



Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.



GODIŠNJI IZVJEŠTAJ O PROIZVODNJI VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ

ANNUAL REPORT ON WIND POWER PLANT GENERATION IN CROATIA



2019

SADRŽAJ



CONTENTS

SADRŽAJ	stranica/ page	CONTENTS
PREDGOVOR	5	FOREWORD
1. PREGLED OSNOVNIH PARAMETARA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ	7	1. BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN CROATIA
2. OSTVARENA PROIZVODNJA VJETROELEKTRANA	12	2. REALIZED WIND POWER PLANT GENERATION
3. PROMJENJIVOST PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA	21	3. WIND POWER PLANT GENERATION VARIABILITY

		stranica/ page		
POPIS TABLICA			LIST OF TABLES	
TABLICA 1	OSNOVNI PARAMETRI VJETROELEKTRANA U REDOVNOM POGONU	9	TABLE 1	BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN NORMAL OPERATION
TABLICA 2	OSNOVNI PARAMETRI VJETROELEKTRANA U POKUSNOM RADU	10	TABLE 2	BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN TESTING OPERATION

		stranica/ page		
POPIS SLIKA			LIST OF FIGURES	
SLIKA 1	LOKACIJE VE U HRVATSKOJ	8	FIGURE 1	WPP LOCATIONS IN CROATIA
SLIKA 2	VREMENSKA DINAMIKA IZGRADNJE VE U HRVATSKOJ	11	FIGURE 2	TIME HORIZON OF WIND POWER PLANT CONSTRUCTION IN CROATIA
SLIKA 3	SATNA PROIZVODNJA SVIH VJETROELEKTRANA	13	FIGURE 3	HOURLY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS
SLIKA 4	KRIVULJA TRAJANJA ANGAŽIRANE SNAGE SVIH VE U PROMATRANOM RAZDOBLJU U JEDINIČNIM VRIJEDNOSTIMA	14	FIGURE 4	DURATION CURVE OF ENGAGED CAPACITY OF ALL WIND POWER PLANTS IN GIVEN TIMEFRAME IN PER UNIT
SLIKA 5	STANDARDNA DEVIJACIJA SATNE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U JEDINIČNIM VRIJEDNOSTIMA	15	FIGURE 5	STANDARD DEVIATION OF HOURLY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS IN PER UNIT
SLIKA 6	DNEVNA PROIZVODNJA SVIH VJETROELEKTRANA	16	FIGURE 6	DAILY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS
SLIKA 7	KRIVULJA TRAJANJA DNEVNE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA	16	FIGURE 7	AVERAGE DAILY WPP GENERATION DURATION CURVE
SLIKA 8	STANDARDNA DEVIJACIJA DNEVNE PROIZVODNJE SVIH VJETROELEKTRANA U JEDINIČNIM VRIJEDNOSTIMA	17	FIGURE 8	STANDARD DEVIATION OF DAILY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS IN PER UNIT
SLIKA 9	MJESEČNA PROIZVODNJA SVIH VJETROELEKTRANA	18	FIGURE 9	MONTHLY OUTPUT OF ALL WIND POWER PLANTS
SLIKA 10	MJESEČNI FAKTOR ISKORIŠTENJA SNAGE SVIH VJETROELEKTRANA	19	FIGURE 10	MONTHLY CAPACITY FACTOR OF ALL WIND POWER PLANTS
SLIKA 11	USPOREDBA SATNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA SUSTAVA I PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA	20	FIGURE 11	COPMARISON BETWEEN HOURLY SYSTEM DEMAND AND WPP GENERATION
SLIKA 12	UDIO PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U POKRIVANJU SATNOG OPTEREĆENJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA	20	FIGURE 12	WPP GENERATION SHARE IN COVERING POWER SYSTEM DEMAND
SLIKA 13	MAKSIMALNA POZITIVNA I MAKSIMALNA NEGATIVNA PROMJENA SATNE PROIZVODNJE VE U MJESECU	22	FIGURE 13	MAXIMUM POSITIVE AND MAXIMUM NEGATIVE WIND POWER PLANT HOURLY OUTPUT VARIATION DURING THE MONTH
SLIKA 14	STATISTIČKA RASPODJELA SATNIH PROMJENA PROIZVODNJE VE	23	FIGURE 14	STATISTICAL DISTRIBUTION OF WPP HOURLY OUTPUT VARIATIONS

PREDGOVOR



FOREWORD

Poštovani čitatelji,

nakon višegodišnje reforme elektroenergetskog sektora koja podrazumijeva i sve veću integraciju obnovljivih izvora energije, razina izgradnje vjetroelektrana u Hrvatskoj dosegla je vrijednosti koje značajno utječu na pogon elektroenergetskog sustava u cjelini. Stoga se pojavila potreba da se stručna i šira javnost detaljnije izvještava o karakteristikama i specifičnostima proizvodnje vjetroelektrana te o pripadnim pogonskim iskustvima u Hrvatskoj.

Sukladno ciljevima energetske politike Hrvatske i EU u narednom razdoblju očekuje se još značajnija uloga vjetroelektrana i u elektroenergetskom sustavu Hrvatske. Njihova pravilna integracija u elektroenergetski sustav uz istodobno očuvanje sigurnog i stabilnog pogona te sigurnosti opskrbe svakako predstavlja jedan od najvećih izazova pred Hrvatskim operatorom prijenosnog sustava, ali i energetske sektorom u cjelini.

Objavljuvanjem ovih Izvještaja Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o. nastavlja s informiranjem javnosti o odnosima i kretanjima u hrvatskom elektroenergetskom sustavu. Ove izvještaje smatramo posebno bitnim obzirom na očekivanu sve značajniju i vrlo specifičnu ulogu vjetroelektrana u elektroenergetskom sustavu, ali i obzirom na činjenicu da se proizvodnja vjetroelektrana u Hrvatskoj subvencionira javnim novcem, pa objavljivanje ovih podataka svakako spada i u domenu javnog interesa.

Ovaj izvještaj u svoja 3 poglavlja na sistematičan i konzistentan način donosi različite tehničke podatke i pokazatelje te predstavlja temeljnu literaturu za sve buduće rasprave i analize na temu integracije vjetroelektrana u elektroenergetski sustav Hrvatske.

Zagreb, veljača 2020.

Dear readers,

after years of power sector reform, including larger scale integration of renewable energy sources, wind power plant integration in Croatia reached the level that affects power system operation significantly. Accordingly, there is a need to inform professionals and general public about characteristics and specifics of wind power plant generation as well as about relevant Croatian operational experiences.

In line with Croatian and EU energy policy targets it is expected to have increasing role of wind power plants in Croatian power system in the future. Its adequate and correct integration, along with keeping stable and safe system operation and security of supply, is one of the largest challenges for Croatian Transmission System Operator and for energy sector in general.

With these Reports Croatian Transmission System Operator Ltd. continues to inform general public about relations and developments in Croatian power system. We believe that these Reports are of special importance taking into account expected growing and very specific role of wind power plants, as well as having in mind that wind power plant generation in Croatia is subsidized through the public funding. So, the Reports are certainly in the domain of public interest.

The Report consists of 3 Chapters in which different technical data and indicators are given in systematic and consistent way. It represents the basic literature for future debates and analyses about wind power plant integration in Croatian power system.

Zagreb, February 2020

1.

PREGLED OSNOVNIH PARAMETARA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ



BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN CROATIA

U prikazu osnovnih parametara vjetroelektrane dijelimo u dvije grupe:

- 1) vjetroelektrane u redovnom pogonu
i
- 2) vjetroelektrane u pokusnom radu.

