



INTERNATIONAL FORUM FOR
CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES

IX MEĐUNARODNI FORUM O ČISTIM ENERGETSKIM TEHNOLOGIJAMA
IX INTERNATIONAL FORUM FOR CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES

ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE SERBIAN ENERGY HORIZON

2020

2020

Novi Sad, 29-30.09.2015. godine



www.ktt.uns.ac.rs

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

620.9(082)

**МЕЂУНАРОДНИ форум о чистим енергетским технологијама
"Енергетски хоризонт Србије 2020." (9 ; 2015 ; Нови Сад)**

Zbornik radova [Elektronski izvor] = Proceedings / IX međunarodni forum o čistim energetske tehnologijama "Energetski horizont Srbije 2020", 29-30. 09. 2015, Novi Sad = IX International Forum For Clean Energy Technologies "Serbian Energy Horizon 2020". - Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, 2015

Način dostupa (URL): www.ktt.uns.ac.rs. - Zapis zasnovan na stanju na dan 30.12.2015. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad.

ISBN 978-86-7892-737-9

а) Енергетске технологије - Зборници
COBISS.SR-ID 302437127



**INTERNATIONAL FORUM FOR
CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES**

**IX MEĐUNARODNI FORUM O ČISTIM
ENERGETSKIM TEHNOLOGIJAMA**

ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020



Novi Sad, 29-30.09.2015. godine

www.ktt.uns.ac.rs

Poštovane dame i gospodo, dragi prijatelji,

Dostizanje strateški projektovanog razvojnog horizonta zemalja Evropske Unije (EU) na vizuri 2020. godine je u završnoj realizaciji. Postavljeni ciljevi u najvažnijim segmentima podizanja kvaliteta života građana i obezbeđenju konstantnog održivog progresivnog razvoja evropskog društva, više nemaju alternative. Stepem pojedinačne i kolektivne spoznaje apsolutne potrebe, da se u perspektivi savladavanja aktuelnih izazova, održivost društvenog razvoja može postići samo dubinskim sistemskim, normativnim i tehnološkim promenama, dostigao je nivo opšteprihvaćenih standarda, koji svojom primenom velikoj porodici evropskih naroda već daju izuzetne rezultate.

Republika Srbija kao zemlja u procesu pridruživanja EU, ima vrlo jasno trasirane procese koji treba da je dovedu do nivoa potpune kompatibilnosti sa budućim evropskim partnerima. Pravni okvir Energetske Zajednice, čija je Republika Srbija član, obuhvata oblasti električne energije, gasa, obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti, nafte, zaštite životne sredine, konkurencije i statistike. Implementacijom odredbi pravnog okvira Energetske Zajednice stvaramo stabilni i ujednačen regulatorni okvir i tržišni prostor.

Opredeljenje Programskog saveta Međunarodnog foruma o čistim energetske tehnologijama (Forum), da se ovogodišnji fokus zemalja Jugoistočne Evrope i Republike Srbije pozicionira na što je moguće konkretnijoj i plastičnijoj identifikaciji očekivanog održivog energetskeg razvoja i sada dostignutih prolaznih tačaka na putu ka postavljenim ciljevima do 2020. godine, predstavlja logični prioritet. Upravo sa tim ciljem i kao simbolom usvojene nacionalne potrebe da se stalno upoređuje postignuto sa projektovanim, ovogodišnji Forum – deveti po redu, koji se održava 29. i 30. septembra 2015. godine u Novom Sadu pod pokroviteljstvom Skupštine Autonome Pokrajine Vojvodine, će nositi naziv "ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020".

Naša je zajednička vizija da Forum 2015 "ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020", kredibilitetom prezentovanih koncepata, tehnoloških rešenja i naučnih radova, treba da podstakne korišćenje raspoloživih potencijala na ovim prostorima i dodatno pokrene saradnju i razvoj energetike u zemljama Jugoistočne Evrope. Prošlogodišnji Forum je pod opštim naslovom Energetska povelja pokušao da inicira opštu i sveobuhvatnu akciju na vertikalnom i horizontalnom povezivanju aktera u oblasti energetske efikasnosti u lokalnim samoupravama, ali sve aktivnosti učinjene u periodu nakon Forumu 2014, ipak su samo pokazale našu nedovoljnu institucionalnu i organizacionu spremnost za takav poduhvat. Zato i Forum 2015 treba posmatrati kao nastavak napora, da se ipak planirani ciljevi dostignu u razumnom periodu. Ovogodišnja programska tematika treba da odgovori izazovima u primeni čistih energetske tehnologija u aktuelnim uslovima, kroz predočavanje uspešnih i već primenjenih rešenja, međunarodno partnerstvo i traženje najoptimalnijeg načina u finansiranju započetih i otvaranju novih projekata u sektoru energetike.

Regionalna i nacionalna pasivnost u pristupanju sredstvima iz evropskog mega projekta "HORIZONT 2020" mora da nas zabrine, ali i pokrene našu dodatnu međudržavnu saradnju i obezbeđenje lokalnim samoupravama neophodnu znanstvenu i operativnu pomoć. Istovremeno, razvoj u oblasti energetske efikasnosti i primeni obnovljivih izvora energije, Forum 2015 planira da kontinuirano razmatra kao društveni i tehnološki prioritet. Republika Srbija, po mnogim indikatorima, još uvek značajno zaostaje u stvaranju sopstvene efikasne energetske politike, sposobne da obezbedi njenu realnu održivu razvoju budućnost, koju danas uspešno ostvaruju zemlje EU. To zahteva značajnije bolju organizaciju upravljanja, efektni energetske menadžment i napor za promenu ponašanja potrošača energije i usvajanje imperativa stalne energetske štednje.

Prvi dan Forumu biće posvećen razmatranju i aktualizaciji postignutih rezultata u odnosu na postojeću strategijsku osnovu energetske politike i održivog razvoja Republike Srbije, kao i sagledavanju iskustava zemalja regiona i EU i prezentacijama radova po pozivu. Programski odbor će u direktnim kontaktima sa autorima odabrati teme, koje će biti predložene za prezentaciju i objavljivanje u naučnim časopisima i na naučnim portalima. U svim radnim sesijama, nakon prezentacija biće otvorene panel diskusije, koje u konačnom zajedničkom zaključku treba da ponude jasne poruke o mogućem dinamičnijem održivom razvoju energetskeg sektora u Srbiji i regionu Jugoistočne Evrope do 2020. godine. Drugi dan Forumu, uz kopokroviteljstvo Privredne komore Vojvodine, posebno će biti usmeren na razmatranje ostvarenih poslovnih projekata iz zemlje i inostranstva, kao i B2B sastanke potencijalnih partnera. Takođe, tokom drugog dana uz podršku Nacionalnog naftnog komiteta Srbije – Svetskog naftnog saveta, biće otvoren panel na aktuelnu temu „Nafta u energetskekom miksu nakon 2020. godine“.

Pozivamo Vas, da učestvujete na ovogodišnjem IX Forumu "ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020" i date svoj doprinos u kreiranju vizije energetske budućnosti, poslovnih projekata i jačanju međusobnih odnosa i energetske bezbednosti Republike Srbije i zemalja regiona Jugoistočne Evrope.

S poštovanjem,

Dr Tihomir Simić, predsedavajući Forumu
Ivo Vajgl, kopredsedavajući Forumu

Ladies and gentlemen and dear friends,

Reaching the strategic horizon of anticipated development of the European Union (EU) until 2020 is in the final stage of implementation. Preset objectives in the most important segments for raising the quality of life of citizens and ensuring continuous sustainable progressive development of the European society do not have alternatives any more. The degree of individual and collective understanding of absolute need that overcoming of current challenges in the future and sustainable human development can be achieved only by deep systemic, normative and technological changes has reached the level of generally accepted standards and their application in the large family of European nations has already ensured exceptional results.

The Republic of Serbia as a country in the process of EU accession has very clearly defined processes that should enable full compatibility with future European partners. The legal framework of the Energy Community of which the Republic of Serbia is a member encompasses electricity, gas, renewable energy sources, energy efficiency, oil, environmental protection, competition and statistics. By implementing the provisions of the Energy Community's legal framework, we are creating stable and harmonized regulatory framework and market space.

This year's determination of the Program Committee of the International Forum on Clean Energy Technologies (Forum) to focus the SEE Countries and the Republic of Serbia on concrete and plastic identification of expected sustainable energy development and up to now achieved starting points on the way towards preset objectives for 2020 seems to be a logical priority. With this aim in particular, and as a symbol of adopted national need to constantly compare what has been achieved with what has been planned, this year's Forum - ninth in a turn to be held in Novi Sad from 29th to 30th September 2015 under the auspices of the Assembly of the Autonomous Province of Vojvodina, will be called "SERBIAN ENERGY HORIZON 2020".

It is our common vision that the 2015 Forum "SERBIAN ENERGY HORIZON 2020" and the credibility of presented concepts, technological solutions and scientific works will encourage the use of available potentials in these regions and stimulate further cooperation and development of the energy sector in the SEE Countries. The last year's Forum called Energy Charter tried to initiate general and comprehensive action in vertical and horizontal linking of stakeholders in the field of energy efficiency in local self-governments. However, all activities undertaken in the period after the 2014 Forum only show our insufficient institutional and organizational readiness for such an attempt. Therefore, this year's Forum should be seen as the continuation of efforts to reach planned objectives within a reasonable period of time. This year's program topics should provide answers for challenges in applying clean energy technologies under current circumstances by means of presenting successful and already applied solutions, international partnerships and by seeking the most favorable way to finance initiated projects and to create new ones in the energy sector.

We should be worried because of the regional and national passivity in the use of funds from the European mega project "Horizon 2020" and try to initiate additional cooperation among countries and provide necessary expertise and operational assistance to local self-governments. At the same time, the 2015 Forum is planning to consider the development in the area of energy efficiency and the use of renewable energy sources as a social and technological priority. The Republic of Serbia, according to many indicators, still considerably lags behind with reference to the creation of its own energy efficiency policy that will be able to ensure the country's realistic and sustainable development in the future that has been successfully achieved in EU countries today. This requires much better organization of governance, effective energy management and efforts to change the behavior of energy users and to adopt imperatives of permanent energy saving.

The first day of the Forum will be devoted to discussions and actualization of achieved results in relation to the existing strategic basis of the energy policy and sustainable development of the Republic of Serbia, as well as to considerations of experiences of countries in the region and in the EU and the presentation of papers by invitation. The Program Committee will directly contact authors and select topics that will be proposed for presentation and publication in scientific journals and at scientific portals. In all working sessions, panel discussions will be opened after presentations. These discussions should provide clear messages in final joint conclusions for possible more dynamic sustainable development of the energy sector in Serbia and in the region of Southeast Europe until 2020. The second day of the Forum, with the co-auspice of the Vojvodina Chamber of Commerce, will be particularly focused on the consideration of realized business projects in the country and abroad, as well as to B2B meetings with potential partners. Also, during the second day, a panel will be opened relevant to the important topic "Oil in the Energy Mix after 2020" with the support of the National Petroleum Committee of Serbia - World Petroleum Council.

We take this opportunity to invite you to participate in this year's IX Forum "SERBIAN ENERGY HORIZON 2020" and to give your contribution in creating the vision of energy future, business projects and strengthening mutual relations and energy security of the Republic of Serbia and the SEE Countries.

Respectfully yours,

Tihomir Simić, PhD, Chairman of the Forum
Ivo Vajgl, Co-Chairman of the Forum

POKROVITELJI FORUMA/*FORUM IS SUPPORTED BY*



Republika Srbija
Autonomna Pokrajina Vojvodina
Skupština Autonomne Pokrajine Vojvodine/
Republic of Serbia
Autonomous Province of Vojvodina
Assembly of Autonomous Province of Vojvodina



Nacionalni naftni komitet Srbije – Svetskog naftnog saveta
National Petroleum Committee of Serbia –



1919
Privredna komora Vojvodine/
Chamber of Economy of Vojvodina



Energetski inovacioni centar
TESLIANUM/
Energy Innovation Center TESLIANUM



Društvo termičara Srbije/
Society of Thermal Engineers of
Serbia

FORUM ORGANIZUJU/*FORUM IS ORGANIZED BY*



INSTITUTE FOR EUROPEAN AFFAIRS



Faculty of Technical Sciences
Novi Sad

PROGRAMSKI ODBOR FORUMA/FORUM PROGRAM COMMITTEE

Dr Tihomir Simić	Predsedavajući Foruma/ <i>Chairman of the Forum</i>
Ivo Vajgl	Kopredsedavajući Foruma, INEA – Institut za evropske poslove, Diseldorf, Nemačka/ <i>Co-Chairman of the Forum, INEA – Institute for European Affairs, Dusseldorf, Germany</i>
Prof. dr Dušan Gvozdenac	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Dušan Nikolić	Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Rade Doroslovački	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Slobodan Sokolović	Nacionalni naftni komitet Srbije, Beograd, Srbija/ <i>National Petroleum Committee of Serbia, Belgrade, Serbia</i>
Prof. dr Milan Radovanović	Društvo termičara Srbije, Beograd, Srbija/ <i>Society of Thermal Engineers of Serbia, Belgrade, Serbia</i>
Ratko Filipović	Privredna komora Vojvodine, Novi Sad, Srbija/ <i>Chamber of Economy of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Vojin Grković	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>

ORGANIZACIONI ODBOR FORUMA/FORUM ORGANIZING COMMITTEE

Marijana Cupać, mast.inž.menadžm.	Izvršni direktor Foruma/ <i>Executive Director of the Forum</i>
Doc. dr Damir Đaković	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Branka Gvozdenac Urošević	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Miroslav Kljajić	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Dr Jovan Vujičić	Privredna komora Vojvodine, Novi Sad, Srbija/ <i>Chamber of Economy of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>

NAUČNI ODBOR FORUMA/FORUM SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. dr Dušan Gvozdenac	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Vojin Grković	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Damir Đaković	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Dunja Sokolović	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Branka Gvozdenac Urošević	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Miroslav Kljajić	Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija/ <i>Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>

PUL FORUMA 2015/2015 FORUM POOL

	Privredna komora Vojvodine Hajduk Veljkova 11, 21000 Novi Sad, Srbija +381 21 4803 700; http://www.pkv.rs/
	EPS Distribucija d.o.o. Masarikova 1-3, 11000 Beograd, Srbija +381 11 3616 706; http://www.epsdistribucija.rs/
	Elnos BL d.o.o. Majora Zorana Radosavljevića 372, 11273 Batajnica, Srbija +381 11 7488 769; http://www.elnosbl.com/
	Schneider Electric Serbia d.o.o. Vladimira Popovića 38-40, 11070 Novi Beograd, Srbija +381 11 3773 100; http://www.schneider-electric.rs/
	Schneider Electric DMS NS d.o.o. Novi Sad Narodnog fronta 25 A, B, C, D, 21000 Novi Sad, Srbija +381 21 4883 600; http://www.schneider-electric-dms.com/
	INSTITUT MIHAJLO PUPIN, IMP – AUTOMATIKA d.o.o. Volgina 15, 11000 Beograd, Srbija +381 11 2771 017; http://www.pupin.rs/organizacija-imp/imp-automatika/
	SAGA d.o.o. Milentija Popovića 9, 11070 Beograd, Srbija +381 11 3108 500; http://www.saga.rs/
	LEEN Lernende EnergieEffizienz-Netzwerke Schoenfeldstrasse 8, D-76131 Karlsruhe, Germany +49 (0) 721 961 4490; http://leen.de/
	INTEKOM d.o.o. Španskih boraca 10/8, 11070 Beograd, Srbija +381 11 311 10 17, sasa.nikolic@intekom.rs
	VodaVoda Singapore PTE LTD Block 22, Havelock Road 01 – 711, 16002 Singapore +65 9667 4128; http://www.vodavoda.com/
	COTTON Novi Sad Dunavska 3, 21000 Novi Sad, Srbija +381 21 528 623; http://www.cotton.rs/

MEDIJSKI PARTNERI FORUMA 2015/ 2015 FORUM MEDIA PARTNERS



Program/ Program

Program
Prvi dan (utorak, 29. septembar 2015. godine)
Velika sala, Skupština Autonomne Pokrajine Vojvodine,
Vladike Platona bb, 21000 Novi Sad

PLENARNA SESIJA – ENERGETSKA BEZBEDNOST USLOV ODRŽIVOG RAZVOJA	
8:30 – 9:30	Registracija učesnika
9:30 – 10:30	Svečano otvaranje IX Foruma ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020 Uvodna reč – Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma, Novi Sad, Srbija Pozdravna obraćanja <i>Ivo Vajgl; Predsednik za Jugoistočnu Evropu INEA – Institut za evropske poslove, Diseldorf, Nemačka</i> <i>Ljubo Mačić; Predsednik Saveta Agencije za energetiku Republike Srbije, Beograd, Srbija</i> <i>Bogdan Laban; Direktor EPS Distribucije, Beograd, Srbija</i> <i>Rade Doroslovački; Dekan Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija</i> <i>Petar Škundrić; Predsednik Nacionalnog naftnog komiteta Srbije – Svetskog naftnog saveta</i> <i>Leo D'Aes; Nj. E. Ambasador Kraljevine Belgije u Srbiji, Beograd, Srbija</i> <i>Attila Pinter; Nj. E. Ambasador Mađarske u Srbiji, Beograd, Srbija</i> <i>Nenad Stanković; Pokrajinski sekretar za energetiku i mineralne sirovine, Novi Sad, Srbija</i> <i>Ištvan Pastor; Predsednik Skupštine AP Vojvodine, Novi Sad, Srbija</i> Otvaranje Foruma – Zorana Mihajlović; Potpredsednik Vlade Republike Srbije, Beograd, Srbija Zajednička fotografija (hol Skupštine) Konferencija za medije
10:30 – 11:00	Pauza za kafu
PRVA RADNA SESIJA – ENERGETSKI HORIZONT SRBIJE 2020	
11:00 – 11:20	ENERGETSKA BEZBEDNOST SRBIJE – USLOV ODRŽIVOG RAZVOJA <i>Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma o čistim energetske tehnologijama, Novi Sad, Srbija</i>
11:20 – 11:40	PREDNOSTI, SLABOSTI, MOGUĆNOSTI I PRETNJE ČISTIH ENERGETSKIH TEHNOLOGIJA ZA SRBIJU I SLIČNE ZEMLJE: POGLED IZ EU <i>Jean-Marie Bemtgen; Evropska komisija, Direkcija za energetiku, Brisel, Belgija</i>
11:40 – 12:00	RAZVOJNA POLITIKA REPUBLIKE SRBIJE U OBLASTI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE DO 2020. GODINE <i>Vesna Simić; Ministarstvo rudarstva i energetike u Vladi Republike Srbije, Beograd, Srbija</i>
12:00 – 12:20	AKTIVNOSTI POKRAJINSKOG SEKRETARIJATA ZA ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE APV NA REALIZACIJI STRATEGIJE RAZVOJA ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE U DELU POVEĆANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI I KORIŠĆENJA OIE <i>Nenad Stanković; Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine, Novi Sad, Srbija</i>
12:20 – 12:40	RAZVOJ TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE I PRIRODNOG GASA U SRBIJI <i>Ljiljana Hadžibabić; Agencija za energetiku Republike Srbije, Beograd, Srbija</i>
12:40 – 13:00	LEEN CONCEPT: POKRETAČKA SNAGA ODRŽIVOG RAZVOJA ZEMLJE <i>Eberhard Jochem, Mirjana Prljević, Michael Mai, Ursula Mielicke; Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, Karlsruhe, Nemačka; Energy Innovation Center TESLIANUM, Beograd, Srbija; Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, IREES, Karlsruhe, Nemačka; Fraunhofer Institute for Systems & Innovation Research, Karlsruhe, Nemačka</i>
13:00 – 13:20	CENTRALIZOVANI SISTEM ZA UPRAVLJANJE MIKROMREŽAMA <i>Aleksandar Selakov; Schneider Electric DMS NS, Novi Sad, Srbija</i>
13:20 – 14:00	Koktel (Poslanički klub Skupštine Vojvodine)
DRUGA RADNA SESIJA – MOGUĆNOSTI MASOVNE PRIMENE ENERGETSKIH TEHNOLOGIJA	
14:00 – 14:20	ENERGETSKI EFIKASNE MREŽE KOJE UČE (LEARNING ENERGY EFFICIENCY NETWORKS - LEEN) NA ZAPADNOM BALKANU - KONCEPT I PROCENA ISHODA

- 14:20 – 14:40 *Mirko Krück; LEEN Gmbh, Karlsruhe, Nemačka*
INVESTICIONI PROJEKTI JP "SRBIJAGAS"
- 14:40 – 15:00 *Milan Zdravković; JP „SRBIJAGAS“, Novi Sad, Srbija*
ICT TEHNOLOGIJE ZA ENERGETSKI EFIKASNE AERODROME
- 15:00 – 15:20 *Nikola Tomašević, Marko Batić; Institut Mihajlo Pupin, Beograd, Srbija*
**SISTEMI GRADSKOG GREJANJA NA BIOMASU - ZAMENA FOSILNIH GORIVA
BIOMASOM AGRO ILI DRVNOG POREKLA**
- Predstavnik ELNOS Group: Nebojša Rakočević, direktor IEE, Novi Sad; ELNOS Group,
Beograd, Srbija*
- 15:20 – 15:40 **ENERGETSKA EFIKASNOST KAO POKRETAČ GRAĐEVINSKOG SEKTORA – PROGRAMI
ENERGETSKE OBNOVE ZGRADA U HRVATSKOJ**
- Ana Pavičić Kaselj; Centar za urbani i teritorijalni razvoj, Zagreb, Hrvatska*
- 15:40 – 16:00 **TRENDOVI UPOTREBE ICT TEHNOLOGIJA U POBOLJŠANJU ENERGETSKE
EFIKASNOSTI**
- Valentina Milenković; Saga, Beograd, Srbija*
- 16:00 – 16:30 **Diskusija, zaključak i poruka javnosti**

Drugi dan (sreda, 30. septembar 2015.)
Velika sala, Privredna komora Vojvodine,
Hajduk Veljkova 11, 21000 Novi Sad

TREĆA RADNA SESIJA	
PREZENTOVANJE STRUČNIH RADOVA IZ OBLASTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI, OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE I UPRAVLJANJA ENERGIJOM	
9:30 – 9:35	OBRAĆANJE PREDSEDAVAJUĆEG FORUMA <i>Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma, Novi Sad, Srbija</i>
9:35 – 9:40	POZDRAVNA REČ <i>Ratko Filipović; Predsednik Privredne komore Vojvodine, Novi Sad, Srbija</i>
9:40 – 9:50	AUTOMATIZACIJA MREŽE KAO ZNAČAJAN FAKTOR POVEĆANJA POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE U ELEKTROVOJVODINI <i>Aleksandar Bošković, Bratislava Radmilović; EPS Distribucija - Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija</i>
9:50 – 10:00	TELEKOMUNIKACIONA INFRASTRUKTURA ZA POTREBE AUTOMATIZACIJE DEES <i>Slavko Dubačkić, Aleksandar Bošković; EPS Distribucija - Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija</i>
10:00 – 10:10	SISTEM ZA ELIMINACIJU NETEHNIČKIH GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE – DRUGA FAZA <i>Vladimir Kulpinski; EPS Distribucija - Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija</i>
10:10 – 10:20	UTICAJ CENA ENERGENATA NA POTROŠNJU PRIMARNE ENERGIJE PRI FINANSIJSKI OPTIMALNOM RADU ENERGETSKIH SISTEMA <i>Mirko Stojiljković, Marko Ignjatović, Goran Vučković; Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, Srbija</i>
10:20 – 10:30	MOGUĆI NAČINI SUŠENJA LIGNITA <i>Damir Đaković, Vojin Grković, Momčilo Spasojević; Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, Srbija</i>
10:30 – 10:40	UTICAJ CENTRALNE I LOKALNE REGULACIJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA NA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH PERFORMANSI ZGRADA <i>Davor Andrašić; JKP Subotička toplana, Subotica, Srbija</i>
10:40 – 10:50	ELEKTRONSKA PISARNICA – SmartELPIS <i>Ivana Ružičić; SMART Novi Sad – SAGA Beograd, Srbija</i>
10:50 – 11:00	Pauza za kafu

ČETVRTA RADNA SESIJA
TEHNOLOŠKI I INVESTICIONI OSNOVI PRIMENE SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA
NA BIOMASU –
SISTEM „KLJUČ U RUKE“

Moderator: Nebojša Rakočević, IEE d.o.o. Novi Sad, ELNOS GROUP

- 11:00 – 12:30 **LOGISTIKA BIOMASE** – *Milan Skočić, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska*
PROJEKTOVANJE – *Nebojša Rakočević, IEE GROUP, Novi Sad, Srbija*
IZVOĐENJE RADOVA – *Dragiša Zečević, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska*
PUŠTANJE U RAD POSTROJENJA – *Dragiša Zečević, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska*
FINANSIRANJE – *Aleksandar Grabovac, Komercijalna banka, Beograd, Srbija*
GRANT – WEBSEFF – *Svjetlana Opačić, E3 International/WebSEFF team, Beograd, Srbija*
Diskusija

12:30 – 13:00 **Pauza za kafu**

PETA RADNA SESIJA
NAFTNA INDUSTRIJA NAKON 2050.

