

Željko Samardžić, dipl.ing.
ENERSYS d.o.o. Inženjering obnovljivih izvora energije
zeljko.samardzic@enersys.hr

ISKUSTVA IZ DOSADAŠNJEG RADA VE TRTAR-KRTOLIN

SAŽETAK

VE Trtar-Krtolin kod Šibenika u proizvodnji je od lipnja 2006 kad je dovršena. Do sada je u mrežu isporučeno oko 45 GWh „zelene“ električne energije. U 2007. je proizvedeno oko 28 GWh uz 2450 FLH (sati pune snage).

Iskustva, iako u relativno kratkom vremenskom intervalu, u pogonu vjetroelektrane, kvarovima i njihovom otklanjanju te sprječavanju dragocjena su kako za naše buduće projekte tako i za elektroenergetski sustav u Hrvatskoj pa i u susjednim zemljama obzirom da su nam sustavi komplementarni, a orografija te vjetropotencijali slični.

Utjecaj, prvenstveno se misli štetni, na mrežu nije primjećen. Utjecaj na okoliš, s aspekta buke nije problematičan, kao i štetni utjecaj na biljni i životinjski svijet, s posebnim osvrtom na ornitofaunu.

Hrvatska treba intenzivirati korištenje ovakovih izvora energije.

Ključne riječi: Vjetroelektrana Trtar-Krtolin, proizvodnja, kvarovi, utjecaj na mrežu i okoliš

SO FAR EXPERIENCES OF OPERATION OF WINDPARK TRATAR-KRTOLIN

SUMMARY

Windpark Trtar-Krtolin is in function since June 2006 when it was finished. Until now it's produced around 45 GWh „green“ electrical energy. In 2007 was produced around 28 GWh with 2450 FLH (full load hours).

Experiences till now, although in short time period, with production, failures, repairs, service, and protection are very useful for our future projects as well as for Croatian electrical system and surrounding neighbourhood according similarities in their systems and windpotentials.

Impact on grid, in negative aspect, is not observed. Environmental impact, especially noise is not problematic. There is no significant impact on flora and fauna, particularly ornitofauna.

Croatia need to force up using of such kind renewable energy sources.

Key words: Windpark Trtar-Krtolin, production, failures, grid impact, environmental impact

1. UVOD

Planiranje Vjetroelektrane Trtar-Krtolin (VE TK) počelo je još 2000. godine. Sa mjerenjem vjetropotencijala započelo se u veljači 2001. Priprema projekta, točnije prikupljanje sve potrebne „papirologije“ trajalo je više od 5 godina da bi konačno realizacija krenula u studenom 2005. Građevinski radovi na pristupnim putovima, temeljima te platoima za montažu, polaganje kabelskih trasa, te konačno sukcesivna montaža 14 vjetroagregata dovršeni su u cijelosti krajem lipnja 2006.

U probnom radu VE TK bila je do listopada te godine, kada konačno započinje sa komercijalnim radom. To je druga izgrađena vjetroelektrana u Hrvatskoj i trenutno najveća.

1.1. Lokacija

Vjetroelektrana je smještena na hrptu brda Trtar i Krtolin u zaleđu Šibenika. Obzirom da podnožjem tih brda prolazi autoput, lako je uočljiva. Prosječna visina na kojoj se nalaze vjetroagregati kreće se od 400-500 m nadmorske visine. Lokacija je otvorena prema svim vjetrovima koji kod nas pušu.



Slika 1. avionski snimak vjetroelektrane Trtar-Krtolin

1.2. Tehnički opis

Vjetroelektrana se sastoji od 14 vjetroagregata tipa E-48 proizvođača ENERCON GmbH iz Njemačke, slijedećih karakteristika:

Nazivna snaga	800 kW
Promjer rotora	48 m
Visina stupa	50 m
Broj lopatica	3
Regulacija snage	zakretanjem lopatica (pitch)
Brzina rotora(varijabilna)	16 – 32 m/s
Nazivna brzina vjetra	12,5 m/s
Brzina vjetra kod uključenja	2,5 m/s
Brzina vjetra kod isključenja	28-34 m/s
Klasa	IIA

Generator je sinkroni, direktno pogonjen (bez getriba), varijabilne brzine vrtnje, dakle i varijabilne frekvencije i izlaznog napona, spojen na mrežu preko invertora izlaznog napona 400 V. Vjetroagregat je preko blok transformatora spojen na naponski nivo mreže od 30 kV.