U 2019. godini je u Hrvatskoj u redovnom pogonu bilo 20 vjetroelektrana, s ukupno instaliranom snagom od 576 MW i odobrenom snagom priključenja u iznosu od 576,25 MW (tablica 1).

U probnom pogonu / izgradnji bile su još 3 vjetroelektrane, ukupne instalirane snage od 70,25 MW, a ukupno odobrene priključne snage 162,25 MW (tablica 2).

Najviše vjetroelektrana smješteno je na lokacijama u Šibensko-kninskoj županiji (7), Zadarskoj županiji (6) i Splitsko-dalmatinskoj županiji (6) (slika 1).

Najveći broj vjetroelektrana (15) priključen je na prijenosnu mrežu (110 kV i 220 kV), dok su ostale priključene na srednjenaponsku distribucijsku mrežu (35, 30 i 10 kV).

In basic parameters overview wind power plants are divided in two groups:

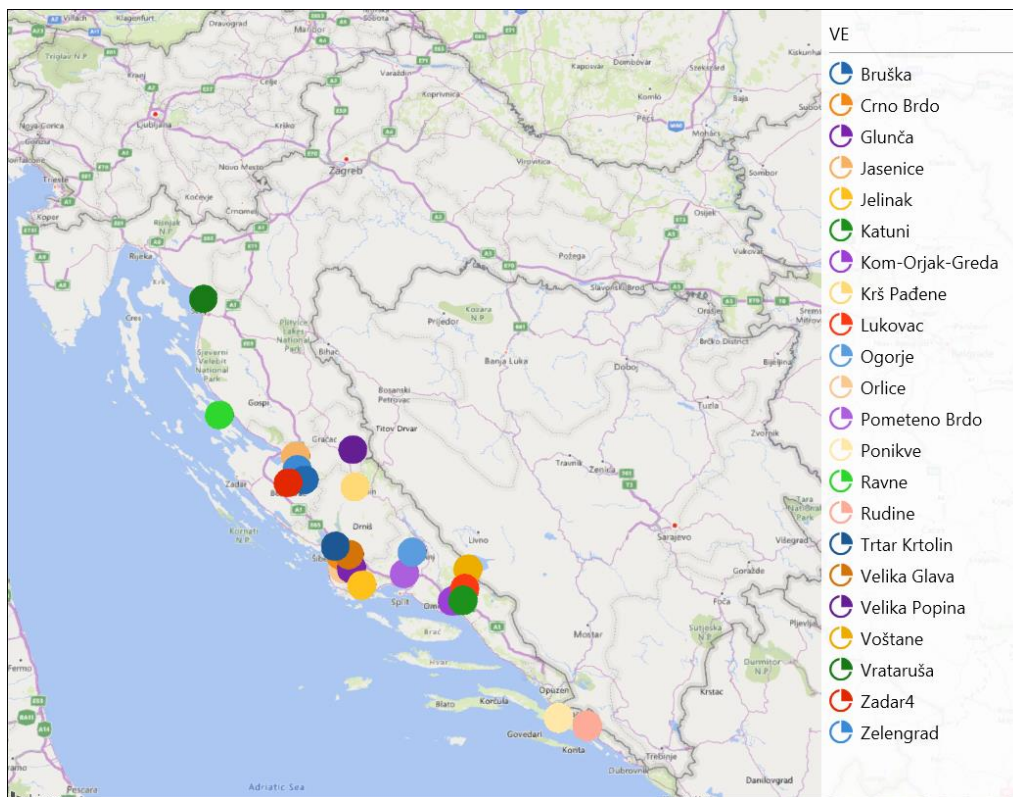
- 1) wind power plants in normal operation
- 2) wind power plants in testing operation or under construction.

In 2019 in Croatia there were 20 wind power plants with total installed capacity of 576 MW and total approved connection capacity of 576.25 MW (Table 1).

There were 3 wind power plants in testing operation / construction, with total installed capacity of 70.25 MW and total approved connection capacity of 162.25 MW (Table 2).

The largest number of wind power plants are located in Šibensko-kninska County (7), Zadarska County (6) and Split-Dalmatia County (6).

The largest number of wind power plants (15) are connected to transmission grid (110 i 220 kV), while the rest are connected to the mid-voltage distribution network (35, 30 and 10 kV).



Slika 1 Lokacije VE u Hrvatskoj
Figure 1 WPP locations in Croatia

Tablica 1 Osnovni parametri vjetroelektrana u redovnom pogonu

Table 1 Basic parameters overview of wind power plants in normal operation

Br No	Naziv VE WPP name	Lokacija (županija/općina) Location (county/municip.)	Ukupna instalirana snaga (MW) Total installed capacity (MW)	Ukupno odobrena snaga priključenja (MW) Total approved connected capacity (MW)	Napon priključenja (kV) Connection voltage (kV)	U redovnom pogonu od In normal operation since
1	Ravne	Zadarska/Pag	5,95	5,95	10	2005
2	Trtar Krtolin	Šib-Knin/Šibenik	11,2	11,2	30	2007
3	Orlice	Šib-Knin/Šibenik	9,6	9,6	30	2009
4	Vrataruša	Prim-Goran/Senj	42	42	110	2010
5	Velika Popina	Zadarska/Gračac	53,4	54,2	110	2011 / 2017
6	Pometeno Brdo	Split-Dalm/Split	20	20	110	2010 / 2011 / 2012 / 2015
7	Crno Brdo	Šib-Knin/Šibenik	10,5	10	10	2011
8	Bruška	Zadarska/Benkovac, Obrovac	36,8	36	110	2011
9	Ponikve	Dub-Neret/Ston	36,8	34	110	2012
10	Jelinak	Šib-Knin/Marina, Seget	30	30	110	2013
11	Voštane	Split-Dalm/Trilj	42	40	110	2013
12	Zadar4	Zadarska/Benkovac	9,2	9,2	10	2013
13	Velika Glava	Šib-Knin/Drniš, Šibenik, Unešić	43,7	43	110	2014
14	Zelengrad	Zadarska/Obrovac	42	42	110	2014
15	Ogorje	Split-Dalm/Muč	45	44	110	2015
16	Rudine	Dub-Neret/Dubrovačko primorje	34,2	34,2	110	2015
17	Glunča	Šib-Knin/Šibenik	20,7	23	110	2016
18	Katuni	Split-Dalm/Šestanovac	34,2	39,9	110	2016
19	Lukovac	Split-Dalm/Cista Provo	48,75	48	110	2018
UKUPNO TOTAL			576	576,25		

