



Vrste tehnologija vjetroelektrana u hrvatskom elektroenergetskom sustavu



Zagreb, 2018.

Projekt: Integracija vjetroelektrana u elektroenergetski sustava sa smanjenom tromosti

WIND energy integration in Low Inertia Power System - WINDLIPS

Dokument: Vrste tehnologija vjetroelektrana u hrvatskom elektroenergetskom sustavu

Isporučka: I4.3.

Partneri:



Autori:

Igor Kuzle, prof.dr.sc., FER

Perica Ilak, dr.sc., FER

Tomislav Baškarad, mag.ing., FER

Mateo Beus, mag.ing., FER

Tomislav Robina, mag.ing., HEP Proizvodnja

Marko Špoljarić, mag.ing HEP Proizvodnja

Sadržaj

1	Hrvatski elektroenergetski sustav.....	8
2	Vjetroelektrane u hrvatskom EES-u.....	15
2.1	Tipovi vjetroagregata u Hrvatskoj.....	18
2.1.1	Vjetroagregat Tip 2	18
2.1.2	Vjetroagregat Tip 3	19
2.1.3	Vjetroagregat Tip 4	20
2.2	Planirane nove vjetroelektrane u hrvatskom EES-u.....	21
3	Literatura	23

Popis slika

Slika 1: Hrvatska prijenosna mreža.....	9
Slika 2: Tehnički pokazatelji hrvatskog EES-a po naponskim razinama – stanje krajem 2017. godine [1]	10
Slika 3: Potrošnja u prijenosnoj mreži Republike Hrvatske za 2017. godinu [1]	11
Slika 4: Lokacije vjetroelektrana u RH [3]	16
Slika 5: Shema vjetroagregata Tip 2	19
Slika 6: Shema vjetroagregata Tip 3	20
Slika 7: Shema vjetroagregata Tip 4	20

Popis tablica

Tablica 1. Maksimalno opterećenje sustava u 2017. godini [1].....	11
Tablica 2. Minimalno opterećenje sustava u 2017. godini [1].....	11
Tablica 3. Prikjučna snaga elektrana i proizvedena energija u 2017. godini [2]	12
Tablica 4. Hidroelektrane priključene na prijenosnu mrežu	13
Tablica 5. Termoelektrane priključene na prijenosnu mrežu	14
Tablica 6. Podaci o vjetroelektranama u RH.....	16
Tablica 7. Tipovi i modeli vjetroagregata u RH.....	18
Tablica 8. Planirane vjetroelektrane za priključak na prijenosnu mrežu (2018.-2020.) [4].....	21
Tablica 9. Planirane vjetroelektrane za priključak na distribucijsku mrežu (2018.-2020.) [4].....	22
Tablica 10. Planirane vjetroelektrane za priključak na mrežu (2018.-2027.) [4].....	22

