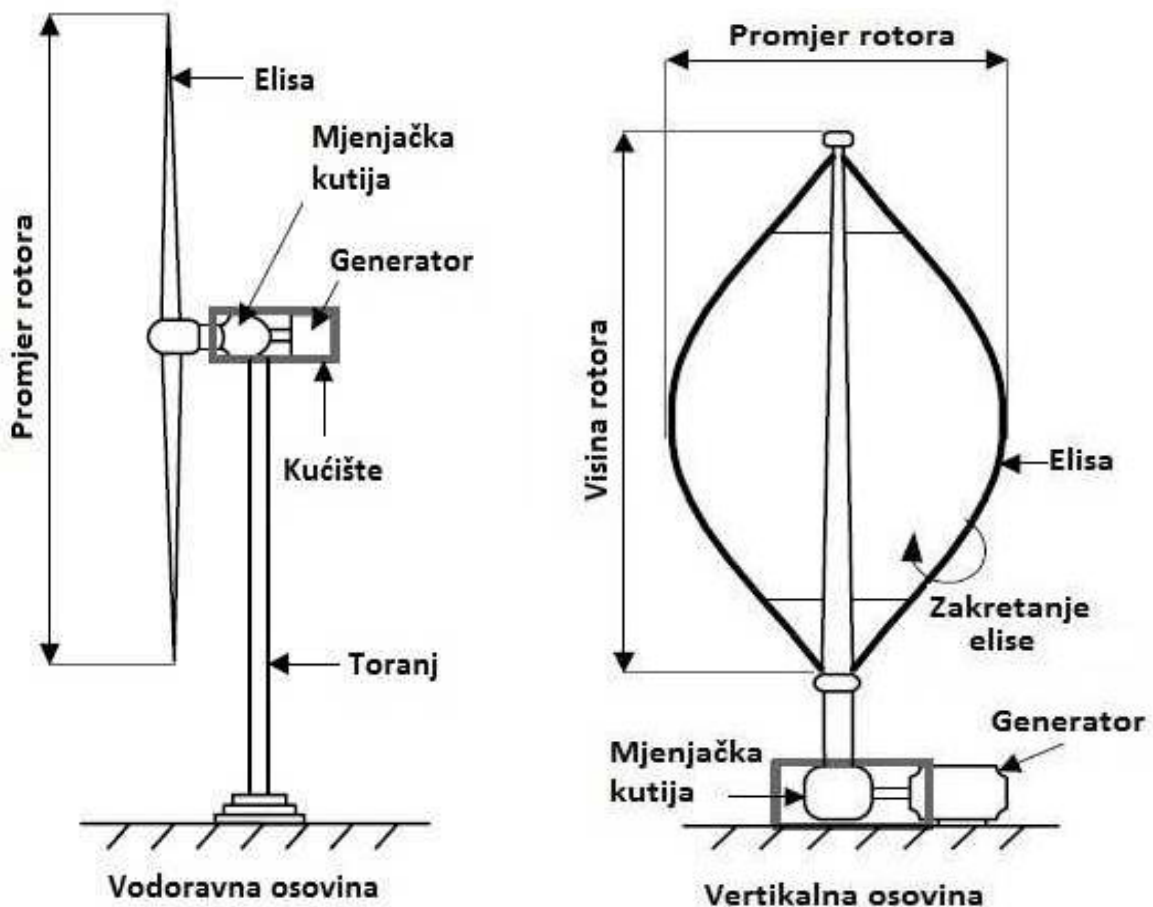
Rotor ovih turbina postavljen je horizontalno na vrhu stupa. Lopatice koje zahvaćaju vjetar moraju biti usmjerene u njega. Generator ovih turbina obično se postavlja na vrh stupa u trup zajedno s multiplikatorom ako je on potreban (ovisno o tipu električnog generatora). Multiplikatorom povećavamo brzinu vrtnje ukoliko je brzina vrtnje lopatica premala za proizvodnju električne energije. Visina stupa vjetroturbine iznosi oko 1,5 do 2 promjera lopatica zbog toga da bi turbina mogla hvatati vjetrove veće brzine na većim visinama [5].

Ove vjetroturbine moraju imati mogućnost zakretanja trupa zbog zahvaćanja vjetra iz različitih smjerova pa tako manje izvedbe imaju jednostavna krilca koja usmjeravaju vjetroturbinu u pravom smjeru dok veće imaju servo motor povezan s senzorom [5].

Postoje dvije izvedbe ovakvih vjetroturbina. Jedna izvedba je sa stupom iza lopatica dok je druga izvedba sa stupom postavljenim ispred njih. Izvedba sa stupom ispred lopatica ima prednost jer joj nije potreban mehanizam za zakretanje zbog toga što se trup sam postavlja prema vjetru. Za velike turbine ovo nije najbolje rješenje zbog toga što se gornji dio može zakrenuti mnogo puta u istom smjeru i stvoriti probleme s vođenjem kablova kroz stup (četkice ne dolaze u obzir u ovom slučaju jer se struje kreću i do 1000 A). Još važnija prednost je to što ovakve izvedbe podnose jače vjetrove zbog mogućnosti većeg savijanja lopatica bez opasnosti da će dodirnuti stup. Osim toga ovakva konstrukcija je uglavnom lakša. Glavna mana ove izvedbe jest to što lopatice prolaze kroz turbulenciju nastalu od tornja što pridonosi velikom opterećenju lopatica [5].

4.2. VJETROELEKTRANE S VERTIKALNOM OSI VRTNJE ROTORA

Položaj vratila ovakve izvedbe vjetroturbine je vertikalni, zbog toga se generator nalazi u podnožju i time je toranj manje opterećen. Prednost u odnosu na horizontalne vjetroturbine je to što se ove vjetroturbine ne moraju usmjeravati u vjetar. U posljednje vrijeme pojavilo se mnogo izvedbi ovakvih vjetroturbina [5].



Slika 12. Vodoravna i vertikalna osovina [5]

S obzirom na mjesto postavljanja vjetroelektrane se dijele na one koje se postavljaju:

1. na kopnu
2. na morskoj pučini [4]

5. VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ I U SVIJETU

5.1. POSTOJEĆE VJETROELEKTRANE U HRVATSKOJ

Hrvatska ima ukupno 12 vjetroelektrana:

1. Vjetroelektrana Ravne 1, Pag - Vjetroelektrana Ravne 1 na otoku Pagu nalazi se u blizini grada Paga, iznad paške solane. Hrvatska tvrtka Adria Wind Power izgradila ju je u kolovozu 2004. godine. Vjetroelektrana instalirane snage 5,950 kW sastoji se od 7 Vestasovih vjetroagregata od 850 kW. Srednja godišnja brzina vjetra iznosi oko 6,4 metra u sekundi. Promjer lopatica je 52 metra [1].