Tablica 2 Osnovni parametri vjetroelektrana u pokusnom radu

Table 2 Basic parameters overview of wind power plants in testing operation

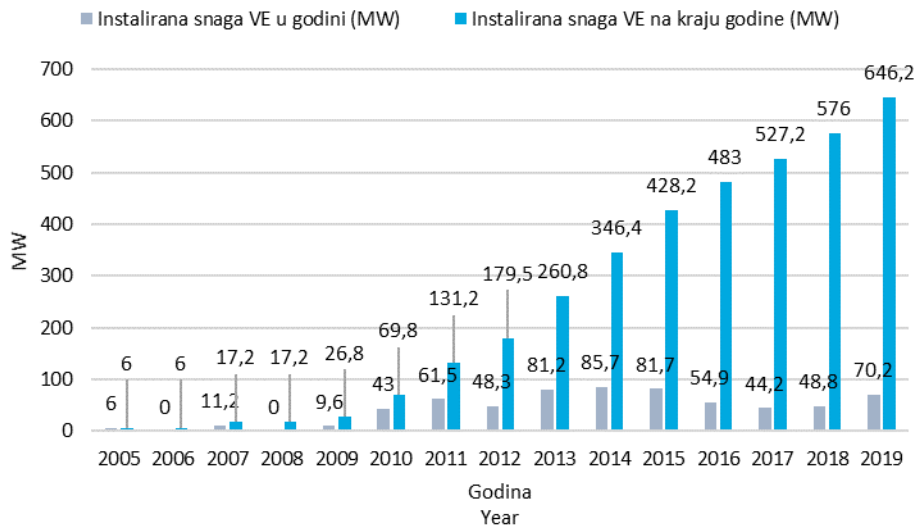
Br No	Naziv VE WPP name	Lokacija (županija/općina) Location (county/municip.)	Ukupna instalirana snaga (MW) Total installed capacity (MW)	Ukupno odobrena snaga priključenja (MW) Total approved connected capacity (MW)	Napon priključenja (kV) Connection voltage (kV)	Trenutni status Current status
1	Kom-Orjak- Greda	Split-Dal/Blato na Cetini	10,25	10,25	35	Pokusni rad / Testing operation
2	Jasenice	Zadarska/Jasenice	10	10	35	Pokusni rad / Testing operation
3	Krš Pađene	Šib-Knin/Ervenik	50	142	220	Pokusni rad / Testing operation
UKUPNO TOTAL			70,25	162,25		

Posebnost integracije VE u Hrvatskoj je njihova mala geografska raspršenost. Najveća udaljenost između dviju VE iznosi oko 300 km, dok je 19 od ukupno 22 VE sa 81% ukupno instalirane snage VE smještno na području sličnog vjetroklimatskog režima (110 x 70 km²) što uz izraženu promjenjivost brzine i smjera vjetra značajno utječe na promjenjivost ukupne proizvodnje VE, a samim time i na vođenje elektroenergetskog sustava u cjelini.

Prva vjetroelektrana u Hrvatskoj puštena je u redovni pogon 2005. godine (VE Ravna 1, instalirane snage 5,95 MW). U idućih nekoliko godina izgradnja VE tekla je usporeno, pa su do kraja 2009. godine izgrađene i puštene u pogon još dvije vjetroelektrane, od ukupno 26,8 MW instalirane snage svih VE. U razdoblju 2010. – 2014. godine u redovni pogon ulazilo prosječno 63,94 MW godišnje novih instaliranih kapaciteta vjetroelektrana, dok je u razdoblju 2015. – 2019. godine u redovni pogon ulazilo prosječno 59,96 MW godišnje novih instaliranih kapaciteta vjetroelektrana (slika 2).

WPP integration in Croatia is specific for its low geographical dispersion. The largest distance between two WPPs is about 300 km, while 13 out of 16 WPPs with 75% of total WPP installed capacity is located on the area with similar wind climate (110 x 70 km²),. Along with significant wind variability, it strongly affects WPP output variability as well as controlling power system in general.

The first wind power plant in Croatia was put in normal operation in 2005 (WPP Ravna 1, with installed capacity of 5.95 MW). In the following years WPP integration was slow and till the end of 2009 two new wind power plants were constructed and put in normal operation. Total installed capacity of all wind power plants then was 26.8 MW. In the period 2010-2014 in average 63.94 MW of new WPP installed capacity was annually put in operation and in the period 2015-2019 in average 59.96 MW of new WPP installed capacity was annually put in operation (Figure 2).



Slika 2 Vremenska dinamika izgradnje VE u Hrvatskoj

Figure 2 Time horizon of wind power plant construction in Croatia

2.

OSTVARENA PROIZVODNJA VJETROELEKTRANA



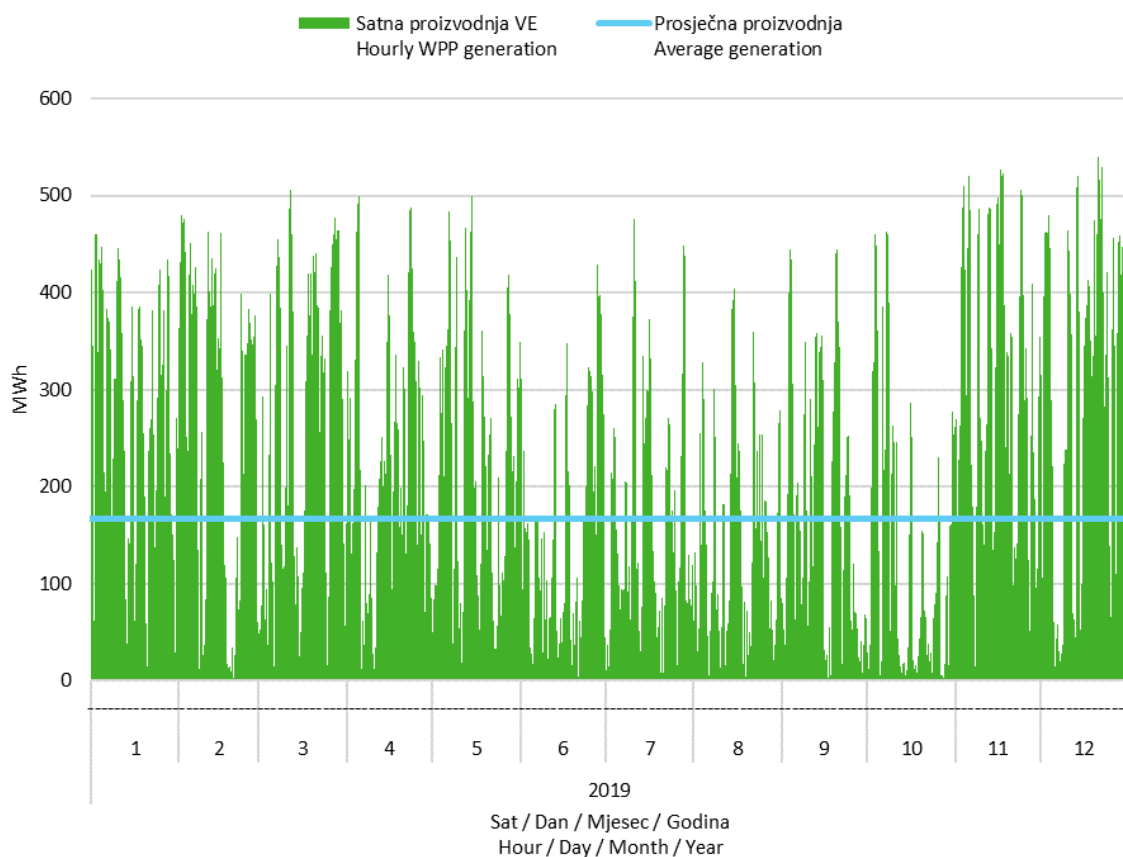
REALIZED WIND POWER PLANT GENERATION

U ovom poglavlju prikazani su podaci o ostvarenoj proizvodnji svih VE u Hrvatskoj. Ukupna proizvodnja svih VE u Hrvatskoj u 2019. godini bila je 1459,94 GWh. Na slici 3 prikazana je ukupna satna proizvodnja svih VE u zadnjih 12 mjeseci. Pri tom je najveća ostvarena satna proizvodnja iznosila 540,28 MWh i ostvarena je 20.12.2019 godine u 23 h, a najmanja 0 MWh ostvarena 20.1.2019 godine u 14 h. Satna proizvodnja veća od 300 MWh ostvarena je tijekom 1983 sati. Prosječna satna proizvodnja svih VE u zadnjih 12 mjeseci iznosila je 167,06 MWh.

