

# Virtualna elektrarna v luči obratovalnih lastnosti proizvodnih objektov

Avtorji prispevka:

ALEŠ JEGLIČ, Univerza v Ljubljani, FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,  
[ales.jeglic@gmail.com](mailto:ales.jeglic@gmail.com)

DRAGO PAPLER, GORENJSKE ELEKTRARNE, D. O. O., [drago.papler@gorenjske-elektrarne.si](mailto:drago.papler@gorenjske-elektrarne.si)

MIHA FLEGAR, GORENJSKE ELEKTRARNE, D. O. O., [miha.flegar@gorenjske-elektrarne.si](mailto:miha.flegar@gorenjske-elektrarne.si)

## Izvleček

Virtualna elektrarna vsem proizvodnim virom predstavlja alternativo na osnovi proizvodnje obnovljivih virov energije. V prispevku bomo virtualno elektrarno zasnovali s tremi različnimi proizvodnimi viri: z malo hidroelektrarno, s sončno elektrarno in s kogeneracijskim postrojem. Poleg vodne in sončne energije v zasnovo virtualne elektrarne vključujemo soproizvodnjo toplote in električne energije, ki nam ogrevalne sisteme nadomesti s proizvodnim virom električne energije, toplota pa je drugi produkt, ki ga v energetskih postrojenjih potrebujemo. Z virtualno elektrarno smo si prek sumiranja proizvodnje električne energije zamislili oskrbovanje porabnikov v smislu samooskrbe. Poskušali bomo uravnovežiti proizvodnjo in porabo in na podlagi meritev prikazati razlike v porabljeni in proizvedeni energiji, izgube energije in prihranke, ki jih dobimo, če se energija porabi v lokalnem omrežju. Primer proizvodnje in porabe električne energije v lokalnem omrežju je sončna elektrarna v Strahinju. Energija, ki jo je proizvedla, se je v zadnjih treh letih v 90 % porabila v šoli Biotehniškega centra v Strahinju in tamkajšnji športni dvorani, to pa predstavlja 19,5 % celotne porabe v šoli in športni dvorani.

Ključne besede: virtualna elektrarna, proizvodni viri, merjenje električne energije, izgube, oskrba odjemalcev, prihranki

## VIRTUAL POWER PLANT IN THE LIGHT OF OPERATING CHARACTERISTICS OF PRODUCTION FACILITIES

### Summary

A virtual power plant is an alternative to all production sources, based on production of renewable energy sources. The paper presents the design of a virtual power plant using three different production sources: a small hydro power plant, a solar power plant and a cogeneration plant. In addition to hydro and solar energy, the virtual power plant design includes cogeneration of heat and electricity. In this case, heating systems are replaced by an electricity generation source with heat being the second product needed in energy systems. In the scope of a virtual power plant we summed up the electricity production and outlined consumer supply in terms of energy self-sufficiency. We will try to balance production and consumption and our aim is to use measurements to present the differences in energy consumed and generated, the loss of energy and savings achieved if energy is used in a local network. An example of electricity production and consumption in a local network is the Strahinj Solar Power Plant. 90% of the energy it produced was in the past three years consumed by the Biotechnical Centre School in Strahinj and the local sports hall, accounting for 19.5% of total consumption of these two facilities.

Key words: virtual power plant, production sources, electricity measurement, losses, supply to consumers, savings

## 1. UVOD

V virtualni elektrarni bomo obravnavali tri različne proizvodne vire: sončno elektrarno v Strahinju, objekt soproizvodnje toplotne in električne energije ter hidroelektrarno Lomščica. Vsi ti energetske objekti imajo različne obratovalne termine, ki so odvisni predvsem od letnega časa in s tem povezanimi vremenskimi pogoji. Proizvodnja sončne elektrarne je omejena na dneve, ko je sončno obsevanje dovolj močno, da se vklopijo razsmerniki, ki nam pretvorijo enosmerno proizvedeno energijo v omrežno izmenično. Sončna elektrarna v Strahinju proizvede 90 % vse svoje energije v mesecih med marcem in oktobrom. Za objekte soproizvodnje toplote in električne energije je glavna obratovalna sezona pozimi, ko se stavbe ogrevajo in imamo veliko potrebo po toplotni energiji. Najbolj obratovalno zanesljiv vir pa je hidroelektrarna z jezom. Ta proizvaja električno energijo v vseh letnih časih, le njena moč delovanja se prilagaja pretokom vode, ki so vezani na padavine in spomladi na temperature, ki morajo biti zadostne za taljenje snega, zapadlega preko zime. Druga stran hidroelektrarne pa je njihova lega, ki je odvisna od vodotokov. Hidroelektrarne niso vedno v neposredni bližini porabnikov in energije ne porabimo v lokalnem omrežju.