Moderator: Slobodan Sokolović, Nacionalni naftni komitet Srbije, Beograd, Srbija

- 13:00 – 14:30 **Sesiju organizuje Nacionalni naftni komitet Srbije – Svetskog naftnog saveta**
Panelisti:
Aleš Peternel; Slovenski nacionalni naftno-plinski komitet – Svetskog naftno-plinskog saveta (SNNK), Ljubljana, Slovenija
Costis Stambolis; Institut za energiju Jugoistočne Evrope (IENE), Atina, Grčka
Goran Radosavljević; Nacionalni naftni komitet Srbije – Svetskog naftnog saveta (NNKS), Beograd, Srbija
Petar Gonja; Standard Gas, Novi Sad, Srbija

Koktel

ZAVRŠNA SESIJA – ZAKLJUČCI I SVEČANO ZATVARANJE IX FORUMA O ČISTIM
ENERGETSKIM TEHNOLOGIJAMA

Predsedavajući Foruma: Tihomir Simić, Novi Sad, Srbija

Program
First Day (Tuesday, 29th September 2015)
Central Hall, Assembly of the Autonomous Province of Vojvodina,
Vladike Platona bb, 21000 Novi Sad

PLENARY SESSION – ENERGY SECURITY A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT	
8:30 – 9:30	Registration of participants
9:30 – 10:30	Opening Ceremony of the IX Forum SERBIAN ENERGY HORIZON 2020 Introductory Speech – Tihomir Simić; Chairman of the Forum, Novi Sad, Serbia Welcome Speeches <i>Ivo Vajgl; President for South East Europe of INEA – Institute for European Affairs, Dusseldorf, Germany</i> <i>Ljubo Mačić; President of the Council of the Energy Agency of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia</i> <i>Bogdan Laban; Managing Director of EPS Distribution, Belgrade, Serbia</i> <i>Rade Doroslovački; Dean of the Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i> <i>Petar Škundrić; President of the National Petroleum Committee of Serbia – World Petroleum Council</i> <i>Leo D'Aes; His Excellency, Ambassador of the Kingdom of Belgium to Serbia, Belgrade, Serbia</i> <i>Attila Pintér; His Excellency, Ambassador of Hungary to Serbia, Belgrade, Serbia</i> <i>Nenad Stanković; Provincial secretary for energy and mineral resources, Novi Sad, Serbia</i> <i>István Pásztor; President of the Assembly of the Autonomous Province of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i> Opening of the Forum – Zorana Mihajlović; Deputy Prime Minister of the Serbian Government, Belgrade, Serbia Joint Photograph (Central Hall) Press Conference
10:30 – 11:00	Coffee Break
FIRST WORKING SESSION – SERBIAN ENERGY HORIZON 2020	
11:00 – 11:20	ENERGY SECURITY – BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT <i>Tihomir Simić; Chairman of the Forum on Clean Energy Technologies, Novi Sad, Serbia</i>
11:20 – 11:40	STRENGTHS, WEAKNESSES, OPPORTUNITIES AND THREATS OF CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES FOR SERBIA AND SIMILAR COUNTRIES: A VIEW FROM THE EU <i>Jean-Marie Bemtgen; European Commission, Energy Directorate, Brussels, Belgium</i>
11:40 – 12:00	DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE REPUBLIC OF SERBIA <i>Vesna Simić; Ministry of Mining and Energy of the Serbian Government, Belgrade, Serbia</i>
12:00 – 12:20	ACTIVITIES OF THE PROVINCIAL SECRETARIAT FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES APV ON THE REALIZATION OF THE ENERGY DEVELOPMENT STRATEGY OF THE REPUBLIC OF SERBIA <i>Nenad Stanković; Provincial Secretariat for Energy and Mineral Resources, Novi Sad, Serbia</i>
12:20 – 12:40	ELECTRICITY AND GAS MARKET DEVELOPMENT IN SERBIA <i>Ljiljana Hadžibabić; Energy Agency of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia</i>
12:40 – 13:00	LEEN CONCEPT: DRIVING FORCE OF SUSTAINABLE COUNTRY DEVELOPMENT <i>Eberhard Jochem, Mirjana Prljević, Michael Mai, Ursula Mielicke; Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, Karlsruhe, Germany; Energy Innovation Center TESLIANUM, Belgrade, Serbia; Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, IREES, Karlsruhe, Germany; Fraunhofer Institute for Systems & Innovation Research, Karlsruhe, Germany</i>
13:00 – 13:20	CENTRALIZED SYSTEM FOR MICROGRID MANAGEMENT <i>Aleksandar Selakov; Schneider Electric DMS NS, Novi Sad, Serbia</i>
13:20 – 14:00	Coctail (Vojvodina Assembly Representatives Club)

SECOND WORKING SESSION – POSSIBILITIES FOR MASSIVE USE OF ENERGY TECHNOLOGIES

14:00 – 14:20	LEARNING ENERGY EFFICIENCY NETWORKS (LEEN) IN THE WESTERN BALKANS - CONCEPT & ESTIMATED OUTCOMES <i>Mirko Krück; LEEN Gmbh, Karlsruhe, Germany</i>
14:20 – 14:40	INVESTMENT PROJECTS OF PU “SRBIJAGAS” <i>Milan Zdravković; JP „SRBIJAGAS“, Novi Sad, Serbia</i>
14:40 – 15:00	ICT TECHNOLOGIES FOR ENERGY EFFICIENT AIRPORTS <i>Nikola Tomašević, Marko Batić; Institute Mihajlo Pupin, Belgrade, Serbia</i>
15:00 – 15:20	SYSTEMS OF DISTRICT HEATING ON BIOMASS – REPLACEMENT OF FOSSIL FUELS BY AGRICULTURAL OR WOOD BIOMASS <i>Representative of the ELNOS Group: CEO of IEE Srbija Nebojša Rakočević; Belgrade, Serbia</i>
15:20 – 15:40	ENERGY EFFICIENCY AS A DRIVER OF BUILDING CONSTRUCTION SECTOR – PROGRAM OF ENERGY REFURBISHMENT OF BUILDINGS IN CROATIA <i>Ana Pavičić Kaselj; Center for Urban and Territorial Development, Zagreb, Croatia</i>
15:40 – 16:00	TRENDS OF USE OF ICT TECHNOLOGIES IN IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY <i>Valentina Milenković; Saga, Belgrade, Serbia</i>
16:00 – 16:30	Discussion, conclusions and message for the public

Second Day (Wednesday, 30th September 2015)
Main Hall, Chamber of Economy of Vojvodina,
Hajduk Veljkova Street 11, 21000 Novi Sad

THIRD WORKING SESSION	
PRESENTATION OF PAPERS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY, RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ENERGY MANAGEMENT	
9:30 – 9:35	ADDRESS OF THE FORUM'S CHAIRMAN <i>Tihomir Simić; Chairman of the Forum, Novi Sad, Serbia</i>
9:35 – 9:40	WELCOME SPEECH <i>Ratko Filipović; President of the Chamber of Economy of Vojvodina</i>
9:40 – 9:50	AUTOMATION OF NETWORKS AS AN IMPORTANT FACTOR FOR INCREASING RELIABILITY OF ELECTRICITY DISTRIBUTION GRID OF ELEKTROVOJVODINA <i>Aleksandar Bošković, Bratislava Radmilović; EPS Distribution - Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
9:50 – 10:00	TELECOMMUNICATION INFRASTRUCTURE FOR DEES AUTOMATION <i>Slavko Dubačkić, Aleksandar Bošković; EPS Distribution - Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
10:00 – 10:10	SYSTEM FOR ELIMINATION OF NON-TECHNICAL ELECTRICITY LOSSES – SECOND STAGE <i>Vladimir Kulpinski; EPS Distribution - Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
10:10 – 10:20	IMPACT OF ENERGY PRICES ON PRIMARY ENERGY CONSUMPTION UNDER COST-OPTIMAL OPERATION OF ENERGY SYSTEMS <i>Mirko Stojiljković, Marko Ignjatović, Goran Vučković; University in Niš, Mechanical Engineering Faculty, Niš, Serbia</i>
10:20 – 10:30	POSSIBILITIES OF LIGNITE DRYING <i>Damir Djaković, Vojin Grković, Momčilo Spasojević; Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
10:30 – 10:40	INFLUENCE OF CENTRAL AND LOCAL REGULATION IN DISTRICT HEATING SYSTEMS ON IMPROVING BUILDINGS ENERGY PERFORMANCE <i>Davor Andrašić; Public Communal Enterprise "Subotička Toplana", Subotica, Serbia</i>
10:40 – 10:50	SMART ELPIS - DIGITAL DOCUMENT REGISTRY <i>Ivana Ružičić; SMART Novi Sad – SAGA Belgrade, Serbia</i>
10:50 – 11:00	Coffee Break

FOURTH WORKING SESSION SISTEMI GRADSKOG GREJANJA NA BIOMASU - ZAMENA FOSILNIH GORIVA BIOMASOM AGRO ILI DRVNOG POREKLA Moderator: Nebojša Rakočević, IEE d.o.o. Novi Sad, ELNOS GROUP	
11:00 – 12:30	BIOMASS LOGISTICS – <i>Milan Skočić, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska</i> DESIGN – <i>Nebojša Rakočević, IEE GROUP, Novi Sad, Serbia</i> CONSTRUCTION – <i>Dragiša Zečević, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska</i> COMMISSIONING – <i>Dragiša Zečević, IEE GROUP, Banja Luka, Republika Srpska</i> FINANCING – <i>Aleksandar Grabovac, Komercijalna banka, Belgrade, Serbia</i> GRANT – <i>WEBSEFF –Svjetlana Opačić, E3 International/WeBSEFF team, Belgrade, Serbia</i> Discussion
12:30 – 13:00	Coffee Break
FIFTH WORKING SESSION OIL INDUSTRY BEYOND 2050 Moderator: Slobodan Sokolović, National Petroleum Committee of Serbia, Belgrade, Serbia	
13:00 – 14:30	The Session is organized by the National Petroleum Committee of Serbia – World Petroleum Council Panelists: Aleš Peternel; <i>Slovenian Petroleum and Gas Committee – World Petroleum and Gas Council, Ljubljana, Slovenia</i> Costis Stambolis; <i>Institute of Energy for South-East Europe, Athens, Greece</i> Goran Radosavljević; <i>National Petroleum Committee of Serbia – World Petroleum Council, Belgrade, Serbia</i> Petar Gonja; <i>Standard Gas, Novi Sad, Serbia</i> Cocktail
FINAL SESSION – CONCLUSIONS AND CLOSING CEREMONY OF THE IX FORUM FOR CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES Chairman of the Forum: Tihomir Simić, Novi Sad, Serbia	

ENERGETSKA BEZBEDNOST – OSNOVA ODRŽIVOG RAZVOJA ENERGY SECURITY – BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Tihomir SIMIĆ

Međunarodni forum o čistim energetske tehnologijama, Novi Sad, Republika Srbija

International Forum for Clean Energy Technologies, Novi Sad, Republic of Serbia

email: tihomir.simic@eunet.rs

Abstract: Energy security of each country represents a strategic basis for planning its own sustainable development. The care for energy security represents both the beginning and the end of all deliberations about the improvement of the standard of living, about modern and developed economy and employment for all those who are today with visible fear waiting for each new day. The growth of all relevant performance indicators regarding energy security has occurred in neighboring countries which have managed to launch comprehensive state and social actions aimed at the improvement of energy efficiency, more massive use of renewable energy sources, commitment to the use of clean energy technologies and the adoption of synchronized operational plans for energy development at all levels, from local self-governments to national governments. At the same time, this process has been accompanied by the introduction of continuous education programs for energy managers in local self-governments and industry, as well as by the establishment of regional teams of educators relied on educational institutions and research institutes at their territories.

However, Serbia does not have this additional level of general national action and joint and distinctive motivation to ensure its very much needed, more progressive and sustainable development by means of knowledge and obvious interest for savings and technological achievements. The European Union Development Plan until 2020 is uncompromisingly focused on principles and objectives designed in the above manner. In this Plan, energy is the backbone of the “EUROPE 2020”. At the same time, the Republic of Serbia with the highest authorities of its state policy should not allow to lose even one kWh that can be generated by means of clean technologies from renewable sources such as water, wind, sun, biomass, hydrothermal water and geothermal potentials and by the use of intensive measures to increase energy efficiency. The energy security of the South East Europe and its round up is not possible without equal and decisive joint efforts to achieve desired results in all countries. Only in this way, we can contribute to the overall progress of our country and to the fulfillment of a burning national desire that our long-awaited energy security and the future, projected on the horizon Serbia 2020, finally becomes our live and better reality. The energy separation today, represents certain economic and investment loneliness tomorrow.

Key words: *Energy Security; Horizon 2020; Sustainable Development*

Apstrakt: Energetska bezbednost regiona Jugoistočne Evrope i njegova logična interesna zaokruženost nije moguća bez podjednkih i odlučnih zajedničkih napora u postizanju željenih ciljeva svih zemalja. Energetska odvojenost danas, predstavlja sigurnu ekonomsku i investicionu usamljenost sutra. Republika Srbija to ne može sebi dozvoliti, jer njena istorija i tradicija, njeni potencijali i prepoznatljivost kao kapacitivnog strateškog partnera, ni po koju cenu ne smeju ostati neiskorišćeni. Samo na takav način se može doprineti opštem napretku zemlje i ispunjenju goruće nacionalne želje, da dugo očekivana energetska bezbednost i održiva razvojna budućnost Republike Srbije i regiona Jugoistočne Evrope, projektovana na horizontu 2020. godine najzad može postati živa i bolja stvarnost.

Ključne reči: *Republika Srbija, energetska bezbednost, održivi razvoj, energetska efikasnost*

UVOD

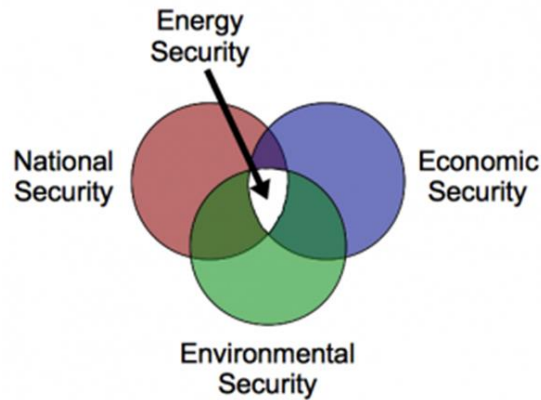
U svetlu aktuelnih geopolitičkih događanja, posmatranih kroz matricu prioriteta sa kojima se može obezbediti održivi razvoj, problem zadovoljavanja energetske potrebe svakako zauzima najviše mesto. Danas se često u akademskim i javnim raspravama postavljaju retoričke dileme, kojim se od sledećih resursa – vodi, hrani ili energiji, treba pristupiti kao prioriteta za rešavanje i uspostavljanje održivog razvoja čovečanstva. Ako bi se kao kriterijum za određivanje važnosti uzele posledice koje su direktno izazvane nedostatkom jednog ili više od nabrojanih resursa, osnovni princip humanosti bi nas svakako naveo da se opredelimo za vodu i hranu kao prioritete. Međutim, svaka ozbiljnija analiza koja, osim posmatranja prioriteta koji proizilaze iz zadovoljavanja osnovnih ljudskih potreba u obzir uzima i sveukupnost zavisnosti funkcionisanja čovečanstva kao celine, bezrezervno resurs energije postavlja kao ultimativni prioritet za rešavanje u XXI veku. Dokazivati, da je pod uslovom da raspoložemo neograničenim količinama energije, moguće uspešno stvarati i distribuirati vodu i hranu po celoj planeti prema potrebama stanovništva koje je naseljava, gubitak je vremena i jalovo intelektualno nadmudrivanje. Samo jedna, sada već davno potvrđena istorijska činjenica, a aktuelnim dešavanjima i trajno pozicionirana, govori nam da je intencija za raspolaganje i kontrolu resursima energije bila i ostala realan rizik većine velikih ratnih sukoba. Voda i hrana još uvek, bez obzira na njihove nestašice i katastrofične posledice, nisu resursi koji mogu pokrenuti globalne tektonske poremećaje u funkcionisanju savremene civilizacije, kao što bi to prouzrokovala radikalnija nestašica energije.

Uvažavajući sve izazove koji opterećuju održivi razvoj čovečanstva, uspostavljanje balansa između sve većih rastućih potreba za energijom, odnosa onih koji izvorima energije raspolazu i onih koji ih nemaju, uspešnije zaštite životne sredine i zaustavljanja progresivnih posledica klimatskih promena, moraju mobilisati čitavo čovečanstvo na zajedničko delovanje i rešavanje ovog civilizacijskog problema broj jedan. Pitanja, kakvi su globalni trendovi, koliko se brzo i sa kakvim posledicama primičemo iscrpljenju fosilnih rezervi energenata, šta su alternative i kako postupati sa masovnom primenom čistih energetske tehnologije i korišćenjem obnovljivih izvora energije i gde se u svemu tome nalazi Republika Srbija i kakve efekte na njen održivi razvoj može imati resurs energije, tema je koju razmatramo.

POJAM ENERGETSKE BEZBEDNOSTI I ZNAČAJ NJENOG DEFINISANJA

Energetska bezbednost i percepcija njenog značenja i obuhvata faktora koje ujedinjuje, u velikoj većini savremenih primera determiniše i ozbiljnost zemalja i institucija koje je sprovode u cilju obezbeđenja sopstvenog neprekidnog nacionalnog održivog razvoja. Nažalost, u redovnoj tekućoj komunikaciji i praksi, pojam energetske sigurnosti, koja se već decenijama primarno uzima za merilo stabilnosti i kontinuiteta snabdevanja energentima u skladu sa potrebama, meša se sa kompleksnim sadržajem i značenjem pojma energetske bezbednosti. Takvo zamenjivanje pojmova nije samo retoričko pitanje, jer ono prouzrokuje izostanak čitavog niza neophodnih i važnih procesa koji čine sveobuhvatno i efikasno prepoznavanje stepena zaštićenosti mirnog i uspešnog nacionalnog održivog razvoja kao strateškog imperativa i cilja.

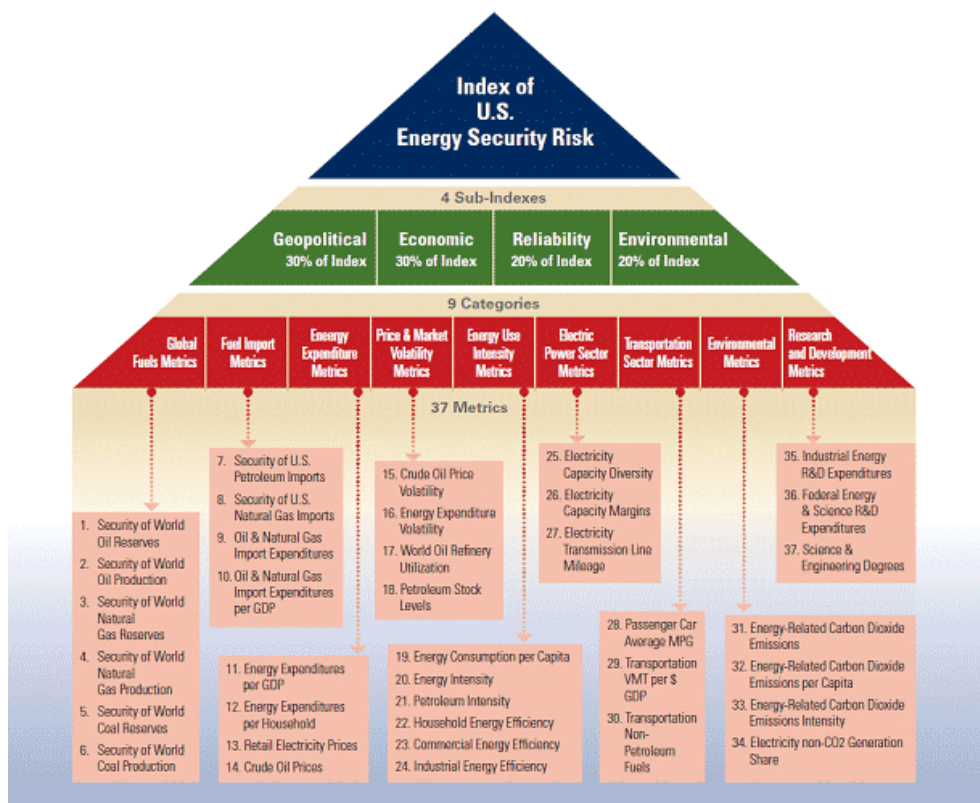
Načelno, oblast energetske bezbednosti možemo definisati kao presečno polje faktora koje u međusobnoj korelaciji i uticaju prouzrokuju nacionalna bezbednost, ekonomska bezbednost i bezbednost životne sredine. Na slici 1. prikazana je međusobna povezanost i preklapanje nabrojanih oblasti iz čije se međusobne interakcije može definisati i konkretizovati stepen ili indeks energetske bezbednosti.



Slika 1. Identifikacija oblasti energetske bezbednosti (IEA)

Što je detaljnija i realnija definisanost korelacionih faktora iz nabrojanih i međusobno uslovljenih oblasti bezbednosti i što se operativnije i tačnije mogu meriti pragmatični pokazatelji i rizici koji proizilaze iz frekvencije i intenziteta promena koje utiču na njih (klimatskih, političkih, geostrateških, tehnoloških i drugih promena), utoliko je procena indeksa energetske bezbednosti tačnija i pouzdanija. Činjenica je da sve razvijene zemlje sveta, energetske bezbednost posmatraju kao jednu od ključnih oblasti mogućeg ugrožavanja sopstvenog održivog funkcionisanja i razvoja, i kao takvoj joj posvećuju posebnu pažnju. Istorijska iskustva iz ranijih svetskih energetske kriza i ratova vođenih za prevlast i kontrolu energetske resursa, stoje kao stalno upozorenje na moguće scenarije destabilizacije mira i održivog razvoja, pa je osnovni mehanizam u zaštiti od posledica iznenadnih ugrožavanja energetske bezbednosti izgrađen u institucionalnom obliku, i instaliran kao sastavni deo radnih procesa najviših organa država.

Ako bismo želeli da primerom pokažemo širinu, dubinu i slojevitost faktora koji se moraju pratiti da bi se postiglo efektivno i efikasno praćenje indeksa energetske bezbednosti, onda je primer metodologije, kao i organizacionih i tehnoloških rešenja koje primenjuje *Vlada SAD (State Department of United States of America)* sigurno jedan od najefikasnijih načina za konstantno praćenje kvalitativnih pokazatelja indeksa energetske bezbednosti. Na slici 2. prikazana je hijerarhija faktora koji su grupisani u 37 merenja, 9 kategorija, 4 podindeksa i konačno sveukupnog indeksa energetske bezbednosnog rizika *SAD-a (Index of U.S. Energy Security Risk)*.



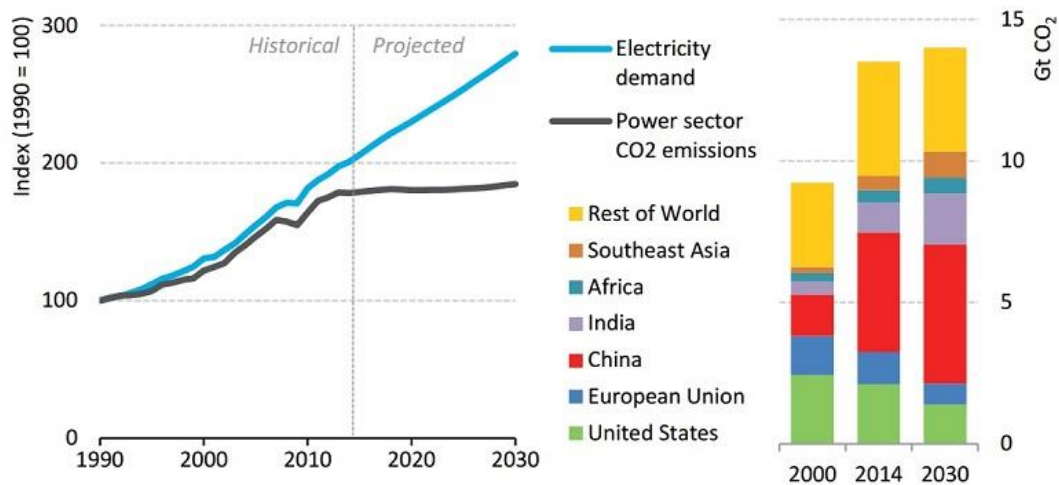
Slika 2. Šematski prikaz indeksa energetske bezbednosnog rizika SAD-a (Index of U.S. Energy Security Risk, U.S. Department of State)

Svakako da je ustanovljavanje i primena ovakvo složenog i razuđenog sistema za praćenje indeksa nacionalne energetske bezbednosti svojstveno samo zemljama čije potrebe to nalažu i čiji materijalni resursi dozvoljavaju. Bez obzira na to, ozbiljnost i brojnost mogućnosti u ugrožavanju energetske bezbednosti u savremenom svetu i fragilnost održivog razvoja, nalaže da se u svim zemljama koje pretenduju da obezbede svoj nesmetani i kontinuirani održivi razvoj, što je moguće pre ustanove sistemski rešenja za praćenje indeksa energetske bezbednosti kao procesa od strateškog nacionalnog značaja.

RAST POTREBA ZA ENERGIJOM, UZROK UGROŽAVANJA ODRŽIVOG RAZVOJA

Indikatori rastuće globalne tražnje za energijom neumoljivo nas suočavaju sa, do skoro, gotovo nezamislivim posledicama koje prate ovakav civilizacijski trend. Svetska potreba za energentima svih vrsta je postala naročito izražena u poslednjoj deceniji prethodnog veka i prvenstveno se vezuje za procese šire disperzije starijih tehnologija iz zemalja nosilaca razvoja uglavnom grupisanih u okviru OECD-a, prvenstveno u zemlje kao što su Kina, Indija i Brazil, kao i deo zemalja Jugoistočne Azije, Južne Afrike i Južne Amerike. Posledice takvog tehnološkog, a time i industrijskog rasta direktno je uticalo na porast potreba za energijom i energentima svih vrsta, a kako su dostupne tehnologije nosile i određenu nesavršenost u procesu korišćenja i zaštiti od zagađenja, otvoreno je i novo polje rizika kao posledica narastanja emisije CO₂ i direktnog uticaja na povećanje zagađenosti životne sredine i ubrzavanje procesa globalnih klimatskih promena. Na slici 3. prikazana je analiza Međunarodne agencije za energetiku (*International Energy Agency*) koja grafički prikazuje međusobne uslovljenosti projektovanih potreba za električnom energijom i emisije CO₂ u periodu od 1990. do 2030. godine po regionima sveta. Već na prvi pogled je očito da se emisija CO₂ smatra jednim od ključnih ugrožavajućih faktora održivog razvoja, a posredno je

rezultat narastajuće želje za uspostavljanje energetske bezbednosti svih velikih i mnogoljudnih zemalja u razvoju, primarno Kine i Indije.



Slika 3. Globalna potreba za električnom energijom u korelaciji sa ukupnom i regionalnom emisijom CO₂ (World electricity demand since 1990, with related total and regional CO₂ emissions, IEA)

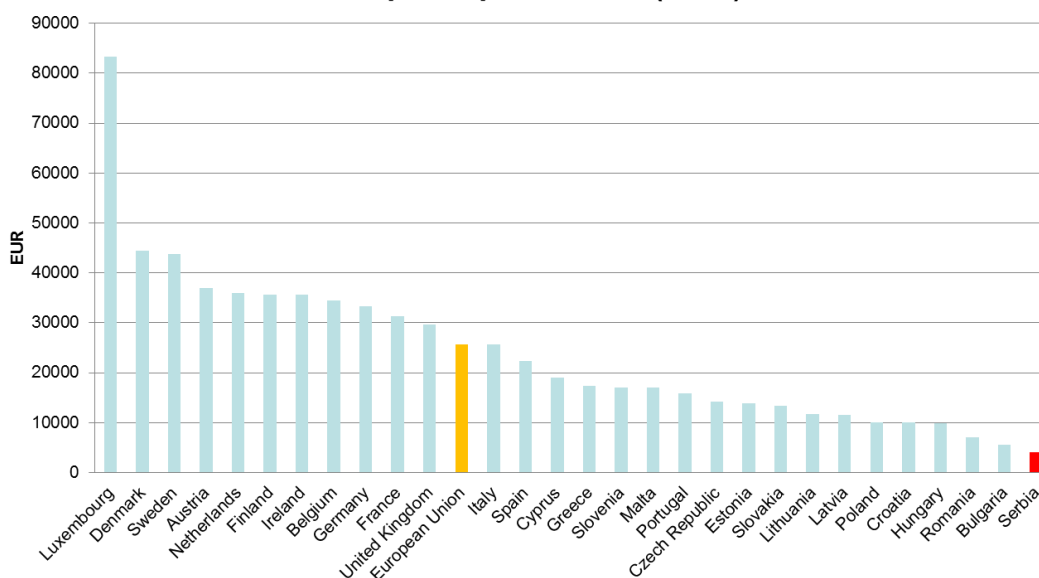
Takođe, očito je da je istorijski gledano emisija CO₂ koja proizilazi iz proizvodnje električne energije do skoro narastala paralelno sa proizvodnjom, ali nove analize Međunarodne energetske agencije pokazuju da bi sa odgovarajućim investicijama, svetska emisija CO₂ u energetske sektoru bila uravnotežena do 2030. godine iako će potrebe za električnom energijom u istom periodu rasti za 40%.