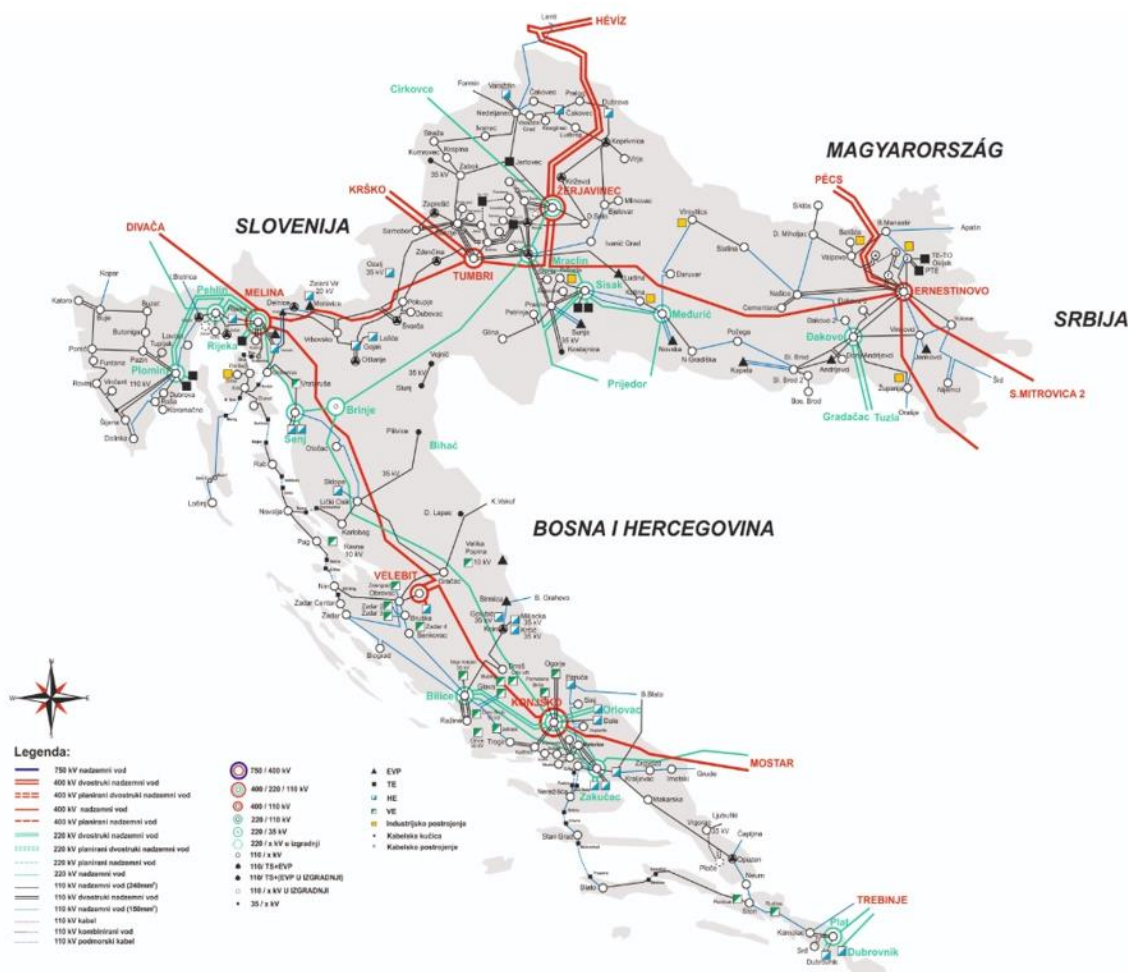
Popis kratica

AGKKR	Asinkroni generator s klizno-kolutnim rotorom
AGKR	Asinkroni generator s kaveznim rotorom
CHE	Crpna hidroelektrana
CPS	Crpna stanica
DFIG	<i>Doubly-Fed Induction Generator</i> ; Dvostruko-napajani asinkroni generator
EES	Elektroenergetski sustav
ELTO	Elektrana-toplana
ENTSO-E (CE)	<i>European Network of Transmission System Operators for Electricity (Continental Europe)</i>
EU	Europska unija
FACTS	<i>Flexible Alternating Current Transmission Systems</i>
FN	Fotonaponski
FN	Fotonaponske elektrane
FRC	<i>Frequency Restoration Control</i>
GE	General Electric
HE	Hidroelektrana
HOPS	Hrvatski operator prijenosnog sustava
HVDC	<i>High Voltage Direct Current</i> ; Visoki istosmjerni napon
IEC/WECC	<i>International Electrotechnical Commission/Western Electricity Coordinating Council</i>
KTE	Kombinirana termoelektrana
LFSM-O	<i>Limited Frequency Sensitive Mode – Overfrequency</i>
LFSM-U	<i>Limited Frequency Sensitive Mode – Underfrequency</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NE	Nuklearna elektrana
NP	Niskopropusni
OIE	Obnovljivi izvori energije
PPM	<i>Power Park Modules</i>
PSS	<i>Power System Stabilizer</i> ; Stabilizator elektroenergetskog sustava

PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i> ; Pulsno-širinska modulacija
RH	Republika Hrvatska
RHE	Reverzibilna hidroelektrana
ROCOF	<i>Rate-of-change-of-frequency</i> , brzina promjene frekvencije
SG	Sinkroni generator
SGPM	Sinkroni generator s permanentnim magnetima
TE	Termoelektrana
TETO	Termoelektrana-toplana
TS	Transformatorska stanica
TSO	Transmission System Operator; Operator prijenosnog sustava
VA	Vjetroagregat/i
VE	Vjetroelektrana/e
VP	Visokopropusni