Internim kabliranjem stvoren je sustav zajedničkih sabirnica kojim su svi vjetroagregati međusobno povezani te zajedničkim kabelom spojeni na jednu od dvije trojke dvostrukog dalekovoda TS Bilice – TS Lozovac, koja je u toj točki prekinuta. Spoj na mrežu ostvaren je preko ćelije H17 u 30 kV postrojenju TS Bilice gdje taj dalekovod završava, a gdje se nalazi i obračunsko mjesto.

Vjetroagregati, premda su na istim sabirnicama, potpuno su automatizirani i autonomni i ne ovise jedan od drugome. Nadzor i upravljanje vrši se daljinski preko modemske veze odnosno ručno u samom vjetroagregatu.

Ukupno instalirana snaga vjetroelektrane je 11,2 MW.

2. ISKUSTVA IZ DOSADAŠNJEG RADA VE

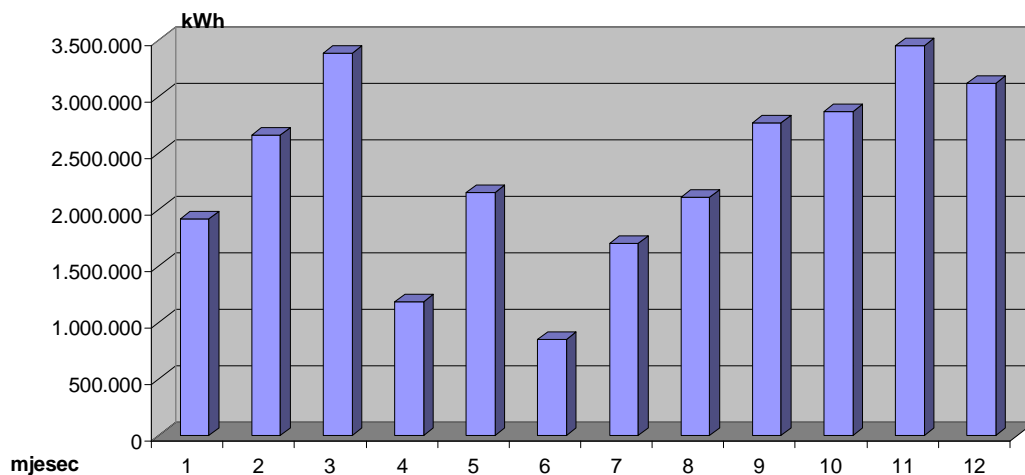
Budući je vjetroelektrana dovršena sredinom 2006. i obzirom da je nakon toga odrađeno vrijeme bila u probnom pogonu, može se reći da je praktički 2007. godina bila prva uistinu cjelovita godina rada.

Premda je sve skupa to relativno kratko vrijeme za steći „pravi“ uvid u ponašanje i mogućnosti VE TK ipak se daju uočiti određene karakteristike vezane uz proizvodnju, kvarove te utjecaj na okoliš.

2.1. Proizvodnja

Do kraja veljače 2008. VE TK je proizvela i u mrežu predala 43.862.276 kWh, istovremeno je iz mreže za vlastitu potrošnju, kada nema vlastite proizvodnje ili je ona nedostatna, uzela 69.992 kWh. Tijekom 2007. proizvedeno je 27.554.055, odnosno potrošeno 33.233 kWh. Planirana godišnja proizvodnja na osnovi analize mjernih podataka vjetromjerenja iznosi 30.400.000 kWh. Obzirom na havariju dvaju vjetroagregata kojima su izgorili blok transformatori i koji su stoga bili van pogona zadnja dva mjeseca prošle godine, o čemu će više biti riječ u slijedećem poglavlju, ostvareno je 9% manje proizvodnje od planirane.