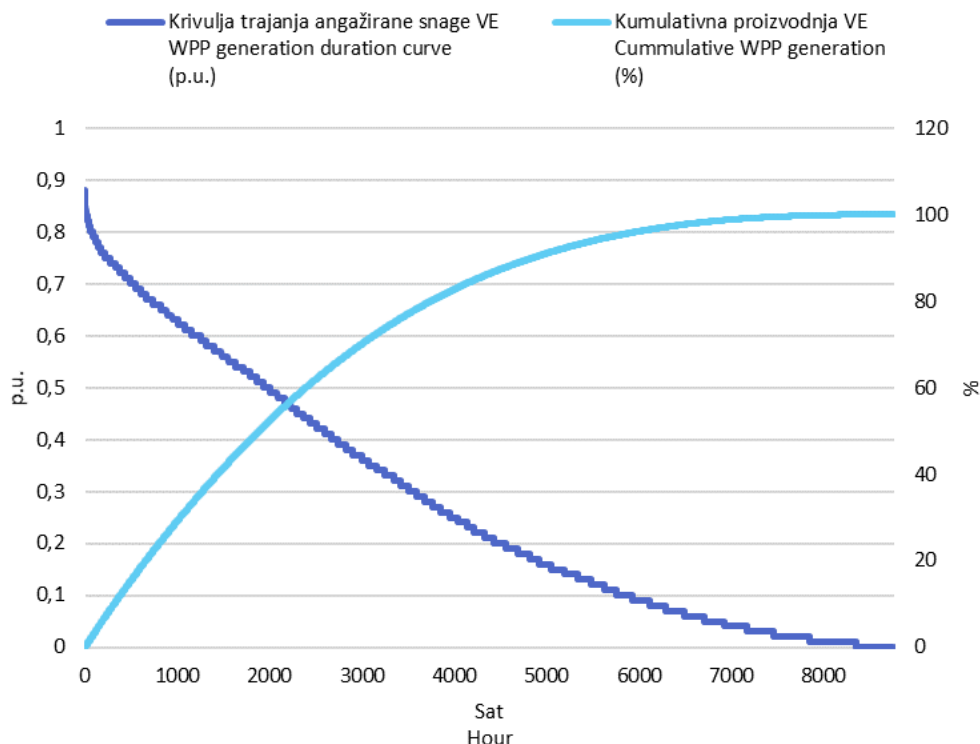
Budući da se instalirana snaga VE mijenjala tijekom godine krivulja trajanja angažirane snage svih VE izražena je specifično u odnosu na instaliranu snagu VE (engl. „per unit“ ili p.u.) a za promatrano razdoblje prikazana je na slici 4.

Wind power plant total output in Croatia is presented in this Chapter. Total WPP generation in Croatia in 2019 was 1459.94 GWh. Figure 3 shows hourly wind power plant generation in the last 12 months. Maximum hourly output was 540.28 MWh and it was realized on 20.12.2019 at 23 h, while minimum output was 0 MWh on 20.1.2019 at 14 h. Hourly production higher than 300 MWh occurred in 1983 hours. Average hourly wind power plant generation in the last 12 months was 167.06 MWh.

Having in mind that total wind plants capacity was changing during the year, duration curve of engaged capacity of all wind power plants is expressed in p.u. (per unit of installed WPP capacity) in given timeframe on the Figure 4.



Slika 3 Satna proizvodnja svih vjetroelektrana
Figure 3 Hourly generation of all wind power plants



Slika 4 Krivulja trajanja angažirane snage svih VE u promatranom razdoblju u jediničnim vrijednostima

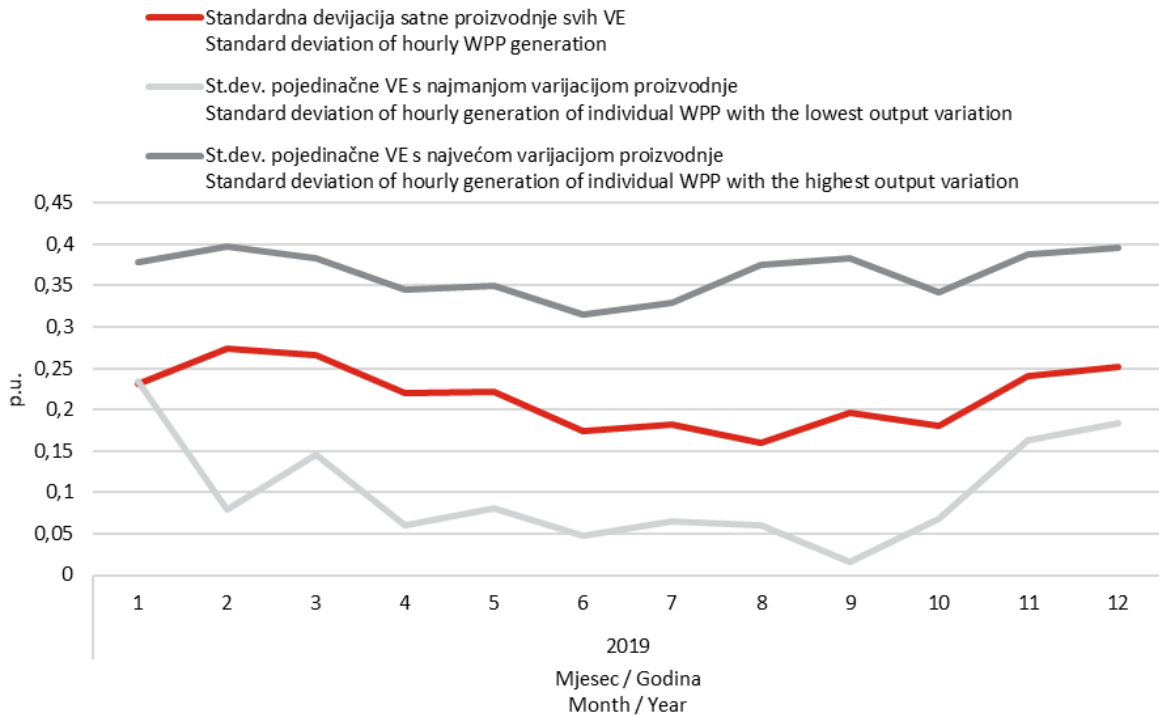
Figure 4 Duration curve of engaged capacity of all wind power plants in given timeframe in per unit

Jedna od osnovnih karakteristika proizvodnje VE je promjenjivost. Na slici 5 prikazana je standardna devijacija ukupne satne proizvodnje svih VE koja se u posljednjih 12 mjeseci kreće u rasponu 0,16 – 0,274 p.u., gdje p.u. (per unit - jedinična vrijednost) označava udio u ukupno instaliranoj snazi svih VE. Prosječna standardna devijacija u cijelom prikazanom razdoblju iznosila je 0,217 p.u.

Premda su sve VE u Hrvatskoj smještene na relativno malom prostoru, postoje značajne razlike u promjenjivosti satne proizvodnje pojedinih VE. Na slici 4 su pored standardne devijacije satne proizvodnje svih VE prikazane i standardne devijacije satne proizvodnje pojedinačnih VE s najvećom, odnosno najmanjom varijacijom proizvodnje u tom mjesecu (ne u cijeloj godini). Iz slike se jasno vidi kumulativni efekt ublažavanja satnih varijacija proizvodnje većeg broja vjetroelektrana budući da je standardna devijacija pojedinačne VE s najvećom varijacijom proizvodnje u tom mjesecu značajno veća od standardne devijacije proizvodnje svih VE.

One of the basic characteristic of wind power plant generation is its intermittency. Figure 5 shows standard deviation of total wind power plant hourly output. In the last 12 months it was in the range 0.16 – 0.274 p.u., where p.u. (per unit) refers to the share in total installed capacity of all wind power plants. Average standard deviation in given timeframe was 0.217 p.u.