2. Vjetroelektrana Trtar-Krtolin, Šibenik - Vjetroelektrana Trtar-Krtolin nalazi se u blizini Šibenika na istoimenom brdu koje se proteže uz autocestu od izlaza Šibenik prema Splitu. Vjetroelektrana je puštena u pogon i u proizvodnji je od lipnja 2006. godine kada je dovršena njena izgradnja. Sastoji se od 14 vjetroagregata Enercon E-48 pojedinačne nazivne snage 800 kW, što ukupno daje 11,2 MW instalirane snage. Promjer lopatica vjetroagregata je 48 metara, a visina osi 50 metara. U 2007. godini vjetroelektrana je proizvela oko 28 GWh električne energije. Investitor u vjetroelektranu je tvrtka WPD Enersys d.o.o., koja se nalazi u vlasništvu njemačke tvrtke WPD [2].

3. Vjetroelektrana Orlice, Šibenik - Vjetroelektrana Orlice nalazi se u blizini Šibenika odmah kod izlaza Vrpolje, te se s iste pruža sjajan pogled na uvalu Grebaštica, Šibenik i otoke Šibenskog akvatorija. Vjetroelektrana je puštena u pogon i u proizvodnji je od ljeta 2009. godine kada je dovršena njena izgradnja. Svečano otvorenje iste upriličeno je u prosincu 2009. godine. Sastoji se od 11 Enerconovih vjetroagregata, i to 3 E-48 pojedinačne nazivne snage 800 kW i 8 E-44 pojedinačne nazivne snage 900 kW, što ukupno daje 9,6 MW instalirane snage. Promjer lopatica vjetroagregata je 48 i 44 metara, a visina osi 50 metara. Predviđena je proizvodnja vjetroelektrane od oko 25 GWh električne energije godišnje. Investitor u vjetroelektranu je tvrtka WPD Enersys d.o.o., koja se nalazi u vlasništvu njemačke tvrtke WPD [1].

4. Vjetroelektrana Crno brdo, Šibenik - Vjetroelektrana Crno Brdo nalazi se u blizini Šibenika sjeverno od autoceste između izlaza Šibenik i Vrpolje, a također i u blizini dvije postojeće vjetroelektrane Trtar-Krtolin i Orlice. Vjetroelektrana je puštena u pogon tokom ljeta 2011. godine. Priključena je na distributivnu mrežu HEP-ODS-a. Sastoji se od 7 vjetroagregata Leitwind LTW77 pojedinačne snage 1,5 MW. Zbog ograničenja priključne snage na distributivnoj mreži izlazna snaga cijele vjetroelektrane je ograničena na 10 MW ukupno. Promjer lopatica vjetroagregata je 77m, a visina stupa 80m. Investitor u vjetroelektranu je šibenska tvrtka Tudić Elektro Centar Obnovljivi Izvori d.o.o. u suradnji sa stranim partnerima. Predviđa se godišnja proizvodnja ove vjetroelektrane od 27 GWh [1].

5. Vjetroelektrana Vrataruša, Senj - Vjetroelektrana Vrataruša nalazi se u blizini Senja na obroncima Velebita nedaleko Vratnika, te se s iste pruža pogled na Kvarnerske otoke. Vjetroelektrana je izgrađena još 2009. godine, ali je dobila sve dozvole i u punom pogonu je od siječnja 2011. godine zbog dugog perioda probnog pogona. To je ujedno i prva vjetroelektrana u Hrvatskoj priključena na prijenosnu mrežu, na 110kV. Isto tako je trenutno i najveća hrvatska vjetroelektrana sa ukupno instaliranih 42 MW. Sastoji se od 14 Vestasovih vjetroagregata V90 pojedinačne nazivne snage 3 MW. Promjer lopatica vjetroagregata je 90 metara, a visina osi 80 metara. Investitor u vjetroelektranu je tvrtka Valalta d.o.o. u suradnji s njemačkim partnerima [1].

6. Vjetroelektrana Velika Popina, Gračac - Vjetroelektrana ZD6 (Velika Popina) nalazi se na području općine Gračac, a u pogon je puštena u siječnju 2011. godine. Vjetroelektrana se sastoji od 4 Siemensova SWT 93 2,3 MW vjetroagregata, čime joj ukupna snaga iznosi 9,2MW, a investitor vjetroelektrane je Dalekovod. Prema navodima iz Dalekovoda ukupna investicija iznosila je 16 milijuna eura, a predviđena je godišnja proizvodnja od 26.000 MWh električne energije. U projektnom financiranju je sudjelovala Societe Generale - Splitska banka [1].

7. Vjetroelektrana Bruška, Benkovac - Vjetroelektrana Bruška u registru projekata OIEKPP, ali i u svim ostalim dokumentima (Ugovor o otkupu električne energije, Rješenje o statusu povlaštenog proizvođača električne energije) se vodi kao dvije vjetroelektrane - VE ZD2 i VE ZD3, svaka snage 18MW, ukupno 36MW. Nalazi se u blizini mjesta Bruška, sjeveroistočno od Benkovca. Status povlaštenog proizvođača električne energije ova vjetroelektrana dobila je 14. veljače 2012. godine, a priključena je na prijenosnu mrežu HEP-

OPS-a. Sastoji se od 16 vjetroagregata Siemens SWT-93 pojedinačne snage 2,3MW, što ukupno čini 36,8MW. Promjer lopatica vjetroagregata je 93m [1].

8. Vjetroelektrana Pometeno Brdo, Dugopolje - Vjetroelektrana Pometeno Brdo projekt je na kojem su po prvi puta korišteni vjetroagregati koji su proizvedeni i dizajnirani u Hrvatskoj. Zaslužan za to je Končar koji je 2004. godine počeo sa razvojem svojega vjetroagregata, a nešto kasnije i sa razvojem projekta vjetroelektrane na kojoj će iste te vjetroagregate i primijeniti. Prvi prototip vjetroagregata snage 1 MW, KO-VA57/1 postavljen je 2008. godine. 2011. godine postavljeno je još 5 vjetroagregata istoga tipa, a 2012. i dodatnih 9 vjetroagregata - ukupno 15 vjetroagregata sa snagom od 15 MW. 2012. je također postavljen i jedan novi prototip vjetroagregata, K80 snage 2,5 MW. Od 1.1.2013. vjetroelektrana Pometeno Brdo radi svojim punim predviđenim kapacitetom sa ukupno instaliranih 16 vjetroagregata i 17,5 MW [1].

9. Vjetroelektrana Ponikve, Ston - se nalazi na poluotoku Pelješcu, u mjestu Ponikve kraj Stona i prva je vjetroelektrana sagrađena u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. VE Ponikve je svečano otvorena 17. svibnja 2013. Projekt je vrijedan 43 milijuna eura, a investitor je njemačka tvrtka WPD iz Bremena. Izgradnja je započela u lipnju 2011., trajala je do listopada 2012., u redovnom pogonu je od 11. ožujka 2013, a električnom energijom opskrbljuje 23 000 kućanstava. Tvrtki WPD ovo je već treći projekt u Hrvatskoj, a očekuje se daljnji nastavak izgradnje projekata u budućnosti [2].