Ovakve predikcije IEA i scenario koji implicira smanjenje štetnosti uticaja emisije CO₂ podrazumevao bi da se na nivou 150 zemalja sveta investira od 2015. do 2030. godine 13,5 triliona USD u oblasti energetske efikasnosti i čistih tehnologija, što je približno 40% vrednosti od ukupnih investicija u energetske sektor.

USLOVLJENOST ODRŽIVOG RAZVOJA SRBIJE ENERGETSKIM SEKTOROM

Kako se ovakva predviđanja reflektuju na energetske bezbednost regiona Jugoistočne Evrope i Republiku Srbiju? Prvi zaključak koji se neminovno nameće je očiti nedostatak sredstava za ozbiljnije investicije u energetske sektoru zemalja regiona, zbog lošeg stanja nacionalnih ekonomija i nemogućnosti samostalnog intenzivnijeg razvoja baziranog na budžetima sa kojima raspolažu. Na slici 4. se može lako uočiti uporedno vrednovanje BND po stanovniku za zemlje EU i Srbiju, što potvrđuje njen nepovoljan položaj u odnosu na očekivani nivo novih investicija do 2020. godine, prvenstveno u energetske efikasnost i obnovljive izvore energije, precizirano sa *EUROPE SET PLAN 2020*.

GDP per capita in EUR (2012)

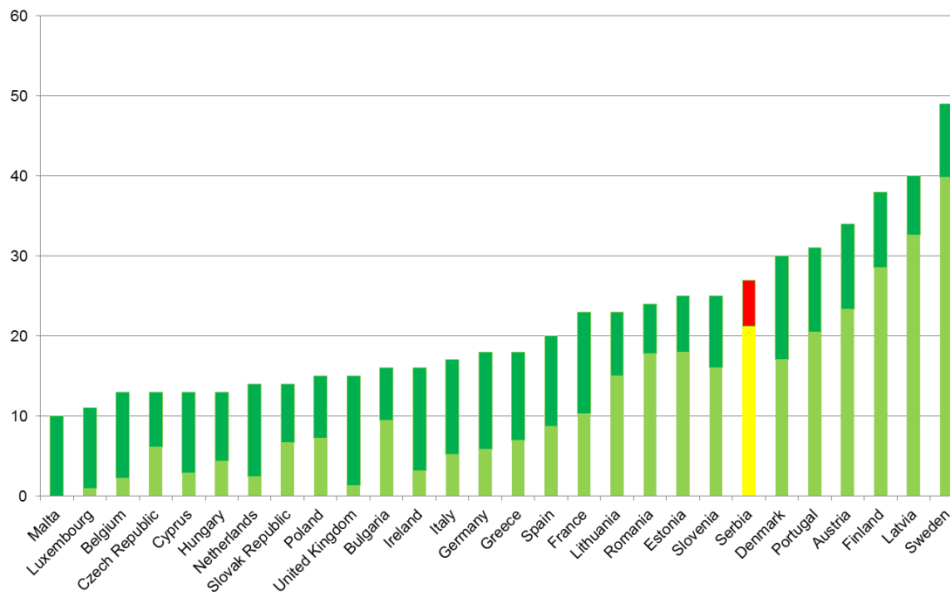


Slika 4. Uporedne vrednosti BND po stanovniku za zemlje EU i Srbiju (EU Commission analyses 2012)

Osnovni zaključak, fokusiran na procenu spremnosti Republike Srbije da ispuni očekivanja kao zemlja kandidat za prijem u EU, je da se rešenja moraju tražiti u regionalnoj kooperaciji i saradnji i strateškom partnerstvu sa leaderskim tržišnim kompanijama koje mogu prepoznati svoj dugoročni interes u investiranju u postojeće infrastrukture i raspoložive resurse na našem prostoru koji mogu omogućiti višegodišnju uspešnu eksploataciju u skladu sa strategijom održivog razvoja zemlje. Činjenica, da je energetska sektor u Republici Srbiji još uvek u procesu tranzicije i preformacije, delimično usporava očekivane dinamičnije strane direktne investicije. No istovremeno, ovakvo trenutno stanje pruža mogućnost racionalnijeg i nacionalno odgovornijeg načina modeliranja strateških partnerstava u energetskom sektoru. Pritisci na Vladu Republike Srbije od strane *MMF-a* i *Svetske banke* za bezrezervnom liberalizacijom tržišta i potpunom privatizacijom u energetskom sektoru ugrožavaju, kako dugoročnu ekonomsku poziciju energetskog sektora kao privrednog subjekta, tako i nacionalni interes kao činilac energetske bezbednosti.

Procena šta privatizovati, a šta ne, ostaje otvoreno političko pitanje za Republiku Srbiju u aktuelnim odnosima sa EU i budućim relacijama sa međunarodnim finansijskim institucijama. Ako se pogleda uporedna tabela očekivanih investicija u obnovljive izvore energije Srbije sa zemljama EU na slici 5. vidljivo je da se Srbija nalazi u grupi zemalja koje već sada imaju visok nivo obezbeđenja energije iz obnovljivih resursa - prvenstveno hidro potencijala. Istovremeno je i očito da očekivani nivo povećanja eksploatacije obnovljivih izvora do 2020. godine teško može biti ostvariv sa trenutnim industrijskim rastom nižim od 1% godišnje.

Comparison of RES % with EU Member States

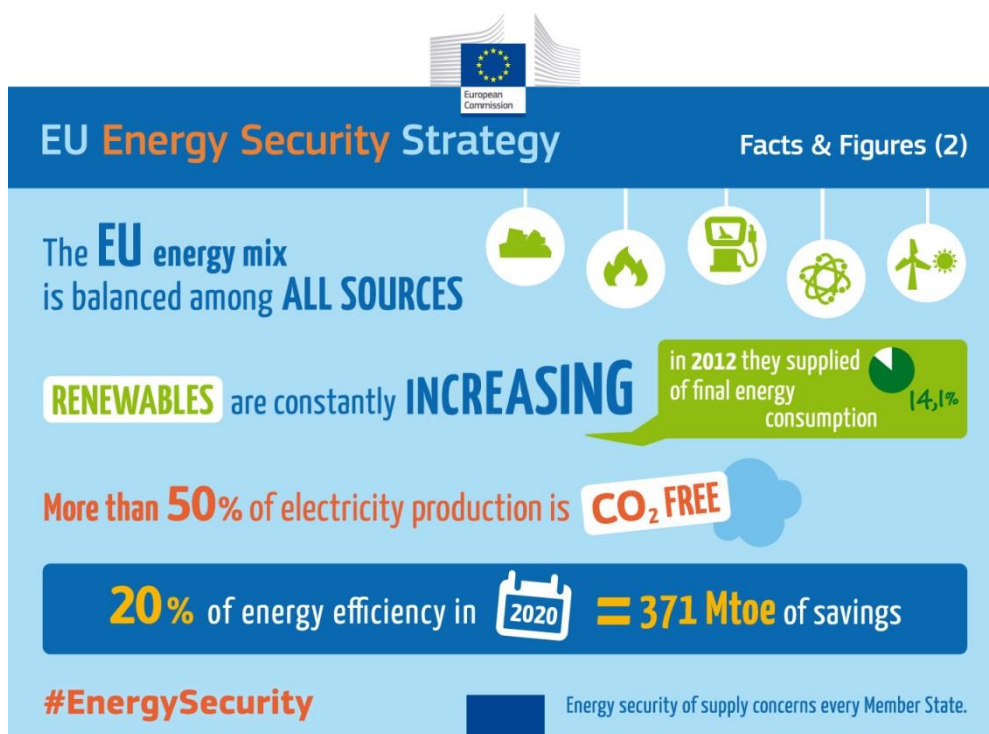


Slika 5. Upoređivanje korišćenja obnovljivih izvora energije sa zemljama članicama EU izražene u % (Comparison of RES % with EU Member States)

Model strateških partnerstava sa stranim investitorima svakako treba tražiti u obliku suvlasništva nad energetske infrastrukture i resursima, postavljenog tako da ne ugrožava profitne interese investitora i njegovu mogućnost da značajki upravlja radnim procesima, ali da istovremeno trajni interes Republike Srbije i njenih građana mora biti zaštićen. Stimulativni instrumenti za strane investitore sa kojima se stvara niz povoljnosti, od poreskih olakšica do otkupnih (*feed in*) tarifa za proizvedenu energiju iz obnovljivih izvora, i koji se već aktivno primenjuju u pojedinim zemljama regiona, među kojima prednjači Republika Hrvatska, daju očekivane rezultate. Srbija mora iskoristiti pozitivna iskustva suseda i dodatno stvoriti sopstvenu stimulativnu matricu sa kojom će nadomestiti svoju trenutnu ekonomsku nesposobnost za samostalno investiranje u velike projekte i privući značajnije investicione partnere.

Možemo smatrati da je proces jačanja ekonomske komponente energetske bezbednosti Republike Srbije svakako najvažniji prioritet u projektovanju njenog održivog razvoja u svetlu aktuelnih uslova. Pokazatelji o narastanju svih relevantnih performansi energetske bezbednosti, dogodili su se upravo kod onih naših suseda koji su uspeli da pokrenu široku državno-društvenu akciju u poboljšanju energetske efikasnosti, masovnijoj primeni obnovljivih izvora energije, opredeljenju za primenu čistih energetske tehnologije i donošenju sinhronizovanih operativnih planova energetskog razvoja na svim nivoima, od lokalnih samouprava do nacionalnih vlada.

Može se zaključiti da energetska bezbednost svake zemlje predstavlja stratešku osnovu za planiranje sopstvenog održivog razvoja. Briga za energetske sigurnost predstavlja početak i kraj svih razmišljanja o boljem životu građana, o modernoj i razvijenoj ekonomiji i omogućavanju zapošljavanja svih onih, koji danas sa neskrivenim strahom očekuju svako novo sutra. Sinergija novih ideja, postignutih tehnoloških rešenja i unapređenih sposobnosti, smeštena u kontekst osmišljenih i usvojenih strategija i programa za njihovo ostvarenje, uliva nadu i poverenje da još možemo dostignuti budućnost. Jedino to može omogućiti Srbiji da sustigne sve ono što su druge zemlje Evrope odavno učinile i na čemu naši susedi već duži period vredno i dosledno rade. Na slici 6. možemo videti na koji način je Evropska komisija (*European Commission*) prezentovala ključne elemente svoje energetske bezbednosti koje težišno promovise energetski miks kao metodologiju njene ostvarljivosti i održivosti.



Slika 6. Strategija energetske bezbednosti EU, činjenice i podaci (EU Energy Security Strategy, Facts&Figures 2014)

ZAKLJUČAK:

Republici Srbiji upravo nedostaje taj dodatni nivo opšte nacionalne akcije i zajedničke jedinstvene motivacije, da znanjem i očiglednim interesima za uštedama i tehnološkim postignućima obezbedi svoj, tako neophodan, progresivniji održivi razvoj. Članovi Međunarodnog foruma o čistim energetske tehnologijama su i na VIII Forumu 2014. godine zaključili, da je na široko postavljenoj platformi Strategije razvoja energetike Republike Srbije, moguće pokrenuti operativne procese koji će u najkraćem mogućem roku, posebno u domenu energetske efikasnosti i primeni čistih energetske tehnologija, doneti ogromne materijalne uštede koje se mere stotinama miliona evra.

Plan razvoja Evropske Unije (EU) do 2020. godine, beskompromisno fokusira upravo tako postavljene principe i ciljeve. U njemu energija predstavlja okosnicu programa „EVROPA 2020“. Srbija ubrzano mora načiniti ključne korake - od uređenja i postavljanja ciljeva svoje spoljne, unutrašnje i energetske politike, do ustanovljavanja sopstvenog unutrašnjeg sistema vrednosti legitimnog za međunarodnu saradnju i integraciju u evropskim tržišnim procesima. Samo za potrebe poboljšanja kvaliteta života građana, Srbiji je dostupna mogućnost apliciranja za značajna sredstva koja su definisana za članice EU i zemlje u procesu pridruživanja, u okviru evropskog projekta „HORIZONT 2020“ u iznosu od preko 28 milijardi evra do 2020. godine.

Istovremeno, Republika Srbija sa najvišim autoritetom svoje državne politike ne sme dozvoliti gubitak nijednog kWh, koji se može pomoću čistih energetske tehnologija dobiti iz obnovljivih izvora vode, vetra, sunca, biomase, hidrotermalnih voda, geotermalnog potencijala i primenom intenzivnih mera povećanja energetske efikasnosti. Energetska

bezbednost regiona Jugoistočne Evrope i njegova zaokruženost nije moguća bez podjednakih i odlučnih zajedničkih napora u postizanju željenog rezultata svih zemalja. Energetska odvojenost danas, predstavlja sigurnu ekonomsku i investicionu usamljenost sutra. Srbija to ne može sebi dozvoliti, jer njena istorija i tradicija, njeni potencijali i prepoznatljivost kao kapacitivnog strateškog partnera, ni po koju cenu ne smeju ostati neiskorišćeni. Samo na takav način možemo doprineti opštem napretku zemlje i ispunjenju goruće nacionalne želje, da dugo očekivana energetska bezbednost i održiva razvojna budućnost Republike Srbije i regiona Jugoistočne Evrope, projektovana na horizontu 2020. godine najzad može postati živa i bolja stvarnost.

LITERATURA:

- [1] „WORLD ENERGY OUTLOOK 2015“, International Energy Agency
- [2] „Energy Security and Solidarity Action Plan“, European Union – EUR-Lex 2015
- [3] „Strategija razvoja energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijama do 2035. godine“ – Vlada Republike Srbije

LEEN* KONCEPT: POKRETAČKA SNAGA ODRŽIVOG RAZVOJA ZEMLJE

Eberhard JOCHEM, Mirjana PRLJEVIĆ, Michael MAI, Ursula MIELICKE
Institut za efikasnost resursa i energetske strategije, IREES, Karlsruhe, Nemačka,
Energy Innovation Center TESLIANUM, Beograd, Srbija
Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, Karlsruhe, Nemačka
Fraunhofer Institute for Systems & Innovation Research, Karlsruhe, Nemačka

E-mail: Eberhard.Jochem@isi.fraunhofer.de, president@teslienum.com

*LEEN: Learning Energy Efficiency Networks = brendirani termin za Mrežu kroz koju se uči optimalna primena znanja i mera iz oblasti Energetske efikasnosti

Apstrakt: Energetska efikasnost predstavlja najveći energetske resurs Evropske unije, jedan od najisplativijih načina da poboljša bezbednost svog snabdevanja energijom i smanji emisiju gasova staklene bašte i drugih zagađivača. Što se tiče buduće koristi od toga, a na osnovu podataka Evropske unije da za svako poboljšanje energetske efikasnosti od 1%, uvoz gasa opada za 2,6%, evropske Vlade tretiraju energetske efikasnosti kao glavni pokretač strateškog razvoja. Ovo impresivno *gorivo budućnosti* će stvoriti različite poslovne mogućnosti za evropske kompanije kao što su građevinske firme, proizvođači opreme koji koriste energente, otvoriće nova radna mesta u građevinarstvu, proizvodnji, istraživanjima i drugim industrijama koje ulažu u energetske efikasnosti. Ali, u stvarnosti, aktivnosti po pitanju energetske efikasnosti su ipak veoma male, u poređenju sa tokovima u sektoru obnovljive energije. LEEN bi mogao biti način za povećanje energetske efikasnosti, koji nam je potreban na lokalnim nivoima za opštine, mala i srednja preduzeća, kao i javna preduzeća. Rezultati LEEN mreža u Švajcarskoj, Nemačkoj i Austriji pokazuju da su kompanije i gradovi koji koriste LEEN koncept, duplirali svoje rezultate u domenu energetske efikasnosti u poređenju sa industrijskim prosekom. Shodno rečenom, možemo zaključiti da su visoko kvalitetne tehničke revizije udružene i ciljno usmeravane međusobnom razmenom iskustava sa tehničkim direktorima preduzeća ili menadžerima za energetska pitanja opština, jedan novi, inovativan i vrlo efikasan instrument politike upravljanja energetske tokovima. LEEN koncept bi se mogao definisati i kao alhemija održivog, strateškog razvoja regiona zapadnog Balkana. Ovaj članak posvećen je novom razumevanju kako najefektnije sagledavati energetske efikasnosti ili obnovljive energetske potencijale, intenziviranjem aktivnosti regionalnih učesnika u zemljama zapadnog Balkana.

Ključne reči: *Energetska efikasnost, Strateško pozicioniranje LEEN mreže, region Zapadnog Balkana*

POTENCIJALI ENERGETSKE EFIKASNOSTI U SRBIJI I NEMAČKOJ, U INDUSTRIJI, TRGOVINI I USLUGAMA

Nemačka industrija koristi oko 2600 PJ finalne energije svake godine. Intenzitet finalne energije (odnos između potražnje za finalnom energijom i bruto dodate vrednosti) je bio sasvim uspešno smanjen u 1990-tim, međutim vrlo malo poboljšanje je postignuto između 2000. i 2013. Savezna Vlada Nemačke je definisala kao cilj da udvostruči energetska efikasnost u periodu između 1990. i 2020. godine. Da bi to bilo postignuto, energetski intenzitet nemačke industrije bi trebalo da se poboljšava za 2,3% godišnje između 2014. i 2020. godine. Ovo je ogroman izazov, ali ne i nemoguć.

Mnoge nacionalne i međunarodne studije podvlače postojanje velikog potencijala energetske efikasnosti u industrijskom sektoru (Eichhammer et al. 2009; Fleiter et al. 2013.). Sopstvene empirijske analize iz 366 izveštaja o energetskim revizijama, došle su do zaključka da bi više od 3.000 profitabilnih investicija u energetska efikasnost za period od 4 godine, sa prosečnom internom stopom povrata od 31%, smanjilo zahtev preduzeća za finalnom energijom za oko 10%. Interna stopa povrata varira od minimalnih 12% do više od 100% u mnogim slučajevima. Očigledno, situacija koju je primetio Romm (1999.) pre 20 godina, se nije promenila: “Inženjeri-konsultanti se obično vraćaju iz poseta kompanijama sa predlozima rešenja za energetska efikasnost koja imaju visoke stope povraćaja investicija“.

Postojeće znanje o profitabilnosti energetske efikasnosti u nemačkoj industriji, trgovini i uslugama koje može biti realizovano između 2015. i 2020. vrednuje se u iznosu od oko 400 PJ. Ono će umanjiti troškove energije u dva sektora za 9 mlrd. evra u 2020. godini, (što je 10%), smanjiće emisiju CO₂ za oko 35 miliona tona i stvoriće 40.000 poslova prvenstveno u industriji investicionih dobara i sektoru za montažu i održavanje.

S druge strane, Republika Srbija priprema novu strategiju energetske politike 2015-2025/2030. Vezano za Izveštaj o napretku Republike Srbije za ulazak u EU iz 2014. godine i svoje energetske obaveze, Srbija se obavezala da do 2020. godine postigne cilj da 27% svojih energetskih potreba dobija iz obnovljivih izvora. U oblasti energetske efikasnosti, Drugi akcioni plan za energetska efikasnost 2013-2015. godine usvojen je u oktobru 2013. Fond za energetska efikasnost je ustanovljen Zakonom o energetskoj efikasnosti i postao je pravosnažan u januaru 2014. Administrativne kapacitete u ovoj oblasti bi trebalo ojačati.

Što se tiče trenutne situacije i pokazatelja energetske efikasnosti u Srbiji, država ima energetski intenzitet od 5.257 kWh/eur (2005.) odnos potrošnje primarne energije i BDP, korigovanog u odnosu na paritet kupovne moći 2.593 kWh/eur (2005.). Potrošnja primarne energije po glavi stanovnika u Srbiji je 36,5 MWh/stanovniku, a u Nemačkoj je 45,7 MWh u 2014. Iskustvo zemalja članica EU, naročito Nemačke, pokazuje da ako neko ima za cilj da ostvari značajno povećanje energetske efikasnosti mora da ima podršku države, ali i inicijativu kompanija koja je od suštinskog značaja. U pomenutoj, novoj Strategiji za energetiku, Vlada Srbije je rekla da će uzeti javni sektor kao glavni

primer za ubrzanje sprovođenja mera energetske efikasnosti.

Dve prioritetne aktivnosti u strategiji su: 1) Energetske modernizacije u građevinskom sektoru u zgradarstvu i 2) Uvođenje sistema energetske menadžmenta u javni sektor. Razlog za ovo je što je u Srbiji i regionu zapadnog Balkana energetska efikasnost orijentisana na potrošnju energije i nije je lako postići jer postoje različite zainteresovane strane, tj. učesnici na tržištu energetske efikasnosti su različiti. Njih bi trebalo ohrabriti da prihvate energetske efikasnosti kao način poslovanja i, konačno, kao način života. Ovo zahteva promenu načina razmišljanja. Za navedene prioritetne aktivnosti i pomenute izazove, LEEN metodologija obezbeđuje dovoljno elemenata koji se definišu kao pokretačka snaga za ubrzavanje energetske efikasnosti u sektoru industrije i uslužnom sektoru.

PREPREKE I NEISKORIŠĆENI PRATEĆI FAKTORI

Ograničena realizacija profitabilnih potencijala energetske efikasnosti u industriji i uslugama je pune dve decenije bila predmet diskusija vođenih na temu prepreka i tržišnih nedostataka, kao što je heterogenost ovih prepreka i potencijala definisanih donesenim paketima mera i instrumenata u oblasti energetike (Levine et al. 1995, DeCanio 1998). Ankete i intervjui često pokazuju da je pažnja posvećena investicijama za povećanje energetske efikasnosti u kompanijama vrlo niska ili pod jakim uticajem od strane onih koji su odgovorni za kompaniju ili nadležnih iz sektora proizvodnje (Rahmesohl 2000, DeGroot 2002, Schmid 2004). Razlozi za ovako slabu pažnju koja se posvećuje usvojenim rešenjima za energetske efikasnosti uglavnom zavise od faktora kao što su veličina firme, njen energetski potencijal, vlasništvo, svest i način vođenja kompanije od strane menadžmenta. Uobičajene prepreke su: (videti takođe Jochem et al 2014):

- Nedostatak znanja i tržišnih istraživanja od strane energetske menadžera, posebno u malim i srednjim preduzećima, ali, takođe, i inženjera konsultanata, arhitekta, montažera, bankara;
- U cilju prevazilaženja nedostatka znanja, visoki troškovi putovanja energetske menadžera sa jednog mesta na drugo (oddeljenje istraživačkih aktivnosti, pripreme tendera, procesa donošenja odluka, instalacije (Ostertag 2002), te veliki troškovi profesionalnih obuka svih učesnika;
- Nedostatak sopstvenog kapitala, strah od kreditiranja zarad ulaganja i oslanjanje na kompetentnost kompanija sa kojima se ima ugovor jer se, uopšteno, investicije u energetske efikasnosti ne smatraju strateškom investicijom (Coremans 2011);
- Proizvođači ili veleprodaje tehnologija često slede sopstvene interese, koji su u suprotnosti sa svim potencijalnim inovacijama za efikasna rešenja;
- 80% kompanija koristi samo mere rizika (period povrata), ali ne i pokazatelje profitabilnosti (npr. interna kamatna stopa, neto sadašnja vrednost) za svoje odluke.

Osim ekonomskih razloga, u preduzećima postoje takođe i psihološki, društveni, motivacioni, te aspekti ponašanja koje do sada niko nije analizirao, osim nekih hvale

vrednih sociologa i psihologa tokom 1990-ih (npr. Stern 1992, Jochem et al. 2000, Flury-Kleubler et al. 2001). Autori ih zovu „nedovoljno iskorišćeni faktori podrške“

- Tradicionalni investicioni prioriteti su upravljanje motivacijom i ponašanjem zaposlenih, te određivanje karijere mladih inženjera i njihovih uloženi napora; zbog toga inženjeri iz oblasti energetike često imaju poteškoće da ostvare uverljiv efekat na menadžment (Schmid 2004).
- Zajedničke prednosti nove tehnologije za unapređenje energetske efikasnosti se retko identifikuju i nisu uključene u kalkulacije o profitu od strane inženjera zaduženih za energetiku, zato što nedostaje sistemski pogled na proizvodnju i mogućnosti promena koje se odnose na ovu vrstu investicija (Madlener/Jochem 2004).
- Menadžment često nije ni svestan da zaposleni mogu da se suoče sa kritikama od strane rodbine ili prijatelja da rade u kompanijama koje zagađuju okolinu ili su veliki potrošači koji rasipaju energiju.

Društvene relacije kao što su: takmičarsko ponašanje i uzajamna procena i prihvatanje, ne igraju ulogu samo među kompanijama, već i unutar kompanija. Napori da se poboljša energetska efikasnost su pod uticajem unutrašnje motivacije kompanija učesnica i donosilaca odluka, interakcija između onih koji su odgovorni za energetske menadžment i upravljanje, unutrašnjeg stimulansa ključnih aktera i njihovog ugleda, kao i snage da uvere druge u svoje izbore (InterSEE 1998., Schmid 2004).

Složenost prepreka i slabo korišćeni faktori podrške za rešenja energetske efikasnosti u kompanijama traže gomilu instrumenata politike, koja su retko poznata i razmatrana od strane kreatora politike u administraciji ili menadžmenta u industrijskim udruženjima ili kompanijama. Međutim, švajcarski inženjer - konsultant, Tomas Burki, "izumeo" je jedinstvenu aktivnost koja je okupljala osam kompanija iz Ciriha: *Energetski Model Ciriha 1987*. (Burki 1999, Graf 1996): Nakon energetske revizije svakog učesnika, energetske menadžeri kompanija sastajali su se četiri puta godišnje da razmene svoja iskustva o kompanijskim ulaganjima u energetske efikasnost i organizacionim merama na strukturiran način - jedna tema, dobro pripremljena, eventualno sa jednom prezentacijom spoljnog eksperta, dok je susrete vodio profesionalni moderator - inženjer. Rad svake kompanije se pratio najmanje jednom godišnje.