1 Hrvatski elektroenergetski sustav

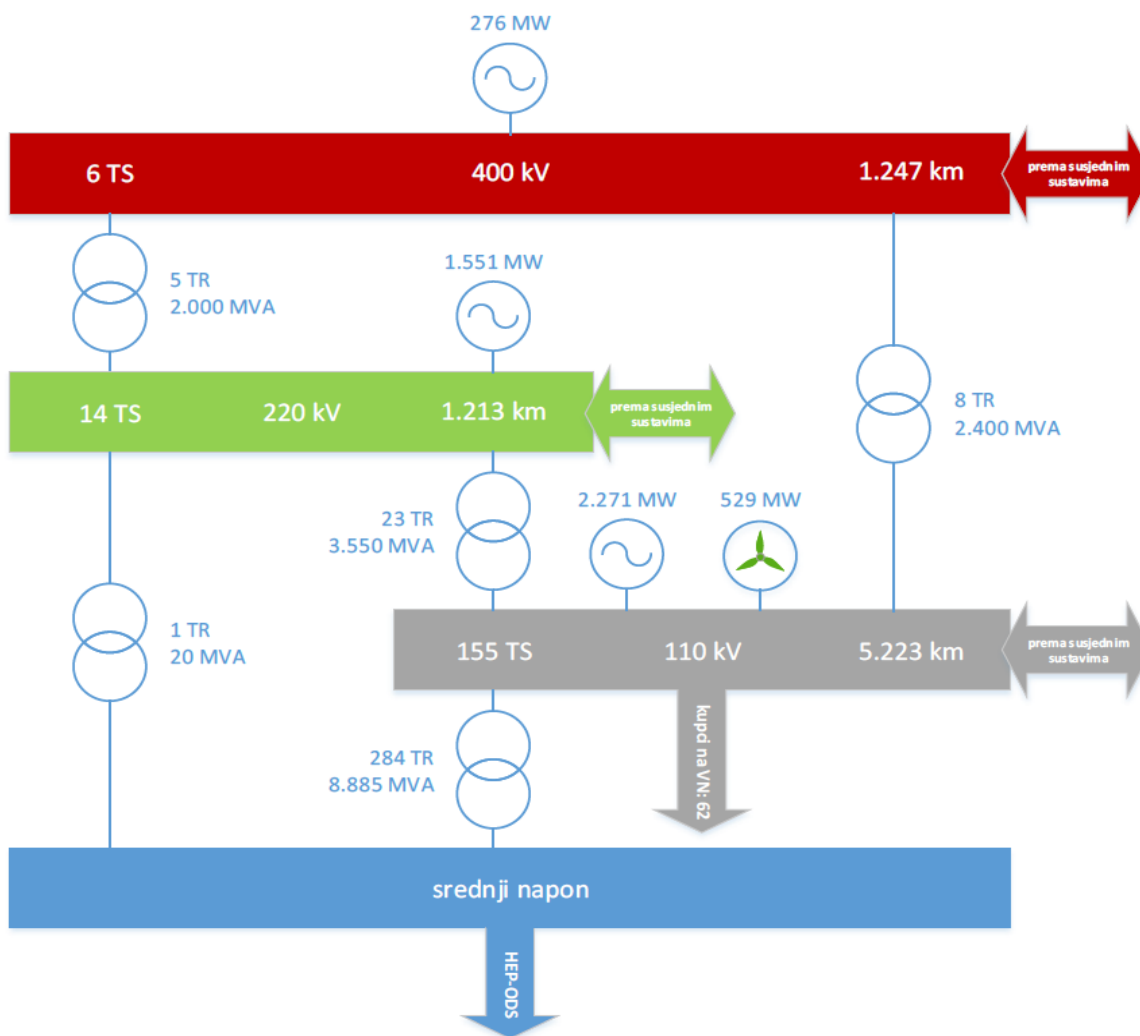
Hrvatski elektroenergetski sustav (EES) čine proizvodni objekti i postrojenja, prijenosna i distribucijska mreža i potrošači električne energije na području Republike Hrvatske (Slika 1). Radi sigurne i kvalitetne opskrbe kupaca električnom energijom i razmjene električne energije, hrvatski EES povezan je s EES-ima susjednih država i ostalim sustavima članica ENTSO-E koji zajedno tvore sinkronu mrežu kontinentalne Europe. Kupci u Hrvatskoj opskrbljuju se električnom energijom iz elektrana na području Hrvatske, iz elektrana izgrađenih za hrvatske potrošače u susjednim državama i nabavom električne energije iz inozemstva. Svojom veličinom hrvatski EES spada u manje sustave u Europi. Zbog svojstvenog zemljopisnog položaja i rasporeda proizvodnih objekata, u većem dijelu godine električna energija prenosi se s juga na sjever i obrnuto, te sa sjevera prema istoku. Hrvatski EES je regulacijsko područje koje vodi Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS). Zajedno sa slovenskim EES-om i EES-om Bosne i Hercegovine čini upravljački blok SLO – HR – BIH unutar ENTSO-E CE (Continental Europe) udruženja [1].



Slika 1: Hrvatska prijenosna mreža

Hrvatski prijenosni sustav na teritoriju RH danas je (stanje krajem 2017. godine) umrežen u ukupno 6 trafostanica (TS) 400 kV razine, te u ukupno 14 TS 220 kV razine. Na 110 kV naponskoj razini nalazi se ukupno 155 rasklopnih postrojenja 110 kV i TS 110/x kV. (Slika 2).

Na slici Slika 2 su, među ostalim, prikazane: ukupna odobrena priključna snaga generatora na 400 kV iznosa 276 MW, na 220 kV iznosa 1551 MW, odobrena priključna snaga generatora na 110 kV iznosa 2271 MW te odobrena priključna snaga vjetroelektrana iznosa 529 MW. Od proizvodnih postrojenja na 400 kV mrežu priključena je jedino RHE Velebit.



Slika 2: Tehnički pokazatelji hrvatskog EES-a po naponskim razinama – stanje krajem 2017. godine [1]

Hrvatski elektroenergetski sustav povezan je naponskim razinama 400 kV, 220 kV i 110 kV sa sustavima susjednih zemalja:

- 7 dalekovoda 400 kV razine,
- 8 dalekovoda 220 kV razine,
- 18 dalekovoda 110 kV razine.

Maksimalno satno opterećenje (Tablica 1) sustava javlja u ljetnim mjesecima, odnosno u 2017. godini je zabilježeno 4. kolovoza u 14. satu te iznosi 3079 MW. Pojava maksimalnog opterećenja

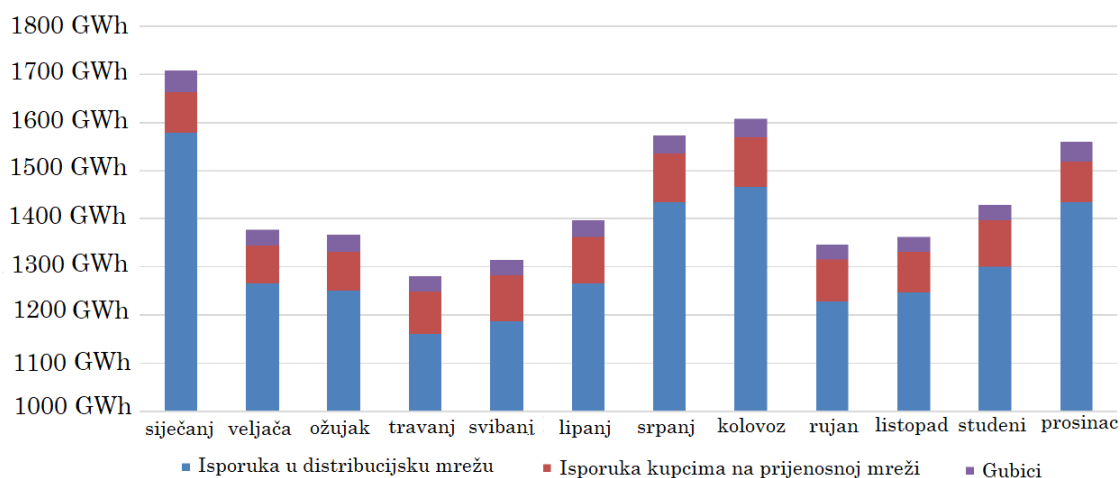
tijekom ljeta, a ne zime, može se objasniti blažom zimom od uobičajene te visokim ljetnim temperaturama uz izraženu turističku sezonu. Minimalno satno opterećenje (Tablica 2) je zabilježeno 18. rujna u 4. satu u iznosu 1305 MW [1]. Maksimalna ukupna mjesečna potrošnja na razini prijenosne mreže zabilježena u siječnju i iznosi 1707 GWh (Slika 3).