10. Vjetroelektrana Jelinak, Trogir - Vjetroelektrana Jelinak je prva vjetroelektrana koju je u Hrvatskoj izgradila španjolska tvrtka Acciona. Acciona je ujedno i investitor u vjetroelektranu, ali i proizvođač i isporučitelj vjetroagregata. Tako se VE Jelinak sastoji od 20 vjetroagregata pojedinačne nazivne snage 1,5MW, ukupno 30MW instalirane snage. Vjetroelektrana se nalazi u Splitsko-dalmatinskoj županiji na području općina Marina i Seget, te bi godišnje trebala proizvoditi 81 milijun kWh električne energije, što je dovoljno za opskrbu 30.000 kućanstava. Godišnja ušteda CO₂ bi pak trebala iznositi 77.841 tonu [1].

11. Vjetroelektrana Kamensko-Voštane, Trilj - izgrađena na području Grada Trilja u Splitsko-dalmatinskoj županiji. Očekuje se da će, kada i druga vjetroelektrana bude bila puštena u trajni pogon, njihova ukupna proizvodnja iznositi 114 GWh električne energije godišnje, što bi trebalo zadovoljiti potrebe za oko 38 000 kućanstava. Vjetroagregate SWT-3.0-101 za novu elektranu isporučila je tvrtka Siemens Zagreb, a na projektu su sudjelovale i brojne duge hrvatske tvrtke [2].

5.2. NAJZNAČAJNIJA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ

U RP Globalu tvrde da ovaj 70 milijuna eura vrijedan projekt ima veliki utjecaj na smanjenje emisije stakleničkih plinova na razini smanjenja od 33.300 tona emisija CO₂ godišnje pri tome opskrbljujući oko 22.000 kućanstava s čistom energijom [7].

VE Danilo se nalazi oko 15 kilometara od obale i grada Šibenika. RP Global je naveo kako će Danilo povećati proizvodnju energije dobivene iz vjetra u Hrvatskoj za 20 posto, a 19 vjetroturbinskih generatora ENERCON E-82 s ukupnom instaliranom snagom od 43,7 MW proizvodi 100 GWh električne energije godišnje [7].



Slika 13. Vjetroelektrana Danilo, izvor: Slobodna dalmacija; foto: Nikša Stipaničev / CROPIX

5.3. NAJZNAČAJNIJA VJETROELEKTRANA NA SVIJETU

Trenutačno najveća kopnena vjetroelektrana na svijetu je **VE Roscoe** koja je dovršena 2009. godine, a nalazi se u Sjedinjenim Američkim Državama [8].

Vjetroelektrana Roscoe se nalazi u zapadnom dijelu Teksasa. Vlasnik i operator vjetroelektrane su Njemačka tvrtka E.ON, tj. njena tvrtka-kćer u SAD-u E.ON Climate and Renewables (EC&R). VE Roscoe se rasprostire kroz četiri općine, a uglavnom se nalazi na zemlji koja se koristi za uzgajanje pamuka. Svi vjetroagregati se nalaze na zemlji od farmera koji godišnje po vjetroagregatu zarade od 5 do 15 tisuća dolara [8].



Slika 14. VE Roscoe

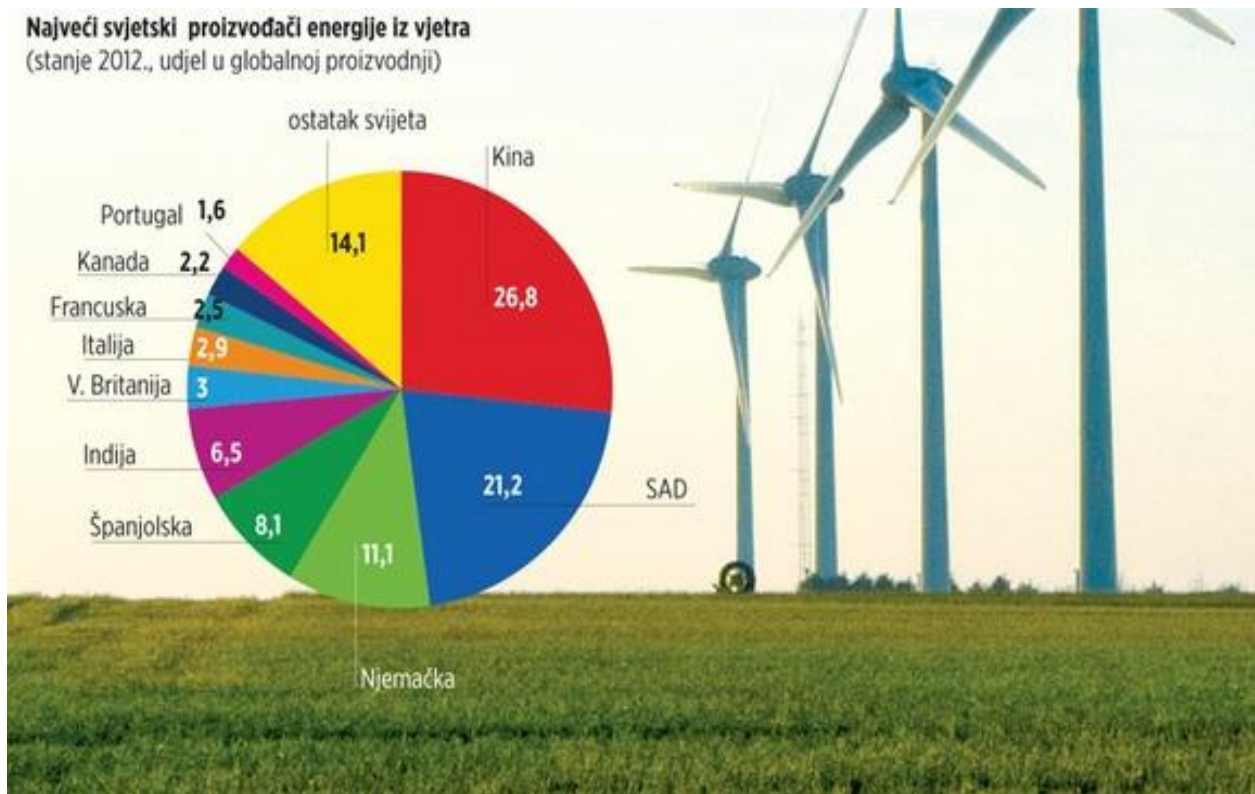
Ukupna snaga ove vjetroelektrane je ogromnih 781,5 MW, a sastoji se od čak 627 vjetroagregata. Proizvodi električne energije za 265.000 kućanstava u Teksasu, a rasprostire se na ogromnih 400 kilometara kvadratnih [9].

Tekas ima jedan od najboljih vjetroenergija u SAD-u, a i u svijetu, te se zbog toga tamo nalazi veći broj velikih vjetroelektrana - uključujući i trenutačno drugu najveću vjetroelektranu na svijetu [8].



Slika 15. VE Roscoe, izvor: www.eon.com

Vjetroelektrana Roscoe koristi 627 vjetroagregata koje su isporučili Mitsubishi, Siemens i General Electric, a tokom gradnje se prosječno postavljao jedan vjetroagregat dnevno. Mitsubishi je od te brojke isporučio 209 vjetroagregata 1000A modela snage 1 MW. Ukupna investicija je 1 milijardu dolara, a samo prva faza je vrijedila 300 milijuna dolara. Ova vjetroelektrana će godišnje uštediti ispuštanje 370.000 tona CO₂ [9].