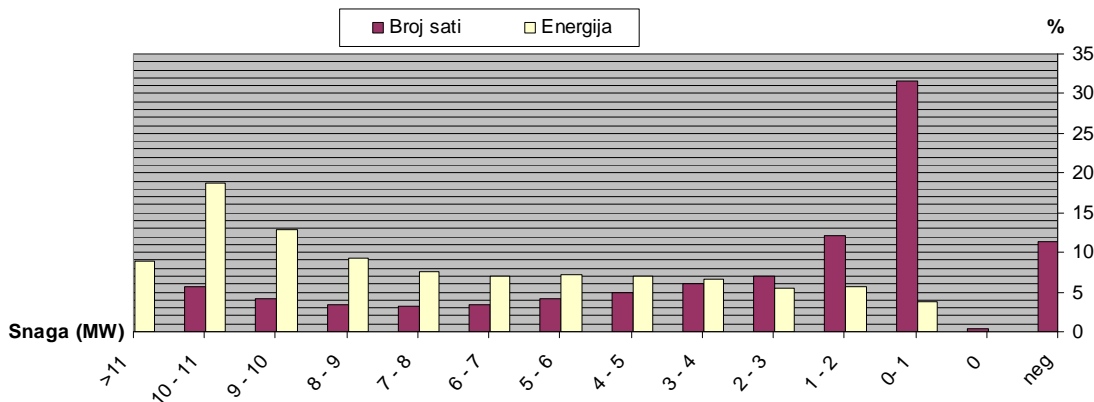
Statistički to znači prosjek snage od 3.141 kW, 28% iskorištenja, odnosno 2.457 FLH (full load hours).



Slika 2. dijagram mjesečne proizvodnje za 2007. godinu

Na dijagramu iz slike 2. vidimo ukupnu proizvodnju vjetroelektrane u 2007. po pojedinim mjesecima. Prvi dio godine bio je vrlo loš, drastično ispod očekivanih rezultata no druga polovica godine bila je natprosječno dobra. Ukupni rezultat ako izuzmемо probleme sa dva vjetroagregata kreće se unutar procijenjenih vrijednosti.

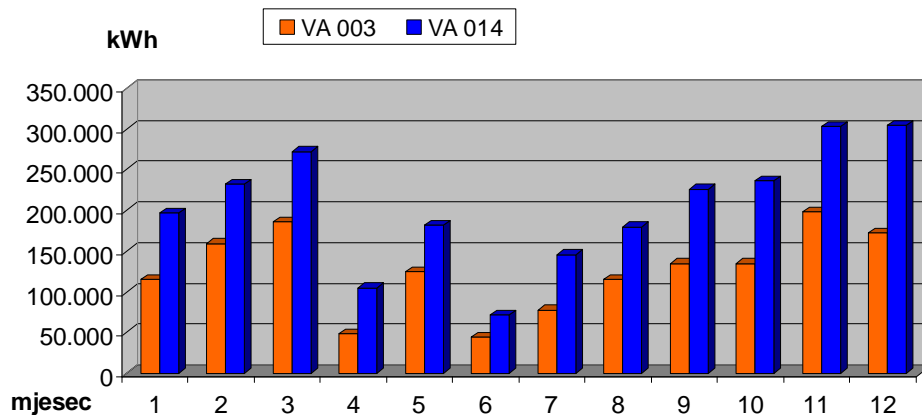
U slijedećem dijagramu prikazan je udio u postocima rada s određenom snagom u ukupnom broju sati te postotak energije za pojedinu grupu snage od po jedan MW.



Slika 3. prikaz udjela snage i energije u ukupnoj proizvodnji po grupama od 1 MW

Dakle, snaga u granicama od 10-11 MW javljala se u 5,6% od ukupnog broja sati u godini (492 od 8760 sati). Slučajeva kada je suma proizvodnje i vlastite potrošnje bila 0 ima 0,4%. Vjetroelektrana je bila potrošač u 11,4% vremena tijekom godine.

Sa snagom većom od 11 MW proizvedeno je 2.450.107 kWh energije, što čini 8,9% od ukupno proizvedene energije.