Tablica 1. Maksimalno opterećenje sustava u 2017. godini [1]

P_{\max} [MW]	Datum i vrijeme	Uvoz [MW]	Izvoz [MW]
3079	4.8.2017. 14.00 h	1657	270

Tablica 2. Minimalno opterećenje sustava u 2017. godini [1]

P_{\min} [MW]	Datum i vrijeme	Uvoz [MW]	Izvoz [MW]
1305	18.9.2017. 04.00 h	906	543



Slika 3: Potrošnja u prijenosnoj mreži Republike Hrvatske za 2017. godinu [1]

Raspložive proizvodne jedinice priključene na hrvatski EES, iskazane prema odobrenoj priključnoj snazi i prema primarnom izvoru energije, prikazane su u tablici Tablica 3.

Tablica 3. Priključna snaga elektrana i proizvedena energija u 2017. godini [2]

Primarni energent	Instalirana snaga (MW)	Proizvedena energija (GWh)	Udio u ukupnoj proizvedenoj energiji (%)
Gorivi otpad	6	0	0
Biomasa	36	126	1.14
Ostali OIE	39	69	0.63
Sunce	51	62	0.57
Crpno-akumulacijska HE	281	569	5.15
TE – kameni ugljen	325	2351	21.26
Protočne HE	421	1845	16.69
Vjetar	537	1006	9.10
TE – prirodni plin	743	1312	11.86
TE – loživo ulje	950	0	0
Akumulacijska HE	1388	3716	33.6
OIE - ukupno	669	1263	11.42
Ukupno	4777	11 056	100

U tablicama Tablica 4 i Tablica 5 predočeni su tehnički podaci o hidroelektranama i termoelektranama priključenim na prijenosnu mrežu.

Tablica 4. Hidroelektrane priključene na prijenosnu mrežu

HE	Broj agregata	Nazivna snaga Sn (MVA)	Nazivna radna snaga P _n (MW)	Faktor snage cos φ	Moment inercije mDΣ ² (tm ²)	Statičnost (%)	Inercijska konstanta H (s)	Nazivni broj okretaja (o/min)	Opseg primarne regulacije (MW)
Proizvodno područje HE Sjever									
HE Varaždin	1,2	2x50	2x43	0.85	7000	6	3	125	18-47
HE Čakovec	1,2	2x42	2x39.9	0.95	1150	4	0.721	125	15-38
HE Dubrava	1,2	2x42	2x39.9	0.95	1150	4	1.008	125	15-38
Proizvodno područje HE Jug									
RHE Velebit	1,2	2x155	2x138	0.89	1040	4	3.31	600	80-138
HE Đale	1,2	2x24	2x20.4	0.85	1999	4	3.17	166.7	6-20.4
HE Kraljevac	1,2	26	2x20.8	0.8	337	-	2.5	375	1-20.8
	3	16	12.8	0.8	166	-	2	375	1-12.8
	4	6	4.8	0.8	-	-	-	-	-
HE Orlovac	1,2,3	3x83	3x79	0.95	630	4	2.6	500	50-79
HE Zakučac	1,3	2x160	2x144	0.9	5400	4	4.22	300	55-144
	2,4	2x150	2x135	0.9	5123	4	4.22	300	85-135
HE Peruća	1,2	2x37.5	2x30	0.8	1794	1	2.4	187.5	5-30
HE Golubić	1,2	2x4.4	2x3.75	0.85	22	-	1.96	500	-
HE Miljacka	1,3,4	3x8	3x6.4	0.8	58	-	2.48	500	-
	2	6	4.8	0.8	35	-	2	500	-
CPS Buško Blato	1	11.3 -10.3	9 -8.2	0.8	-	-	-	-	-
HE Krčić	1	0.55	0.44	0.8	-	-	-	-	-
HE Jaruga	1,2	2x5.14	2x3.6	0.7	-	-	-	-	-
Proizvodno područje HE Zapad									
HE Rijeka	1,2	2x23	2x18.4	0.8	150	5	3.21	600	17.5-19
HE Vinodol	1,2,3	3x37.5	3x30	0.8	289	5	2.75	500	0-30
HE Senj	1,2,3	3x80	3x72	0.9	400	4	2.47	600	35-72
HE Sklope	1	25	22.5	0.9	860	5	2.73	250	5-22.5
HE Gojak	1,2,3	3x23.1	3x18.5	0.8	394	4	4.46	428	2-18.5
HE Ozalj	1,2,3	3x1.37	3x1.1	0.8	-	-	-	-	-
	4,5	2x1.57	2x1.1	0.7	-	-	-	-	-