Slika 16. Prikaz svjetskih proizvođača energije iz vjetra

6. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ

Projekti gradnje vjetroelektrana predstavljaju dobru priliku za razvoj lokalnih zajednica. Unatoč tome često se stvara negativna percepcija o njihovom utjecaju na okoliš. Svjedoci smo da lokalne zajednice često znaju pokazati negodovanje prilikom realizacija ovakvih projekata. Jedno od najčešćih argumenata protiv izgradnje vjetroelektrana je pozivanje na studije koje tvrde da postoje značajni negativni utjecaji na izgled krajobrazu, te biljni i životinjski svijet. Ministarstvo Zaštite Okoliša, Prostornog uređenja i Graditeljstva je na svojim web stranicama objavilo "Smjernice za izradu studija utjecaja na okoliš za zahvate vjetroelektrana". Tim smjernicama je definiran opseg i sadržaj studija [10].

Protivnici izgradnje vjetroelektrana će reći da su za minimalne količine energije potrebne veće količine vjetroturbina koje ne donose pozitivne utjecaje. Ako računamo na otvaranje novih radnih mjesta, po njihovim tvrdnjama samo u velikoj zabludi. Sustavi su automatizirani, a gotovo svi dijelovi vjetroelektrane se proizvode u inozemstvu i dolaze nam iz uvoza. Stanovništvo može računati na izvršavanje građevinskih radova prilikom izgradnje, ali veće koristi u vidu trajnih radnih mjesta nema. Vjetroelektranama je za rad neophodno puno hidrauličkog ulja za vrtnju rotora, koje se izbacuje u okoliš, pa je potrebno na površini izgraditi tonirane bazene za koje se pretpostavlja da će biti onečišćena uljem, ali u Hrvatskoj gradnja takvih bazen nije praksa. Na taj način investitori si smanjuju troškove, dok ih većinu za ulje zapravo i nije posebno briga. Nadalje, za izgradnju vjetroelektrana potrebno je izgraditi potrebnu infrastrukturu, pristupne ceste, transformatorske stanice, postaviti elektrostupove, dalekovode a svime time se uništava priroda i okoliš [10].

Pobornici ove teze naglasiti će da visina stupova narušava izgled okoliša, kako vjetroelektrane destruktivno djeluju na tlo, podzemne vode, mogu naštetiti sustavu pitke vode, te biljnom i životinjskom svijetu. Buka koja se stvara tjera divljač sa svog staništa, a tvrdi se da su u najvećoj opasnosti ptice. Jedna vjetroelektrana u radijusu od 5 km možda ne bi bila problem za prelet ptica, ali dvije ili tri vjetroelektrane u normalnom radu stvorile bi neodrživ pritisak na ekosustav. Da bi se ti pritisci umanjili, trebaju se primijeniti zaštitne mjere koje imaju pozitivne učinke na okoliš, a s druge strane utječu na profitabilnost samog projekata [10].

U zapadnoj Europi se danas na gradnju vjetroparkova gleda poprilično restriktivno i zahtjeva se pažljivo biranje lokacija za izgradnju, a upravo radi zaštite ptičjeg svijeta, staništa i ugroženih vrsta EU je donijela dvije direktive, Direktivu o pticama i Direktivu o staništima, koje obvezuju svaku članicu EU da zaštiti svoja vrijedna područja i to prema kriterijima iz tih direktiva. Vjetroelektrane treba graditi tamo gdje ne obitavaju ugrožene biljne i životinjske vrste budući da postoje primjeri loše postavljenih VE koje ugrožavaju malu populaciju surih orlova. Pogodne su lokacije koje nisu na migracijskim putovima pticama, šišmišima ili nekim drugim vrstama [10].

Ne treba zanemariti da prilikom rada vjetroelektrane ne postoji emisija ispušnih plinova čime se smanjiva emisija CO₂ i SO₂, najvećih zagađivača našeg planeta. Pozitivna strana je i u tome što se vjetroelektrane mogu smjestiti na neobradivim površinama, poljoprivrednim zemljištima ili morskim pučinama, a ispod stupova vjetroelektrane mogu se obavljati poljodjelski, stočarski i slični radovi. Nekada je buka koja se stvarala prilikom vrtnje propelera i pogonskog mehanizma generatora bila jedan od većih problema, danas je taj problem uspješno riješen [10].

Dok se investitori trude dokazati kako su vjetroelektrane ekološki prihvatljivi objekti, strah od nepoznatog kod lokalnog stanovništva je sasvim logičan. Postoje države gdje i nakon 30 godina od postavljanja vjetroelektrana još nije utvrđeno da postoje negativne posljedice za prirodu, dok se protivnici rado pozivaju na primjere iz Španjolske i Škotske gdje su neke vjetroelektrane zatvorene kada se utvrdilo da zbog njih stradavaju orlovi i bjeloglavi supovi [10].

Studija o utjecaju na okoliš za vjetroelektranu ima za cilj sagledavanje mogućih utjecaja na okoliš, od početka gradnje, do završetka radnog vijeka vjetroelektrane predviđenog razdoblja npr. 20 godina, te ukazati na koji se način, primjenom odgovarajućih mjera zaštite okoliša, neželjene posljedice mogu spriječiti ili umanjiti [11].

7. UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA OKOLIŠ TIJEKOM PRIPREME I GRAĐENJA

7.1. UTJECAJ NA TLO

Promjene prilikom izgradnje očitovat će se na fizičkom uklanjanju tla s kamene podloge na mjestima gradnje, njegovom odlaganju na priručnim skladištima tijekom gradnje, te vraćanju na privremeno korištene lokacije nakon gradnje u postupku sanacije gradilišta i rekultivacije prostora [11].

U cilju zaštite tla, uklanjanje tla na travnjačkim površinama smije se provesti samo u strogo dopuštenim gabaritima sukladno izdanim dozvolama koje sadrže uvjete zaštite prirode. Prilikom izvođenja zemljanih radova treba odvojiti humusni sloj tla, posebno ga deponirati, zaštititi od onečišćenja i po završetku radova upotrijebiti u svrhu krajobraznog uređenja prema izrađenom projektu krajobraznog uređenja [11].

Uklanjanje humusnog dijela tla treba obaviti prije nego bilo koja teška oprema i vozila prijeđu preko tla, da se ne uništi granularna struktura tla. Takovim postupanjem sa tlom omogućava se da se ono iskoristi za sanaciju i rekultivaciju prostora unutar lokacije zahvata nakon izvođenja građevinskih radova prema izrađenom krajobraznom projektu. Utjecaj na tlo može se javiti i tijekom postavljanja vjetroagregata, odnosno uslijed mogućeg neprimjerenog smještaja goriva i maziva [11].

Onečišćenje tla može se značajno smanjiti korištenjem ispravne mehanizacije i radnih strojeva, pridržavanjem propisanih mjera i standarda za građevinsku mehanizaciju, te izvođenjem radova prema projektnoj dokumentaciji uz provođenje svih propisanih mjera zaštite [12].