Rezultati ove prve mreže energetske efikasnosti bili su toliko uverljivi da je Federalni zavod za energetiku Vlade Švajcarske finansirao ovu novu ideju u nekoliko pilot mreža kao energetske model Švajcarske za industriju i sektor usluga. Postignuta je prosečna godišnja ušteda energije od 165.000 CHF po kompaniji. Potvrđeni su pozitivni rezultati o ubrzanju napretka u energetske efikasnosti u kompanijama - učesnicama u tim mrežama (Kristof et al.1999, Konersmann 2002).

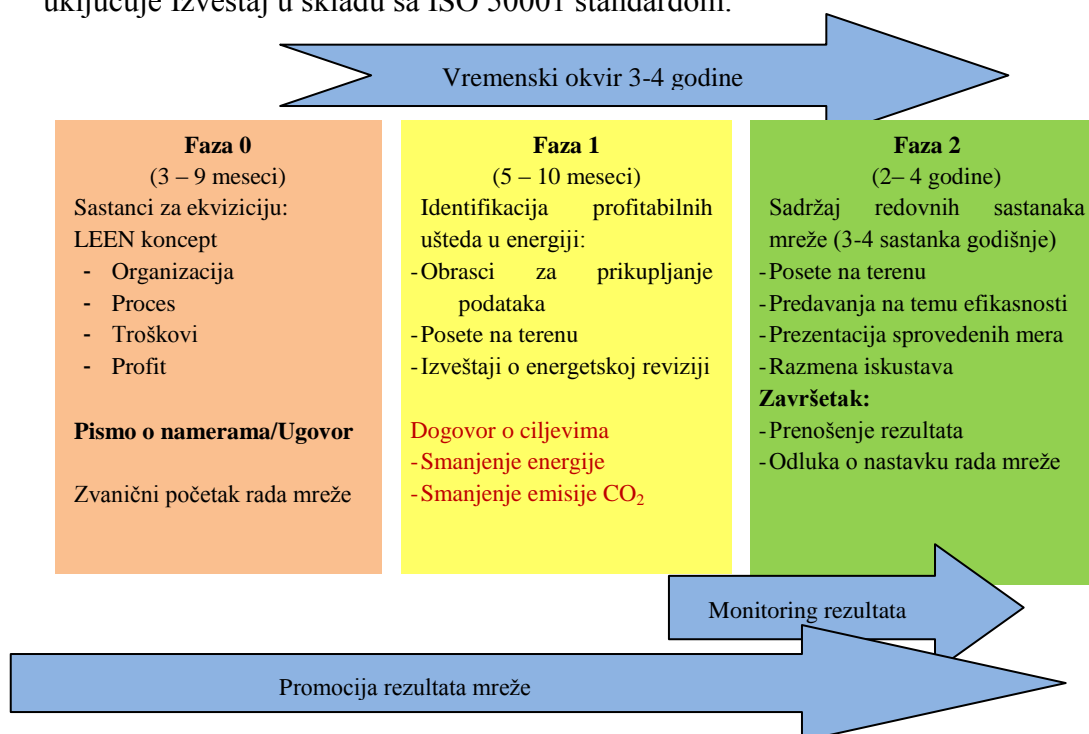
Nekoliko godina kasnije, kompanije koje su smanjile emisiju CO₂, definisale svoje energetske tokove kroz vrednosti ugovorene u pregovorima sa Vladom, i prihvatile godišnje revizije, mogle su biti izuzete od dodatnih taksi na fosilna goriva. Ovo je prvi put predstavljeno na nivou od 12.- CHF po toni CO₂ u 2008. godini, a biće 72.- CHF u 2016. prema odobrenju švajcarskog parlamenat u skladu sa švajcarskim zakonom o

CO₂. Švajcarska Agencija za industrijsku energiju - EnAW, aktivna je kao posrednik u pregovorima za postizanje ciljnih sporazuma o smanjenju CO₂ između kompanija i savezne Vlade. Ovi jedinstveni sporazumi su uglavnom zasnovani na poboljšanju energetske efikasnosti u određenom vremenskom periodu, tj. četiri godine, ili zamenama za fosilna goriva kao što su industrijski otpad, obnovljivi izvori ili električna energija (koji se smatraju skoro bez CO₂, obzirom na 60% snage iz hidro energije i 35% nuklearne snage u Švajcarskoj).

KONCEPT UČENJA MREŽE ENERGETSKE EFIKASNOSTI, LEEN

Generisanje i rad LEEN mreže se obično odvija u tri glavne faze, koje možete videti na slici 1.

1. *Uspostavljanje mreže:* Osnivač, koji može biti predstavnik Privredne komore ili industrijskog udruženja, gradonačelnik većeg grada, direktor nekog dobra, motiviše regionalne kompanije da se pridruže ovoj mreži. Operater Mreže podržava ove aktivnosti i razmatra pitanja ko bi trebalo da se prihvati uloge inženjera konsultanta i moderatora u planiranoj mreži. Ova faza je suštinski izazov. Ako je Mreža započeta, dosadašnje iskustvo i procena svih učesnika pokazuje da su zadovoljni onim što su dobili razmenom iskustava i uslugom mreže.
2. *Energetska revizija i ciljevi:* U fazi 1 svaki učesnik mreže je obuhvaćen energetsom revizijom iskusnog inženjera koji takođe predlaže srednjoročni cilj za energetske efikasnosti za svakog učesnika (poverljivo) i zajednički cilj koji ih javno obavezuje. Energetska revizija mora biti izvedena u skladu sa detaljnom šemom identifikovanja potencijala energetske efikasnosti i njihovom ekonomskom evaluacijom u svim oblastima unakrsnih tehnologija i organizacionih mera. Ceo proces mora da uključuje Izveštaj u skladu sa ISO 50001 standardom.



Slika 1: Tri faze stvaranja i rada mreže energetske efikasnosti

3. *Redovni sastanci i godišnje praćenje*: U fazi 2, suštinski kamen temeljac za uspeh mreže je izgrađen na redovnim sastancima, tokom najmanje tri do četiri godine, pobuđujući razmenu iskustava ne samo tokom četiri sastanka godišnje, već i bilateralno, kada se energetske menadžeri konsultuju međusobno o specifičnim slučajevima investiranja i planiranja. Sastanak dobro priprema moderator i u glavnom pokriva jednu temu rešenja energetske efikasnosti, što takođe može biti potkrepljeno prezentacijom gostujućeg, spoljnog, eksperta, zaključno sa diskusijom svih prisutnih. Svaki sastanak uključuje posetu na terenu (proizvodnoj lokaciji) kompanije domaćina. Stalno nadgledanje implementiranih mera dozvoljava praćenje smanjenih troškova energije u prilog većem profitu. Na nivou mreže, inženjer konsultant može takođe da podnese Izveštaj o napretku mreže za energetske efikasnost ili smanjenju emisije CO₂, vodeći zapisnik o ostvarenju srednjoročnog cilja mreže koji je određen u fazi 1.

Koncept LEEN je zasnovan na Swiss Energy Modelu. Međutim, nemačka mreža je od početka dodala dva elementa koji su različiti u odnosu na švajcarski koncept i to:

- Profesionalni moderator priprema i prilagođava redovne sastanke i piše teze, nije tehnički pristrasan kao što bi mogao biti inženjer, ali je specijalizovan da smiri ekstrovertne (glasne) učesnike i inicira učešće introvertnih (mirnih, tihih) učesnika da podele svoja iskustva sa prisutnima. Moderator takođe može da prilagođava-vodi godišnje sastanke kada se analiziraju izveštaji sa menadžmentom kompanija.
- Srednjoročni cilj mreže za efikasnost napretka i smanjenja emisije CO₂ je predstavljen za unutrašnje korišćenje, za generisanje timskog duha i takmičarske atmosfere između energetske menadžera, kao i za javnu upotrebu, za promociju kompanija učesnica kada se radi o klimatskim promenama i novim izvorima efikasnosti.

Glavne komponente koje su u osnovi teoretskog koncepta za lokalne mreže, mogu se sažeti na sledeći način:

- Euristički pristup *inovacionih sistema*, shodno primeni stečenog znanja, se koristi da pokaže mreže aktera koji su uključeni u sprovođenje ove inovacije (Kuhlmann 2001.). Investicija u nove energetske efikasne tehnologije ne ostvaruje se zbog odluka rukovodstva kompanije, nego je rezultat složene saradnje mnogih aktera koji mogu imati različite uticaje na donošenje odluka u određenom slučaju: konsultanti, dobavljači opreme, monter, arhitekta, spoljno osoblje za održavanje, glavni revizor energetske snabdevanja ili partnerska banka, investicione odluke konkurencije ili rukovodstva u regionu.
- Jedan element koncepta prati *dinamiku proizvodnog, odnosno investicionog ciklusa*, primenjujući ih u dve dimenzije: 1) nove, pouzdane i efikasne tehnologije upravo predstavljene na tržištu prezentuju se na inicijativu iskusnog inženjera, i 2) promene na nivou proizvodnje i kvalitetu proizvoda na samoj proizvodnoj lokaciji uzrokovane investicijama u efikasnost, analiziraju se u cilju identifikacije rizika i višestrukih prednosti koje su često zanemarene u investicionim razmatranjima za unapređenje energetske efikasnosti.
- Koncept takođe razmatra aspekte inovativnog istraživanja, tj. koncept

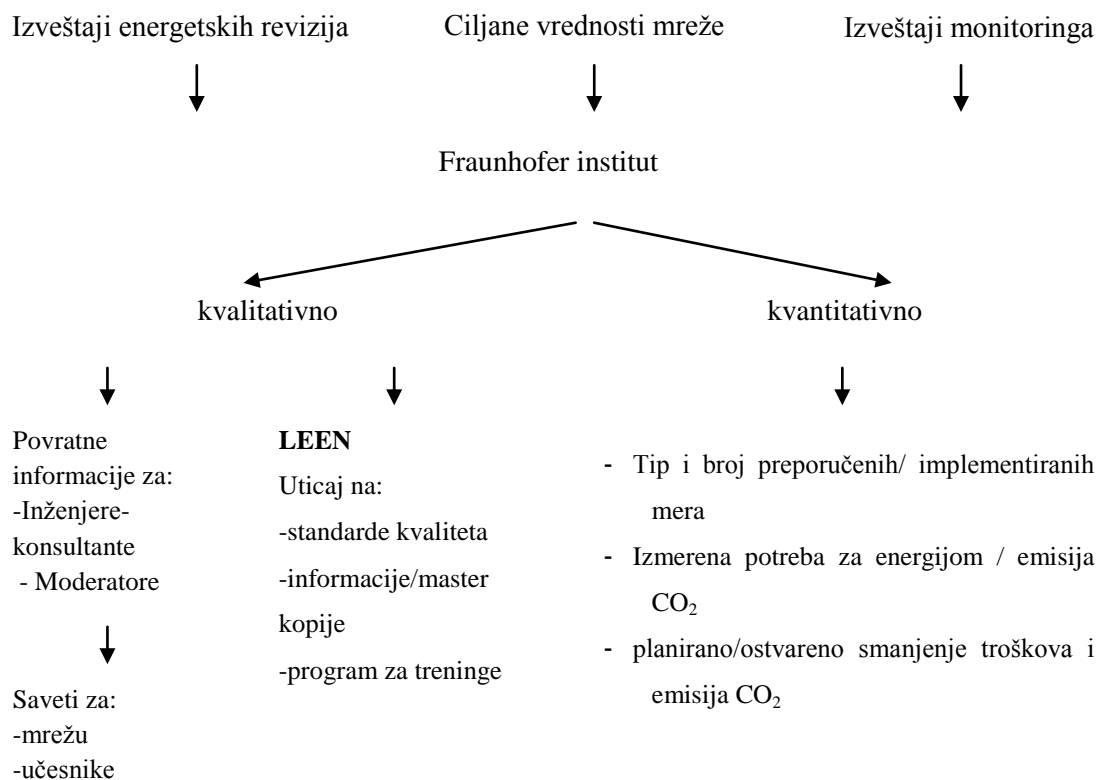
prvih pokretača, sledbenika, i kasnijih primena sa kompetencijama i motivacijom kompanija i njihovog rukovodstva, kao i veličine njihovih kompanija i njihovog potencijala da uključe stručnjake u oblast efikasnog korišćenja energije, kako zaposlenog osoblja, tako i spoljnih saradnika.

- Konačno, koncept takođe integriše pristupe društvene i individualne psihologije: društvene dinamike - kao što su međusobna afirmacija i priznanje u okviru kompanije i između energetske menadžera nekoliko preduzeća ili uprava; socijalne kohezije, odgovornosti i sankcija onda kada je zajednički cilj dogovoren, niska konkurencija u povezanim krugovima, kao i individualno ponašanje - kao što su profesionalna motivacija, motivacija eksperata da dele svoje znanje sa kolegama koji rade u malim i srednjim preduzećima ili motivacija menadžmenta u pogledu postizanja adekvatnog prihvatanja kompanije na svojoj proizvodnoj lokaciji (Schmid 2004, Flury-Kleubler et al.2001) .

Poseban oblik mreže energetske efikasnosti, nazvan Mreža za učenje energetske efikasnosti – LEEN, Learning Energy Efficiency Networks je razvijen u Nemačkoj između 2002. i 2014. godine. Sistem upravljanja LEEN sada ima više od 100 korisnih elemenata da podrži mrežnog operatera, inženjera-konsultanta i moderatora, ali i inicijatore i multiplikatore poput trgovinskih udruženja, privrednih komora ili ljudi koji se bave poslovnim razvojem. Ovi elementi mogu biti: preporuke za akviziciju potencijalnih učesnika; preporuke za dnevni red prvog informativnog događaja; opis i podele zadataka između mrežnog operatera, inženjera-konsultanta i moderatora; modeli ugovora za sve aktere, uključujući i kompanije učesnice; preporuke za izveštavanje o energetskim revizijama i godišnje praćenje; materijali za obuku za inženjera konsultanata i moderatora, i mnogo drugih pomoćnih materijala, uključujući i 20 proračuna koji su alati za tehničke i ekonomske procene opcija energetske efikasnosti ukrštenih tehnologija, kao što su kotlovi, kompresori, električni motori ili pumpe.

DOSTIGNUĆA LEEN- MREŽA U NEMAČKOJ IZ PERSPEKTIVE FIRMI KOJE SU UČESTVOVALE

366 firmi koje su učestvovala u 30 pilot mreža za energetske efikasnost između 2009. i 2014. godine, ocenjene su u nekoliko analiza, uključujući rezultate njihove energetske revizije, godišnje praćenje, kao i upitnika na početku i na kraju programa od četiri godine, što možete videti na slici 2.



Slika 2: Procena performansi 30 pilot mreža energetske efikasnosti sprovedena sa 366 kompanija

Kompanije učesnice su ispitivane o njihovom iskustvu vezanom za investiranje u energetska efikasnost u prošlosti, te njihovim očekivanjima na početku stvaranja mreže i njihovom mišljenju o radu mreže, kao i njihovih očekivanih dobiti od mreže na kraju perioda od četiri godine. Sistemska priroda mreža energetske efikasnosti doprinela je činjenici da se mnoge prepreke energetske efikasnosti pomenute u poglavlju 2 smanjuju i da se često neiskorišćeni prateći faktori (kao što su motivacija, priznanja ili samoodgovornosti) primenjuju tokom sastanaka i tokom posete radnoj lokaciji, na sastancima odbora, ili kada rukovodstvo razmatra rezultate godišnjeg praćenja.

U proseku, napredak u efikasnosti udvostručen je u odnosu na prosek ne-učesnika ogranka i rezultira povećanjem efikasnosti od 2,1% godišnje. Prosečna ušteda po učesniku (sa godišnjim troškovima energije od oko 2 miliona evra) je bila 180.000 €, a uključujući investicije od skoro 600.000 evra tokom perioda od četiri godine. Naravno, prosečne brojke ne odražavaju specifične situacije preduzeća, grana, niti status efikasnosti na početku mreže ili angažovanja kompanija-učesnica u periodu od četiri godine rada mreže. Dve mreže poboljšale su svoju efikasnost za manje od 1% godišnje, efikasnost dve mreže poboljšana je za više od 4% godišnje, 14 mreža između 1 i 2% i 10 mreža između 2 i 3% godišnje.

Ostvarene investicije u dodatnu energetska efikasnost su značajne, ali variraju zavisno od vrste investicije (npr. ekonomajzer kotla, razmenjivač toplote dodat na kompresor vazduha, visoko efikasni motori umesto običnih motora, pumpi ili ventilatora), a

njihova veličina zavisi od kvaliteta energije usluge ili potražnje energije na proizvodnoj lokaciji ili zgradi ili fabrici (vidi tabelu 1). Oko 80% svih neto ulaganja su ispod 50.000 evra. Međutim, mora se uzeti u obzir osnovna investicija koja obično ide uz investicije mrežne efikasnosti, kao što su kupovina novog kotla, novi kompresor vazduha, nova normalna pumpa, ventilator ili običan efikasan električni motor. Vrednost ovog osnovnog reinvestirana je nekoliko puta veća od mrežnog ulaganja za energetske efikasnosti, ali to ovde nije prijavljeno. Ovo je važno sa aspekta finansiranja tih investicija od strane trećih lica, kao što su izvođači, ili od strane banaka.

Tabela 1: Distribucija neto investicija iz projekata energetske efikasnosti

Neto investicije u EUR	Broj neto investicija	Udeo u ukupnim neto investicijama %
< 5,000	1,387	39.8
5,000 do 50,000	1,511	40.4
50,000 do 250,000	474	13.6
250,000 do 1 milion	96	2.8
> 1 milion	17	0.5

S obzirom na impresivan uspeh LEEN mreža u industrijskom sektoru, 2014. godine Savezna Vlada Nemačke je odlučila da osnuje šemu finansiranja za energetske efikasnosti mreže za gradove i okruge između 20.000 i 200.000 stanovnika (BAFA 2014). Koncept za ovu ciljnu grupu je zasnovan na LEEN sistemu upravljanja za kompanije i bio je prilagođen situaciji državnih organa i više fokusiran na tehničke teme. Uslovi finansiranja tražili su od kandidata da poštuju pravila komunalnih mreža energetske efikasnosti.

Predlog šema je neočekivano brzo prihvaćen: do kraja avgusta 2015, više od 35 komunalnih mreža se stvara da uveri potrebnih osam zajednica ili gradove da formiraju mrežu za energetske efikasnosti. Pet mreža već radi i još pet mreža je počelo u septembru ove godine.

PRENOS LEEN MREŽA U SRBIJU, PRVI KORACI I PREDVIĐANJA

Tokom proteklih pet godina aktivne komunikacije sa različitim akterima u Srbiji, tim stručnjaka u centru Teslium zaključio je da, ukoliko Vlada želi da ostvari ciljeve definisane u strategiji energetike Republike Srbije 2015-2025/2030. godina, državi je potrebna integrisana metodologija koja bi obezbeđivala optimalno usklađene međusobne odnose između vladinih tela, velikih kompanija, malih i srednjih preduzeća, fakulteta i lokalnih samouprava.

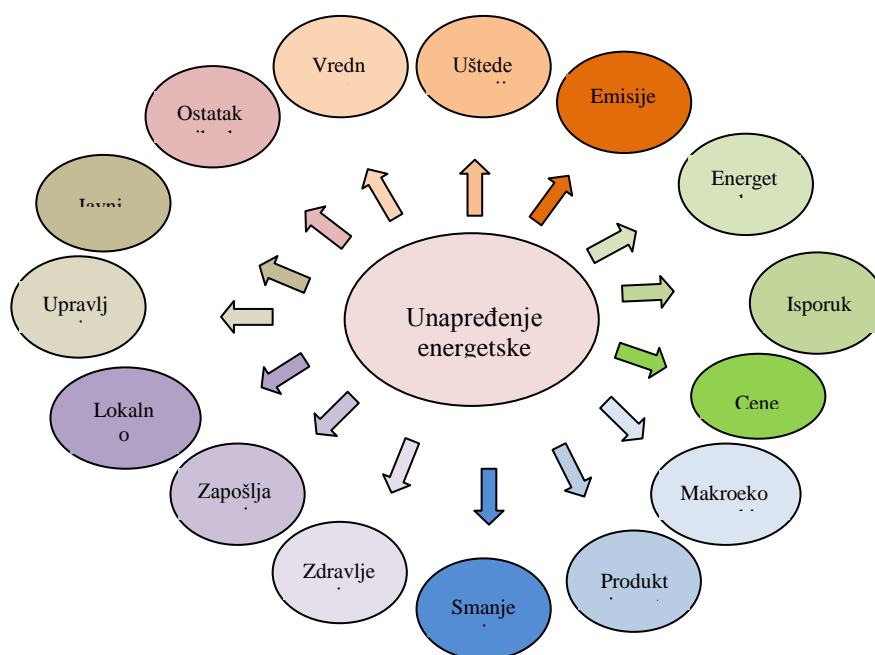
Analizama različitih koncepata, metodologija i programa za poboljšanje energetske efikasnosti, stručnjaci su otkrili da je LEEN koncept odličan i upravo odgovarajući za tri glavne ciljne grupe identifikovane u Republici Srbiji:

- *Lokalne opštine*: Tokom naredne dve godine, Vlada Srbije planira da uspostavi energetske menadžere u 100 gradova koji imaju više od 20.000 stanovnika, koji će pomoći lokalnim upravama sa definisanjem energetskog bilansa stanja i prikupljanjem podataka,
- *Velika javna i privatna preduzeća*: koja treba da se modernizuju i restrukturiraju u skladu sa standardima i direktivama Evropske Unije,
- *Mala i srednja preduzeća*: prepoznati kao glavni pokretač održivog razvoja zemlje.

Glavni problem za pravilnu realizaciju strategije je odsustvo strukture sistema u Srbiji kroz koje različiti akteri mogu da komuniciraju, koordiniraju i saraduju. Ovo pravilo 3C (*communication, coordination and cooperation*) je potpuno u skladu sa operativnim konceptom LEEN-a.

Sistem upravljanja LEEN, sa svojim velikim iskustvom i razvojem - više od deset godina u firmama, komunalnim upravama i aktivnostima obuke je jedini procenjen od različitih aktera u Srbiji kao integrisano sredstvo dobro prilagođeno da im pomogne da uspostave tako nužno potreban balans motivacije, obrazovanja i informisanja između top menadžmenta i zaposlenih, posebno u okviru tehničkih timova. Formalno obrazovanje na univerzitetima u Srbiji i drugim državama Zapadnog Balkana nije dovoljno da se adekvatno pripreme niti inženjeri, niti menadžeri za usvajanje novih savremenih standarda, tehničkih, tehnoloških i “know how” ekspertiza, kao što su EUD2012/27/EU o energetskej efikasnosti ili ISO 50.001 standard.

Višestruke prednosti pristupa energetske efikasnosti definisane od strane Međunarodne agencije za energiju (IEA), otkrivaju širok spektar mogućih pozitivnih uticaja povećanja energetske efikasnosti na ekonomiju, društvo i životnu sredinu zemlje, (vidi sliku 3).



Slika 3: Višestruke koristi od poboljšanja u energetskej efikasnosti - Izvor: IEA 2014

IAE (2014) analize pokazale su da energetska efikasnost ima potencijal da podrži ekonomski razvoj smanjujući potražnju za energijom, tako što je veliki uvoz energije

zamenjen domaćim proizvodima i uslugama. Indukovani ekonomski rast podstiče društveni razvoj, ubrzava zaštitu životne sredine i zaštitu klime, podržava tendencije održivosti i obezbeđuje siguran energetska sistem zemlje.

Metodologija LEEN konkretizuje elemente koji podržavaju kompanije i gradove da pomognu zemlji da postigne izuzetan ekonomski razvoj. Povećanje učešća obnovljive energije kao dodatni element energetske efikasnosti smatra se, takođe, značajnim tehničkim elementom LEEN sistema upravljanja.

Za zemlje kao što su Srbija i druge u regionu Zapadnog Balkana, posle više od dvadeset godina slabog razvoja i uz snažnu zavisnost od politike energetike drugih zemalja, metodologija kao što je LEEN može biti pravi izbor da se poveća zapošljavanje mladih ljudi, kako bi se smanjile ruralne i gradske migracije, da se pojača i obogati osnovni obrazovni sistem i da se stabilizuje ekonomska i energetska zavisnost od stranih zemalja.

ZAKLJUČCI

Činjenica da su skoro sve firme koje su počele od prvoosnovane LEEN mreže u regionu Hohenlohe u Baden-Vurtemberg u Nemačkoj 2002. godine, i dalje aktivne u svojim mrežama ili sličnim novoosnovanim (uključujući i interne mreže efikasnosti velikih kompanija), pokazuje da su koristi koje su kompanije ostvarile učešćem u LEEN mreži u Nemačkoj, Austriji i Švajcarskoj prepoznate i dobro priznate od strane njih samih.

To takođe objašnjava zašto komunalna preduzeća, firme, inženjeri konsultanti, privredne komore i regionalne vlade, te energetske agencije u Belgiji, Holandiji, Švedskoj, Danskoj, Brazilu, Meksiku i drugim zemljama, trenutno razmatraju uvođenje LEEN sistema u svojim industrijama i uslužnim sektorima. Oni proveravaju da li metodologija LEEN daje dovoljno dodatne vrednosti za uspešnije strateško pozicioniranje kompanija ili gradova. Jer, ovo je svakako neophodan element kada želimo identifikovati odgovarajuće operativne nosioce za održivi razvoj u zemlji i regionu.