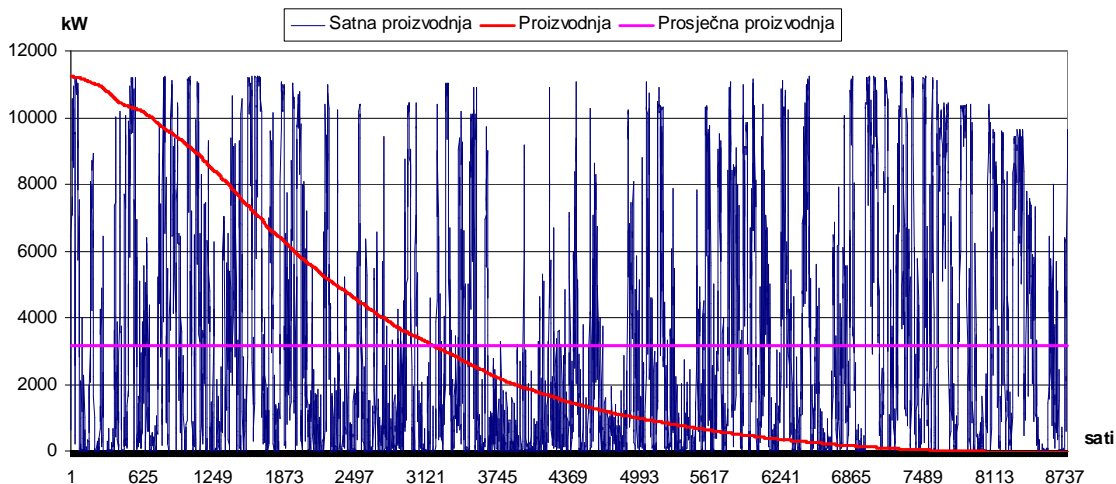
Slika 4. odnos vjetroagregata sa najvećom i najmanjom proizvodnjom

Pritom naravno svi agregati ne pridonose istom mjerom u ukupnoj proizvodnji. Pozicija svakog pojedinog agregata nije jednako dobra i nisu istovremeno svi jednako izloženi vjetru. U prethodnom dijagramu vidimo odnos proizvodnje najboljeg i najlošijeg vjetroagregata.

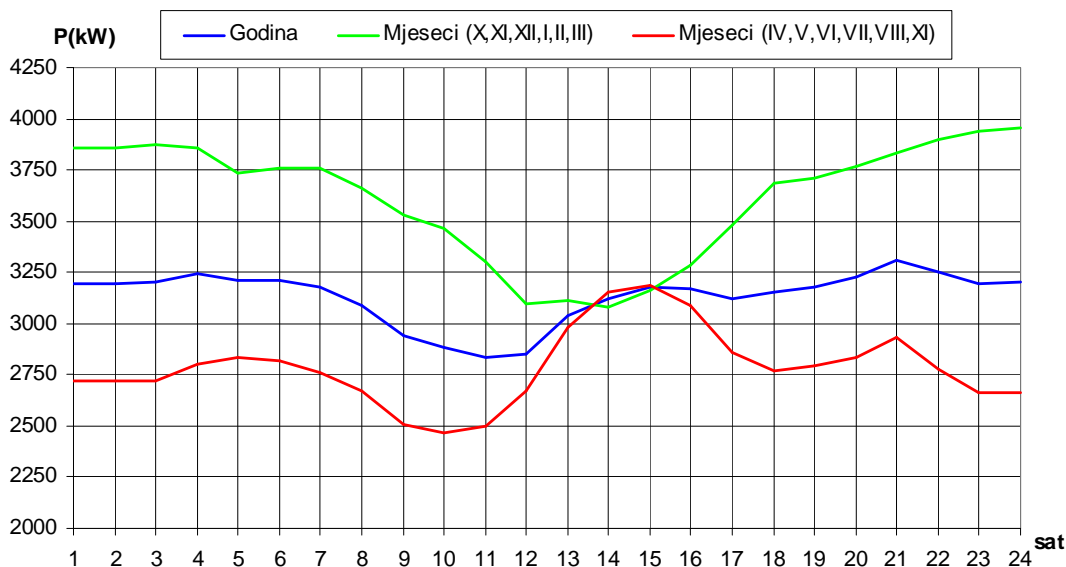
Ono što predstavlja najveći problem u korištenju energije vjetra za proizvodnju električne energije je njegova stohastička priroda, odnosno nemogućnost planiranja i prilagođavanja konzumu. U dijagramu na slici 5. grubo je prikazana satna proizvodnja za cijelu godinu. Naravno zbog ograničenja papira nije baš pregledan no može se uočiti velika fluktuacija kako tijekom dana tako i tijekom cijele godine. Da smo u mogućnosti razvući taj dijagram, ta činjenica bila bi bolje uočljiva.