CHE Fužine	1	5 -4.8	4 -4.2	0.8 1	51	-	1.97	375	- -
CHE Lepenica	1	1.56	1.4/-1.5	0.85	-	-	-	-	-
HE Zeleni Vir	1,2	2x1.05	2x0.9	0.85	-	-	-	-	-
Pogoni HE Dubrovnik									
HE Dubrovnik	1,2	2x140	2x126	0.9	4900	6	4.32	300	55-100
HE Zavrleje	1	2.15	1.5	0.7	-	-	-	-	-

- podaci nisu poznati

Tablica 5. Termoelektrane priključene na prijenosnu mrežu

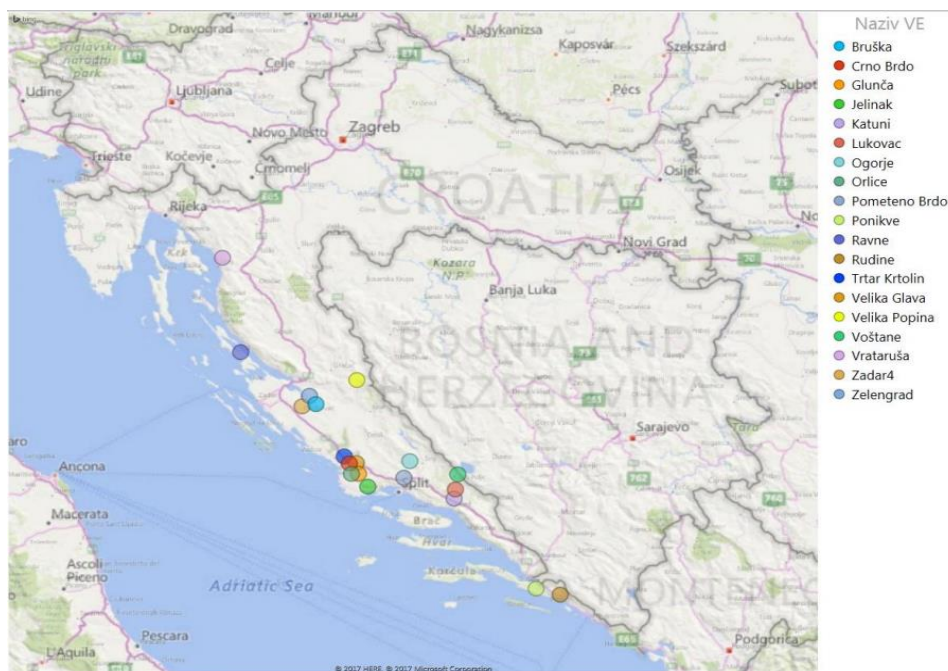
TE	Br. AG	Nazivna snaga S_n (MVA)	Nazivna radna snaga P_n (MW)	Faktor snage $\cos \varphi$	Moment inercije mD_s^2 (tm ²)	Statičnost (%)	Inercijska konstanta H (s)	Nazivni broj okretaja (o/min)	Opseg primarne regulacije (MW)
TE Sisak	1,2	2x247	2x210	0.85	80	-	4	3000	-
TE Rijeka	1	377	320	0.85	81	5	3.6	3000	100-303
TE Plomin I	1	150	110	0.8	40.2	-	3.3	3000	-
TE Plomin II	1	247	210	0.85	10.5	5	5.5	3000	126-192
ELTO Zagreb	1	15.7	12.5	0.8	3.4	-	2.6	3000	-
	2	37.5	32	0.85	9.7	-	3.2	3000	-
	3	30.5	26	0.85	9	-	3.64	3000	-
	4	30.5	26	0.85	9	-	3.64	3000	-
TETO Zagreb	C	150	120	0.8	47	-	3.87	3000	-
	K1	84	71	0.85	8.9	4	4.8	3000	50-69
	K2	84	71	0.85	8.9	4	4.8	3000	50-69
	K3	77	66	0.85	-	-	4	3000	-

	L1	88	75	0.85	9.9	4	4	3000	50-67
	L2	43	37	0.85	13	-	-	3000	-
TETO Osijek	1	56.3	45	0.8	23	8	5.04	3000	-
	2	32	25	0.8	12.5	-	4.82	3000	-
	3	32	25	0.8	12.5	-	4.82	3000	-
KTE Jertovec	2,3	2x16	2x12.8	0.8	3.2	-	2.47	3000	-
	4,5	2x41.8	2x35.5	0.85	13.6	-	4	3000	-
NE Krško – 50%	1	406.4	332	0.85	15.34	-	3.57	1500	-

- podaci nisu poznati

2 Vjetroelektrane u hrvatskom EES-u

Prema podacima iz travnja 2018. u Hrvatskoj je u redovnom pogonu bilo 18 vjetroelektrana, ukupne instalirane snage 527.25 MW s odobrenim priključkom u iznosu od 528.25 MW, dok je jedna elektrana ukupne odobrene snage 48 MW bila u pokusnom radu [3]. Gotovo sve elektrane su opremljene vjetroagregatima Tip 3 (6 elektrana ukupnog odobrenog kapaciteta 236.1 MW) i Tip 4 (13 elektrana ukupno odobrenog kapaciteta 334.2 MW), dok samo jedna ima agregate Tip 2 s kapacitetom od 5.95 MW (tablica 6). Većina elektrana je smještena u Šibensko-kninskoj (6), Zadarskoj (6) te Splitsko-dalmatinskoj županiji (Slika 4). Najveći broj elektrana je priključen na 110 kV napon prijenosne mreže, dok se ostale priključene na srednjenaponsku distribucijsku mrežu (10, 30, 35 kV).