LITERATURA:

- [1] *COM 2011 (0109) final.*
- [2] **Serbia Progress Report 2014**, *Enlargement Strategy and Main Challenges 2014-2015, COM (2014)700 final, October 2014.*
- [3] **BAFA: Directive of the grant programme of energy efficiency networks in communes.** Dec.2014.
http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energieeffizienz_netzwerke_kommunen/rechtsg_rundlagen/rl_energieeffizienz_netzwerken_von_kommunen.pdf
- [4] Bürki, T.: **Das Energie-Modell Schweiz als Erfahrungsfaktor für Schweizer Unternehmen.** *Bundesamt für Energie: Energie 2000, Ressort Industrie. Benglen 1999*
- [5] DeCanio, S. J.: **The efficiency products: bureaucratic and**

- organisational barriers to profitable energy saving investments. *Energy Policy* 26 (1998), 441ff**
- [6] Coremans, C. 2011: **Make it strategic! Financial investment logic ist not enough. Energy Efficiency.** DOI 10.1007/s12053-011-9125-7
- [7] Dusan D. Gvozdenac and Tihomir S. Simic, **About the Serbian Energy efficiency problems,** *Thermal Science*, 2012, Vol.16, Suppl.1, pp.S1-S15
- [8] DeGroot, H. L. F. et al.: **Energy savings by firms: decision-making, barriers and policies,** *Energy Economics* 23 (2001), 717ff
- [9] Flury-Kleubler, P., Gutscher, H.. Psychological principles of inducing behaviour change. In R. Kaufmann, H. Gutscher (Eds.), **Changing things – moving people: Strategies for promoting sustainable development at the local level.** Basel: Birkhäuser 2001, 109ff
- [10] Graf, E.: **Evaluation of the Energy Model Switzerland (in German)** Bern: Bundesamt für Energie 1996
- [11] InterSEE: **Interdisciplinary Analysis of Successful Implementation of Energy Efficiency in Industry, Commerce and Service.** Wuppertal, Kopenhagen, Wien, Karlsruhe, Kiel 1998
- [12] Jochem, E., Gruber, E.: **Modellvorhaben Energieeffizienz-Initiative Region Hohenlohe zur Reduzierung der CO2-Emission.** Fraunhofer-Institut ISI Karlsruhe 2004
- [13] Jochem, E. et al.: **Society, Behaviour, and Climate Change. Advances in Global Change Research.** Kluwer Academic Publ. Dordrecht/Boston/London 2000
- [14] Konersmann, L.: **Energy efficiency in the economy – Evaluation of the Energy Model Switzerland and Conception of a multi-agent model.** Master Thesis (in German). ETH Zurich 2002
- [15] Kristof, K. u. a.: **Evaluation der Wirkung des Energie-Modells Schweiz auf die Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie und seiner strategischen energiepolitischen Bedeutung.** Bern: Bundesamt für Energie 1999
- [16] Kuhlmann, S.: **Governance of Innovation Policy in Europe – Three Scenarios.** In: **Research Policy, Special Issue „Innovation Policy in Europe and the US: New Policies in New Institutions“**, edited by Hans K. Klein, Stefan Kuhlmann, and Philip Shapira, vol. 30, issue 6/2001, 953-976 (ISSN: 0048-7333)
- [17] Levine, M. et al.: **Energy efficiency policies and market failures,** *Annual Review of Energy and the Environment* 20 (1995), 535ff
- [18] Ostertag, K.: **No-regret Potentials in Energy Conservation. An Analysis of Their Relevance, Size and Determinants.** In: *Technology, Innovation and Policy, Series of the Fraunhofer Institute for System and Innovation Research*, Physica Verlag Heidelberg 2003
- [19] Ramesohl, St.: **Social interactions and conditions for change in energy-related decision making in CMCs.** in: Jochem, E. et al. (eds.): *Society, behaviour, and Climate Change Mitigation. Advances in Global Change research.* Kluwer Acad. Publishers, Dordrecht 2000, 207 ff

- [20] Romm, J.: **Cool Companies**. *Earthscan, London 1999*
- [21] Schmid, Christiane: **Energieeffizienz in Unternehmen: eine handlungstheoretische und wissensbasierte Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten**. *Dissertation. Vbf Zürich 2004*
- [22] **Capturing the Multiple benefits of energy efficiency**, *Energy efficiency: a key tool for boosting economic and social development*, IEA, International Energy Agency, 2014.
- [23] **Strategy of development of energy of Republic of Serbia, 2025, with projections to 2030, final draft**, *Serbian Parliament, September 2015*.
http://www.parlament.rs/upload/archive/files/cir/pdf/akta_procedura/2015/1573-15.pdf

LEEN* CONCEPT: DRIVING FORCE OF SUSTAINABLE COUNTRY DEVELOPMENT

Eberhard JOCHEM, Mirjana PRLJEVIĆ, Michael MAI, Ursula MIELICKE
Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, IREES, Karlsruhe, Germany
Energy Innovation Center TESLIANUM, Belgrade, Serbia
Institute of Resource Efficiency and Energy Strategies, Karlsruhe, Germany
Fraunhofer Institute for Systems & Innovation Research, Karlsruhe, Germany

E-mail: Eberhard.Jochem@isi.fraunhofer.de, president@teslienum.com

Abstract: Energy Efficiency has been described as the EU's biggest energy resource and one of the most cost effective ways to enhance the security of its energy supply and decrease the emissions of greenhouse gases and other pollutants. Regarding future benefits of it, based on the data that for every 1% improvement in energy efficiency - EU gas imports fall by 2.6%, European Governments treats energy efficiency as a main driving force of strategic development. This impressive fuel of the future will create different business opportunities for European companies such as construction firms and manufacturers of energy-using equipment, and create new jobs in construction, manufacturing, research, and other industries investing in energy efficiency. But actually reality shows, that the activities in energy efficiency are still quite low, compared to what is going on in the renewables sector. Learning Energy Efficiency Networks (LEEN) could be a way to increase energy efficiency, which we need on the local level for the municipalities, small and medium companies, and public utilities. Results from networks in Switzerland, Germany and Austria show that companies and cities using LEEN concept doubled their yearly progress in energy efficiency compared to the industry average. Hence, it can be assumed that high-quality energy-audits compared with a guided mutual exchange of experience by energy managers of medium sized companies or municipalities can be considered as a new and effective policy instrument. LEEN concept can be defined as alchemy of the sustainable, strategic development of the Western Balkans region. This article is devoted to the new understanding how to realize most effectively energy efficiency or renewable energy potentials intensifying the activities of regional actors in the Western Balkans countries.

Key words: *Energy Efficiency, Learning Energy Efficiency Networks Strategic Positioning, Western Balkans Region*

*LEEN: Learning Energy Efficiency Networks

**POTENTIALS OF ENERGY EFFICIENCY IN SERBIA AND GERMANY IN
INDUSTRY, TRADE, AND SERVICES**

The German industry uses around 2,600 PJ final energy each year. Final energy intensity, the relation between final energy demand and gross value added, had been quite successfully reduced in the 1990s, however very little improvement was achieved between 2000 and 2013. In order to achieve the energy efficiency target, specified by the German Federal Government – doubling the energy efficiency between 1990 and 2020 – energy intensity of the German industry has to be improved by 2.3 % annually between 2014 and 2020. This is a tremendous challenge, but not impossible.

Many national and international studies outline the existence of large energy efficiency potentials in the industrial sector (Eichhammer et al. 2009; Fleiter et al. 2013). Own empirical analyses from 366 energy audit reports came to the conclusion that more than 3,000 profitable energy efficiency investments with an average internal rate of return of 31% would reduce the companies' final energy demand by around 10% within four years. The internal rate of return varied from 12 % (minimum rate) to more than 100% in many cases. Obviously, the situation observed by Romm (1999) 20 years ago did not change: "Consulting engineers usually return from on-site visits in companies with substantial energy efficiency potentials that are easy to realize and usually have high rates of internal return".

The present knowledge about the profitable energy efficiency potential of the German industry, trade and service sector that could be realized between 2015 and 2020 is some 400 PJ. It would reduce energy cost of the two sectors by 9 Billion € in 2020 (-10%) reduce the CO₂ emissions by about 35 Mill. tones and would generate additional 40,000 jobs (net) mostly in the investment goods industry and the installers sector for installing and maintenance.

On the other side, Republic of Serbia is preparing a new strategy of energy policy for 2015-2025/2030. Regarding the EU Progress Report 2014 and its Energy Community obligations, Serbia has taken on the target of achieving 27 % of its energy demand from renewable sources in 2020. In the area of energy efficiency, the second action plan for energy efficiency, for 2013-2015, was adopted in October 2013. The Energy Efficiency Fund established by the Law on energy efficiency became operational in January 2014. Administrative capacity in this area needs to be strengthened.

Regarding the actual situation and energy efficiency indicators in Serbia, the country has an primary energy intensity of 5,257 kWh/€ (2005), the ratio between primary energy and GNP, related to GNP at purchase power parity of 2.593 kWh/€(2005). The primary energy consumption per capita in Serbia is 36.5 MWh/capita, and in Germany 45.7 MWh in 2014. The experience of the EU member countries, especially Germany, shows that if one aims to realise significant increases in energy efficiency strong governmental support but also initiative by companies is essential. In the mentioned new strategy for energy, the Serbian government said that it will take the public sector as a main example of accelerating energy efficiency by means of policy measures.

Two priority activities in the strategy are (1) energy modernization of construction sector in buildings, and (2) the introduction of an energy management system in the public

sector. Because, in Serbia and Western Balkan region, energy efficiency is oriented to energy consumption, and, it is not easily achievable because there are various stakeholders, i.e., participants at the energy efficiency market are different. They should be encouraged to accept energy efficiency as a way of doing business and finally, as a way of living. This requires a change in a way people think. For both priority activities and mentioned challenges, the LEEN methodology provides enough elements which makes it to a powerful driver to accelerate energy efficiency in industry and the service sector in any country.

OBSTACLES AND UNUSED SUPPORTING FACTORS

The limited realization of profitable energy efficiency potentials in industry and the service sector has been the subject of discussions about obstacles and market imperfections for more than two decades now (IPCC 2002), and the heterogeneity of these obstacles and potentials has been tackled by sets of several policy measures and instruments (Levine et al. 1995, DeCanio 1998).

Surveys and interviews show that often the attention given to energy efficiency investments in companies is very low and heavily influenced by the priorities of those responsible for the company or the production site (Rahmesohl 2000, DeGroot 2002, Schmid 2004). The reasons for this low attention to energy efficient solution are many depending on factors such as the size of the company, its energy intensity, the ownership, and the consciousness and leadership of the management. Classical obstacles are (see also Jochem et al 2014):

- lack of knowledge and sufficient market survey of energy managers, particularly in SMCs, but also of consulting engineers, architects, installers, or bankers;
- in order to overcome these lacking knowledge, high transaction costs of the energy manager (for searching solutions, tendering, decision making, installation; (Ostertag 2002)) and high cost for professional training for the other groups of actors are perceived;
- lack of own capital, fear of lending more capital for investments of off-sites or relying on the competence of a contracting company; energy efficiency investments are generally not considered as being a strategic investment (Coremans 2011)
- technology producers or whole sale often pursue their own interests opposing the possible innovation steps of efficient solutions;
- 80% of companies using only risk measures (payback periods), but not profitability indicators (e.g. internal interest rate, present net value) for their decisions.

Beside economic reasons for this priority setting of companies there are also psychosocial, motivational, and behavioral aspects, which have scarcely been analyzed except by some sociologists and psychologists in the 1990s (e. g. Stern 1992, Jochem et al. 2000, Flury-Kleubler et al. 2001). The authors call them “scarcely used supporting factors”:

- Traditional investment priorities steer the motivation and behavior of the staff and determine the career of the young engineers and their efforts; energy engineers often

have difficulties to “make a convincing case” to the management (Schmid 2004).

- The co-benefits of energy-efficient new technologies are rarely identified and not included in the profitability calculations by the energy or process engineers due to the lack of a systemic view of the whole production site and possible changes related to the efficiency investments (Madlener/Jochem 2004).
- Management is often not aware that the workforce may suffer from criticisms made by friends or relatives that they are working in a “polluting” or wasteful industrial site.

Social relations such as competitive behavior, mutual estimation and acceptance not only play a role between enterprises, but also internally within a company. Efforts to improve energy efficiency are influenced by the intrinsic motivation of companies' actors and decision makers, the interaction between those responsible for energy and the management, the internal stimuli of key actors and their prestige and persuasive power (InterSEE 1998, Schmid 2004).

The complexity of obstacles to and the scarcely used supporting factors of energy efficient solutions in companies demand for a bundle of policy instruments which is rarely known and considered by policy makers in administration or the management in industrial associations or companies. However, a Swiss consulting engineer, Thomas Bürki, “invented” an activity with eight companies in Zürich: the EnergyModel of Zürich in 1987 (Bürki 1999, Graf 1996): After an energy audit for each participant, the energy managers of the companies met four times a year exchanging their experience on their energy efficiency investments and organizational measures in a structured manner – one topic, well prepared, eventually with one presentation of an external expert, moderated by an professional moderator. The performance of each company is monitored at least once a year.

The results of this first energy efficiency network were so convincing that the Federal Office of Energy of the Swiss Government funded this new idea in several pilot networks as EnergyModel Switzerland for industry and the service sector. The average annual energy cost savings were 165,000 CHF per company. The very positive results of speeding up the progress of energy efficiency in companies participating in those networks were confirmed (Kristof et al. 1999, Konersmann 2002).

A few years later, companies which reduce energy-related CO₂ emissions by a negotiated target and accept a yearly evaluation can be exempted from a surcharge on fossil fuels. This was first introduced at a level of 12.- CHF per ton of CO₂ in 2008, it will be 72.- CHF in 2016 approved by the Swiss Parliament in line with the Swiss CO₂ law. The Swiss Energy Agency for Industry, EnAW, is acting as an intermediary to negotiate target agreements on CO₂ reduction between companies and the Federal Government. The target agreements are mostly based on energy efficiency improvements over a given period of time, e. g. four years, or substitution options for fossil fuels such as industrial organic wastes, renewables, or electricity (which is almost CO₂ free due to 60 % hydro power and 35 % nuclear power generation in Switzerland).

THE CONCEPT OF THE LEARNING ENERGY EFFICIENCY NETWORKS, LEEN

The generation and operation of energy efficiency networks is usually considered in three major phases of activity you can see in the Figure 1.

1. *Acquisition of the network*: the initiator, who may be represented by the president of the regional Chamber of Commerce or industrial association, the mayor of a larger city, or the CEO of an utility, motivates regional companies to join the planned network. The network operator supports this activity and considers the question who should take up the role of the consulting engineer and the moderator in the planned network. This phase is the crucial challenge. If a network is started, experience and evaluations show that all participants remain quite satisfied with the gains they take from the exchange of experiences and the network's service.
2. *Energy audit and targets*: In Phase 1, every participant receives an energy audit by an experienced engineer who also suggests and mid-term efficiency target for each participant (confidential) and a joint target as a commitment publically communicated. The energy audit has to be performed according to a detailed scheme of identifying energy efficiency potentials and their economic evaluation in all areas of cross cutting technologies and organizational measures. The entire process including the report is in compliance with ISO 50,001.

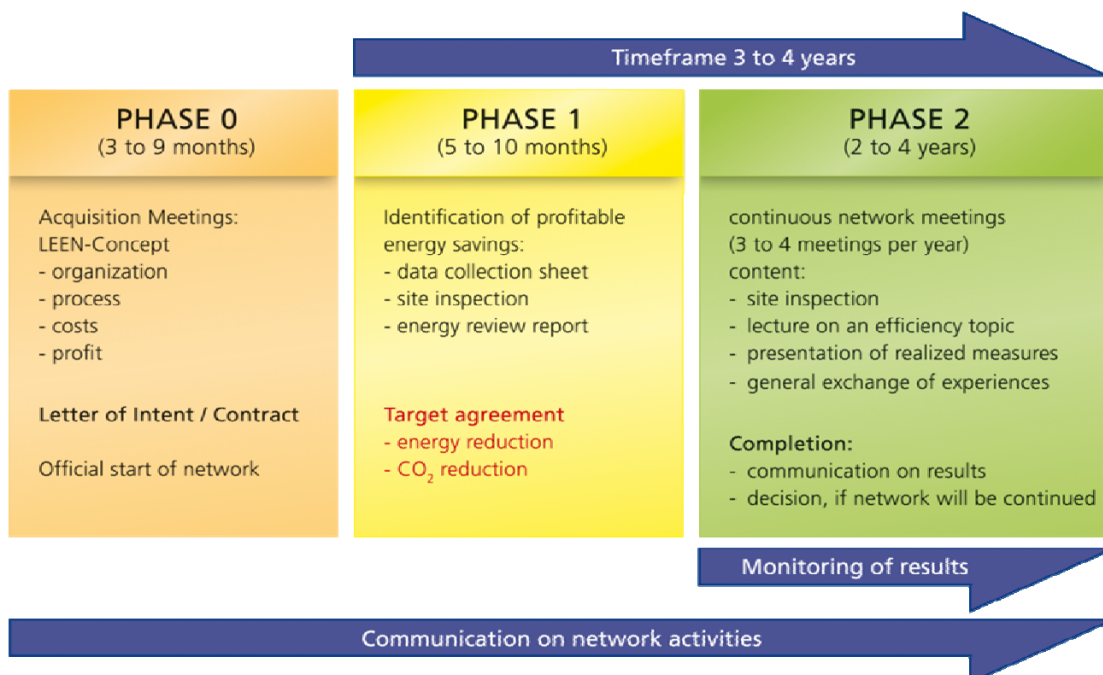


Figure 1: Three phases of generating and operating an energy efficiency network

3. *Regular meetings and yearly monitoring*: In Phase 2, the essential cornerstone of a

network's success is built upon the regular meetings during at least three to four years inducing the exchange of experiences not only during the four meetings per day, but also bi-laterally when an energy manager is consulting his colleague in specific cases of investments and planning. The meeting well prepared by the moderator generally covers one topic of an energy efficient solution which may also be covered by a presentation of an invited external expert, followed by a deep discussion. Each meeting also includes an onsite visit of the inviting participant. Continuous monitoring of the measures that have been implemented permits the tracking of reduced energy cost and its contribution to higher profits. At the level of the network, the consulting engineer can also report on the network's progress of energy efficiency or CO₂ mitigation keeping track of the mid-term target the network had decided upon in the phase 1.

The concept of the Learning Energy Efficiency Network was based upon the Swiss Energy Model. However, from the beginning in the first German network, two differences were added to the Swiss concept.

- A professional moderator prepares and moderates the regular meetings and writes the minutes; so he is not technically biased as the consulting engineer could be, but he is specialized to calm down to extroverted participants and to invite the introverted participants to report on their experiences. The moderator may also moderate the yearly meeting when the report of the monitoring is discussed with the board or management of the company.
- The medium term network target for efficiency progress and CO₂ mitigation was introduced to use it internally for generating a team spirit and an atmosphere of sportive competition among the energy managers and to use it externally for public relations of the participating companies and the network being engaged in climate protection and resource efficiency.

The major components of the underlying theoretical concepts for the local learning networks can be summarized as follows:

- The heuristic approach of *innovation systems* is used to demonstrate the network of actors who are involved in bringing about an innovation (Kuhlmann 2001). An investment in new energy-efficient technologies does not come about due to a decision of the management of a company, but is the result of a complex interplay between many actors who may have different weights in influencing a decision in a particular case: consultants, equipment suppliers, installers, architects, outside maintenance staff, key accountant of energy suppliers or the cooperating bank, investment decisions of competitors or of management colleagues in the region.
- One element of the concept follows the *dynamics of a product or investment cycle*, applying them in two dimensions: (1) new and reliable efficiency technologies just being introduced to the market are presented on the initiative of the senior engineer and (2) changes to the production and product quality at the production site caused by the efficiency investment are analyzed in order to identify risks and co-benefits which are often neglected in energy efficiency investment considerations.

- The concept also considers aspects of innovation research, i. e. the concept of first movers, followers, and late applicants with the competences and motivations of those types of companies and their management, as well as the size of the company and its potential to engage specialists in the field of efficient energy use as internal staff or external consultants.
- Finally, the concept also integrates approaches of social and individual psychology: social dynamics such as mutual affirmation and acknowledgement within a company and among energy managers of several companies or administrations, social cohesion, responsibility and sanctions once a common target has been agreed upon, low competitive behavior in acquainted groups as well as individual behavior such as the motivation of professional careers, the motivation of experts to share their knowledge with colleagues often working in small and medium-sized companies, or the motivation of management with regard to achieving a good acceptance of the company at its production location (Schmid 2004, Flury-Kleubler et al. 2001).

The particular form of the energy efficiency network, called the Learning Energy Efficiency Network (LEEN) was developed in Germany between 2002 and 2014. The LEEN management system has now more than 100 useful elements to support the network operator, the consulting engineer, and the moderator, but also initiators or multipliers such as trade associations, chambers of commerce, or business developers. These elements may be recommendations how to approach and acquire potential participants, or on the agenda of a first informational event, the description and division of tasks for the network operator, the consulting engineer, or the moderator, master contracts for all actors, including the participating companies, recommended reporting for energy audits and yearly monitoring, training material for consulting engineers and moderators, and many other assisting material including 20 calculation tools for the technical and economic evaluation of energy efficiency options of cross cutting technologies such as boilers, compressors, electrical motors, or pumps.

THE ACHIEVEMENTS OF LEEN-NETWORKS IN GERMANY FROM THE PERSPECTIVE OF PARTICIPATING COMPANIES

The 366 companies participating in 30 pilot energy efficiency networks between 2009 and 2014 have been evaluated by several analyses including the results of their energy audits, the yearly monitoring as well as questionnaires at the beginning and the end of the four years' first operating phase you can see in the Figure 2.

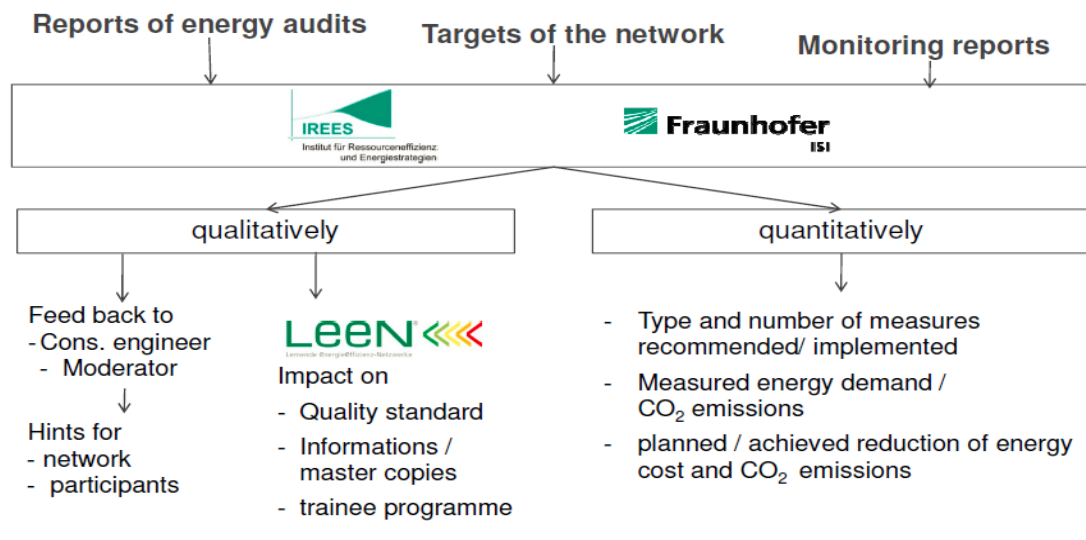


Figure 2: Evaluations of the performance of 30 pilot energy efficiency networks with 366 companies

The participating companies were asked about their past involvement in energy efficiency and their expectations at the beginning of the network and their judgment about the performance of the network and their gains from it at the end of the four years period. The systemic nature of the energy efficiency networks contributes to the fact, that many obstacles of energy efficiency mentioned in section 2 get reduced, and that often unused supporting factors (such as motivation, acknowledgement, or self-responsibility) are applied during the meetings and site visits or in the meetings the board or management discussing the results of the yearly monitoring.

On average, the efficiency progress doubled compared to the average the non-participants of the branch resulting in an efficiency increase of 2.1 % per year. The average savings per participant (with yearly energy cost of around 2 Mill €) were 180,000 €a inducing investments of almost 600,000 € during the four years period. Of course, the average figures do not reflect specific situations of companies, of branches, and status of efficiency at the beginning of a network or the engagement of the participating company during the four year period of the network's operation. Two networks improved their efficiency by less than one percent per year, but two networks improved by more than four percent per year, 14 networks between 1 and 2 % and 10 between 2 and 3 % annually.

The investments in the additional energy efficiency achieved also substantially varied depending on the type of investment (e.g. economizer of a boiler, heat exchanger added to an air compressor, high efficiency motors instead of a normal motor, pumps or ventilators) and its size depending on energy services or energy demand in the production site or the building or factory (see Table 1). About 80 % of all net investments were below 50,000 €. However, one has to consider the basic re-investment which usually goes with the net efficiency investments such as a new boiler, a new air compressor, a new normal pump, ventilator or normal efficient electrical motor. The value of this basic re-investment is several times as high as the net energy efficiency investment, but

not reported here. This is important from the aspect of financing those investments by third parties like contractors or banks.

Table 1: Distribution of net energy efficiency investments

Range of net investments in Euro	Number of net investments	Share of total net investments %
< 5,000	1,387	39.8
5,000 to 50,000	1,511	40.4
50,000 to 250,000	474	13.6
250,000 to 1 Mill.	96	2.8
> 1 Mill.	17	0.5

Given the impressive success of the LEEN networks in the industrial sector, the German Federal Government decided in 2014 to set up a funding scheme for energy efficiency networks for cities and counties between 20,000 and 200,000 inhabitants (BAFA 2014). The concept for this target group was based on the LEEN management system for companies and was adapted to the situation of public bodies and more building-focused technical topics. The funding conditions requested the applicants to respect the rules of the communal energy efficiency networks.

The grant scheme was unexpectedly fast accepted: by the end of August 2015, more than 35 communal networks are being acquired to convince the necessary eight communes or cities forming an energy efficiency network. Five networks are already operating and further five networks started in September.

TRANSFERRING THE LEEN-NETWORKS TO SERBIA, FIRST STEPS, AND THE PROSPECTS

During the past five years of active communication with the different stakeholders in Serbia, a team of experts of the center Teslium concluded that, if the Government wants to achieve defined goals and targets in the Strategy of Energy of Republic of Serbia 2015-2025/2030, the country needs an integral methodology securing enough interrelations and interconnections between governmental bodies, big companies, SMEs, faculties and local municipalities.

According to the analyses of the different concepts, methodologies and programmes for improving energy efficiency, the experts found that the LEEN managements system is an excellent and appropriate concept for the Serbian three main target groups:

- *Local municipalities:* during the next two years, the Serbian Government plans to establish energy managers in 100 cities with more than 20.000 habitants who will assist the local administration with energy balance sheet defining and data collection,

- *Big public and private companies*: which have to be modernized and restructured in Serbia according to the EU standards and directives,
- *SMEs*: they are recognized as a main engine of the country's sustainable development.

The main problem for the correct strategy realisation is the absence of a system structure in Serbia through which different stakeholders can *communicate, coordinate and cooperate*. This 3C rule is absolutely in accordance with the operational concept of LEEN.

The LEEN management system with its large experience and development of more than ten years in companies, communal administrations and training activities is the only one estimated from different stakeholders in Serbia as an integral tool well suited to help them to establish a so necessarily needed balance of motivation, education, and information between top management and employees, especially within technical teams. Formal education on the Serbian and West Balkan universities is not sufficient to prepare neither the engineers neither the managers for the adoption of the new modern standards, technical, technological and know-how expertise, such as EUD2012/27/EU about energy efficiency or ISO 50,001.