Ukoliko sublimiramo podatke prema dnevnom dijagramu proizvodnje kao na slici 6. dobivamo doista interesantne rezultate. Može se uočiti da godišnji prosjek daje prilično ujednačenu proizvodnju tijekom cijelog dana koja odgovara onom godišnjem prosjeku snage od 3.142 kW. Kada pak razdvojimo „zimsku“ polovicu godine (X, XI, XII, I, II, III mjesec) od „ljetne“ (IV, V, VI, VII, VIII, IX mjesec) vidimo da snaga pada prema sredini dana i doseže maksimum oko pola noći. Krivulja odgovara karakteristikama bure. Tijekom ljetnih mjeseci imamo obrnutu situaciju, skoro pa zrcalnu sliku, što odgovara karakteristikama ljetnih vjetrova, prije svega maestralu. Interesantno je da se sve tri krivulje poklapaju u periodu od 14-15 sati.

Kuriozitet je da, iako vjetroagregati rade u režimu $\cos \varphi = 1$, do kraja veljače 2008. proizvedeno je 9.482.097 kVAr jalove energije, što je rezultat cca 10 km kablskih trasa internog razvoda i spoja na dalekovod.



Slika 5. prikaz satne proizvodnje, krivulje trajanja i prosjek proizvodnje za 2007.

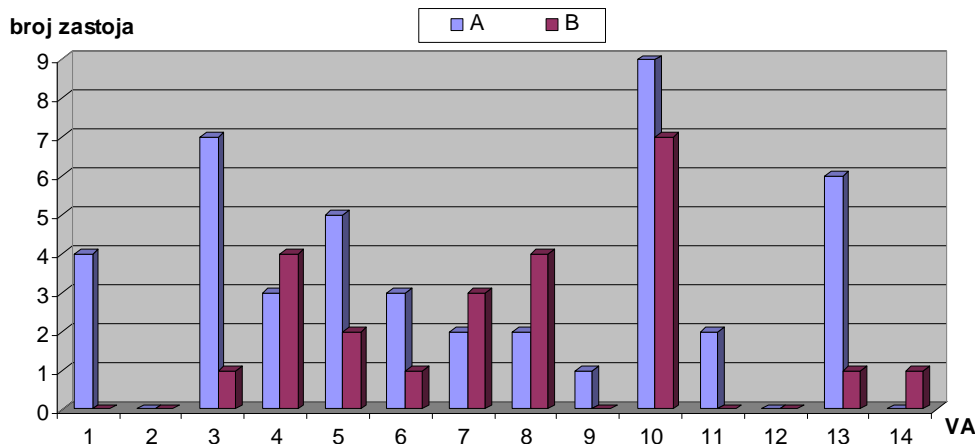


Slika 6. krivulja prosječne satne proizvodnje za 2007.

2.2. Kvarovi

Statistika kvarova isčitanja iz baze podataka vjetroagregata za vrijeme probnog rada, kao i u ukupnom periodu do kraja 2007. također je interesantan podatak. Iskustva sa mnogih projekata u svijetu govori da se tijekom prve godine dešava veći broj kvarova na novoizgrađenim vjetroelektranama. Moglo bi se reći da preboljavaju „dječje bolesti“. Mnogi nedostaci i tvorničke greške dolaze do izražaja. Također je to period prilagođavanja i tjuniranja opreme i sklopova vjetroagregata.

Prilikom planiranja projekta vjetroelektrane vrlo je bitan pravilan odabir vjetroagregata, njihova kvaliteta te podrška i servis proizvođača. To uvelike utječe na broj kvarova, raspoloživost vjetroagregata, njihov radni vijek i proizvodnju.