Slika 4: Lokacije vjetroelektrana u RH [3]

Tablica 6. Podaci o vjetroelektranama u RH

Naziv VE	Instalirana/ odobrena snaga (MW)	Proizvođač i model agregata	Tip (broj) agregata	Lokacija (županija)	Napon priklučka (kV)	U pogonu od
Ravne	5.95/5.95	Vestas V52-850kW	Tip 2 (7)	Zadarska	10	2005.
Trtar- Krtolin	11.2/11.2	Enercon E-48 800kW	Tip 4 (14)	Šibensko- kninska	30	2007
Orlice	9.6/9.6	Enercon E-48 800kW E-44 900kW	Tip 4 (3) (8)	Šibensko- kninska	30	2009.
Vrataruša	42/42	Vestas V90-3.0MW	Tip 3 (14)	Primorsko- goranska	110	2010.
Velika Popina (ZD6)	9.2/9.2	Siemens SWT 2.3- 82VS	Tip 4 (4)	Zadarska	35	2011.

Pometeno Brdo	20/20	Končar KO-VA 57/1MW K 80 2.5MW	Tip 4 (15) (2)*	Splitsko- dalmatinska	110	2010. 2011. 2012. 2015.
Crno Brdo	10.5/10	Leitwind LTW77 1.5MW	Tip 4 (7)	Šibensko- kninska	10	2011.
Bruška (ZD2 i ZD3)	36.8/36	Siemens SWT 2.3-93	Tip 4 (16)	Zadarska	110	2011.
Ponikve	36.8/34	Enercon E-70 2.3MW	Tip 4 (16)	Dubrovačko - neretvanska	110	2012.
Jelinak	30/30	Acciona AW82- 1.5MW	Tip 3 (20)	Šibensko- kninska	110	2013.
Kamensko -Voštane	42/40	Siemens SWT 3.0-101	Tip 4 (14)	Splitsko- dalmatinska	110	2013.
ZD 4	9.2/9.2	Siemens SWT 2.3-93	Tip 4 (4)	Zadarska	10	2013.
Velika Glava, Bubrig i Crni Vrh	43.7/43	Enercon E-82 2.3MW	Tip 4 (19)	Šibensko- kninska	110	2014.
Zelengrad- Obrovac	42/42	Vestas V90-3.0MW	Tip 3 (14)	Zadarska	110	2014.
Ogorje	42/44	Vestas V112- 3.0MW	Tip 4 (14)	Splitsko- dalmatinska	110	2015.
Rudine	34.2/34.2	GE 2.85-103	Tip 3 (12)	Dubrovačko - neretvanska	110	2015.
Glunča	20.7/23	Siemens SWT 2.3-93	Tip 4 (9)	Šibensko- kninska	110	2016.
Katuni	34.2/39.9	GE 2.85-103	Tip 3 (12)	Splitsko- dalmatinska	110	2016.

Velika Popina (ZD6P)	44.2/45	Siemens SWT 3.4-108	Tip 4 (13)	Zadarska	110	2017.
Lukovac	48.75/48	GE 2.85-103 3.2-103	Tip 3 (7) (9)	Splitsko-dalmatinska	110	Pokusni rad

2.1 Tipovi vjetroagregata u Hrvatskoj

U poglavlju su navedeni osnovne karakteristike vjetroagregata bitne za ocjenu mogućnosti sudjelovanja u regulaciji frekvencije i djelatne snage. Prema dostupnim podacima (Tablica 7) može se zaključiti da su gotovo sve vjetroelektrane u Hrvatskoj opremljene agregatima Tip 3 i Tip 4, osim vjetroelektrane Ravne-Pag koja je opremljena agregatima Tip 2. Tip 1 vjetroagregati nisu prisutni prema dostupnim podacima te neće biti razmatrani.

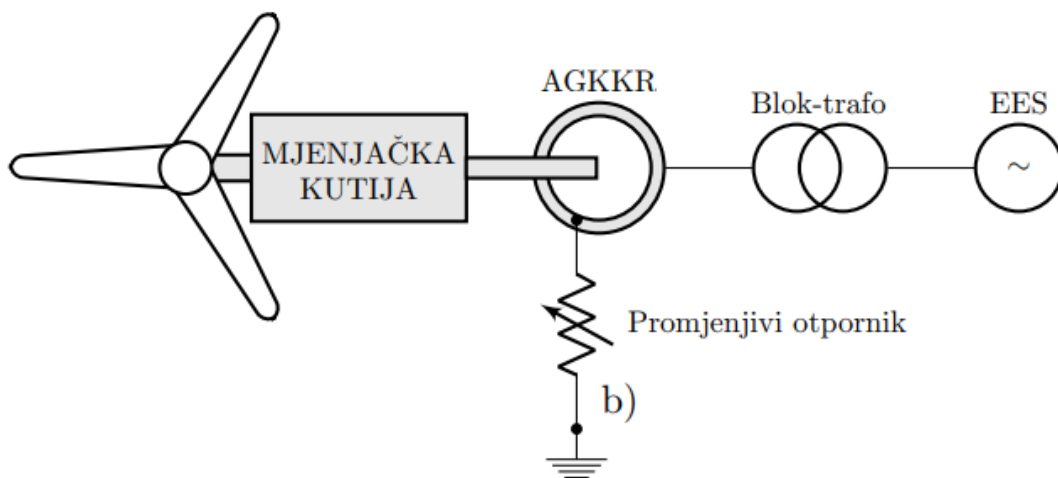
Tablica 7. Tipovi i modeli vjetroagregata u RH