The multiple benefits of energy efficiency approach defined by the International Energy Agency (IEA) reveals a broad range of potential positive impacts on the economy, society, and the environment of a country (see Figure 3).

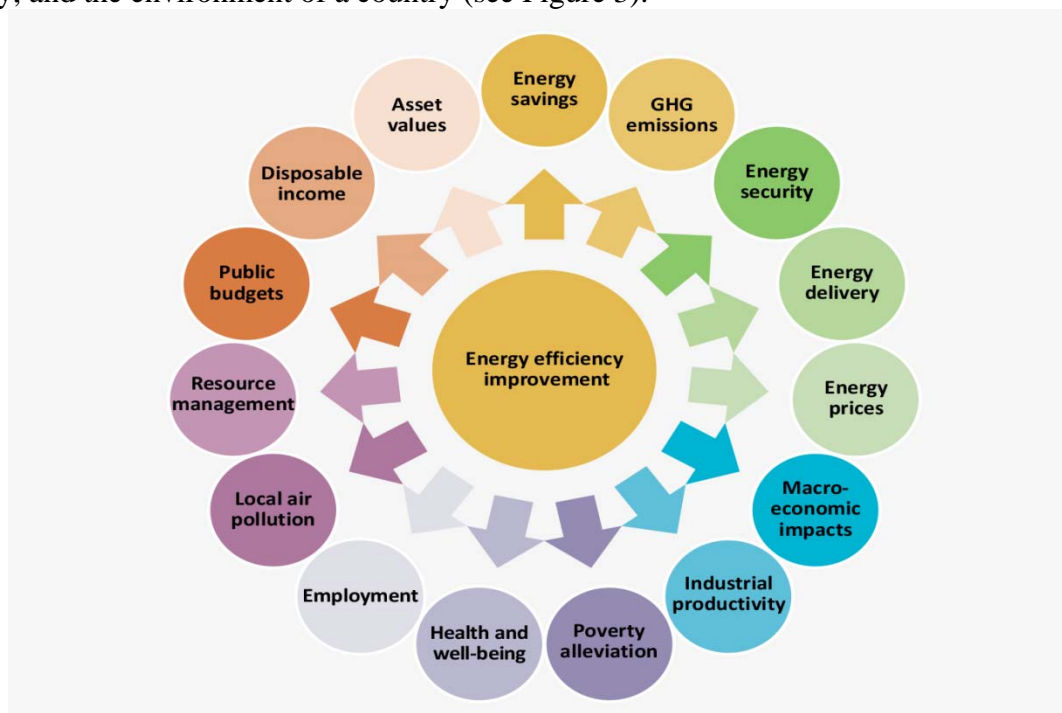


Figure 3: The multiple benefits of energy efficiency improvements-Source: IEA 2014

An IEA (2014) analysis concluded that energy efficiency has the potential to sup-

port economic growth while reducing energy demand, as large imports of energy is substituted by domestically produced investment goods and services. The induced economic growth enhances social development, speeds up environmental and climate protection, supports tendencies of sustainability, and ensures a secure energy system of a country.

The LEEN methodology concretises elements that support companies and cities to help the country to obtain remarkable economic development. Increasing the share of renewable energies as an additional element to energy efficiency is also regarded as a major technical element of the LEEN management system.

For a country such as Serbia and others in the Western Balkan region, after more than twenty years of continues weak development and with the strong dependency from energy policy of other countries, a methodology like LEEN can be the right choice to increase the employment of young people, to reduce rural and city migration, to strengthen and enrich the basic education system, and stabilise economic and energetic dependence from foreign countries.

CONCLUSIONS

The fact that almost all companies that started since the first established LEEN network in the region of Hohenlohe in Baden -Wurttemberg in Germany in 2002, are still active in their networks or similar newly founded (including internal efficiency networks of large companies), shows that company benefits obtained by LEEN network participation in Germany, Austria, and Switzerland are well recognized by them.

This also explains why utilities, consulting engineers, chambers of commerce, and regional governments, or energy agencies in Belgium, the Netherlands, Sweden, Denmark, Brazil, Mexico, and other countries are presently considering introducing the LEEN system in their industries and service sectors. They are checking whether the LEEN methodology gives sufficient added-value to a better strategic positioning of the companies (including competitiveness) or cities. This is needed to identify well operating drivers for sustainable development in a country or region.

LITERATURE

[1] *COM 2011 (0109) final.*

[2] **Serbia Progress Report 2014**, *Enlargement Strategy and Main Challenges 2014-2015, COM (2014)700 final, October 2014.*

[3] **BAFA: Directive of the grant programme of energy efficiency networks in communes.** Dec.2014.

- http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energieeffizienz_netzwerke_kommunen/rechtsg_rundlagen/rl_energieeffizienz_netzwerken_von_kommunen.pdf
- [4] Bürki, T.: **Das Energie-Modell Schweiz als Erfahrungsfaktor für Schweizer Unternehmen.** *Bundesamt für Energie: Energie 2000, Ressort Industrie. Benglen 1999*
- [5] DeCanio, S. J.: **The efficiency products: bureaucratic and organisational barriers to profitable energy saving investments.** *Energy Policy 26 (1998), 441ff*
- [6] Coremans, C. 2011: **Make it strategic! Financial investment logic ist not enough. Energy Efficiency.** DOI 10.1007/s12053-011-9125-7
- [7] Dusan D. Gvozdenac and Tihomir S. Simic, **About the Serbian Energy efficiency problems,** *Thermal Science, 2012, Vol.16, Suppl.1, pp.S1-S15*
- [8] DeGroot, H. L. F. et al.: **Energy savings by firms: decision-making, barriers and policies,** *Energy Economics 23 (2001), 717ff*
- [9] Flury-Kleubler, P., Gutscher, H.. Psychological principles of inducing behaviour change. In R. Kaufmann, H. Gutscher (Eds.), **Changing things – moving people: Strategies for promoting sustainable development at the local level.** *Basel: Birkhäuser 2001, 109ff*
- [10] Graf, E.: **Evaluation of the Energy Model Switzerland (in German)** *Bern: Bundesamt für Energie 1996*
- [11] InterSEE: **Interdisciplinary Analysis of Successful Implementation of Energy Efficiency in Industry, Commerce and Service.** *Wuppertal, Kopenhagen, Wien, Karlsruhe, Kiel 1998*
- [12] Jochem, E., Gruber, E.: **Modellvorhaben Energieeffizienz-Initiative Region Hohenlohe zur Reduzierung der CO2-Emission.** *Fraunhofer-Institut ISI Karlsruhe 2004*
- [13] Jochem, E. et al.: **Society, Behaviour, and Climate Change. Advances in Global Change Research.** *Kluwer Academic Publ. Dordrecht/Boston/London 2000*
- [14] Konersmann, L.: **Energy efficiency in the economy – Evaluation of the Energy Model Switzerland and Conception of a multi-agent model.** *Master Thesis (in German). ETH Zurich 2002*
- [15] Kristof, K. u. a.: **Evaluation der Wirkung des Energie-Modells Schweiz auf die Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie und seiner strategischen energiepolitischen Bedeutung.** *Bern: Bundesamt für Energie 1999*
- [16] Kuhlmann, S.: **Governance of Innovation Policy in Europe – Three Scenarios.** *In: Research Policy, Special Issue „Innovation Policy in Europe and the US: New Policies in New Institutions“, edited by Hans K. Klein, Stefan Kuhlmann, and Philip Shapira, vol. 30, issue 6/2001, 953-976 (ISSN: 0048-7333)*
- [17] Levine, M. et al.: **Energy efficiency policies and market failures,** *Annual Review of Energy and the Environment 20 (1995), 535ff*

- [18] Ostertag, K.: **No-regret Potentials in Energy Conservation. An Analysis of Their Relevance, Size and Determinants.** In: *Technology, Innovation and Policy, Series of the Fraunhofer Institute for System and Innovation Research, Physica Verlag Heidelberg 2003*
- [19] Ramesohl, St.: **Social interactions and conditions for change in energy-related decision making in CMCs.** in: *Jochem, E. et al. (eds.): Society, behaviour, and Climate Change Mitigation. Advances in Global Change research. Kluwer Acad. Publishers, Dordrecht 2000, 207 ff*
- [20] Romm, J.: **Cool Companies.** *Earthscan, London 1999*
- [21] Schmid, Christiane: **Energieeffizienz in Unternehmen: eine handlungstheoretische und wissensbasierte Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten.** *Dissertation. Vbf Zürich 2004*
- [22] **Capturing the Multiple benefits of energy efficiency,** *Energy efficiency: a key tool for boosting economic and social development, IEA, International Energy Agency, 2014.*
- [23] **Strategy of development of energy of Republic of Serbia, 2025, with projections to 2030, final draft,** *Serbian Parliament, September 2015.*
http://www.parlament.rs/upload/archive/files/cir/pdf/akta_procedura/2015/1573-15.pdf

CENTRALIZOVANI KONTROLER ZA UPRAVLJANJE MIKROMREŽAMA

CENTRALIZED CONTROLLER FOR MICROGRID MANAGEMENT

Aleksandar SELAKOV

Schneider Electric DMS NS, Novi Sad, Srbija

*Departman za Energetiku, Elektroniku i Telekomunikacije, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad
Department for Power, Electronic and Communication Engineering, Faculty of Technical Sciences,
Novi Sad, Serbia*

email: aleksandar.selakov@schneider-electric-dms.com

Abstract: Vision that is shared among industry experts anticipates that many communities (residential and commercial, big industrial systems, university and hospital campuses, military bases etc.) will be self-sufficient in power production. New modern self-sufficient communities are being called microgrids. Microgrids are usually targeted for local power production support, with option of selling energy to „macrogrid“, and for island operation support. Typical microgrids consists of multiple DERs (distributed energy resources) which includes PV and wind units, gas fired generators, demand response, energy storage units, combined heat and power units (CHP) etc. This paper presents centralized controller for microgrids management, aimed for grid connected and island operation modes. Controller consists module for realtime control, module for economic optimization and planning module. Controller model is verified on simulation system and results are presented.

Keywords: *Controller, Microgrid, Optimization*

Apstrakt: Vizija koju dele mnogi eksperti govori kako će mnoge zajednice (stambene i komercijalne, veliki industrijski sistemi, univerzitetski ili bolnički kampusi, vojne baze itd.) biti samoodržive u pogledu proizvodnje energije. Te nove moderne samoodržive zajednice nazivaju se mikromreže (eng. microgrids). Mikromreže su obično namenjene za podršku lokalnoj proizvodnji sa mogućnošću prodaje viška energije „velikoj“ mreži kao i za podršku ostrvskog rada. Tipična mikromreža se sastoji od više različitih uređaja u distributivnoj mreži kao što su fotonaponski i vetro generatori, gasni generatori, upravljiva potrošnja, skladišta energije, kogeneracione elektrane itd. U radu je predstavljen centralizovan kontroler za upravljanje mikromrežama koji je namenjen ostrvskom i mrežnom režimu rada. Kontroler sadrži modul za kontrolu mrežnih uređaja u realnom vremenu, modula za optimizaciju operativnih troškova i modul za planiranje rada. Model kontrolera je verifikovan na simulacionom sistemu i rezultati su predstavljeni.

Ključne reči: *kontroler, mikromreža, optimizacija*

UVOD

Tokom poslednjih dvadeset godina dešava se značajna transformacija u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne enegije, dok postoji snažan konsenzus da još značajnije promene tek predstoje. Od nastanka elektroenergetskih sistema pa do kraja dvadesetog veka, većina električne energije na svetu proizvodila se u velikim, centralizovanim elektranama, odakle je prenošena i

distribuirana do krajnjih korisnika. Trenutna situacija u oblasti pokazuje znacajnu evoluciju distribuiranih energetskih uređaja koji su povezani na sve naponske nivoe u mreži, od prenosa preko distribucije pa do krajnjeg korisnika. Ti uređaji uključuju distribuirane generatore (kogeneracione elektrane, vetrogeneratore, fotonaponske generatore, mikro hidro jedinice i tako dalje), kao i druge uređaje kao što su skladišta energije, termalna skladišta i upravljiva potrošnja.

Mikromreža se definiše kao grupa povezanih potrošača i distribuiranih energetskih resursa koji se nalaze u okviru jasno definisanih električnih granica i ponašaju se kao jedinstveni kontrolabilni entitet u odnosu na „veliku“ distributivnu mrežu. Mikromreža se može povezati ili odvojiti od distributivne mreže i to joj omogućava dva režima rada, tzv. povezani i ostrvski.

Naše radno, poslovno, zdravstveno ili bilo koje drugo okruženje može postati mikromreža u budućnosti. Više je razloga za to, od kojih najvažniji uključuju:

- Cene električne energije su u značajnom porastu poslednjih godina dok i trendovi pokazuju rast i u budućnosti pa je lokalna proizvodnja sve atraktivnija
- Ekološka ograničenja koja donosi budućnost destimulisaće korišćenje velikih generatora na fosilna goriva i stimulisaaće korišćenje zelenih lokalnih jedinica
- Lokalna proizvodnja povećaaće stabilnost sistema pogotovo u ruralnim predelima i prilikom vremenskih nepogoda
- Lokalna proizvodnja je veoma atraktivna za kritične potrošače kao što su vojne baze, bolnice ili velika industrijska postrojenja, jer im značajno povećavaju pouzdanost rada sistema
- Sve veće prihvatanje lokalne proizvodnje kao što solarni paneli zahteva nova rešenja za njihovu kontrolu i uključivanje u rad celog distributivnog sistema [1]

Menadžment mikromreža mora biti usaglašen sa kontrolom i upravljanjem glavne mreže, ali upravljanje mikromrežama poseduje dodatne zahteve kao što su povećana pouzdanost napajanja kritičnih potrošača, mogućnost nastavka napajanja posle raspada elektro prenosnog sistema i pouzdan rad prilikom velikih vremenskih nepogoda. Dodatno, upravljanje mikromrežama je jedini način rada za mala ostrva, izolovana industrijska postrojenja i ruralne gradove i sela.

Svaki pojedinačni uređaj povezan na mikromrežu doprinosi njenom radu ali šira korist ostvaruje se njihovim zajedničkim radom. Najveća operativna ušteda dobija se korišćenjem obnovljivih izvora energije kao što su fotonaponske ćelije i vetrogeneratori, ali te jedinice unose dodatnu nepouzdanost u sistem kao rezultat promenljivosti njihovih izvora, vetra i sunca. Ove nepouzdanosti mogu proizvesti manjak ili višak snage u sistemu u odnosu na ono što je planirano, što dalje može dovesti do varijacija u troškovima i profitu. Usvajanje modernih upravljačkih strategija, rizici povezani sa nepouzdanošću mogu se minimizovati.

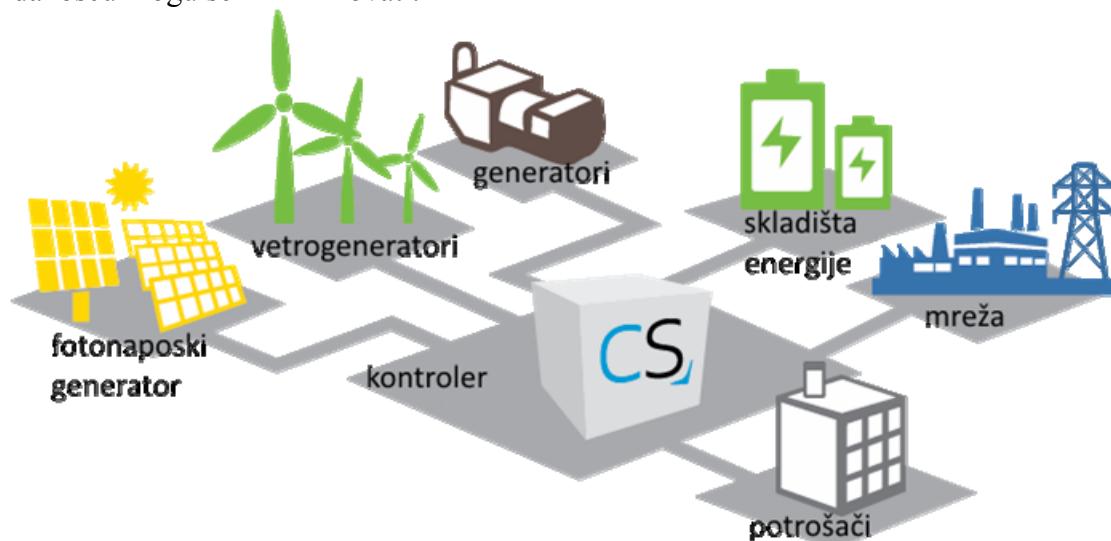


Figura 1. Šematski prikaz mikromreže

Skladišta energije su uređaji koji takođe proizvode značajne operativne uštede time što doprinose vršnoj potrošnji tokom perioda u danu kada je energija najskuplja, a pune se obično u periodima kada je energija najjeftinija ili kada je ima previše. Tipičan primer je odnos vetrogeneratora i baterije, gde se baterija puni tokom vetrovitih noći kada je mala potrošnja, a prazne se u toku dana kada je potražnja najveća. Takođe, baterije kao brzi izvori energije povećavaju stabilnost sistema u slučajevima ispada drugih generatorskih jedinica.

Koristi od mikromreža nisu samo ekonomske prirode. Mikromreže mogu se posmatrati kao zajednice koje energetske ne zavise od ostatka elektroenergetskog sistema, i koje time mogu da zadovolje sve strožije zahteve zaštite životne sredine. Mikromreže mogu se posmatrati i kao alternativa velikim investicijama u centralizovanu proizvodnju u sistemu. Neprekidno napajanje kritičnih potrošača i u kritičnim uslovima, takođe je važna dobit od mikromreža.

Oblast mikromreža kao veoma važna privukla je značajnu pažnju naučne javnosti. Veliki broj radova objavljen je poslednjih godina i predlažu se različita rešenja za više problema u radu, kontroli, upravljanju, modelovanju itd. mikromreža. Primeri ovih radova dati su u referencama [2-8].

U radu je predstavljeno jedno rešenje centralizovanog kontrolera za upravljanje mikromrežama, u dva moda rada, povezanom i ostrvskom. Osnovi ciljevi kontrolera su sledeći:

1. Povećati pouzdanost napajanja (smanjiti dužinu trajanja ispada) za kritične potrošače
2. Povećanje efikasnosti rada
3. Smanjenje operativnih troškova
4. Smanjenje emisije štetnih gasova
5. Menadžment glatkog prelaska iz povezanog u ostrvski rad i obrnuto, čak i u slučajevima havarijskog prelaska u ostrvski rad
6. Održavanje napona u okviru predefinisanih tehničkih granica
7. Održavanje stabilnosti frekvencije u okviru željenih granica kao i održavanje planirane snage razmene sa glavnom distributivnom mrežom
8. Informisanje opratera o svim važnim parametrima rada sistema, kako trenutnim tako i predikovanim

Kontroler treba da radi u dva režima rada:

Povezan režim: U ovom režimu rada ekonomija je vodeći kriterijum rada. Kontroler treba da održava snagu razmene sa nacionalnom mrežom na predefinisanoj nivou na ekonomski optimalan način. Cilj je maksimizovati profit od lokalnih uređaja jer su kontrola frekvencije i stabilnost rada vođeni nacionalnom mrežom.

Ostrvski režim: U ostrvskom režimu rada stabilnost je vodeći kriterijum rada. Kontroler treba da obezbedi balans između proizvodnje i potrošnje i time održi frekvenciju na predefinisanoj nivou. Takođe, kontroler treba da obezbedi održavanje naponskih prilika u mikromreži.

REALIZACIJA KONTROLERA

Kontroler je organizovan u dva sloja, sloj za kontrolu u realnom vremenu i sloj za optimizaciju. Sloj za kontrolu u realnom vremenu se bavi kontrolom frekvencije i napona, dok se sloj za optimizaciju bavi planiranjem rada.

SLOJ ZA KONTROLU U REALNOM VREMENU KONTROLA FREKVENCije I SNAGA RAZMENE

Glavni zahtev rada sloja za kontrolu u realnom vremenu u ostrvskom režimu rada je kontrola frekvencije, dok je to kontrola snaga razmene u povezanom režimu rada. Funkcija zadužena za ovu oblast naziva se AGC (eng. Automatic Generation Control) [9] i tradicionalno je zadužena za kontrolu frekvencije u zatvorenoj petlji. Problematika mikromreža donosi dotadne probleme za AGC gde se postavlja pitanje ne samo da li AGC ima na raspolaganju dovoljno snage u raspoloživim generatorima nego da li ima i dovoljno raspoložive brzine promene (rampe) u generatorima, zbog velike procentualne promene balansa u mikromrežama uzrokovane varijabilnim izvorima napajanja i dinamičnom potrošnjom u sistemu.

Kontrola se održava preko poznate jednačine kontrolne greške oblasti:

$$ACE = B\Delta f + \Delta P_{interconnection}$$

Gde su:

- B – frekvencijski bijas;
 Δf – devijacija frekvencije;
 $\Delta P_{interconnection}$ – devijacija snage razmene.

Kako je AGC namenjen kontroli frekvencije i snaga razmene u normalnim radnim okolnostima, potrebno je omogućiti kontrolu frekvencije i u havarijskim situacijama, kao što su na primer ispadi generatora. U slučaju ispada generatora u mikromreži, pogotovo ako je generator procentualno u odnosu na potrošnju velike snage, veoma je izvesno da će doći do raspada mreže i prestanka napajanja, zbog toga što će inicijalni pad frekvencije biti toliko velik da ostali generatori neće moći odreagovati dovoljno brzo. Za te slučajeve zadužena je funkcija odsecanja potrošnje. Funkcija kontinualno prati stanje mikromreže i procenjuje moguće kritične tačke. Te kritične tačke mogu biti ispadi generatora, ispadi interkonekcije sa glavnom mrežom, ispad velikih potrošača itd. Za svaki od tih kritičnih slučajeva funkcija proračunava optimalno odsecanje potrošnje. Zatim se te informacije pakuju u tabelu i šalju na RTU u polju. Kada se dogodi kritičan događaj, tada RTU ima sve potrebne informacije koje potrošače treba da isključi da bi održao frekvenciju. Ovakav način odsecanja moguć je na nivou od 100 do 200 ms, zbog toga što su svi proračuni izvršeni unapred i poslani u polje, pa nije potrebna komunikacija sa višim nivouima upravljačkog sistema (SCADA), koji su po pravilu sporiji.

KONTROLA NAPONA

Predloženi kontroler posmatra mikromrežu kao jedan čvor i sledeći zadatak posle kontrole frekvencije je da održava napon u predefinisanoj čvoru u tehničkim granicama. Ovaj zadatak kontroler mikromreže ispunjava tako što pali i gasi kondenzatorske baterije. Prioritet regulacije napona je nižeg prioriteta od kontrole frekvencije tako da ova kontrola postaje aktivna pošto se frekvencija dovede u okvir željenih granica.

SLOJ ZA OPTIMIZACIJU

Zadatak sloja za optimizaciju je da minimizuje ukupne troškove koje sačinjavaju operativni troškovi rada generatora, troškovi startovanja generatora, operativni troškovi korišćenja skladišta energije, troškovi odsecanja i redukovanja potrošnje kao i troškovi rotacione rezerve.

$$\max_{P_d(t), P_g(t), x_g(t), u_g(t), P_r(t), P_e(t), P_s(t), P_l(t)} \{MGR\} = \sum_{t=1}^T \left\{ \begin{aligned} & w_1 \sum_{d=1}^D C_d(P_d(t)) - w_2 \sum_{g=1}^G [C_g(P_g(t)) + S_g(x_g(t), u_g(t))] - \\ & - w_3 \sum_{g=1}^G C_g^e(P_g(t)) - w_4 \sum_{r=1}^G C_r(P_r(t)) - w_5 C_e^i(P_e^i(t)) + \\ & + w_6 C_e^e(P_e^e(t)) - w_7 \sum_{s=1}^S [C_s^c(P_s^c(t)) + C_s^d(P_s^d(t))] - \\ & - w_8 \sum_{l=1}^L C_l(P_l(t)) \end{aligned} \right\}$$

Gde je:

- D – broj nekritičnih potrošača;
 C_d – cena potrošnje d-tog potrošača;

$P_d(t)$	– potrošnja d-tog potrošača u momentu t;
G	– ukupan broj kontrolabilnih potrošača;
R	– ukupan broj generatora sa rotacionom rezervom;
C_g	– cena rada g-tog generatora;
S_g	– cena startovanja g-tog generatora;
C_g^e	– cena emisije g-tog generatora;
C_r	– cena rezerve r-tog generatora;
$P_g(t)$	– proizvodnja g-to generatora u momentu t;
$x_g(t)$	– broj sati od poslenje promene stanja generatora (upaljen/ugašen);
$u_g(t)$	– stanje generatora u momentu t (upaljen/ugašen)
$P_r(t)$	– rezerva r-tog generatora u momentu t;
C_e^i, C_e^e	– troškovi uvoza i prihodi od izvoza;
$P_e^i(t), P_e^e(t)$	– snaga uvoza i snaga izvoza;
S	– broj jedinica skladišta energije;
C_s^c, C_s^d	– cena snage pražnjenja i punjenja skladišta energije;
$P_s^c(t), P_s^d(t)$	– snage pražnjenja i punjenja skladišta energije;
L	– ukupan broj nekritičnih potrošača;
C_l	– cena snage l-tog nekritičnog potrošača;
$P_l(t)$	– snaga l-tog nekritičnog potrošača;

Izlazi iz kontrolera su rasporedi rada za generatore, za smanjenje rada kontrolabilne potrošnje, za uvoz i izvoz energije, za pražnjenje i punjenje skladišta energije kao i za odsecanja potrošnje. Ovaj raspored se pravi za narednih 7 dana.

Kontroler rešava gore izneti problem uvažavajući sledeća ograničenja:

1. Ukupna potrošnja i proizvodnja u sistemu moraju biti jednaki
2. Rotaciona rezerva se mora održavati na željenom nivou
3. Moraju se uvažavati tehnička ograničenja uređaja s obzirom na maksimalnu i minimalnu snagu
4. Mora se uvažavati maksimalna moguća rampa proizvodnje generatora
5. Moraju se uvažiti minimalno vreme tokom kog generator ne može promeniti stanje sa upaljenog na ugašeno i obrnuto
6. Emisija štetnih gasova mora biti manja od zadate

Optimizacioni problem rešen je korišćenjem Microsoft Solver Foundation biblioteke u C# jeziku [10].

TESTOVI

Model za simulaciju i verifikaciju rada napisan je u Matlab-u koristeći Simpowersystem biblioteku [11]. Model se sadrži od tri distributivna izvoda koja su povezana preko prekidača na glavnu mrežu. Na izvodima se nalaze kontrolabilna i kritična potrošnja, kogeneracioni generator, dizel generator, skladište energije i vetrogenerator.