Even though all wind power plants in Croatia are located on relatively small area, there are significant differences among individual wind power plants' generation variations. Beside standard deviation of all wind power plants output, Figure 4 shows standard deviation of individual wind power plants with maximum and minimum generation variations in each month. The figure indicates the cumulative effect of reducing hourly generation variations (in p.u.), with the increase of wind farms number, since standard deviation of individual wind power plant with the largest output variation in each month is significantly larger than standard deviation of all wind power plants' output.

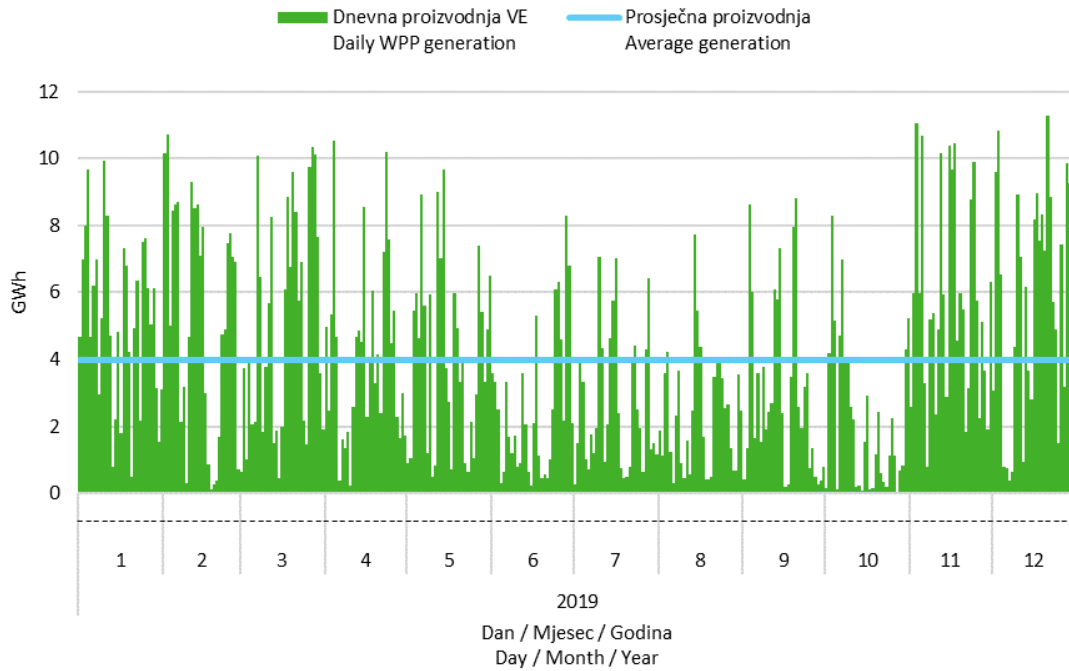


Slika 5 Standardna devijacija satne proizvodnje vjetroelektrana u jediničnim vrijednostima

Figure 5 Standard deviation of hourly generation of all wind power plants in per unit

Pored podataka o satnoj proizvodnji VE analiziraju se i podaci o dnevnoj proizvodnji VE. Na slici 6 prikazana je ukupna dnevna proizvodnja svih VE i u posljednjih 12 mjeseci kreće se u rasponu 0,05 GWh (ostvareno 27.10.2019 godine) – 11,26 GWh (ostvareno 21.12.2019 godine). Prosječna dnevna proizvodnja svih VE u cijelom prikazanom razdoblju iznosila je 4 GWh.

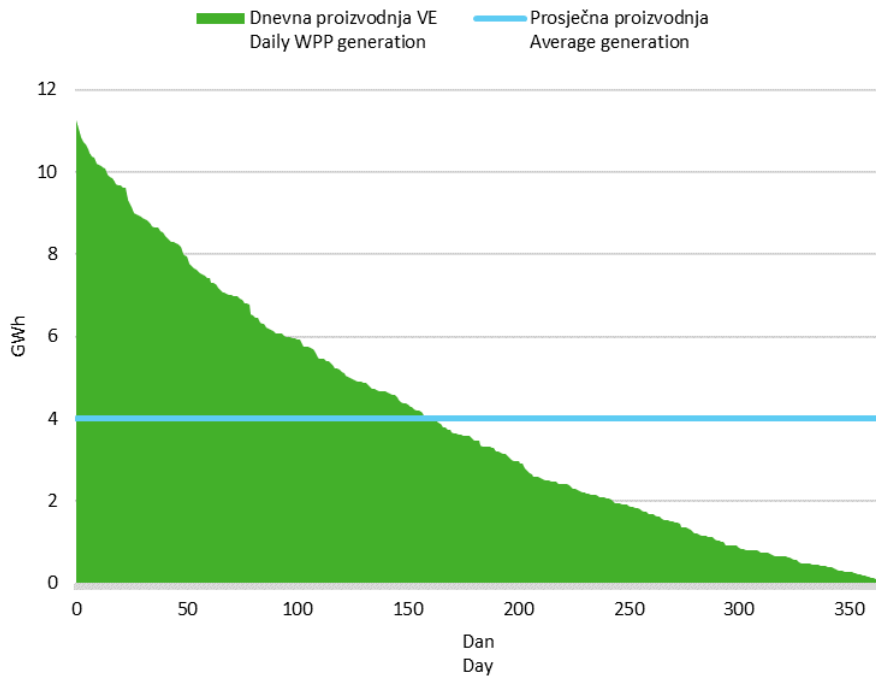
In addition to hourly output, data on daily wind power plants output are analysed. Figure 6 shows total daily wind power plant generation in the last 12 months within the range of 0.05 GWh (27.10.2019) – 11.26 GWh (21.12.2019). Average daily generation in given timeframe was 4 GWh.



Slika 6 Dnevna proizvodnja svih vjetroelektrana
Figure 6 Daily generation of all wind power plants

Podaci o dnevnoj proizvodnji svih VE prikazani su krivuljom trajanja i na slici 7.

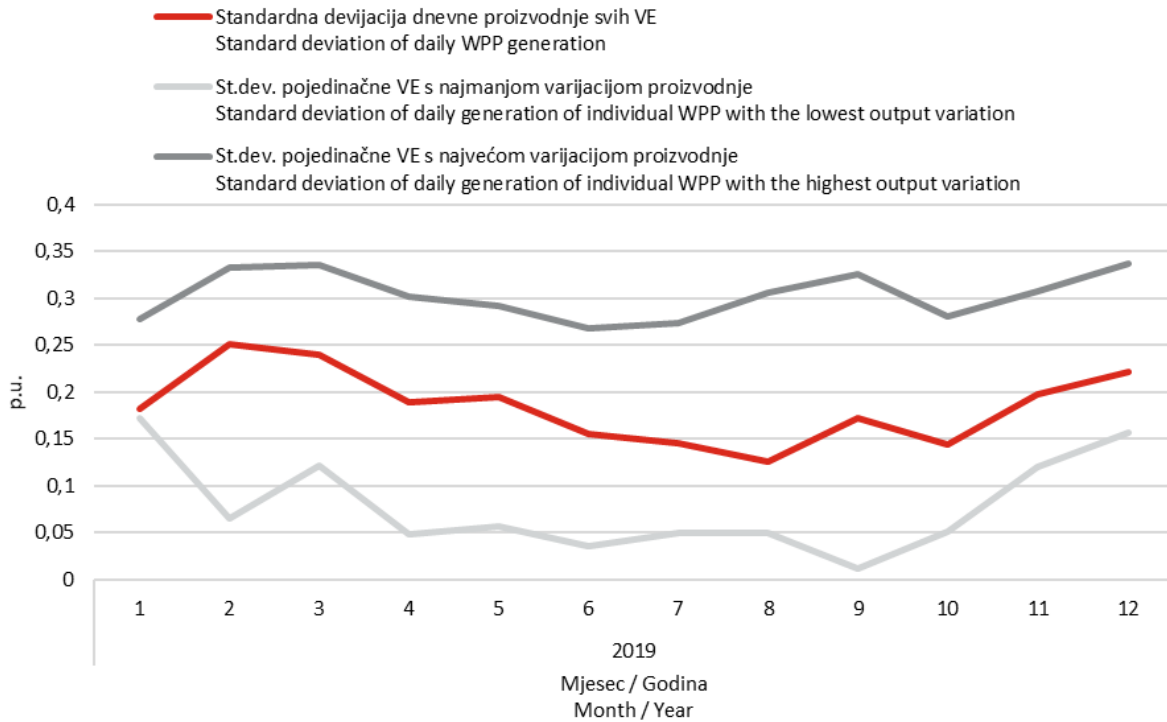
Daily generation of all wind power plants are shown on the following Figure 7 with duration curve.