7.2. UTJECAJ NA ZRAK

Tijekom izgradnje vjetroelektrane do utjecaja na zrak može doći kao posljedica ispuštanja onečišćenih tvari u zrak iz građevinskih strojeva i vozila koja su Zakonom o zaštiti zraka definirana kao pokretni emisijski izvori [11].

Ove emisije u zrak ograničene su na uže područje i radni dio dana, a ovisno o godišnjem dobu i vremenskim prilikama mogu se očekivati različiti intenziteti. Takav utjecaj može se sastojati od kratkotrajnih vršnih opterećenja koja predstavljaju vrlo malu emitiranu količinu tvari i kao takve nemaju utjecaj na kvalitetu zraka [12].

7.3. UTJECAJ BUKE

Tijekom izgradnje zahvata vjetroelektrane dolazi do privremenog povećanja buke od građevinskih strojeva i prijevoznih sredstava koji će se koristiti za prijevoz građevinskog materijala i opreme [11].

Povećana razina buke na lokaciji zahvata je neminovna, privremenog je karaktera i predstavlja kratkotrajan utjecaj, dominantan na samoj lokaciji zahvata. Najviše dopuštene razine vanjske buke koja se javlja kao posljedica rada gradilišta moraju biti u granicama [11].

Prilikom izvođenja radova moraju biti osigurani odgovarajući uvjeti koji podrazumijevaju korištenje ispravne i održavane mehanizacije, te pridržavanje projekta organizacije gradilišta kako bi se razina buke održala u granicama dopuštenim za lokaciju zahvata, odnosno da buka ne ugrožava zdravlje ljudi. Ukoliko se ukaže potreba za izvođenje građevinskih radova tijekom noćnog razdoblja, potrebno je provesti mjerenje buke u vanjskom prostoru ispred bukom najugroženijih stambenih objekata i najbližih naselja [12].

Buka koju proizvodi rad vjetroelektrana općenito nastaje iz dva razloga. Prva je mehanička buka nastala radom pokretnih dijelova vjetroagregata, a druga je aerodinamička buka nastala gibanjem lopatica elise kroz zrak. Mehanička buka nastaje kao posljedica rada pokretnih dijelova i rada elektroinstalacija [12].

U novim izvedbama vjetroelektranskih generatora mehanička je buka vrlo mala, uglavnom je niske frekvencije, a nastaje kao rezultat sporo-rotirajućih dijelova, ležajeva, hidrauličkih i rashladnih sustava, te rada elektrouređaja na frekvenciji mreže. Zbog karaktera nastanka ova buka pokazuje tonalne komponente, ali šireg spektra. Suvremenim konstrukcijskim rješenjima s direktnim prijenosom rotacije na osovinu generatora, korištenjem fleksibilnih materijala i elastičnim spajanjem, zvučnom izolacijom kućišta, te antirezonantnim sustavima ovakva buka se vrlo efikasno eliminira. Stoga se ova buka kod suvremenih vjetrogeneratora ne smatra kritičnom u projektiranju VE [12].

7.4. UTJECAJ NA BIOLOŠKU RAZNOLIKOST I EKOLOŠKU MREŽU

Utjecaj na biološku raznolikost i ciljeve očuvanja područja ekološke mreže biti će velik za vrijeme izgradnje zbog nazočnosti ljudi i strojeva te buke, vibracija i detonacija, ispušnih plinova i prašine. Procjenjuje se da će se trenutno stanje staništa i vegetacije izmijeniti uslijed izgradnje potrebne infrastrukture [11].

Utjecaji na faunu tijekom građenja očituju se u tome da će veće životinje, uključujući i divlje svojte sisavaca i gmazova, privremeno napustiti područje gradilišta tijekom izvođenja radova. Međutim, tijekom izvođenja radova treba posebnu pozornost usmjeriti na eventualne nalaze gnijezda ugroženih vrsta ptica ili kolonije šišmiša [11].

Po dovršetku izgradnje oko vjetroelektrane uglavnom nema umjetnih prepreka i ograda tako da mogu svi migracijski putevi kopnenih sisavaca i gmazova ostati otvoreni, odnosno nema prostornih ograničenja za njihovo kretanje što omogućuje njihov povratak na lokaciju [11].

Opće mjere za očuvanje ekološke mreže:

- Pristupne puteve projektirati u širini do 5 m, u koridoru širine do 10 m, osim na mjestima gdje je zbog potrebe transporta (u zavojima) potrebna i veća širina.
- Pristupne puteve graditi bez asfalta [12].

7.5. UTJECAJ NA PTICE

Jedan od negativnih utjecaja na okoliš vjetroturbinama je ubijanje ptica i šišmiša. Nova studija pokazuje da njemačke VE ubijaju značajan broj šišmiša, ponajviše ne kad se zaletu među elise, nego zbog nagle promjene tlaka zraka iza turbine, koji izaziva oštećenja njihovih unutarnjih organa. Stradaju šišmiši sa šireg područja, njihov broj je iznad granice održivosti i potrebna je međunarodna akcija [13].

Međutim, taj problem je lako riješiv. Šišmiši su najaktivniji u sumrak, te naročito u vrijeme jesenskih migracija. Isključivanje turbinama u to doba tijekom jednog do dva sata drastično bi smanjilo učestalost fatalnih ozljeda šišmiša, uz male gubitke za kompanije koje upravljaju turbinama [13].

Problem zalijetanja ptica u rotore pokazao se puno manjim od očekivanog jer ptice percipiraju pokretne predmete i reagiraju izmicanjem, stoga su dalekovodi za ptice puno opasniji. Također, podrazumijeva se da se vjetroelektrane ne mogu graditi u rezervatima i parkovima prirode [13].

7.6. UTJECAJ NA KRAJOBRAZ

U kontekstu vrijednosti krajobraza po estetskim kriterijima valorizacije procjenjuje se da osnovna vrijednost počiva u nenarušenom međuodnosu dominantno prirodnog krajobraza šumsko šikarastog tipološkog izraza i kultiviranog krajobraza. Najveći utjecaj na strukturu krajobraza ima uglavnom izgradnja pristupnog ili pristupnih puteva [11].

Izgradnjom zahvata dolazi do uklanjanja vegetacije i trajnog gubitka pojedinih tipova površinskog pokrova koji se nalaze u koridoru prometnica ili unutar područja planiranih platoa. Pojedini tipovi površinskog pokrova imaju i značajnu ekološku i strukturnu ulogu, pa se njihov gubitak može odraziti i na strukturne i vizualne značajke krajobraza. Nove prometnice imaju bitno drugačije tehničke zahtjeve od postojećih puteva i staza, a samim time unose promjenu u postojeću strukturu puteva. Kako bi se utjecaj ublažio u najvećoj mogućoj mjeri koriste se postojeći putevi, a novi se izvode bez asfalta [12].

S druge strane, izgradnjom novih puteva povećava se postojeća unutrašnja povezanost područja i pristupačnost. Olakšanom pristupačnošću, povećava se i potencijal za revitalizaciju tradicionalnog načina korištenja – stočarstva, koje nije u sukobu s planiranim zahvatom, a djelomično bi omogućuje očuvanje dijela tradicionalnih kulturnih strukturnih elemenata krajobraza [12].