Tokom testiranja pokazće se ušteda u radu pri korišćenju lokalnih generatora u odnosu na scenario u kom se snaga uvozi iz glavne mreže.

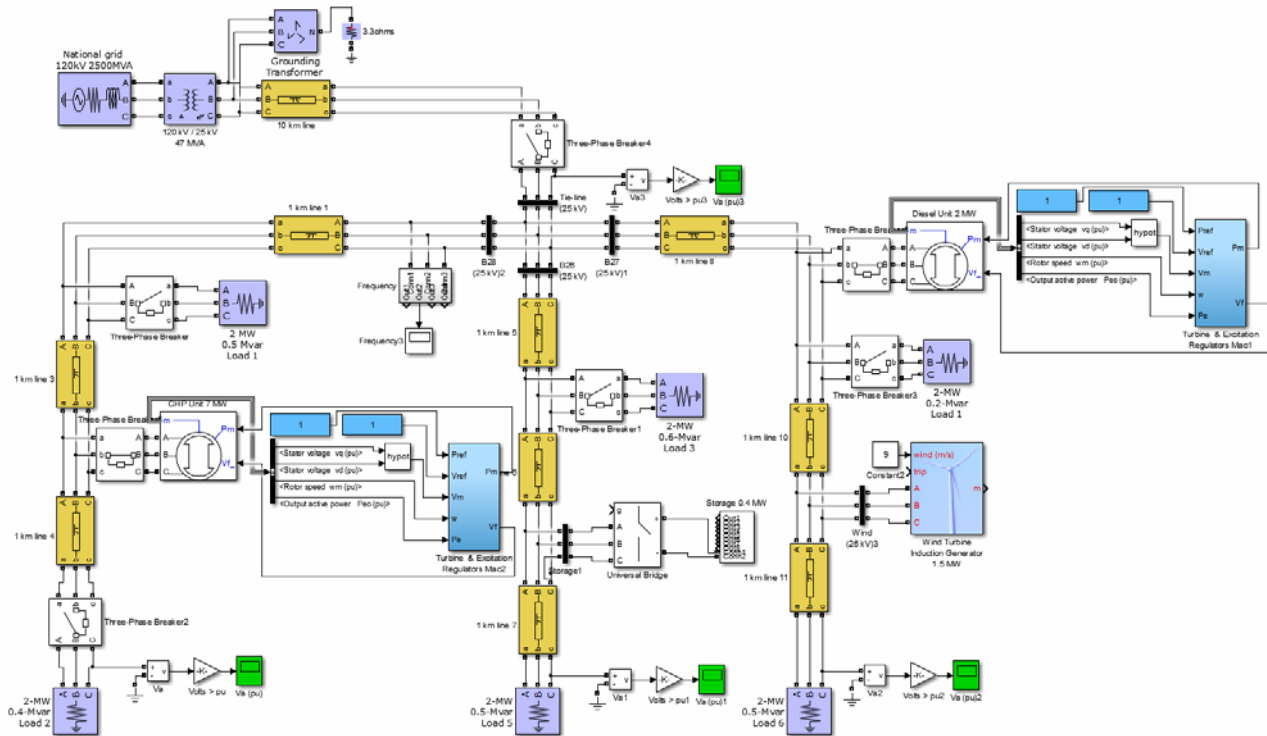


Figura 2 – Matlab model mikromreže

Scenario testiranja obuhvata prikazivanje rada sistema u neoptimizovanom stanju (tradicionalni način upravljanja) i optimalnom stanju tokom dva tipična dana. Na figuri 3 prikazana je potrošnja u razmatrana dva dana.

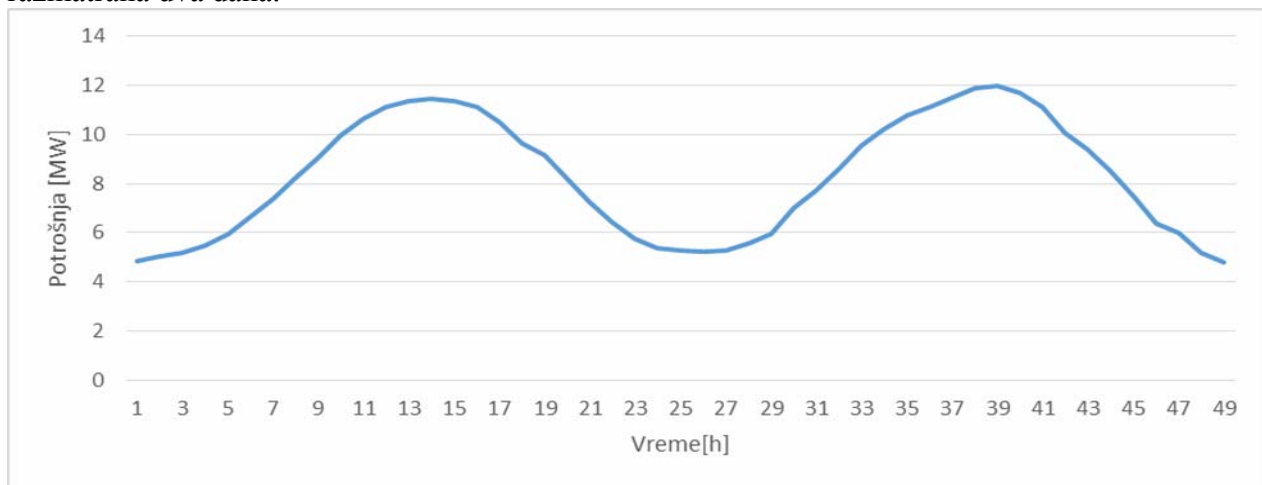


Figure 3 – Potrošnja mikromreže u posmatrana dva dana

Na figuri 4 prikazan je plan rada za naredna dva dana koristeći tradicionalne metode planiranja. Može se videti kako primat u napajanju uzima uvoz iz mreže i kako kogeneraciona elektrana ima velike troškove održavanja zbog stalnog minpulisanja opremom i rampiranja snage gore i dole. Slična situacija je i sa dizel generatorom dok se moderne tehnike kao što su odsecanja potrošnje i baterije ne koriste.

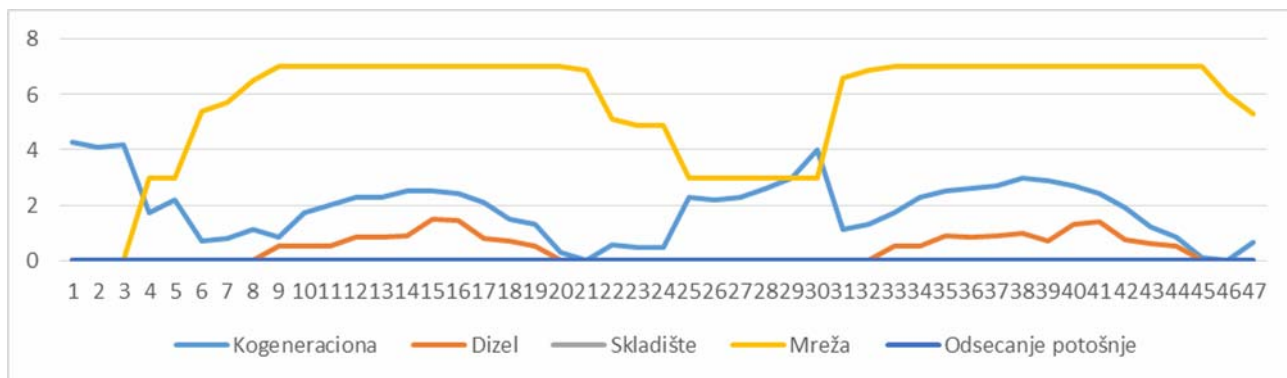


Figura 4 – Raspored proizvodnje uređaja u mikromreži u neoptimizovanom stanju

Na figuri 5 može se videti raspored rada posle optimizacije. Ključni delovi rezultata se ogledaju u tome da glavni primat proizvodnje preuzima lokalna kogeneraciona elektrana kao najjeftinija uz pomoć dizel generatora i skladišta energije u momentima najveće i najskuplje potrošnje. Takođe, optimizacija predlaže i prodaju energije kada je to optimalno, kada ima višak energije u sistemu a cena je povoljna na berzi. Adaptaciju u realnom vremenu preuzima mreža kao najstabilniji i najbrži proizvođač.

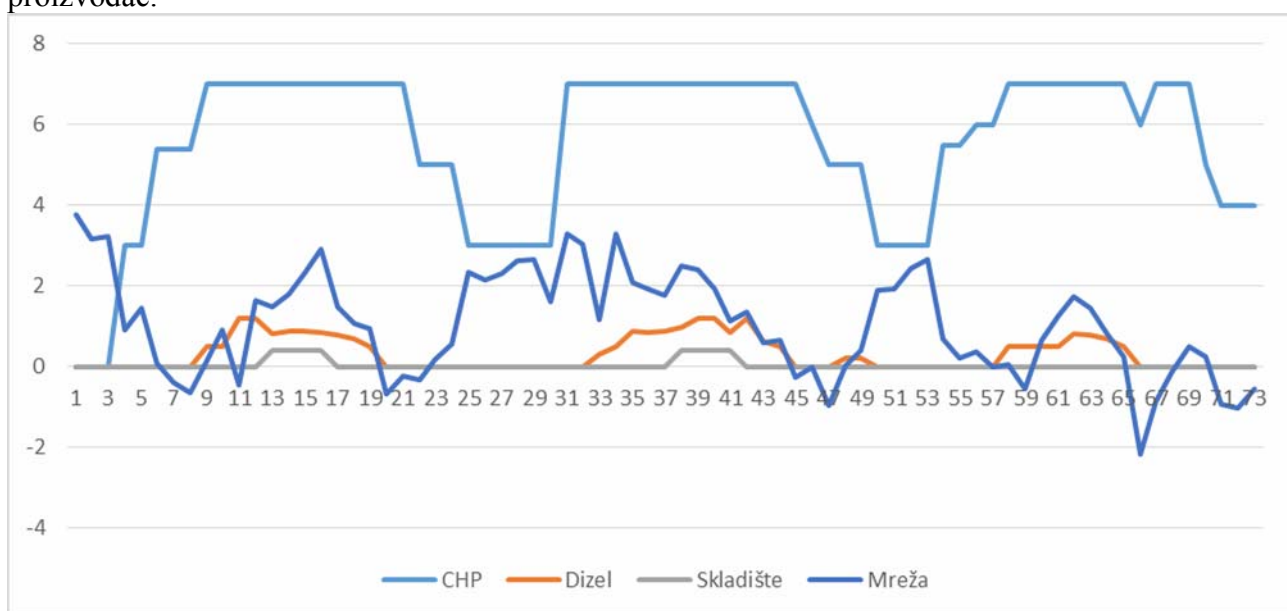


Figura 5 – Raspored proizvodnje uređaja u mikromreži u optimizovanom stanju

ZAKLJUČAK

Centralizovani kontroler za upravljanje mikromrežom predstavljen je u ovom radu. Glavni zadatak predstavljenog kontrolera je kontrola napona, frekvencije i snaga razmene u realnom vremenu, kao i optimizacija operativnih troškova u planerskom modu. Kontroler je izveden u dva sloja, kontrolni i planerski.

Predstavljena arhitektura kontrolera je generička što čini ovaj kontroler prilagodljivim različitim veličinama i strukturama mikromreže, kao što su male zajednice, kampusi, industrijske i vojne baze, kao i celi gradovi. Osnovni doprinosi predstavljene metodologije su sledeći:

1. Jedinstven kontroler može se koristiti za oba režima rada, povezani i ostrvski
2. Jedinstven kontroler može se koristiti za oba moda rada, kontrolu u realnom vremenu i planerski režim
3. Adaptivna struktura dozvoljava prilagođavanje cilja optimizacije različitim ciljevima kao što su ekonomska optimizacija, stabilnost, smanjenje emisije štetnih gasova i uvažava različita tehnička i netehnička ograničenja

4. Maksimizacija profita povećana je uvažavanjem predikovanih vrednosti potrošnje, cena i tehničkih uslova
5. Povećana je verovatnoća energizovanosti kritičnih potrošača u havarijskim uslovima korišćenjem odsecanja potrošnje u realnom vremenu
6. Kontroler podržava tranziciju iz povezanog u ostrvski rad bez naglih skokova ili propada proizvodnje

Dalje unapređenje predloženog rešenja može se izvesti integracijom kontrolera u sistem za upravljanje distributivnom mrežom (ADMS) čime bi bilo omogućeno pronalaženje globalnog minimuma optimizacione funkcije u slučajevima okruženja sa više mikromreža.

LITERATURA

- [1] Hatziargyriou, N. „Microgrids: Architectures and Control“ 2014, pp. 20-50
- [2] A. Seon-Ju, N. Soon-Ryul, C. Joon-Ho, M. Seung-Il, **Power scheduling of distributed generators for economic and stable operation of a microgrid**. IEEE Transactions on Smart Grid 2013, 4, 398-405.
- [3] E. Mayhorn, K. Kalsi, M. Elizondo, W. Zhang, S. Lu, N. Samaan, K. Butler-Purry, **Optimal control of distributed energy resources using model predictive control**, 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 1-8.
- [4] C. Chen, S. Duan, T. Cai, B. Liu, G. Hu, **Smart energy management system for optimal microgrid economic operation**, IET Renewable Power Generation 2011, 5, 258-267
- [5] C. Zhao, J. Wang, JP, Watson, Y. Guan, **Multi-stage robust unit commitment considering wind and demand response uncertainties**, IEEE Transactions on Power Systems 2013, 28, 2708-2717
- [6] Y. Tan, Y. Cao, C. Li, Y. Li, Z. Zhang, S. Tang, **Microgrid stochastic economic load dispatch based on two-point estimate method and improved particle swarm optimization**. International Transactions on Electrical Energy Systems 2014
- [7] R. Palma-Behnke, C. Benavides, F. Lanas, B. Severino, L. Reyes, J. Llanos, D. Saez, **A microgrid energy management system based on the rolling horizon strategy**. IEEE Transactions on Smart Grid 2013, 4, 996-1006
- [8] T. Logenthiran, D. Srinivasan, **Short term generation scheduling of a microgrid**. TENCON 2009 - 2009 IEEE Region 10 Conference; 1-6.
- [9] Sadaat H. Power System Analysis; 3rd edition, PSA Publishing, 2010.
- [10] [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff524509\(v=vs.93\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff524509(v=vs.93).aspx)
- [11] <http://www.mathworks.com/products/simpower/>

ICT TEHNOLOGIJE ZA ENERGETSKI EFIKASNE AERODROME

ICT SOLUTION FOR ENERGY EFFICIENT AIRPORTS

Nikola Tomašević, Marko Batić

Institut Mihajlo Pupin, Beograd, Srbija

email: nikola.tomasevic@pupin.rs , marko.batic@pupin.rs

Abstract: Airports are massive energy consumers serving as public hubs that connect Europe. Nowadays, in order to address 20-20-20 targets, the airport managers are under considerable pressure to economize in energy management and need solutions which can provide adequate support. CASCADE offers one such solution which is aimed at helping airport managers in their daily operation to save energy and reduce CO₂ emissions. This is done by developing, implementing and testing a measurement-based, technology neutral, ISO 50001 Energy Management Action Plan underpinned by Fault Detection and Diagnostics (FDD) and deployed upon the existing ICT infrastructure of the airport. The FDD paradigm is used to detect problems in system design, equipment efficiency, and operational settings, enabling the state of the art energy management. Owing to their rather complex infrastructure, two major European air-traffic hubs, MXP airport in Milan and FCO airport in Rome are taken as test-bed pilots. Target reached by the CASCADE solution was 3 year return on investment and 20% reduction of energy consumption and CO₂ emissions.

Key words: *Energy Management; Energy Efficient Airports; Fault Detection and Diagnostics*

Apstrakt: Aerodromi su veliki potrošači energije i predstavljaju javna transportna čvorišta koja povezuju Evropu. U današnje vreme, kako bi se dostigli 20-20-20 ciljevi, energetske menadžeri aerodroma su pod velikim pritiskom po pitanju uštede energije, i u neprekidnoj su potrazi za rešenjima koja bi mogla pružiti adekvatnu podršku. CASCADE nudi jedno takvo rešenje koje ima za cilj da pomogne energetskim menadžerima u svakodnevnim operacijama aerodroma da uštede energiju i smanje CO₂ emisiju. Ovo je postignuto razvojem, implementacijom i testiranjem tehnološki neutralnog ISO 50001 akcionog plana energetskog menadžmenta koji je zasnovan na merenjima, i podržan inteligentnom detekcijom i dijagnostikom otkaza (Fault Detection and Diagnostics - FDD) uređaja, a koji se ujedno implementira na već postojeću ICT infrastrukturu aerodroma. FDD paradigma se koristi za pravovremeno otkrivanje problema u planiranju sistema, efikasnosti sistema, i operacionim postavkama, time omogućavajući inovativni pristup upravljanju potrošnjom energije. Zahvaljujući njihovoj kompleksnoj infrastrukturi, dva vodeća evropska aerodroma, Malpensa aerodrom u Milanu i Fiumicino aerodrom u Rimu su uzeti kao platforma za testiranje rešenja. Ciljevi postignuti CASCADE rešenjem su 3 godine za povrat investicija, kao i 20% ušteda energije i 20% smanjenje CO₂ emisije.

Ključne reči: *Energetski Menadžment, Energetski Efikasni Aerodromi, Detekcija i Dijagnostika Otkaza*

UVOD

Aerodromi predstavljaju transportna čvorišta od kritičnog značaja za globalnu, nacionalnu i lokalnu infrastrukturu avio saobraćaja, koja povezuju ljude i omogućavaju poslovanje i trgovinu [1]. Aerodromi članovi ACI EUROPE (*Airport Council International Europe*) udruženja (sa preko 400 aerodroma) opslužuju više od 1.5 milijardi putnika i preko 17 miliona tona tereta, kao i oko 20 miliona letova godišnje [2]. Imajući u vidu njihov ekonomski uticaj, evropski aerodromi zapošljavaju preko 1.2 miliona ljudi. Samo ove poslovne pozicije, sa vrednošću od oko 59 milijardi eura, imaju veliki uticaj na evropski GDP (*Gross Domestic Product*), a svaki zaposleni na samom aerodromu indirektno otvara u proseku 2.1 poslovno mesto van aerodroma [3].

Shodno navedenom, aerodromi su masivni potrošači energije i emiteri štetnih gasova, koji se mogu uporediti sa omanjim gradovima. Na aerodrome se može gledati kao na otvorene prostore koje sačinjavaju mnoge različite funkcionalne oblasti koje uključuju tzv. “vazdušne” (kao npr. operacije na pisti) i “zemaljske” segmente (kao npr. operacije unutar terminala). Ovi segmenti podrazumevaju prostor za piste, osvetljenje piste, hangare, prostorije za održavanje, parking, spoljašnje osvetljenje, prostorije terminala sa kancelarijskim prostorom, *check-in* prostor, bezbednosne zone, *gate*-ove, restorane, prodavnice itd. Kao primer obima potrebe za grejanjem i hladjenjem, ispod glavnog terminala T1 Malpensa aerodroma (MXP) u Milanu, koji je jedan od demonstracionih aerodroma u okviru EU FP7 CASCADE projekta (pored Fiumicino aerodroma (FCO) u Rimu), postoji 76 Siemens AHU (*Air Handling Unit*) jedinica za grejanje, hladjenje i kontrolu pritiska unutar zgrade terminala. Fizički, ove AHU jedinice su instalirane u liniji dužine od 850m. Mreža cevi koja doprema vazduh od i do AHU jedinica se prostire kilometrima.

Iz navedenih razloga, zbog velikog ekonomskog uticaja, uloga aerodroma koji služe kao transportna čvorišta su od kritičnog značaja za avio saobraćaj, i zbog obima potrošnje energije, aerodromi su odlični kandidati za istraživanje i validaciju rešenja i tehnologije u domenu energetske efikasnosti. Sa socijalnog aspekta kao i u pogledu obima, poboljšanje energetske efikasnosti u ovom domenu je od velikog značaja i podržava Evropu ka njenim ciljevima 20-20-20 i 50-50-50 politike. Aerodromi su takođe adekvatni za sprovođenje takve strategije pošto pokazuju otvoren i pozitivan stav prema merama za unapređenje energetske efikasnosti. Kao odgovor na verovatno najtežu dekadu sa kojom se avio industrija ikada srela, aerodromi i avio kompanije su u neprekidnoj potrazi za potencijalnim merama uštede. Takođe, pod direktnim političkim pritiskom, avio saobraćaj ima za cilj da postane manje zavisian od uvoza goriva iz bezbednosnih razloga. Iz svega gore navedenog, operateri i menadžeri aerodroma su u neprekidnoj potrazi za adekvatnim rešenjima [4].



Sl. 1. Aerodrom Malpensa - Terminal 1.

Glavni uticaj avijacije na globalne klimatske promene [5] se može sagledati kroz emisiju gasova nastalih sagorevanjem goriva u motorima aviona. *Stern Review* izveštaj [6] iz 2006 na temu ekonomije klimatskih promena ukazuje da sagorevanje goriva u avionima doprinosi za 1.6% globalnim emisijama i efektu staklene bašte (*GreenHouse Gas* - GHG), što je potvrđeno i u [7]. Na osnovu predviđanja, može se očekivati porast od +5% avio saobraćaja u narednih 20 godina, a sa pretpostavkom da će ostale industrije postići značajna smanjenja u GHG emisijama, *Stern Review* izveštaj procenjuje da bi uticaj avijacije mogao porasti na 2.5% ukupnih globalnih emisija do 2050.

Emisije koje su posledica drugih operacija na aerodromu (a da nisu direktno vezane za avione) predstavljaju dodatnih 0.1 do 0.3% ukupnih globalnih GHG emisija. Prema preporukama ACI udruženja, a praveći razliku između emisije aviona i emisije povezanih sa drugim operacijama aerodroma, najbolji pristup adresiranju uticaja avio saobraćaja na klimatske promene, uključujući i emisije od strane aerodroma, je strategija koja uzima u obzir adekvatne mere koje su efektivne po pitanju očuvanja okruženja, ekonomski efikasne i politički održive u okviru svake od kategorija emisija. Prema ovoj strategiji, prvi korak bio bi da se identifikuju izvori emisije i njihovi uticaji, tako da se ciljano smanjenje emisije može sprovesti u delo. Emisija CO₂ ima najveći udeo u GHG emisijama, i može se uzeti kao početna tačka za procenu uticaja GHG emisija poteklih sa aerodroma.

Kao što je i prethodno navedeno, pored sagorevanja goriva u motorima aviona (koje se trenutno procenjuje na 50% do 80% ukupne emisije GHG aerodroma), drugi veći izvori CO₂ na aerodromima su sagorevanje goriva za potrebe tehničkih sistema na zemlji (*Ground Service Equipment* – GSE) i motornih vozila. Motorna vozila uključuju autobuse za prevoz putnika, kao i prevozna sredstva putnika i osoblja kao i od aerodroma. Sistemi za hlađenje mogu takođe predstavljati veliki izvor GHG emisija, dok neki aerodromi u Evropi već imaju i kogeneracione fabrike koje su već podvrgnute restrikcijama i usklađeni su sa politikom trgovine emisijama (prema *EU Emissions Trading Scheme*) [8].

Ukupni doprinos avijacije globalnoj GHG emisiji je usled toga pretežno posledica aviona u transportu i ove emisije su izvan kontrole i uticaja aerodroma. Sa druge strane, takođe postoji prostora za napredak u cilju smanjenja GHG emisija koje su potekle od aerodromskih zgrada i servisa. Stoga su pristup i metodologija definisani u okviru EU FP7 CASCADE projekta fokusirani na akcije koje aerodromi mogu da preduzmu, u okviru njihove kontrole i uticaja, sa ciljem adekvatnog adresiranja GHG izvora i uštede energije, što je u potpunosti usklađeno sa smernicama i preporukama ACI udruženja za buduće strateško planiranje i upravljanje aerodromima, kao na primer što su:

- popis GHG emisija koje su potekle od samog aerodroma kao i njihovih servisa, označavajući time odgovornost i lokaciju izvora (na ili van aerodroma),
- definicija ciljeva i akcionih planova razvijenih sa krajnjim ciljem “*carbon neutral*” statusa [8],
- implementacija naprednih tehnologija za poboljšanje energetske efikasnosti i smanjenje GHG emisija u novim zgradama/objektima,
- unapređenje i sprovođenje retrofita postojećih zgrada/objekata u cilju poboljšanja energetske efikasnosti,
- korišćenje operacionih procedura za poboljšanje energetske efikasnosti,
- otkup *offset*-a, tj. odstupanja emisija u cilju dostizanja statusa “*carbon neutral*” (ovaj pristup ne bi smeo da isključi napore za redukciju GHG emisija).

U okviru CASCADE projekta razvijeni su energetske akcioni planovi zasnovani na merenjima, koji su namenjeni energetske menadžerima aerodroma, i koji su poduprti inteligentnim algoritimima za detekciju i dijagnostiku (*Fault Detection and Diagnosis* - FDD) otkaza tehničkih uređaja i sistema. Razvijeni su program i metodologija za implementaciju CASCADE ICT rešenja koje je prilagođeno

za kompleksne objekte poput aerodroma sa ciljem integrisanja sa i na osnovu već postojeće ICT infrastrukture. Ustanovljen je merni sistem kao i minimalni skup podataka radi kontrole i validacije performansi opreme i uređaja, optimizacije ponašanja korisnika, kao i zadovoljenja korisničkih specifikacija. FDD algoritmi omogućavaju unapređenje energetskog menadžmenta i mogu se koristiti u cilju detekcije problema u dizajnu sistema, efikasnosti opreme, i postavki operativnih parametara sistema. CASCADE rešenje na osnovu FDD algoritama definiše akcione poruke u okviru energetskog akcionog plana koji povezuje akcije-aktore-ISO standarde putem CASCADE *Web* portala. CASCADE ICT rešenje moguće je integrisati sa već postojećim sistemima i ima za cilj povrat investicija u roku od 3 godine, kao i 20% uštedu energije i 20% smanjenje CO₂ emisije. Ovi ciljevi CASCADE projekta su postignuti:

- 1) uključivanjem krajnjeg korisnika (energetskog menadžera i osoblja aerodroma), definisanjem njihovih potreba, zahteva i podržavajući organizacione promene,
- 2) integrisanjem novih ICT tehnologija sa sistemima koji su instalirani u okviru infrastrukture aerodroma,
- 3) sakupljanjem podataka o operacijama korisnika i performansama opreme,
- 4) primenom FDD metoda u operacionom scenariju i validacija performansi opreme i uređaja,
- 5) definisanjem energetski akcionog plana koji povezuje aktore, akcije i ISO standarde na osnovu mernih podataka i pružanjem tehno-ekonomske analize (u formi uštedenih kWh, CO₂, novca).