Slika 7 Krivulja trajanja dnevne proizvodnje vjetroelektrana
Figure 7 Average daily WPP generation duration curve

Na slici 8 prikazana je standardna devijacija ukupne dnevne proizvodnje svih VE i u posljednjih 12 mjeseci kreće se u rasponu 0,13 – 0,25 p.u. Prosječna standardna devijacija u cijelom prikazanom razdoblju iznosila je 0,18 p.u.

Figure 8 shows standard deviation of total wind power plant daily output. In the last 12 months it was in the range 0.13 – 0.25 p.u. Average standard deviation in given timeframe was 0.18 p.u.

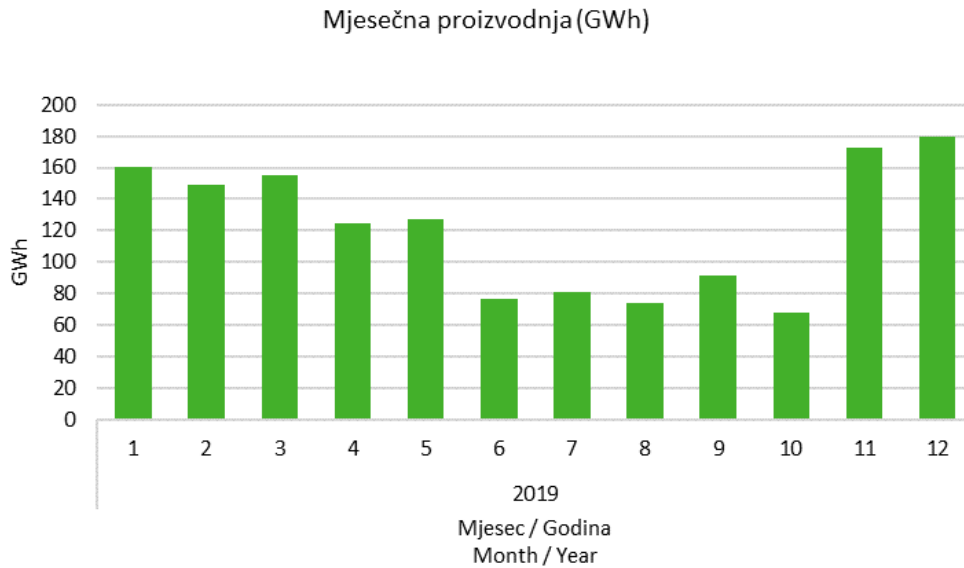


Slika 8 Standardna devijacija dnevne proizvodnje svih vjetroelektrana u jediničnim vrijednostima

Figure 8 Standard deviation of daily generation of all wind power plants in per unit

Pored podataka o satnoj i dnevnoj proizvodnji analiziraju se i podaci o mjesečnoj proizvodnji svih VE. Na slici 9 prikazana je ukupna mjesečna proizvodnja svih VE i u posljednjih 12 mjeseci kreće se u rasponu 67,87 GWh (listopad) – 180,06 GWh (prosinac). Prosječna mjesečna proizvodnja svih VE u cijelom prikazanom razdoblju iznosila je 121,66 GWh.

In addition to hourly and daily output, data on monthly wind power plants output are analysed. Figure 9 shows total monthly wind power plant generation in the last 12 months that was in the range of 67.87 GWh (October) – 180.06 GWh (December). Average monthly generation in given timeframe was 121.66 GWh.



Slika 9 Mjesečna proizvodnja svih vjetroelektrana

Figure 9 Monthly output of all wind power plants

Proizvodnost svih VE na mjesečnoj razini prikazana je na slici 10 pomoću mjesečnog faktora iskorištenja snage (postotak vremena pri kojem je ukupna proizvodnja VE svedena na ekvivalentnu proizvodnju pri angažmanu instalirane snage svih VE). U promatranom razdoblju faktor iskorištenja snage kreće se u rasponu od 14,13 % (listopad) do 38,63 % (veljača), a prosjek pojedinačnih mjesečnih vrijednosti iznosi 27,75 %.

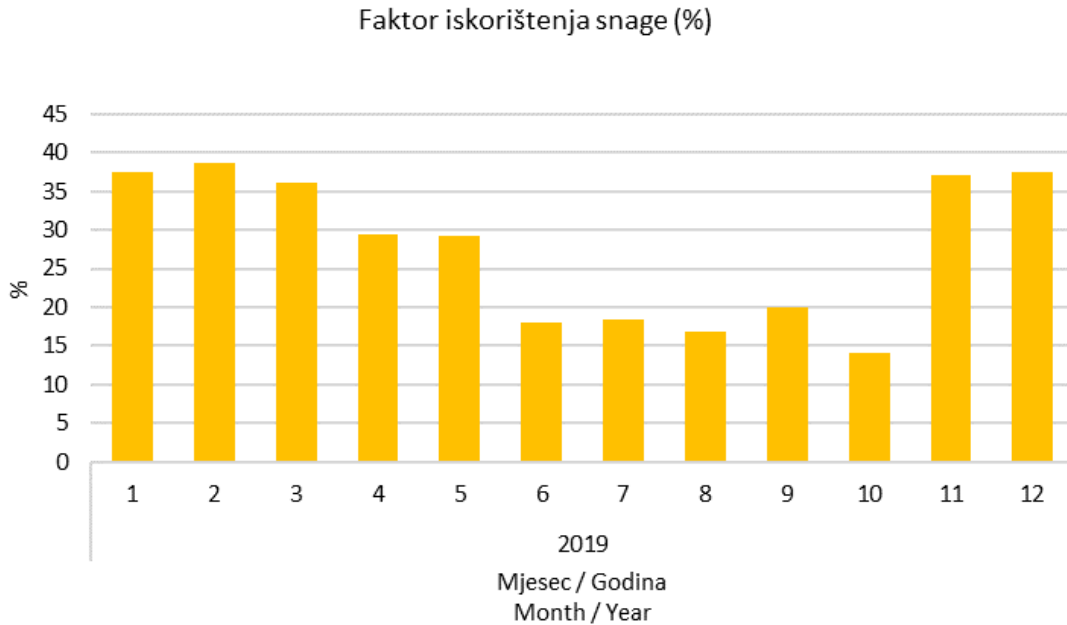
U promatranom vremenskom intervalu može se prikazati i pokazatelj - ekvivalentni broj radnih sati (FLH - Full Load Hours) svih vjetroelektrana, koji na razini promatranog vremenskog intervala reducira vrijeme rada u satima na ono koje je potrebno da se uz angažman ukupne instalirane snage proizvede ista količina energije kao u normalnom radu tijekom promatranog vremenskog intervala.