## 2. SONČNE ELEKTRARNE

Energija iz sončnih elektrarn je energija iz obnovljivih virov energije. Pridobivanje tovrstne energije se spodbuja, saj je plan Slovenije doseči 25 % energije iz obnovljivih virov do leta 2020. Spodbude električni energiji iz obnovljivih virov se nakazujejo preko odkupne cene, ki jo sestavlja fiksni del (obratovalna podpora) in tržna cena za energijo. Če opazujemo višino spodbud, vidimo da te ves čas padajo. Prav tako pa pada tudi nabavna cena opreme in s tem se poskuša nekako ohranjati ravnotežje za dobo odplačevanja investicije. Nabavne cene modulov so konec leta 2011 znašale okoli 0,8 do 1,3 evrov/W<sub>p</sub>, medtem, ko je cena modulov s HIT tehnologijo znašala okrog 1,6 evrov/W<sub>p</sub>.

### 2.1. SONČNA ELEKTRARNA STRAHINJ

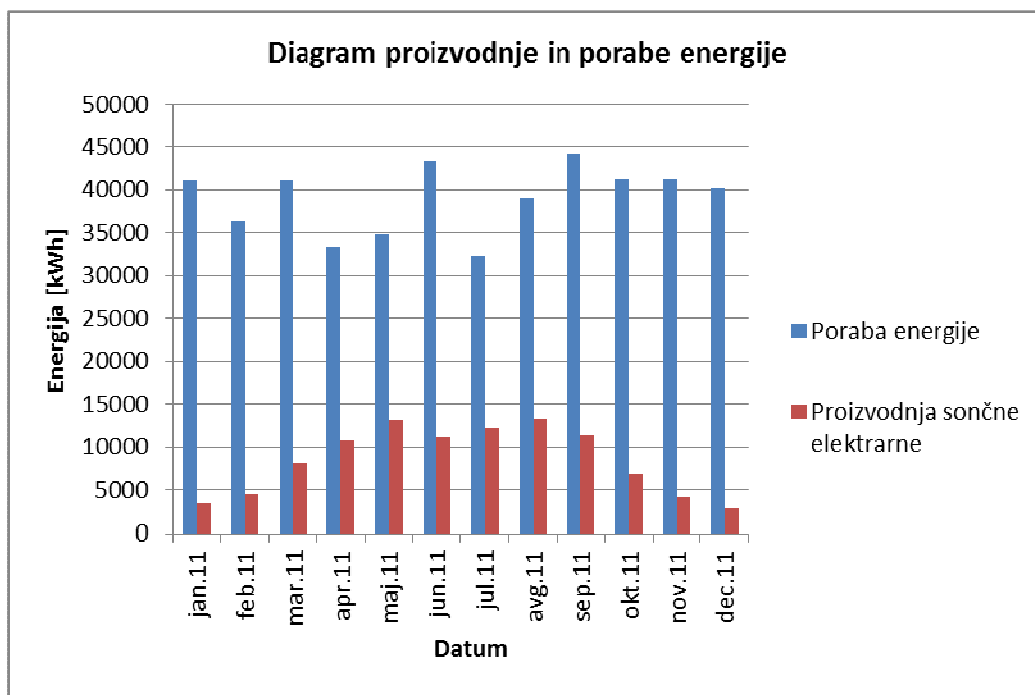
Sončna elektrarna v Strahinju je postavljena na gospodarske objekte Biotehniškega centra Naklo (BC Naklo) v Strahinju. Elektrarno sestavljata dva dela, ki sta na strehi hleva za govedo in na strehi hleva za konje. Število modulov na strehi hleva za govedo je 328, s skupno nazivno močjo 68,88 kW<sub>p</sub>. Na strehi hleva za konje pa sta dva tipa modulov. Skupaj jih je 99 z nazivno močjo 20,955 kW<sub>p</sub>. Nazivna moč celotne elektrarne je 89,67 kW<sub>p</sub>. Pri gradnji so uporabili sončne module tipa HIT, ki imajo najvišji izkoristek. HIT moduli so izdelani iz tanke monokristalne silicijeve plasti obdane z ultra tankima amorfnima silicijevima plastema. Vsa ta proizvedena energija iz sončnih modulov je enosmerna zato jo je za sinhronizacijo z omrežjem potrebno pretvoriti v izmenično. Razsmerniki nam pretvarjajo enosmerno napetost v izmenično. Njihovo delovanje je povsem avtomatično. Ko je obsevanje sončnih modulov zadostno se razsmerniki vklopijo. Za vklop razsmernikov zadostuje že 10 do 15 W moči. Ko energije iz modulov ni več se razsmerniki takoj izklopijo, da ne porabljajo energije iz omrežja.