7.7. UTJECAJ NA KULTURNU BAŠTINU

Terenski pregled lokacije zahvata od strane stručnjaka – arheologa i povjesničara, obuhvaća šire područje, te utvrđivanje određenih lokaliteta kulturne baštine. U cilju njihovog očuvanja iako ne moraju izravno biti ugroženi predviđenim zahvatom gradnje, potrebno je provoditi mjere zaštite [11].

Mjere se odnose na samu pripremu zahvata, odnosno odnose se na pravilno pozicioniranje (širenje) pristupne ceste na način da ne ugrožava na primjer neka kapelica. Također, propisane mjere odnose se i na sam tijek izvođenja radova koji se trebaju obavljati pod stručnim arheološkim i konzervatorskim nadzorom [11].

Studija o utjecaju na okoliš sadrži i razradu utjecaja na gore navedene parametre i tijekom korištenja vjetroparka. Obvezno se još daje ogled o nastajanju otpada, utjecaju od zasjenjivanja, elektromagnetskoj interferenciji, utjecaju od zaleđivanja te socio-ekonomski utjecaji [11].

Mjere zaštite kulturno-povijesne baštine:

- Na lokaciji obaviti arheološki i etnološki pregled.
- Očuvati suhozidne konstrukcije kod vjetroagregata. U slučaju da se neki od njih ošteti, potrebno ih je rekonstruirati istim materijalom i identičnom tehnikom zidanja.
- Očuvati tradicionalne stočarske elemente gospodarenja prostorom u neposrednoj blizini.
- Projektну dokumentaciju dostaviti nadležnom Konzervatorskom odjelu radi izdavanja posebnih uvjeta tj. prethodne suglasnosti.
- U slučaju nailaska na arheološke nalaze, prekinuti radove i zaštititi nalaze, te o navedenom bez odgađanja obavijestiti nadležni konzervatorski odjel kako bi se poduzele odgovarajuće mjere zaštite nalazišta [12].

7.8. NASTAJANJE OTPADA

Tijekom građenja vjetroelektrane nastaje neopasni i opasni otpad od ostataka građevnog materijala i ambalaže, te komunalni otpad kao posljedica rada i boravka osoba na gradilištu. Odlaganjem otpada na lokaciji zahvata može doći do nepovoljnih utjecaja na tlo, vode i okoliš u cjelini. Za sve vrste otpada koje će nastajati tijekom korištenja treba osigurati postupanje sukladno Zakonu o otpadu i na temelju njega usvojenim Pravilnikom o vrstama otpada i Pravilniku o gospodarenju otpadom [11].

Mjere zaštite okoliša, uključuju uspostavu sustava odvojenog prikupljanja nastalog otpada po vrstama, te ugovaranje njihovog zbrinjavanja sa ovlaštenim skupljačima/obrađivačima otpada, uz vođenje propisane dokumentacije [11].

Najveće količine otpada nastaju tijekom redovnog održavanja vjetroelektrane pri čemu nastaju određene količine opasnog otpada koji uključuje otpadna ulja i otpadne zauljene materijale, istrošene kondenzatore, akumulatore i slično [12].

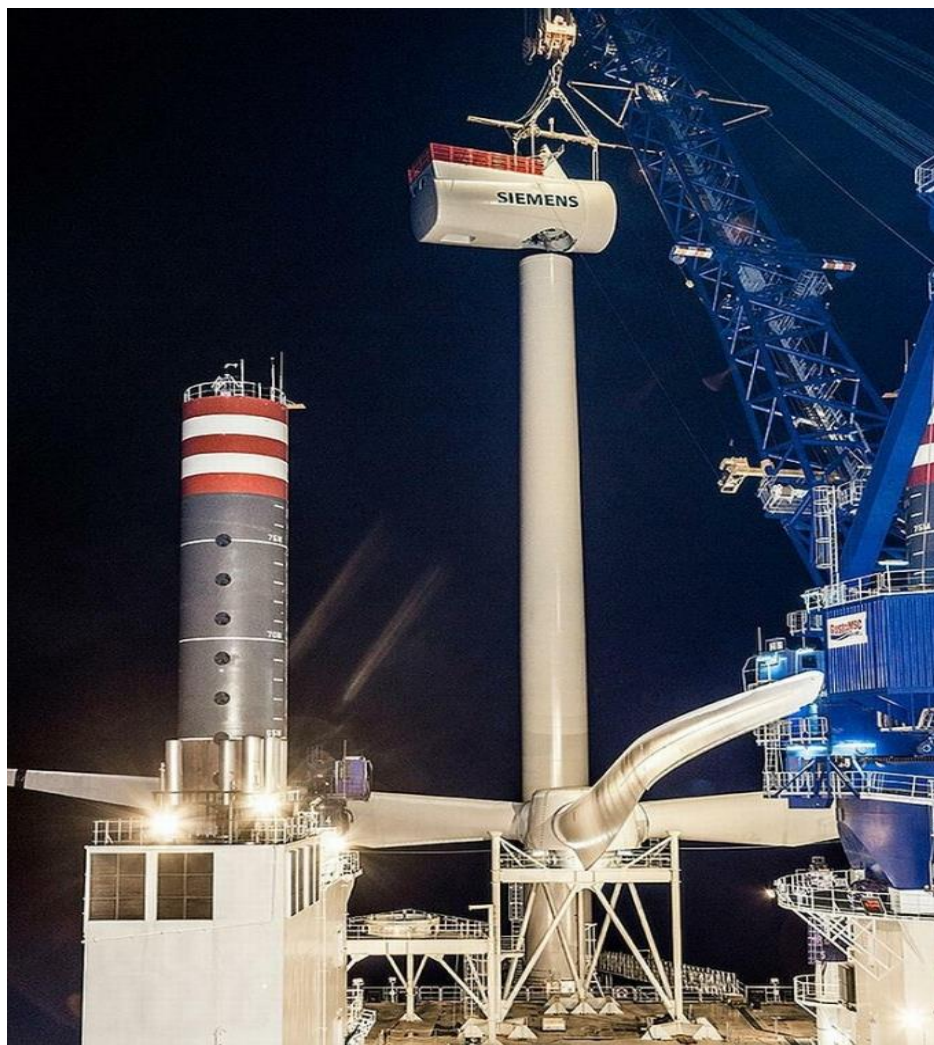
Sav otpad koji nastaje tijekom korištenja vjetroelektrane potrebno je odvojeno sakupljati po pojedinim vrstama otpada u adekvatnim spremnicima koji su izrađeni na način da se spriječi rasipanje, isticanje ili isparavanje i kako moraju biti smješteni na vodonepropusnom i natkrivenom prostoru [12].

Zbrinjavanje pojedinih vrsta opasnog otpada treba ugovoriti s pravnom osobom koja posjeduje dozvolu za skupljanje, prijevoz i zbrinjavanje opasnog otpada [12].