Slika 7. ukupan broj kvarova po pojedinom agregatu do kraja 2007.

U našem konkretnom slučaju grupu A čine zastoji uslijed kvarova elektroničkih komponenti, a grupu B uslijed kvarova energetskih i mehaničkih sklopova. Vidimo da su kvarovi i izgaranja elektroničkih pločica i komponenti u najčešćem broju slučajeva razlog zastoja vjetroagregata. Također je vidljivo da su neki vjetroagregati podložniji kvarovima, dočim na nekima do sada uopće nije bilo kvarova.

Tablica I. trajanje odgovarajućih pogonskih stanja do kraja 2007.

VA	T 1		T 2		T 3		T 4		T 5		T 6	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
1	5.320	8.760	3.496	8.185	2.919	7.054	1	3	1.676	455	147	116
2	5.320	8.760	3.635	8.270	3.118	7.046	1	3	1.628	455	56	32
3	5.320	8.760	3.575	8.221	2.692	6.650	32	2	1.601	456	112	81
4	5.320	8.760	2.440	8.567	1.689	6.829	0	3	2.760	104	120	86
5	5.320	8.760	3.887	8.634	3.083	7.039	3	3	1.306	18	125	106
6	5.320	8.760	3.592	8.672	2.797	7.197	1	3	1.325	26	403	59
7	5.320	8.760	3.741	7.496	1.742	6.187	3	4	1.279	1.200	298	60
8	5.320	8.760	3.914	7.938	3.035	6.627	2	4	1.279	727	125	90
9	5.320	8.760	4.446	8.646	3.407	7.230	3	3	548	58	324	53
10	5.320	8.760	3.868	8.182	3.230	6.846	2	2	866	39	584	536
11	5.320	8.760	3.926	8.644	3.234	7.264	2	3	906	55	486	57
12	5.320	8.760	4.112	8.636	3.257	7.186	2	2	1.108	66	97	55
13	5.320	8.760	4.194	8.508	3.354	7.173	2	3	982	113	142	136
14	5.320	8.760	4.240	8.698	3.645	7.379	2	3	1.012	13	67	45
sati	74.482	122.640	53.065	117.297	41.203	97.706	58	40	18.274	3.785	3.085	1.515
Σ	100%	197.122	86%	170.362	70%	138.909	0%	97	11%	22.059	2%	4.599

U tablici I. predočena su vremena trajanja određenih pogonskih stanja, grubo podjeljenih u slijedeće grupe:

- T 1 ukupno vrijeme do kraja 2007.
- T 2 vrijeme VA u funkciji
- T 3 efektivno vrijeme rada generatora
- T 4 vrijeme ispada sa mreže
- T 5 vrijeme ispada SCADA sistema upravljanja
- T 6 vrijeme kvara VA

Na žalost nisu nam dostupni podaci o pogonskim stanjima ćelije H17 u TS Bilice, odnosno 30kV sabirnicama. Bilo bi interesantno usporediti te podatke.

Kako je lokacija vjetroelektrane, a i sami vjetroagregati prilično izložena, tijekom grmljavinskih nevremena čest je udar groma u vjetroagregate. Obzirom na pretežito kamenitu strukturu tla i impulsnu karakteristiku atmosferskog pražnjenja prilikom takvih udara, odvodnja prenapona uzemljivačem može

biti problematična. Najčešća posljedica ukoliko je bude, je izgaranje nekih elektroničkih pločica koje se tada trebaju zamijeniti.

Najozbiljnije posljedice udara groma su izgaranje dvaju blok transformatora u relativno kratkom razmaku od 15-tak dana. Analiza od strane prof. Sarajčeva sa FESB-a pokazala je da je problematičan u tom trenutku bio visoki inducirani napon na niskonaponskoj strani trafa. Naime zbog velikog prijenosnog omjera (75) 0,4/30 kV blok transformatora velika je disproporcija u izolacijskom nivou NN i SN strane. Došli smo do određenih spoznaja koje će nam svakako koristiti kod budućih projekta, a također i za unaprijeđenije zaštite na VE TK. Jedna od njih je ugradnja odvodnika prenapona na NN strani trafa. Također i smještaj sekundarne opreme vjetroagregata, način spajanja te izvedbu uzemljivača.