Nazivno moč doseže, ko je sončno obsevanje močno, vendar je potrebno upoštevati, da nam pregrevanje modulov na strehi znižuje izkoristek delovanja.

Sistem sončne elektrarne je zaščiten pred otočnim delovanjem. Otočno delovanje se pojavi, ko bi nam izpadlo javno omrežje, sončna elektrarna pa bi še vedno delovala. Zaščita je vgrajena v razsmerniku in deluje avtomatsko. Delovanje zaščite opredeljuje standard DIN VDE 0126-1-1, ki določa mejne odklone od standardnih vrednosti in čas v katerem mora zaščita delovati.

Priključitev sončne elektrarne je izvedena na lokalno nizkonapetostno omrežje v katerem je priključen tudi BC Naklo in tamkajšna športna dvorana. Poraba v teh dveh objektih je vezana na čas trajanja šolskega leta. Šola najmanj energije porabi v juliju, ko je čas poletnih počitnic.

Proizvodnja sončne elektrarne pa je ravno v poletnih mesecih velika in nam v veliki meri omogoča samooskrbo.



Slika1: Razmerje med proizvedeno in porabljeno energijo iz sončne elektrarne v Strahinju

Tabela 1: Število oblačnih dni po mesecih

Mesec	Število oblačnih dni	
	Brnik	Lesce
Jan	17	13
Feb	14	14
Mar	10	9
Apr	6	7
Maj	1	1
Jun	7	8
Jul	7	6
Avg	1	2
Sep	3	4
Okt	9	10
Nov	20	11
Dec	19	12

Vir:

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWbIR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZuWYnwCchJXYtVGdIJnOn0UQQdSf;>

Na diagramu proizvodnje sončne energije opazimo, da je bila proizvodnja energije v juniju in juliju manjša kot v maju in avgustu leta 2011. Po podatkih Agencije RS za okolje je bilo stanje vremenskih razmer na najbližjih dveh postajah Lesce in Brnik takšno kot ga prikazuje

tabela 1. Vrednosti v tabeli jasno kažejo, da je bilo v juniju in juliju 2011 več oblačnih dni kot v maju in avgustu. In to je vzrok za nižjo proizvodnjo sončne elektrarne.