Tip 2	Tip 3	Tip 4
Vestas V52-850 kW	Acciona AW77-1.5MW; AW82-1.5MW	Siemens SWT 2.3-93; SWT 3.0-101; SWT 3.4-108; SWT 2.3-82VS
	GE 2.85MW-103; 3.2MW-103	Vestas V112-3.0MW
	Vestas V90-3.0MW	Končar KO-VA 57/1MW; K 80 2.5 MW
		Enercon E-70 2.3MW; E-82 2.3MW; E-48 800kW; E-44 900kW
		Leitwind LTW77 1.5MW

2.1.1 Vjetroagregat Tip 2

U ovoj konfiguraciji (Slika 5) koristi se asinkroni generator s klizno-kolutnim rotorom na čije su rotorske namote spojeni tiristorski upravljivi otpornici. Promjenjivi otpornik omogućuje povećani raspon klizanja reda veličine 10% čime se smanjuju mehanička naprezanja prilikom promjene

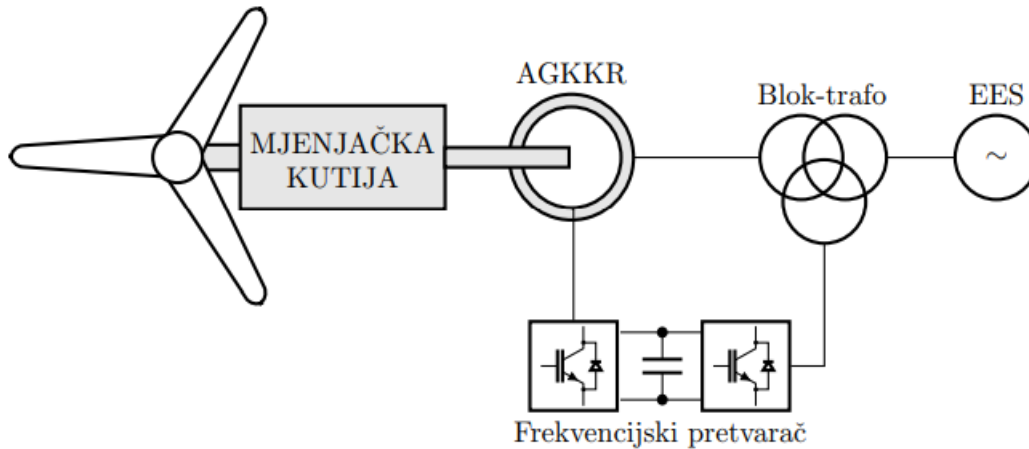
brzine vjetra. Ova konfiguracija također zahtijeva *soft-starter* uređaj za smanjenje potezne struje prilikom sinkronizacije te kondenzatorske baterije za kompenzaciju jalove snage. Nedostatak je taj što se snaga rotora (*slip power*) gubi kao disipacija topline na promjenjivom otporniku. Tip 2 agregati koriste zastarjelu tehnologiju koja se praktički više ne ugrađuje u nove vjetroelektrane.



Slika 5: Shema vjetroagregata Tip 2

2.1.2 Vjetroagregat Tip 3

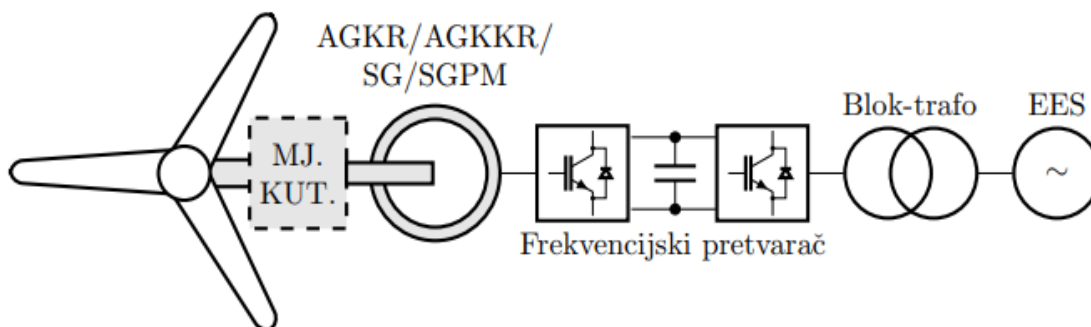
U ovoj konfiguraciji (Slika 6) također se koristi asinkroni generator s klizno-kolutnim rotorom, ali su stezaljke rotorskih namota preko frekvencijskog pretvarača spojene na mrežu, dok je stator izravno spojen na mrežu (najčešće se koristi tzv. *back-to-back* naponski pretvarač upravljani pulсно-širinskom modulacijom (PWM)). Ova konfiguracija poznata je pod nazivom dvostruko napajani asinkroni generator (*doubly-fed induction generator*). Kako su napon statora i napon rotora često različiti, tronamotni transformator se obično koristi kao rješenje preko kojeg se cijeli sustav povezuje s mrežom. Ova konfiguracija omogućuje veći raspon brzina (od -40% do +30% sinkrone brzine) te se isto toliko radne snage može prenijeti preko pretvarača između rotora i mreže (u oba smjera). Nadalje, još jedna prednost ove konfiguracije jest da pretvarač može vršiti i kompenzaciju jalove snage i "mekaniju" sinkronizaciju na mrežu, stoga posebni uređaji za *soft-start* i kompenzaciju jalove snage nisu potrebni. Štoviše, frekvencijski pretvarač omogućuje međusobno neovisno upravljanje radnom i jalovom snagom, a agregat može injektirati jalovu snagu u mrežu (slično kao i naduzbuđeni sinkroni generator).