Sa jednim blok transformatorom imali smo problem na samom početku rada vjetroelektrane uslijed tvorničke greške. Najveći problem pri tome je dugotrajni popravak transformatora, sveukupno skoro tri mjeseca svaki, radi nestandardne izvedbe te izostanak proizvodnje uslijed toga kao i izloženost vjetroagregata mogućim mehaničkim oštećenjima radi nemogućnosti rada internih sustava pozicioniranja.

Do sada nije bilo nikakvih mehaničkih oštećenja i kvarova ako izostavimo izgaranje motora za regulaciju krila.

2.3. Međusobni utjecaj VE i mreže

VE TK obzirom na točku spoja na elektroenergetski sustav nije baš distribuirani izvor energije u klasičnom smislu. Time smo ostali prikračeni za iskustva rada u stvarnoj distributivnoj mreži. TS 220/110/30/10 kV Bilice napravljena je kao izuzetno čvrsta točka prvenstveno radi napajanja električnom energijom velikih potrošača TLM-a i TEF-a. Obzirom da se TF u međuvremenu ugasio a i TLM je bitno reducirane potrošnje praktički je ta TS neopterećena. Čak i 30-kV sabirnice predstavljaju vrlo stabilnu čvrstu točku. Činom priključenja VE TK na te sabirnice sa snagom (povremenom) od 11,2 MW nije se bitno promijenila pogonska slika i sigurnost. Promjena je utoliko što su na taj način djelomično rasterećeni transformatori 100/30 kV jer dio energije dolazi direktno na 30 kV sabirnice.

Osim toga vjetroelektrana odnosno vjetroagregati daju vrlo kvalitetnu energiju u sustav, radi invertora koji održava konstantni napon i frekvenciju. Monitoring koji je na početku rada vjetroelektrane obavio „Končar“ pokazao je da vjetroelektrana ne stvara probleme u mreži. Obrnuto na žalost nije baš slučaj jer se problemi s mreže prenose na vjetroelektranu i reflektiraju se na njezin rad. Čest je slučaj zabilježenih poremećaja napona i frekvencije koji onda dovode i do prorade zaštite i ispada vjetroagregata iz pogona. Do sada nismo imali slučaj prorade zaštite u TS Bilice radi pogonskih problema u VE TK. Čak i u ovim slučajevima izgaranja dvaju transformatora ostatak vjetroagregata je nastavio raditi.

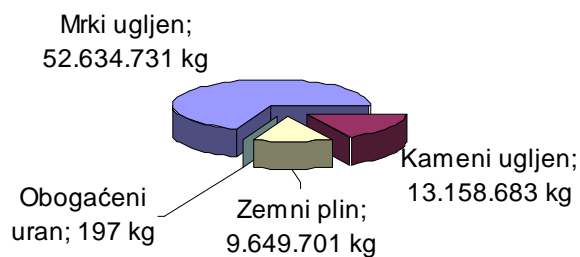
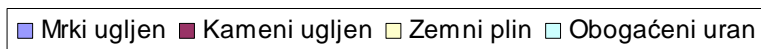
2.4. Utjecaj na okoliš

O vizualnom dojmu ne treba govoriti. Naime, mišljenja ljudi i danas su podijeljena. Mnogima se to sviđa i predstavlja im atrakciju. Ima i onih drugih kojima je to ružno. To je ipak subjektivan dojam.

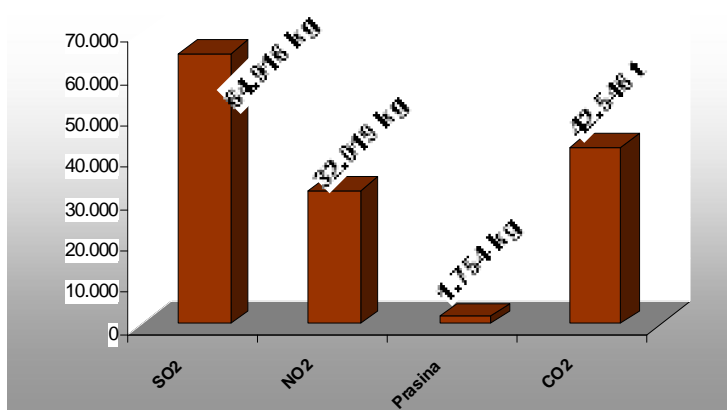
Prije same izgradnje, a mnogi i danas govore kako to stvara nesnosnu buku. Međutim mjerenja su pokazala da takve buke nema. Štoviše mnogi se iznenade kad dođu na samu lokaciju neposredno ispod vjetroagregata i konstatiraju da su relativno tihe i da je to daleko od buke iz nekih drugih izvora.