## 2.2. SAMOOSKRBA Z ENERGIJO IZ SONČNE ELEKTRARNE STRAHINJ

Podatki za porabljeno energijo v BC Naklo in športni dvorani, za leta 2009, 2010 in 2011 kažejo, da je bila samooskrba z električno energijo v lokalnem nizkonapetostnem območju 19,5 %. S tem smo zmanjšali izgube energije pri prenosu in transformaciji napetosti. Vsa energija, ki jo je proizvedla sončna elektrarna pa se ni porabila v lokalnem omrežju. Če bi opazovali diagram proizvodnje in porabe, bi bilo to zelo nenavadno in nerazumljivo, saj je proizvodnja ves čas manjša od porabe. Za razjasnitev bi si morali ogledati podatke o proizvodnji ter porabi na 15 minutnem nivoju. Videli bi, da ni v vsakem 15 minutnem ciklu poraba večja od proizvodnje. Dober primer so sobote, nedelje in šolske počitnice. Elektrarna ravno tako proizvaja električno energijo glede na vremenske pogoje, poraba pa je zelo majhna v primerjavi z delavnimi dnevi. Tako je šola in športna dvorana v letih 2009, 2010 in 2011 porabila 90 % proizvedene energije iz sončne elektrarne, ostala pa se je morala porabiti drugje. Ta preostala energija se je preko transformatorja pretvorila na distribucijski nivo. Že takoj na transformatorju lahko opazujemo izgube, ki nastajajo med pretvorbo energije. Izgube na transformatorju se delijo na izgube prostega teka in na izgube v kratkem stiku. Na izgube prostega teka ne moremo vplivati in so stalne, čim je transformator vključen na omrežje. Izgube kratkega stika pa so tiste na katere vplivamo s pretokom energije. Moč izgub narašča s kvadratom toka, ki teče skozi navitje, ki ima neko impedanco. Na transformatorju v Strahinju je nastalo v letih 2009, 2010 in 2011 za 24.486 kWh izgub energije. Če sončne elektrarne ne bi bilo, bi izgube znašale 24.764 kWh. Razlika 278 kWh je relativno majhna, to pa lahko pojasnimo z močjo transformatorja, ki je 630 kVA in je za porabo v šoli ter športni dvorani mnogo prevelika. To pomeni, da imamo pri takšnem transformatorju velike izgube prostega teka, glede na izgube kratkega stika, ki so majhne pri tako mali obremenitvi transformatorja.

## 3. HIDROELEKTRARNE

HE Lomščica se nahaja nad vasjo Lom in je edina akumulacijska elektrarna podjetja Gorenjske elektrarne, d.o.o.. Energija vode, ki je v potencialni obliki se akumulira v 62.300 m<sup>3</sup> velikem akumulacijskem bazenu. Pri srednjem pretoku je za napolnjene praznega bazena potrebnih 16 ur, akumulirana voda pa se lahko pri nazivnem pretoku, brez upoštevanja stalnega dotoka, porabi v 8-ih urah. Elektrarna proizvaja energijo v času največjih odjemov, osem ur dnevno, kot vršno energijo. Moč generatorja je 2,4 MVA. Generator poganja špiralna Francis turbina, ki izkorišča neto padec vode 114,81 m. Energiji, ki jo ustvari generator moramo spremeniti napetostni nivo, saj napetost 3150 V ni standardna za klasični odjem. Ko dvignemo napetostni nivo na 20 kV, potujemo z energijo na RTP Tržič, kjer gre energija do ostalih porabnikov. Tu električno energijo moramo prenašati do RTP, kjer se razdeli ostalim odjemalcem in si samooskrbe, kot je pri sončni elektrarni in pri soproizvodnji ne moremo privoščiti.

Elektrarna je v letu 2011 proizvedla 2,648595GWh električne energije, kar zadošča za porabo 552 gospodinjstev, z mesečnim odjemom povprečno 400 kWh.

## 4. SOPROIZVODNJA TOPLOTNE IN ELEKTRIČNE ENERGIJE

Soproizvodnja toplote in elektrike (SPTE) je proces, ki ga kljub uporabi neobnovljivih virov energije (zemeljski, naftni ali bio plin) spodbujajo, zaradi njegove visoke učinkovitosti delovanja. V procesu soproizvodnje dobimo 53 % toplotne energije in 37 % električne energije. Ostalih 10 % so izgube. Primarni produkt električna energija nastaja v generatorju, ki ga poganja motor z notranjim izgorevanjem. Ker se motor z notranjim izgorevanjem segreva dobimo sekundarni produkt, toploto. Toplotno energijo uporabljamo v zimskem času

za ogrevanje stavb, zato ta postrojenja navadno obratujejo v ogrevalni sezoni. Točne vrednosti izkoristkov in njihovega razmerja so odvisne od posameznih proizvajalcev.