Tijekom gradnje, redovitog rada i održavanja pogona vjetroelektrane nastaju sljedeće **vrste otpada:**

- otpadna mineralna ulja – nastaju prilikom čišćenja i održavanja pogona, izmjena u sustavima za podmazivanje, hidrauličkim sustavima i transformatorima;
- zauljene krpe – nastaju tijekom čišćenja i održavanja pogona;
- miješani metalni otpad – nastaje povremeno uslijed zamjene istrošenih i dotrajalih dijelova, te tijekom rekonstrukcije postrojenja;
- miješani građevinski otpad – nastaje tijekom građenja postrojenja;
- ambalažni otpad – služi za držanje drugih proizvoda, isključujući ambalažu s ostacima opasnih tvari.

Najčešći otpad koji nastaje prilikom rada VE su **otpadna ulja**. Izmjena ulja za podmazivanje prijenosnog mehanizma provodi se svakih 18 mjeseci, s tim da interval izmjene ovisi o proizvodnji jedinice. Pri izmjeni nastaju količine od nekoliko stotina litara po proizvodnoj jedinici. Otpadna ulja sakupljaju se u predviđene posude neposredno uz mjesto nastajanja, te se zbrinjavaju preko ovlaštenih obrađivača na odgovarajući način. Ostala ulja za podmazivanje i ulja iz hidrauličkih sustava zahtijevaju izmjenu svakih 5 godina, pri čemu nastaju manje količine (nekoliko desetaka litara) koje se zbrinjavaju na isti način kao i otpadna ulja [12].



Slika 17. Prikaz VE tijekom izgradnje, izvor: www.zelenipartner.eu

Mjere koje treba poduzeti za **zbrinjavanje nastalog otpada:**

- Osigurati odgovarajuću površinu na kojoj će se privremeno skladištiti metalni, komunalni i opasni otpad nastao tijekom izgradnje.
- Otpad skladištiti odvojeno po pojedinim vrstama otpada.
- Organizirati odvoz otpada i njegovo odlaganje ovisno o dinamici izgradnje.
- Metalni otpad koji nastaje tijekom izgradnje prodati kao sekundarnu sirovinu.
- Građevinski otpadni materijal i komunalni otpad koji nastaje tijekom izgradnje odvesti na odgovarajuće odlagalište otpada.
- Zbrinjavanje opasnog otpada koji nastaje tijekom izgradnje ugovoriti s pravnom osobom koja posjeduje dozvolu za skupljanje, prijevoz i/ili zbrinjavanje opasnog otpada [12].

8. PREDNOSTI I NEDOSTACI VJETROELEKTRANA

8.1. PREDNOSTI VJETROELEKTRANA

Kada govorimo o vjetroelektranama kao jednom OIE možemo navesti njegove brojne prednosti. Vjetroelektrane su poželjan oblik obnovljivog izvora energije, one ne troše gorivo i ne zagađuju okoliš. Pomažu u borbi protiv globalnog zatopljenja, budući da pri svom radu ne proizvode štetne stakleničke plinove. Instaliranjem vjetroelektrana umjesto termoelektrana na fosilna goriva, sprječava se emisija ugljikovog dioksida, a zemlje koje obiluju povoljnim vjetrovima i koje su se odlučile uložiti u izgradnju vjetroparkova uvelike su smanjile nacionalnu ovisnost o uvozu fosilnih goriva [14].

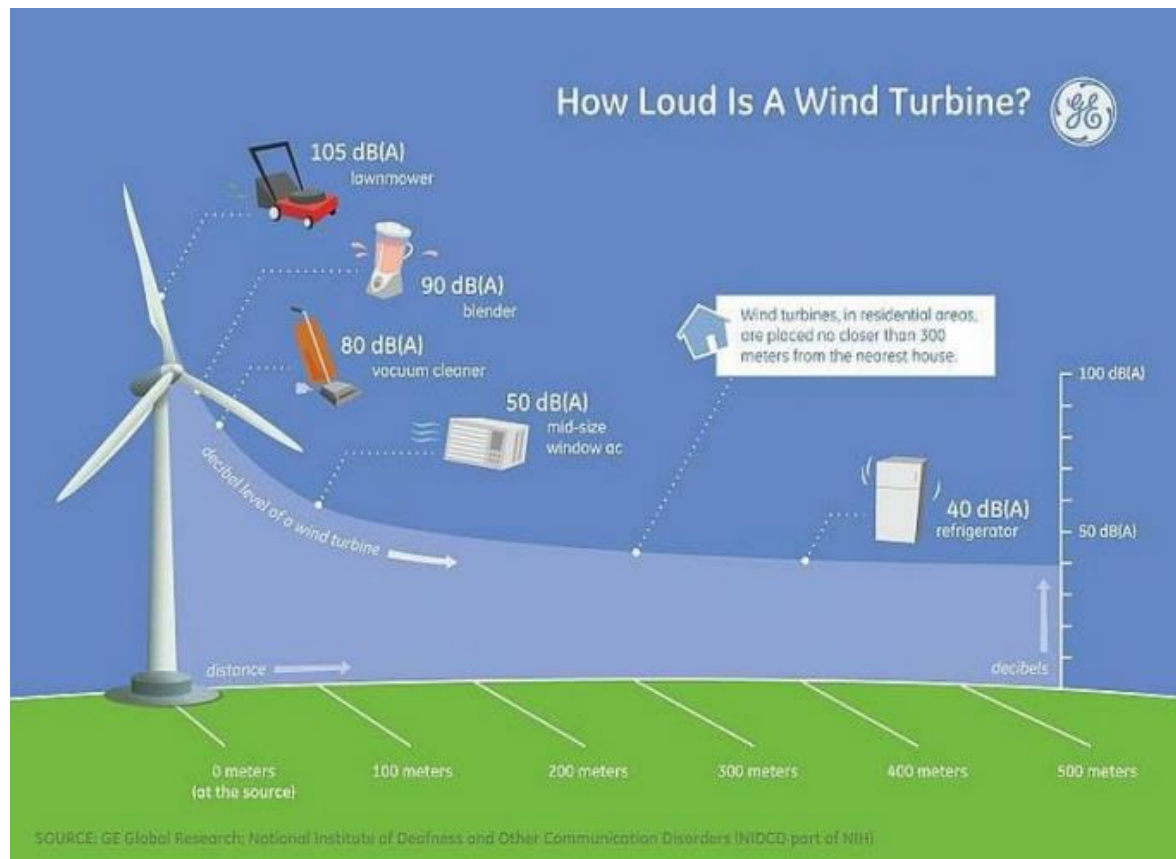
Resursi se troše samo prilikom proizvodnje vjetroelektrane. Materijali poput čelika, betona i aluminijskih moraju se obraditi, a pri tom procesu koriste se fosilni izvori energije koji nepovoljno utječu na okoliš. Vjetroelektrane su sve popularnije među stanovnicima Europske Unije koji su svjesni činjenice da proizvodnja električne energije iz vjetra smanjuje potrošnju fosilnih goriva i pomaže u očuvanju okoliša [14].

Prednost vjetroelektrana je i u tome što se mogu smjestiti podjednako na neobrađivim površinama, morskoj pučini ili poljoprivrednom zemljištu, a prostor između stupova generatora može se i dalje koristiti. Ispod stupova vjetroelektrane mogu se obavljati poljodjelski, stočarski i slični radovi kao i ispod visokonaponske mreže [14].