U 2019. godini FLH pokazatelj kretao se od 521 do 3221 (po pojedinoj VE u pogonu), dok je ukupni FLH (za sve VE, uključujući i one u pokusnom radu) iznosio 2425.

Wind power plant capacity factor on monthly level is shown on the Figure 10. In given timeframe capacity factor (percentage of time in which the total production of all WPPs is reduced to equivalent production while engaging total installed WPPs capacity.) was in the range from 14.13 % (October) to 38.63 % (February), with the average of monthly values of 27.75 %.

For the analysed period it is usual to show FLH (Full Load Hours) indicator showing the reduced period (in hours) in which the production would be the same as if the WPP operated normally during the whole analysed period.

In 2019 FLH ranged from 521 to 3221 (per wind plant in operation), while total FLH (for all wind power plants, including those in testing operation) was 2425.

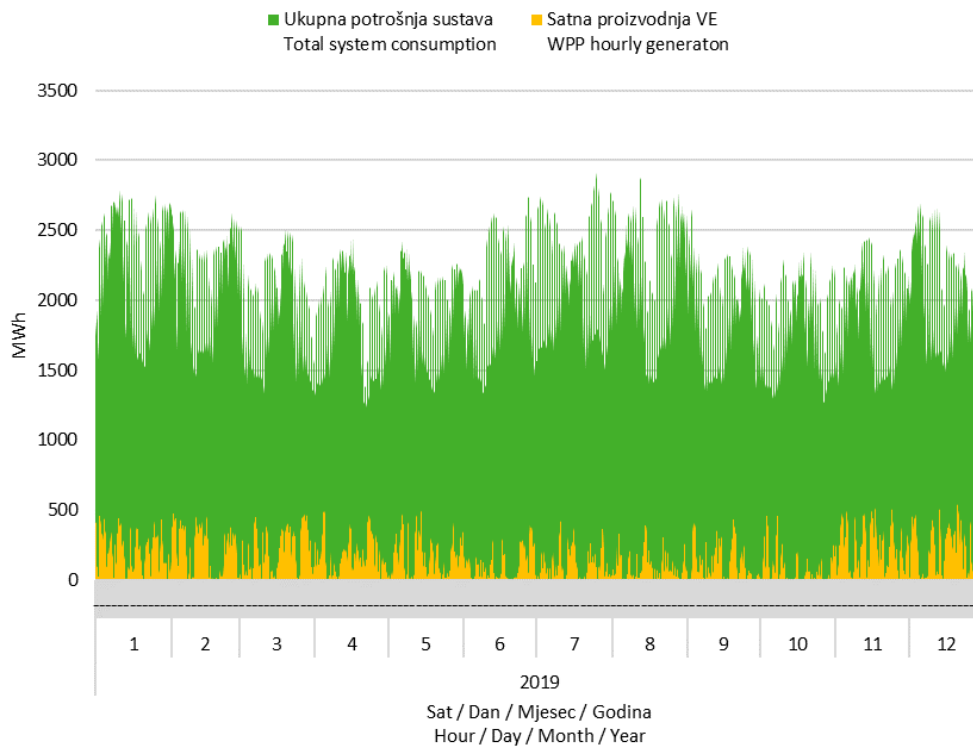


Slika 10 Mjesečni faktor iskorištenja snage svih vjetroelektrana

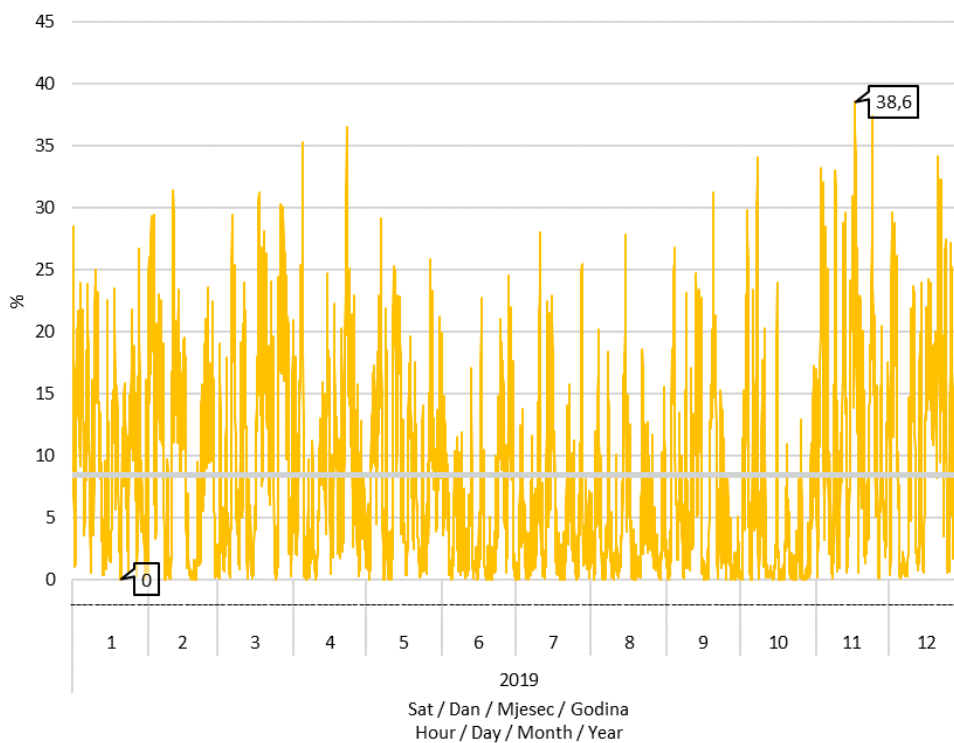
Figure 10 Monthly capacity factor of all wind power plants

U posljednje vrijeme VE imaju sve veću ulogu u pokrivanju opterećenja elektroenergetskog sustava Hrvatske. Na slici 11 prikazana je usporedba satnog dijagrama opterećenja sustava i proizvodnje VE, a na slici 12 prikazan je udio proizvodnje VE u pokrivanju satnog opterećenja sustava. U promatranom razdoblju taj udio kreće se u rasponu od 0% do najviše 38,6% (ostvareno na 17.11.2019 u 4 h), a bio je veći od 15% tijekom 1938 sati.

Wind power plants are having an increasing role in covering power system demand in Croatia. Figure 11 shows comparison between hourly demand diagram and wind power generation. Figure 12 shows share of wind power plant generation in covering hourly power system demand. In the analysed period this share was ranging from 0% to 38.6% (17.11.2019 at 4 h), while it was larger than 15% in 1938 hours.



Slika 11 Usporedba satnog dijagrama opterećenja sustava i proizvodnje vjetroelektrana
Figure 11 Comparison between hourly system demand and WPP generation



Slika 12 Udio proizvodnje vjetroelektrana u pokrivanju satnog opterećenja elektroenergetskog sustava
Figure 12 WPP generation share in covering power system demand

3.