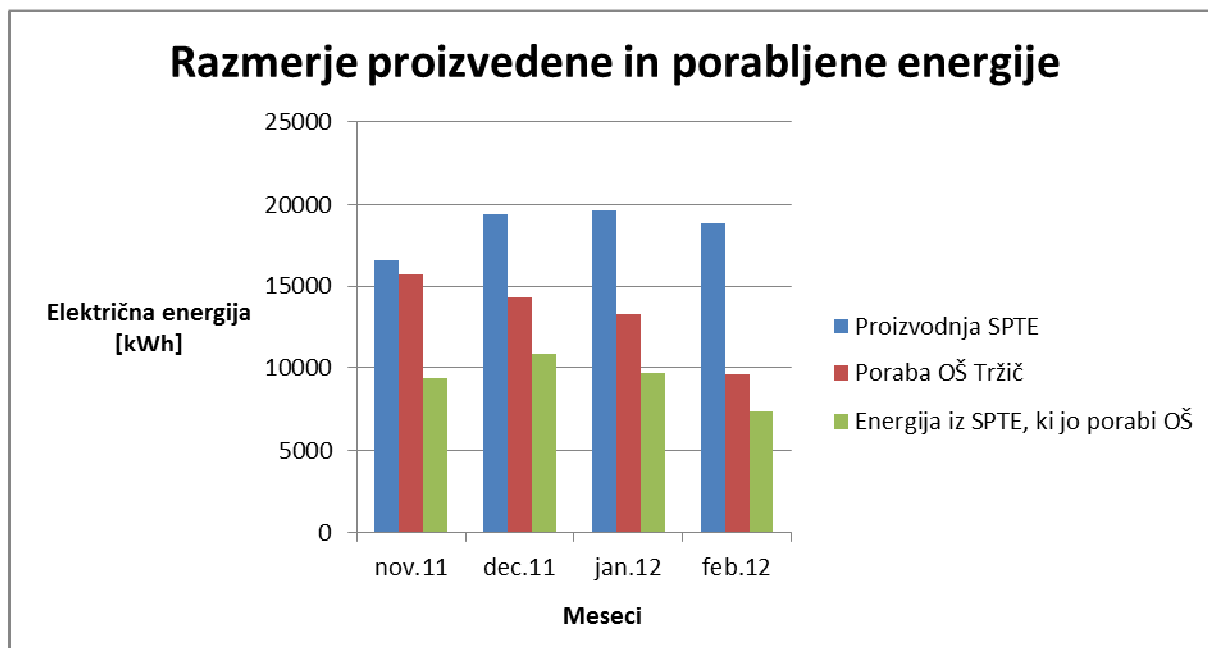
#### 4.1. SOPROIZVODNJA TOPLOTNE IN ELEKTRIČNE ENERGIJE V TRŽIČU

Obravnavana kogeneracijska naprava je v osnovni šoli Tržič. Naprava obratuje od novembra 2011. Tip kogeneracijske naprave Micro T30 podjetja TEDOM. Za pogon motorja z notranjim izgorevanjem uporabljajo zemeljski plin. Moč pogonskega motorja je 36 kW, asinhronskega generatorja pa 32 kW. Izkoristek delovanja celotnega stroja je 96 %, od tega je 64,8 % toplotne energije in 31,2 % električne energije.

#### 4.2. SAMOOSKRBNI PRIKLOP SPTE OSNOVNE ŠOLE TRŽIČ

Kogeneracijska naprava je kurilni sezoni 2011/12 v času obratovanja od 1.11.2011 pa do 1.3.2012 proizvedla 74.515,3 kWh električne energije in 108.420 kWh toplotne energije. Kogeneracijska naprava obratuje pasovno. Ko se prične kurilna sezona in s tem potreba po toplotni energiji, začne kogeneracija obratovati in oddajati toplotno ter električno energijo. Edini razlog za prekinitev pasovnega obratovanja je v primeru, ko toplote ne bi porabili in bi bili vsi hranilniki toplote segreti na najvišjo dovoljeno temperaturo. To se lahko pojavi v začetku ali koncu kurilne sezone, ko je potreba po toplotni energiji že zmanjšana.