8.2. NEDOSTACI VJETROELEKTRANA

Koliko će neki vjetropark biti efikasan ovisi ponajviše o meteorološkim karakteristikama područja na kojem se nalazi. Vjetroelektrane moraju biti povezane sa elektroenergetskim sustavom što mnogi navode kao jedan od nedostataka ovog OIE s obzirom da ne postoji efikasan način da se učinkovito akumulira veća količina energije za razdoblje bez vjetra [14].

Troškovi održavanja znaju činiti značajnu stavku u cijeni dobivene energije vjetra, a osim navedenog mnogi navode 'nagrđivanje prirode' kao jedan od negativnih osobina vjetroelektrana. Jedan od najvećeg problema nekada je bila buka koju stvaraju vjetroelektrane prilikom vrtnje propelera i pogonskog mehanizma generatora koji je smješten u gondoli. Danas buka, sa sve savršenijim tehnološkim rješenjima zvučne izolacije je smanjena kao problem [14].



Slika 18. Prikaz jačine buke VE, izvor: www.zelenipartner.eu

Na kraju valja spomenuti i moguću ekološku nesreću, odnosno rizik njezina nastanka. Ekološke nesreće pri radu vjetroelektrana su vrlo rijetke, ali moguće i prvenstveno predstavljaju sigurnosni rizik [11].

U svijetu su do sada zabilježeni slučajeva otrgnuća lopatica ili dijelova vjetroagregata, pri čemu su dijelovi odbačeni i nekoliko stotina metara. Prema do sada dostupnim podacima od oko 30.000 instaliranih vjetroelektrana u Europi bilo je svega 2 do 3 slučaja ekološke nesreće [11].

Takve nesreće predstavljaju veliku prijetnju sigurnosti koja se može otkloniti jedino pravilnim smještajem vjetroelektrane na sigurnu udaljenost od naselja te međusobnog odmicanja stupova vjetroagregata. Kao zaštitu od posljedica takvih nesreća potrebno je locirati pojedine vjetroagregate na dovoljnu udaljenost (barem dvostruku visinu) od ostalih objekata, prometnica i putova [11].

9. ZAKLJUČAK

Gradnja vjetroelektrane u načelu je pozitivna i poželjna, no ne treba zaboraviti da je vjetroelektrana elektroenergetski objekt, a ne dio prirode. Dokazano je da su vjetroelektrane najčišći, najučinkovitiji i najisplativiji oblik proizvodnje električne energije, te ako se pažljivo biraju lokacije izgradnje, djeluje edukativno i investira u zaštitne mjere kako bi se umanjili mogući štetni utjecaji na floru i faunu, izgradnja vjetroelektrana je moguća na zadovoljstvo svih, protivnika i pobornika ovog obnovljivog izvora energije [10].

Često se govori, a to je vrlo bitno, o utjecaju vjetroelektrana na okoliš – kako na ptice i šišmiše, zagađenje zemljišta kao i na ljude, zbog utjecaja buke, zasjenjenja ili utjecaja na krajobraz. Sva su ta pitanja uglavnom rješiva dobrim odabirom lokacije vjetroelektrane [11].

Apsolutno čista energija, bilo da se ona dobiva od sunca, vjetra ili vode ne postoji, stoga ni vjetroelektrane nisu potpuno bezazlen izvor energije [10].

Međutim, u usporedbi sa konvencionalnim tehnologijama proizvodnje električne energije, utjecaj vjetroelektrana na okoliš gotovo je zanemariv zato što ne proizvode štetne tvari, ne emitiraju onečišćivače u zrak, nisu radioaktivne i ne uzrokuju globalne negativne posljedice na okoliš i na buduće generacije [12].

Naša budućnost i budućnost cijelog planeta počiva u obnovljivim izvorima energije, stoga će vjetroelektrane u budućnosti postati jedan od glavnih izvora energije [14].

POPIS SLIKA

Slika 1. Vjetroagregat Charlesa Brusha iz 1888.	2
Slika 2. Vjetrenjače La Mancha.....	2
Slika 3. Nastajanje vjetra	3
Slika 4. Vjetrulja	4
Slika 5. Beaufortova ljestvica	5
Slika 6. Razvoj vjetroelektrana u EU do 2030.....	7
Slika 7. Osnovni dijelovi vjetroagregata.....	10
Slika 8. Osnovni princip rada vjetroagregata.....	12
Slika 9. Općenita shema djelovanja vjetroelektrane.....	15
Slika 10. Prikaz djelovanja VE	16
Slika 11. Vjetroelektrana s okomitim rotorom i vodoravnim rotorom	17
Slika 12. Vodoravna i vertikalna osovina	19
Slika 13. Vjetroelektrana Danilo.....	23
Slika 14. VE Roscoe	24
Slika 15. VE Roscoe	25
Slika 16. Prikaz svjetskih proizvođača energije iz vjetra	26
Slika 17. Prikaz VE tijekom izgradnje.....	37
Slika 18. Prikaz jačine buke VE	40

POPIS OZNAKA I KRATICA

Engl	engleski
VE	vjetroelektrana
OIE	obnovljivi izvori energije
EU	Europska unija
RP	obnovljivi izvor energije (renewable power)
EC	Europska komisija
IEA	International Energy Agency
EWEA	The European Wind Energy Association
WPD	Western Power Distribution

LITERATURA

- [1] Jerkić Edo, Zelenko Iva: Energija vjetra, www.vjetroelektrane.com, pristupljeno: 20.04.2015.
- [2] www.wikipedia.org, pristupljeno: 20.04.2015.
- [3] Grad Zageb, Gradski ured za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj: Energija vjetra, www.eko.zagreb.hr, pristupljeno: 20.04.2015.
- [4] Šljivac D., Šimić Z.: „Osnove energetike i ekologije“, „Dopunski izvori energije“, predavanja, ETF Osijek, 2004. – 2007. godine
- [5] Skalicki B., Grilec J.: „Električni strojevi i pogoni“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
- [6] E – priručnik: Zelena energija za zdravu hranu, www.g4g.com.hr, pristupljeno: 20.04.2015.
- [7] Arežina Bojan: Danilo, Večernji list, objava: 5.6.2014. | 18:17, vijesti, Hrvatska, pristupljeno: 20.04.2015.
- [8] www.windmillgallery.com, pristupljeno: 22.04.2015.
- [9] www.power-technology.com, pristupljeno: 22.04.2015.
- [10] Utjecaj vjetroelektrana na okoliš, objava: 14.2.2014. | 8:13, www.zelenipartner.eu, pristupljeno: 25.04.2015.
- [11] Karaica Stevo: Vjetroelektrane i mogući utjecaji na okoliš, objava: 18.11.2010., www.zelenaenergija.org, pristupljeno: 25.04.2015.
- [12] Šunjić Hrvojka: Studija o utjecaju na okoliš, www.mzoip.hr, pristupljeno: 09.06.2015.
- [13] Lukač Gordan: Energija vjetra, www.adriawindpower.hr, pristupljeno: 09.06.2015.
- [14] Prednosti i nedostaci vjetroelektrana, objava: 1.2.2015. | 14:26, www.zelenipartner.eu, pristupljeno: 26.04.2015.