Jedna od predrasuda je bila i još je uvijek prisutna da su vjetroelektrane pogubne za ptice i ostali životinjski svijet. Monitoring koji se provodi već godinu dana na lokaciji ove vjetroelektrane nije zabilježio niti jednu nastradalu pticu bilo koje vrste. Štoviše sve one koje su i prije obitavale na lokaciji ili u njezinoj blizini i dalje su prisutne. Isto se odnosi i na životinjski svijet. Ljudi su tvrdili da je na lokaciji čak primijećen vuk, premda za takvo nešto nema dokaza i pomalo je nevjerojatno da se ta zvijer usudila toliko približiti naseljima.

No vjetroelektrana je kao obnovljivi izvor energije i pridonijela zaštiti okoliša. Naime za količinu energije koja je proizvedena u VE TK ušparani su drugi energenti u omjeru prikazanom na slijedećoj slici.



Slika 8. ušteda u odnosu na proizvodnju iz drugih energenata (u kg)



Slika 9. ušteda u emisiji štetnih tvari u atmosferu

Također ušparane su i količine štetnih tvari koje nisu izgaranjem fosilnih goriva pošle u atmosferu u količinama prikazanim u dijagramu iz slike 9.

3. ZAKLJUČAK

Unatoč problemima koji se prisutni uz proizvodnju iz vjetroelektrana, a odnose se prvenstveno na (ne)mogućnosti planiranja proizvodnje uslijed stohastičke prirode vjetra, a reflektiraju se na mogućnosti regulacije u elektroenergetskom sustavu, odnosno balansu energiju, vjetroelektrane postaju u svijetu sve značajniji izvor energije. Energetska kriza i problemi klime pridonose njihovom sve većem korištenju i većoj implementaciji u elektroenergetski sustav sve većeg broja zemalja. Pritom ne stoji više tvrdnja da su obnovljivi izvori energije privilegija bogatih zemalja. Tome su dokaz Kina i Indija. Prošle godine Kina je nakon SAD-a izgradila najviše vjetroelektrana u svijetu (3.000 MW).

Hrvatska ima kvalitetne vjetroenergije i mogućnost njihovog korištenja u znatno većoj mjeri od postojećih 17 MW iz trenutno jedine dvije vjetroelektrane. Dosadašnja iskustva kroz relativno kratko vrijeme rada VE TK govore tome u prilog. Unatoč određenim problemima koji su se do sada pojavili to je vrlo kvalitetan projekt. Mišljenja smo da je potrebno iskoristiti resurse koje imamo da ne bi ispalo po onoj narodnoj „Bog nam dao, a ne znamo koristiti“. Problemi tehnologije i njezine implementacije u sustav ne smiju pri tom biti kočnica. Već sada u svijetu postoji bogato iskustvo i znanje korištenja tog resursa. Iskoristimo ta znanja dok ne steknemo vlastito iskustvo. Pritom imajmo na umu da naš sustav ima vrlo solidne mehanizme za regulaciju, a već smo prilično deficitarni sa zadovoljavanjem potreba vlastitom proizvodnjom.

LITERATURA

- [1] ENERCON GmbH, tehnička dokumentacija.
- [2] TEHNOING d.o.o., ELIS d.o.o. projektna dokumentacija za VE TK
- [3] HEP OPS, mjerni podaci
- [4] Dr. sc. Ivan Sarajčev, dipl.ing.; Petar Sarajčev, dipl.ing., „Analiza havarijskog stanja VA07 i VA08 u VE Trtar-Krtolin i prijedlog zaštitnih mjera