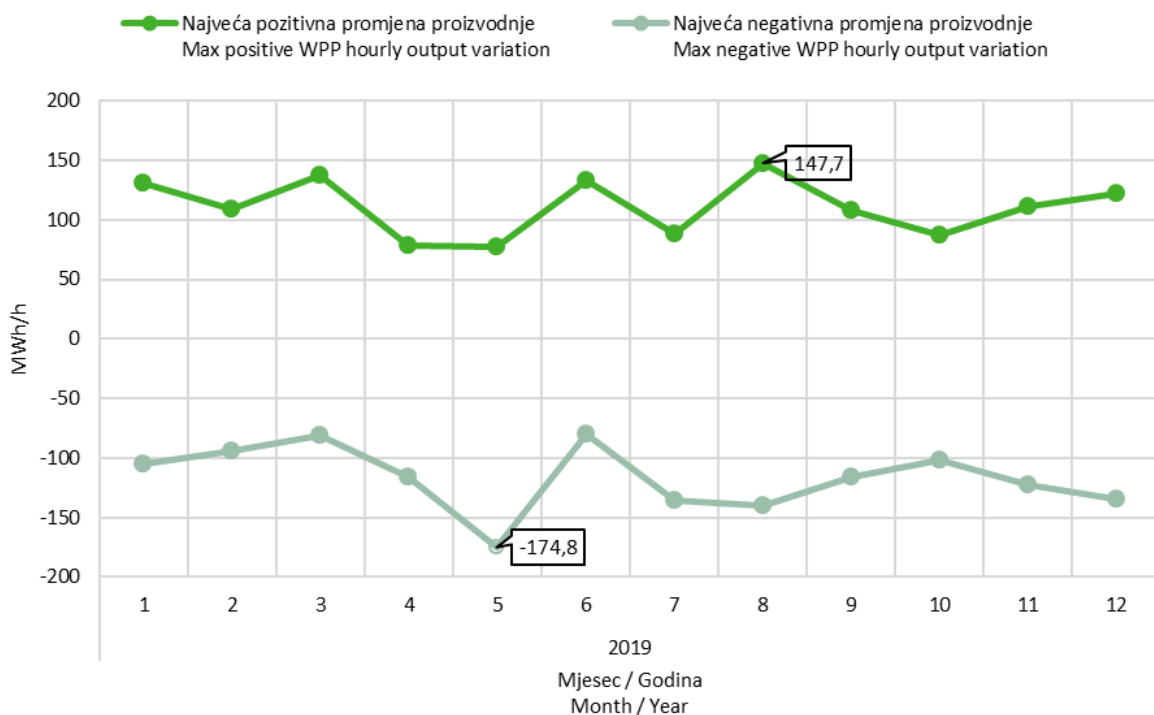
PROMJENJIVOST PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA



WIND POWER PLANT GENERATION VARIABILITY

Za vođenje elektroenergetskog sustava od posebne je važnosti promjenjivost proizvodnje VE. Na slici 13 prikazana je maksimalna pozitivna i maksimalna negativna promjena satne proizvodnje VE u pojedinom mjesecu. Drugim riječima, prikazana je razlika ostvarene prosječne proizvodnje VE u dva uzastopna sata. Najveća pozitivna satna promjena proizvodnje VE iznosila je 147,7 MW, dok je najveća negativna satna promjena proizvodnje VE iznosila -174,8 MW. Prosječna pozitivna satna promjena proizvodnje u promatranom razdoblju iznosila je 110,8 MW, a prosječna negativna -116,73 MW.

For power system control wind power plant output variation is of utmost interest. Maximum positive and maximum negative wind power plant hourly output variations are given on the Figure 13. In other words, the difference between in hourly WPP output in two consecutive hours is shown. The largest positive hourly WPP output variation was 147.7 MW. The largest negative hourly WPP output variation was -174.8 MW. Average positive hourly WPP output variation in given timeframe was 110.8 MW, while average negative hourly WPP output variation was -116.73 MW.

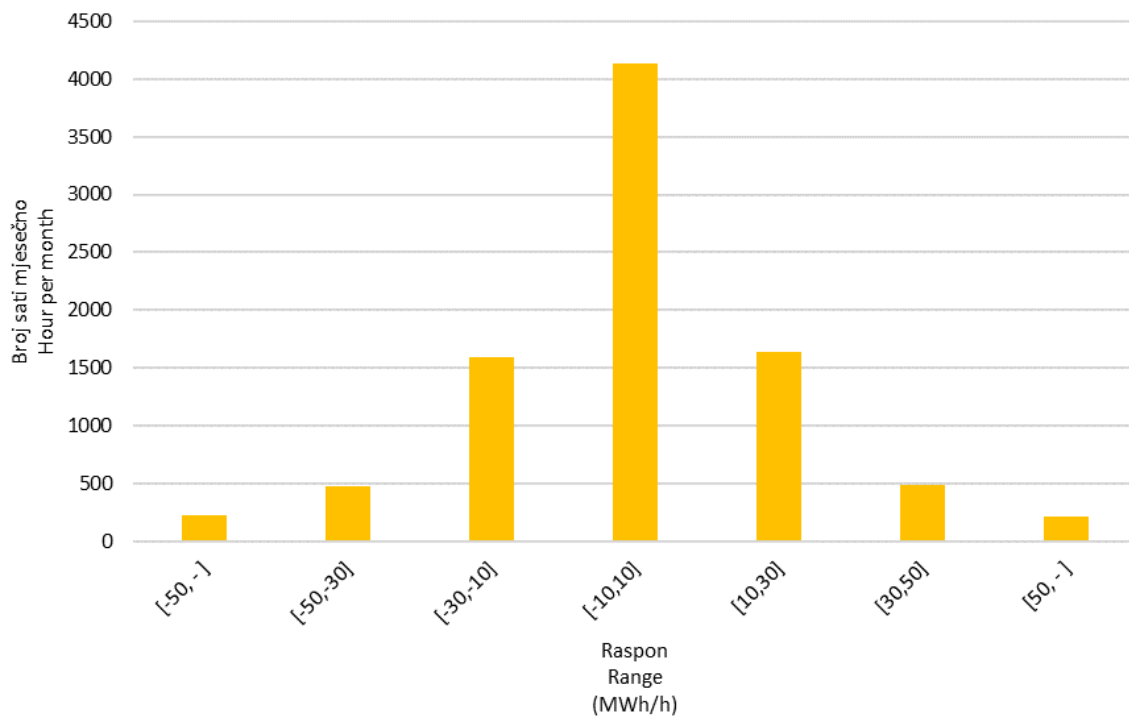


Slika 13 Maksimalna pozitivna i maksimalna negativna promjena satne proizvodnje VE u mjesecu

Figure 13 Maximum positive and maximum negative wind power plant hourly output variation during the month

Najveći broj satnih promjena proizvodnje VE događa se u rasponu od -30 MW/h do +30 MW/h, 7361 sati ili 84,03 % vremena godišnje, kako je prikazano slikom 14. Apsolutna vrijednost promjene proizvodnje VE iznad 50 MWh/h (dakle i pozitivne i negativne promjene) pojavile su se u 212 sati, odnosno 2,42% vremena godišnje.

The largest amount of WPP hourly output variation was in the range -30 MWh/h to +30 MWh/h, 7361 hours, or 84.03% of the year, as shown on the Figure 14. Absolute value of WPP hourly output variations above 50 MWh/h (including both positive and negative variations) happened in 212 hours or 2.42% of the year.



Slika 14 Statistička raspodjela satnih promjena proizvodnje VE
Figure 14 Statistical distribution of WPP hourly output variations

IZDAVAČ:

Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

PUBLISHER:

Croatian Transmission System Operator Ltd.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Croatia

ODGOVORNA OSOBA:

Dr.sc. Tomislav Plavšić

RESPONSIBLE PERSON:

Tomislav Plavšić, PhD

UREDNIK:

Sektor za vođenje EES-a

EDITOR:

System Operation Department

AUTORSKA PRAVA:

Hrvatski operator prijenosnog sustava d.o.o.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

COPYRIGHT:

Croatian Transmission System Operator Ltd.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Croatia