Električni priklop naprave na omrežje je notranji (izveden je pred števcem porabe v šoli), tako da v največji meri šoli zagotavljamo samooskrbo in ji za porabljeno energijo, ki pride iz kogeneracijske naprave, ni potrebno plačati prispevkov za omrežnino. Šola je s tem prihranila pri plačilu omrežnine za 37.323,2 kWh električne energije, ki jo je dobila iz SPTE. Ta količina energije je ravno 50 % vse proizvedene električne energije v SPTE. S tolikšno količino električne energije je samooskrba šole 70 %. S tem je prihranek pri omrežnini s prispevki v štirih mesecih nanese 1150 evrov. Za proizvedeno električno energijo iz kogeneracijske naprave dobivamo obratovalno podporo v višini 204,32 evrov/MWh. Od 1.11.2011 pa do 1.3.2012 znaša skupna obratovalna podpora za proizvedeno energijo 15.225 evrov.



Slika 2: Razmerje med proizvodnjo, porabo in odjemom energije in SPTE

#### 5. ZAKLJUČEK

Spodbujanje malih proizvodnih virov, za njihovo vključevanje je pravi pristop države, če želimo doseči čim večji delež energije iz obnovljivih virov. Energija iz malih proizvodnih enot, je razpršena po vsem elektroenergetskem omrežju, s tem manj obremenjujemo omrežje in si dostikrat zmanjšamo položnice za električno energijo. Glavna zahteva glede varnosti je, da z zaščitnimi elementi preprečujemo otočno obratovanje, kadar pride do izpada javnega omrežja in s tem do nevarnosti, da bi se med popravili na omrežju pojavila napetost.

Posamezni mali obnovljivi vir električne energije zelo malo doprinese k zavezi o 20 % energije iz obnovljivih virov, vendar glede na število vgrajenih malih obnovljivih proizvodnih virov in iz promocije menim, da nam bo do leta 2020 uspelo izpolniti zahteve Evropske unije, ki predvideva 20 % energije iz obnovljivih virov.

## 6. LITERATURA IN VIRI

Malenković Vladimir, Merc Uroš, Dervarič Evgen, Projekcije in razvojni potencial fotovoltaike pri pridobivanju električne energije iz sonca, Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko 2010.

»SOLTRAIN Izkoriščanje sončne energije za proizvodnjo električne energije s pomočjo fotonapetostnih sistemov«, slovenski priročnik, Ljubljana, december 2004.

Spletna stran Gorenjskih elektrarn (8.3.2012) <http://www.gorenjske-elektrarne.si/>

Tehnična dokumentacija Gorenjskih elektrarn d.o.o., MFE Strahinj, Projekt izvedenih del, april 2008.

Papler Drago, Flegar Miha, Razvoj sončnih elektrarn, monitoring in analize proizvodnih učinkov, A1 – 03, 10. Konferenca slovenskih elektroenergetikov, Ljubljana 2011, referat.

Papler Drago, Ekonomska politika spodbud za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov, C1 – 03, 10. Konferenca slovenskih elektroenergetikov, Ljubljana 2011.

Tehnična dokumentacija Gorenjskih elektrarn d.o.o., MFE Strahinj, Projekt za obratovanje in vzdrževanje, april 2008.

Papler Drago, Basej Janez, Posodobitev akumulacijske hidroelektrarne Lomščica – pozitivni učinki pri proizvodnji električne energije, A1 – 04, 10. Konferenca slovenskih elektroenergetikov, Ljubljana 2011.

Spletna stran Sodo, s cenami omrežnine (5.3.2012) [http://www.sodo.si/ceniki/ceniki\\_za\\_uporabo\\_omrezij\\_in\\_prispevke/1\\_6\\_2011](http://www.sodo.si/ceniki/ceniki_za_uporabo_omrezij_in_prispevke/1_6_2011)

Standard DIN VDE 0126-1-1: Samodejno ločilno mesto med lastno proizvodno napravo in javnim nizkonapetostnim omrežjem.

Spletna stran Agencije za okolje, z vremenskimi podatki iz arhiva, <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydlJWbIR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdIJnOn0UQQdSf;>