Slika 6: Shema vjetroagregata Tip 3

2.1.3 Vjetroagregat Tip 4

U ovoj konfiguraciji (Slika 7) generator je u potpunosti odvojen od mreže preko frekvencijskog pretvarača koji prenosi punu nazivnu snagu agregata. Ova konfiguracija može, ali i ne mora imati mjenjačku kutiju (multiplikator), ovisno o izvedbi generatora. Kako je generator u potpunosti odvojen od mreže, nema ograničenja u odabiru generatora. Tako se u ovoj konfiguraciji može koristiti asinkroni generator s kaveznim ili klizno-kolutnim rotorom, te sinkroni generator s permanentnim magnetima (SGPM) u izvedbi s mjenjačkom kutijom, odnosno višepolni SGPM i sinkroni generator s uzbudnim namotom (SG) u izvedbi bez mjenjačke kutije (tzv. *direct-drive* izvedba).



Slika 7: Shema vjetroagregata Tip 4

2.2 Planirane nove vjetroelektrane u hrvatskom EES-u

U dokumentu desetogodišnje plana razvoja hrvatske prijenosne mreže [4] navedene su VE planirane za priključak na prijenosnu (Tablica 8), odnosno distribucisku mrežu (Tablica 9) u razdoblju 2018. – 2020. godine, te VE planirane za priključak na mrežu u razdoblju 2018. - 2027. godine (Tablica 10) Zbog velikog broja zahtijeva za priključkom VE (ukupnog kapaciteta većeg od 2000 MW), planirane elektrane su podijeljene u dvije kategorije:

- VE koje imaju Ugovor o priključenju na prijenosnu ili distribucijsku mrežu – priključak planiran u slijedećem trogodišnjem razdoblju,
- ostale VE (s izdanim PEES, s revidiranim PAMP-om (eventualno i EOTRP-om), one koje su se javile na javne pozive za izradu Plana) – priključak planiran u slijedećem desetogodišnjem razdoblju.

U slučaju zahtjeva za većom integracijom od predviđene navedenim planom, predviđa se primjena principa zonskog priključka¹. Dinamika izgradnje zonskih priključaka odnosno novih TS 400(220)/110 kV ovisit će u potpunosti o dinamici razvoja projekata VE, njihovim lokacijama i instaliranim snagama. S obzirom na sadašnje spoznaje i prijavljene projekte izgradnje vjetroelektrana, HOPS je definirao šest mogućih područja za zonski priključak VE: Zona Gračac; Zona Obrovac; Zona Knin; Zona Bilice-Kaštela; Zona Cetina te Zona Šestanovac [4].

Tablica 8. Planirane vjetroelektrane za priključak na prijenosnu mrežu (2018.-2020.) [4]

Ime VE	Priključna snaga (MW)	Naponska razina priključka (kV)
Zelengrad – Obrovac	12	110
Krš – Pađene	142	220
ST 3-1/2 Visoka Zelovo	33	110
Bruvno	45	110
Konavoska brda	120	220
ZD2P	48	110
ZD3P	33	110
VE Lukovac*	48	110

¹ Zonski priključak predviđa formiranje jednog novog mrežnog čvora 400(220)/110 kV na ograničenom području koje obuhvaća nekoliko VE sa osnovnom zadaćom prihvata (priključenja) svih obuhvaćenih VE, odnosno novog voda 110 kV ukoliko nije potrebno povezivati mreže različitih naponskih razina [16].

VE ZD 6P (Velika Popina)*	45	110
Ukupno	526 MW	

*VE u pokusnom radu

Tablica 9. Planirane vjetroelektrane za priključak na distribucijsku mrežu (2018.-2020.) [4]

Ime VE	Priključna snaga (MW)	Naponska razina priključka (kV)
Jasenice	12	110
Kom-Orjak-Greda	142	220
Ukupno	30 MW	

Tablica 10. Planirane vjetroelektrane za priključak na mrežu (2018.-2027.) [4]

Ime VE	Priključna snaga (MW)	Ime VE	Priključna snaga (MW)
Voštane*	27	Kozjak	50
Senj	156	Orlić	10
Opor	33	Otrić	20
Boraja	45	Brdo-Umovi	127,5
Korlat	58	Vrataruša II	24
Rust	120	Svilaja	85
Mazin 2	20	Zebar	20
Mazin (Bruvno2A)	45	Kavranica	38
Orljak	42	Udbina	114
Vrbnik	10	Uništa	10
Zelovo	30	Jelenje	27
Ukupno	1111,5 MW		

3 Literatura

- [1] Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o., »Godišnje izvješće o sigurnosti opskrbe hrvatskog EES-a za 2017. godinu,« lipanj 2018..
- [2] Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o., »The Electric Power System - Croatia -,« CIGRE, 26, 2018.
- [3] Hrvatski operator prijenosnog sustava, *Mjesečni izvještaj o proizvodnji vjetroelektrana u Hrvatskoj*, Zagreb, travanj 2018.
- [4] HOPS, *Desetogodišnji plan razvoja prijenosne mreže 2018.-2027., s detaljnom razradom za početno trogodišnje i jednogodišnje razdoblje*, 2017.