Ostatak rada je organizovan u okviru sledeće navedenih sekcija. U okviru Sekcije 0 analizirane su potrebe aerodroma za strukturiranim pristupom u cilju uštede energije i smanjenja GHG emisije. Konceptualna ideja CASCADE metodologije i odabrani FDD pristup poboljšanju energetske efikasnosti aerodroma opisani su u Sekciji 0, dok je arhitektura CASCADE ICT sistema data u Sekciji 0. Sekcija 0 analizira predloženi CASCADE energetski akcioni plan, dok su zaključci rada izneti u Sekciji 0.

POTREBA ZA STRUKTURIRANIM PRISTUPOM

U okviru ove sekcije biće opisana metodologija koja je korišćena za razvoj predloženog sistema za upravljanje energetskim resursima kompleksnih objekata poput aerodroma [9]. Takođe, biće opisan i kontekst neophodan za bolje razumevanje modela kritične infrastrukture na bazi ontologija u okviru šireg socio-tehnološkog sistema. Predložena metodologija adresira potrebu za sistematičnim procedurama koje su u saglasnosti sa ISO 50001 standardom [10] kao i nešto savremenijim modelima za upravljanje energijom [11], [12]. Ovi konceptualni alati pružaju opšte smernice iz kojih je neophodno dalje razvijati konkretna rešenja i definisati neophodne aktivnosti i tehnologije [11]. Aktivnosti koje su dalje opisane u radu i pripadaju praktičnoj implementaciji predložene metodologije fokusiraju se na adekvatno upravljanje širokim spektrom nestrukturiranih i raznolikih podataka. Naime, predložena unapređenja u domenu upravljanja podacima, u vidu sveobuhvatnih repozitorijuma podataka na bazi ontologija, pružaju bolju podršku za donošenje odluka vezanih za energetsku efikasnost i imaju važnu ulogu u potpunom i široko rasprostranjenom prihvatanju standardizovanih praksi iz domena upravljanja energijom. Štaviše, u nekim slučajevima, mehanizmi za upravljanje podacima u okviru modernih softverskih paketa za upravljanje energijom i dijagnostiku ističu interoperabilnost podataka i pod-sistema kao jedinu ekonomski opravdanu investiciju [13].

Kao jedan od ključnih zahteva prikupljenih tokom inicijalne faze ovog istraživanja istaknuta je potreba za tehnologijom koja omogućava visok nivo skalabilnosti i replikativnosti [14]. Dakle, neophodan je strukturiran pristup koji podržava modularnost i fleksibilnost da bi se optimizovalo vreme instalacije sistema u različitim tipovima infrastrukture nezavisno od njihove veličine, lokacije, postojećih energetskih sistema, pa čak i ako su vođeni od strane različitih organizacionih

struktura. Kao moguće prepreke i izazovi u implementaciji predložene metodologije mogu se izdvojiti tri ključna aspekta. Naime, oni su izvedeni iz postojećih i dobro poznatih barijera iz domena revitalizacije ICT infrastrukture poput inherentne kompleksnosti, nepredvidivih zahteva i trajnih promena [15]. Pomenuti ključni aspekti su opisani u daljem tekstu.

Rastuća kompleksnost u pristupu podacima

Organizacije tipično poseduju, koriste i održavaju širok spektar ICT uređaja i sistema koji proizvode velike količine različitih i nepovezanih podataka. Takođe, u okviru građevinskog sektora koristi se i skup raznolikih protokola za prenos podataka, poput *BACnet*, *CAN*, *KNX/EIB* ili *MODBUS*, koji predstavljaju nezaobilaznu barijeru za razvoj sveobuhvatnog rešenja za integraciju podataka. Ovaj problem je posebno adresiran u okviru projekta *CASCADE* usvajanjem servisno orijentisane arhitekture (*Service Oriented Architecture - SOA*) koja omogućuje tzv. "labavu vezu" između odgovarajućih podsistema, a koji podležu zajedničkom skupu poslovnih pravila (*business Rules - BR*) i pravila za transformaciju podataka (*Data Transformation Rules - DTR*) koristeći formate datoteka poput XML-a ili JSON-a. Štaviše, poseban nivo meta-podataka, na bazi ontologija, je dodat kako bi se podržala integracija i interoperabilnost pomenutih heterogenih struktura podataka.

Pripremljenost postojećih sistema za upravljanje energijom

Trenutno dostupni podaci u okviru postojećih *BMS (Building Management System)* sistema su najčešće nedovoljni ili nepotpuni da bi poslužili za efikasnu analizu energetske efikasnosti. Naime, ove tehnologije su prevashodno namenjene nadgledanju ključnih tačaka sistema u realnom vremenu kao i daljinskom sprovođenju kontrole udaljenih uređaja, na bazi zadatih operativnih scenarija ili zadatih vrednosti (*set-points*). Upotreba naprednih algoritama kao što je *FDD* zahteva detaljnu analizu dostupnih resursa za skladištenje podataka, kvalitet prikupljenih podataka, kompatibilnost postojećeg *BMS*-a sa različitim protokolima kao i pouzdanost raspoloživih senzora [16].

Interakcija ljudi i fizičkih sistema

Kompleksne infrastrukture su tipično vođene prema zahtevnim standardima, propisanih od strane konkretnog zakonodavstva ili strateških programa održivosti. Upravljanje odgovarajućim sistemima je posledica usvojene organizacione prakse koja se bazira na strogo definisanim procedurama koje definišu svakodnevnu praksu upravljanja i održavanja. Sa druge strane, informacije neophodne za sprovođenje mera energetske efikasnosti su često nedostupne i/ili sakrivene od strane kompanija koje se bave vođenjem pomenutih infrastrukture. Uvođenje *ISO 50001* standarda [10] i njemu sličnih otvara mogućnost za stvaranje jedinstvenog okvira koji bi okupio različite inženjerske prakse u okviru jedne organizacije i koji bi imao za cilj optimizaciju resursa potrebnih za implementaciju *ISO 50001* mera [17].

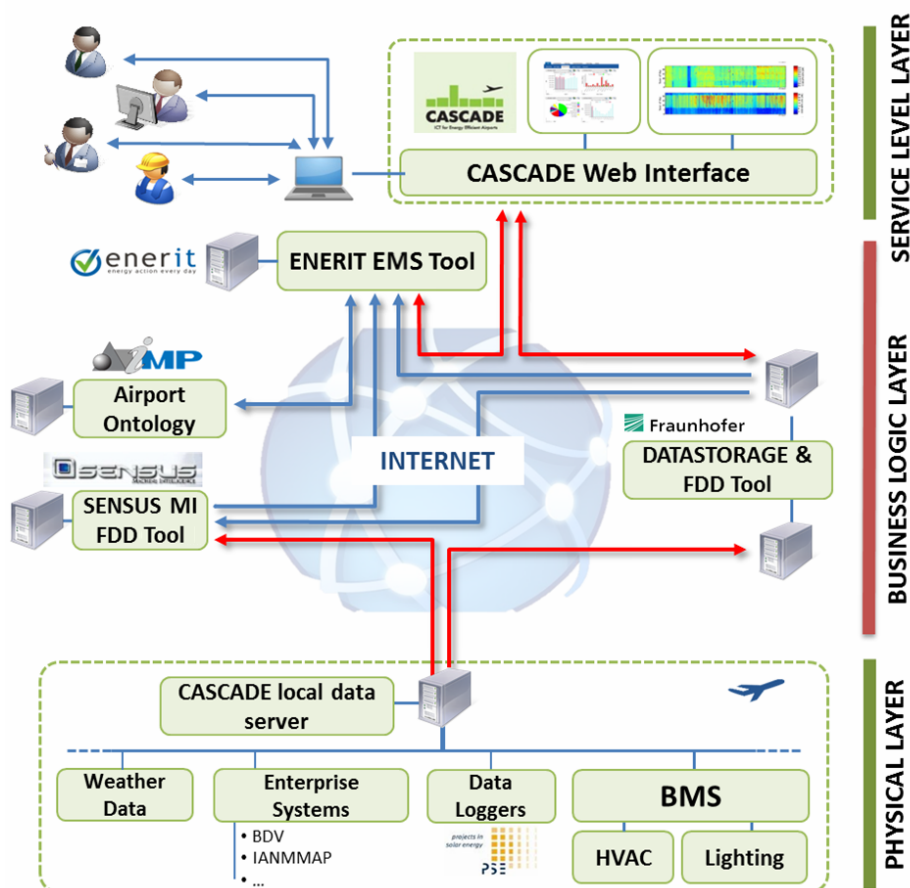
CASCADE METODOLOGIJA

Predložena metodologija se u osnovi zasniva na implementaciji *ISO 50001* standarda koji je realizovan u vidu energetskog akcionog plana koji se zasniva na bazi merenja niza fizičkih veličina koje se koriste u okviru *FDD* algoritama posebno prilagođenih za zadataku infrastrukture. Kako bi bilo moguće u praksi realizovati predloženu metodologiju, neophodno je učešće različitih vrsta ekspertiza i funkcionalnosti: (1) tehnologije za prikupljanje podataka i centralizovana baza podataka, (2) senzori fizičkih veličina i uređaji za arhiviranje podataka, (3) model infrastrukture na bazi ontologije i odgovarajući mehanizmi za pristup, (4) algoritmi za detekciju grešaka i dijagnozu kvarova i (5) korisnički softverski paket na bazi *ISO 50001* sistema za upravljanje energijom.

FDD algoritmi kao jezgro predložene metodologije su implementirani u cilju pravovremene, sistematske i automatske detekcije greški da bi se sprečilo dodatno oštećenje ili potpuni pad sistema, kao i prekomerna potrošnja energije izazvane detektovanom greškom [18]. U okviru *CASCADE* sistema, ovo je postignuto kontinualnim merenjem, prikupljanjem podataka, vizualizacijom i

odgovarajućom FDD analizom. Od niza postojećih pristupa FDD analizi, primenjeni su algoritmi koji se zasnivaju na predefinisanim pravilima (*rule-based*) i kvalitativnim modelima (*qualitative model-based*) koji su zasnovani na mernim podacima i *a priori* znanju o modelovanim sistemima (kao što su značajni potrošači, odnosno AHU jedinice, rashladne mašine, izmenjivači toplote itd.). Predloženim rešenjem mogu se detektovati različite greške tehničkih sistema kako po pitanju tipa tako i kompleksnosti, što je uslovljeno brojem mernih tačaka, modelima dinamičkih procesa i energetske tokova, i *a priori* znanjem o modelovanim tehničkim sistemima nad kojim se i sprovodi FDD analiza. Uobičajene greške detektovane na aerodromu ubrajaju neadekvatnu operacionu kontrolu (kao npr. simultano grejanje i hlađenje), velika razlika između zadate i postignute temperature/pritiska fluida, nesinhronizovani rad komponenti (kao npr. usisnog i odsisnog ventilatora), itd.

Sama implementacija predložene metodologije zahteva niz procesa i operacija koje prethode potpunoj realizaciji sistema. Na samom početku, neophodno je uraditi energetski pregled u okviru zadate infrastrukture, koji će pružiti uvid u postojeće energetske sisteme, ICT sisteme i organizacionu strukturu. Sa jedne strane, ovaj pregled vodi do identifikovanja najvećih potrošača energije, uspostavljanja referentne potrošnje energije, merenja količine emisije CO₂ i definiciju osnovnih parametara za merenje performantnosti sistema (*Key Performance Indicators - KPI*) prema ISO 50001 standardu. Sa druge strane, analizom organizacione strukture i osnovnih strategija za vođenje i održavanje ključnih sistema, moguće je realizovati različit pristup i funkcionalnosti softverskog sistema u zavisnosti od tipa korisnika. Konačno, rezultati pomenutog energetskog pregleda, kao i ostali prikupljeni podaci, koriste se za razvoj modela infrastrukture na bazi ontologija.



Sl. 2: CASCADE sistem za upravljanje energijom

Celokupan process rada koji je korišćen u okviru projekta CASCADE, a koji zapravo implementira predloženu metodologiju, prikazan je na Sl. 2. Naime, process započinje prikupljanjem neophodnih podataka korišćenjem kako postojećeg BMS-a tako i dodatnih senzora koji se zatim smeštaju na centralizovani server podataka. Nezavisni algoritmi za detekciju i dijagnostiku kvarova (FDD) se nalaze na udaljenim lokacijama i putem internet pristupaju neophodnim podacima na pomenutom serveru podataka. Kada FDD alat detektuje kvar formira se odgovarajuća poruka koja nosi informacije o uočenom kvaru ili otkazu, koja se zatim dodatno obogaćuje prostorno/funkcionalnim kontekstom koristeći semantiku iz ontološkog modela infrastrukture. Ovako obogaćena poruka prosleđuje se dalje ka krajnjem korisniku (npr. energetskom menadžeru) kroz sistem za upravljanje energijom na bazi ISO 50001 standarda. Drugim rečima, poruka koja nosi informaciju o kvaru, i kontekst u kojem se on desio, šalje se softverskom sistemu koji formira tzv. "mere za štednju energije" prema poznatoj filozofiji ISO 50001 standarda, planiranje-akcija-provera-reakcija [10]. Uopšteno, govoreći pomenute mere predstavljaju bilo kakvu akciju (zamena neefikasnog dela infrastrukture sa efikasnijom tehnologijom, promena u operativnom scenariju i sl.) koja za posledicu može imati smanjenje potrošnje energije. Kako bi se ilustrovala prednost predložene metodologije, u nastavku je dat primer praktične upotrebe ovakvog sistema.

Pretpostavimo da je sistem zadužen za nadziranje velikog, otvorenog, prostora (poput zgrade terminala aerodroma) koji se servisira sa nekoliko terminalnih uređaja centralnog sistema za klimu, grejanje i hlađenje (AHU-a). Takođe, pretpostavimo da se njihov operativni scenario zasniva na zadatoj unutrašnjoj temperaturi (set-point) koju treba da postignu. U sučaju da jedan od ovih uređaja iz nekog razloga otkaze, npr. dođe da zapušnja ventilaconog otvora, pomenuti FDD algoritmi će detektovati da utrošak el. energije nije u skladu sa isporučenom toplotnom energijom i doći će do ispravne detekcije kvara/otkaza. Međutim, kako je jedan uređaj prestao sa funkcionisanjem, drugi uređaj iz njegovog okruženja pokušaće da kompenzuje taj nedostatak i povećaće potrošnju el. energije za nepromenenu zadatu temperaturu. To će pak greškom biti detektovano kao još jedna greška od strane FDD alata, jer se svaki uređaj posmatra nezavisno, što dovodi do nepotrebnog i skupog servisiranja više uređaja. Upravo u ovom slučaju dolazi do komparativne prednosti predloženog pristupa, koji daje posebnu semantiku prikupljenim podacima pružajući informaciju kako o geografskoj lokaciji uređaja tako i o njihovoj funkcionalnoj povezanosti, što za posledicu ima da krajnji korisnik sistema može dobiti neuporedivo bolji uvid u sam kontekst u kojem je došlo do kvara i uz pomoć ovako formulisanih mera definisati konkretne aktivnosti za osoblje zaduženo za upravljanje i održavanje ključnih infrastrukturnih sistema, i pratiti delotvornost tih akcija.

Inovativnost predložene metodologije koja je implementirana u okviru projekta CASCADE ogleda se u uvođenju posebnog sloja meta-podataka na bazi ontologija koji ima za cilj da obogati različite informacije koje dolaze sa BMS-a i/ili odgovarajućih FDD alata dajući im prostorno/funkcionalni kontekst koji pruža dodatnu semantiku prikupljenim podacima i omogućuje donošenje sistematičnih odluka u distribuiranim sistemima upravljanja energijom, nezavisno od tipa i kompleksnosti infrastrukture. Štaviše, korišćenje ontološkog modela infrastrukture za potrebe semantičkog obogaćivanja i rezonovanja nad podacima ima za posledicu neuporedivo precizniju detekciju kvarova i dijagnostiku kompleksnih problema koji uključuju uređaje iz različitih podsistema i/ili sa različitih lokacija, čime se eliminiše potreba za postojećim heuristikama vezanim za interpretaciju i pogađanje nedostajućih podataka.

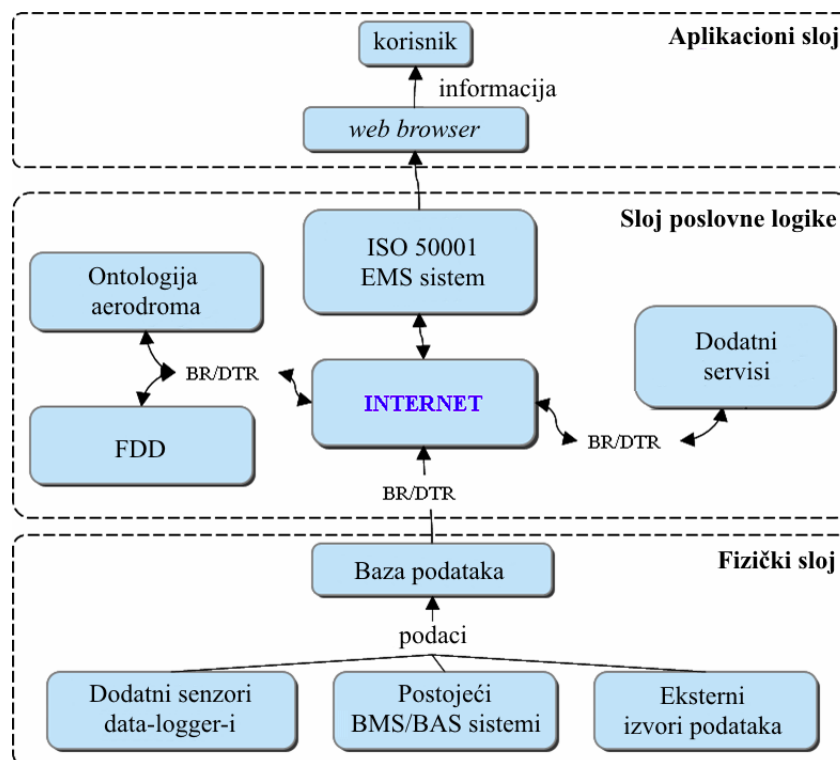
ARHITEKTURA PREDLOŽENOG SISTEMA

Integracija podataka primenom predloženog EMS (*Energy Management System*) sistema je ostvarena implementacijom tzv. troslojne servisno-orijentisane arhitekture prikazane na Sl. 3. Ovakav pristup je zasnovan na tipičnoj troslojnoj strukturi BMS sistema i sastoji se od: (1) fizičkog sloja, (2) sloja poslovne logike, i (3) aplikacionog sloja sa translacionim pravilima interfejsa u XML/JSON sintaksi. Glavna prednost uvođenja srednjeg sloja je u oslobađanju klijentske aplikacije

od zadataka poput transformacije podataka što zahteva visoku stopu razmene informacija, i dodatno opterećuje celokupni sistem. Aplikacioni sloj korisiti tanke klijente kao što su *web browser*-i koji se bave prezentacijom podataka.

Na **fizičkom sloju** se odvija prikupljanje podataka. Ovo se ostvaruje pomoću postojeće merne infrastrukture ili, kada je to neophodno, instalacijom dodatnih senzora i *data logger*-a, da bi se obezbedio minimalni skup podataka koji je neophodan za FDD algoritme i ostale zadatke energetskog menadžmenta. Prenos podataka se odvija u okviru postojeće LAN (*Local Area Network*) mreže ili pomoću bežičnih tehnologija putem bezbednih kanala i iza *firewall*-ova. Centralna baza podataka čuva sve podatke koji su prikupljeni iz infrastrukture. Za potrebe filtriranja, rezonovanja i agregiranja prikupljenih podataka, razvijen je semantički model aerodroma u formi ontologije, koji je korišćen na srednjem sloju kao repozitorijum znanja. Ovaj model aerodroma sadrži meta-znanje, nezavisno od aplikacija i tipova podataka, komunikacionih protokola i konfiguracionih pravila koja bi mogla da se menjaju u budućnosti.

Sloj poslovne logike predstavlja skup različitih servisa koje nudi predloženo rešenje. Za potrebe razmena podataka koriste se bezbedni komunikacioni kanali i zajednička BR/DTR (*Business Rules and Data Transformation Rules*) pravila u XML/JSON sintaksi. U ovom sloju uključene su različite aplikacije kao što su FDD algoritmi, EMS aplikacija koja šalje i prihvata podatke ka/od drugih aplikacija, uključujući i ontologiju aerodroma, komunicira sa korisničkim interfejsom, itd. Zadatak ontologije aerodroma je strukturiranje i opis podataka o infrastrukturi od interesa, tj. aerodromu i time pruža svim pristupajućim aplikacijama zajedničku taksonomiju aerodroma, odnosno model njegovih tehničkih, funkcionalnih i topoloških aspekata. Ontologija je razvijena sa odgovarajućim



Sl. 3. Arhitektura CASCADE sistema.

interfejsima (*Application Program Interface* - API) za ekstrakciju potrebnih informacija propitivanjem ontologije.

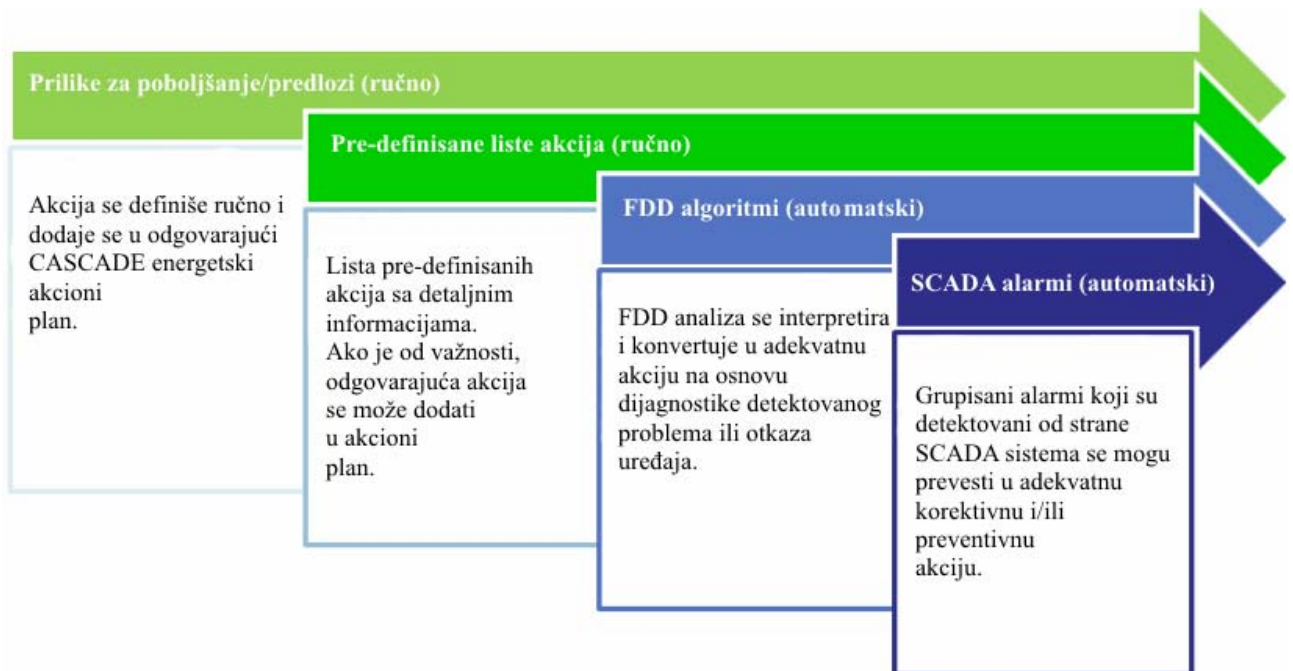
Aplikacioni sloj predstavlja grafički korisnički interfejs (*Graphical User Interface* - GUI) inovativnog EMS sistema. Ovaj GUI takođe prikazuje relevantne informacije o rezultatima FDD analize, a i omogućava pristup FDD vizualizacionim alatima. Ontologija je korišćena u ovom “prednjem“ sloju da obogati informacije o detektovanim otkazima ili opremi/(pod)sistemima u kvaru. Ova dodatna semantika je i vizualizovana na konzistentan način krajnjem korisniku putem korisničkog interfejsa klijentno-orijentisanog EMS sistema, i uključuje obogaćene informacije koje dolaze od uređaja i opreme, FDD algoritama kao što su npr. prostorni raspored, specifikacija uređaja, njihove međusobne relacije, i dinamički parametri kao što su temperatura, nivo pritiska, protok vazduha i vode i drugi parametri.

Opisana CASCADE metodologija, koja se ogleda u definisanju arhitekture sistema, je i uticala na odabrani pristup modelovanju ontologije aerodroma. Tačnije, ontologija aerodroma modeluje podatke koji dolaze od različitih izvora podataka (sa fizičkog sloja) ili koji su generisani servisima kao što su FDD algoritmi (sa sloja poslovne logike) što je i potreba samog sistema. Koncepti koji modeluju organizacione aspekte (na aplikacionom sloju) su takođe reflektovani u razvoju ontologije. Štaviše, ontologija aerodroma je i razvijena sa ulogom u obradi različitih strimova podataka koji su generisani od strane predložene metodologije, a pokazala se naročito korisnom u modelovanju hijerarhijskih, semantičkih i topoloških aspekata konvencionalno generisanih podataka.

CASCADE ENERGETSKI AKCIONI PLAN

Energetski akcioni sistem (*Energy Action System* - EAS) kao deo CASCADE rešenja je baziran na osnovu ISO 50001 pristupa i služi za definisanje adekvatnog akcionog plana za unapređenje energetske efikasnosti aerodroma [19]. Energetski akcioni plan se definiše na osnovu identifikovanih prilika za unapređenje energetske efikasnosti što su zapravo situacije koje mogu doprineti uštedi energije i smanjenju GHG emisije. Po identifikovanju jedne takve prilike, EAS ISO 50001 sistem sprovodi odgovarajuću sistemsku proceduru i definiše odgovarajući akcioni plan. Na taj način, EAS sistem pruža mogućnost operateru aerodroma da prati akcije koje su preduzete po pitanju identifikovane prilike, a takođe mu pruža i uvid u akcioni izveštaj i uštedu koju je moguće ostvariti. U okviru CASCADE projekta, prilike za unapređenje energetske efikasnosti se mogu identifikovati na različite načine, tj. od različitih izvora, kao npr. na osnovu (Sl. 4):

- 1) prilike za poboljšanje/predloga (putem “ručnog“ definisanja),
- 2) pre-definisane liste akcija (tokom energetske analize i uvida u rad opreme),
- 3) FDD algoritma (putem JSON fajla generisanog od strane algoritma) i
- 4) agregiranih SCADA alarma (filtrirani/grupisani SCADA/BMS alarmi).

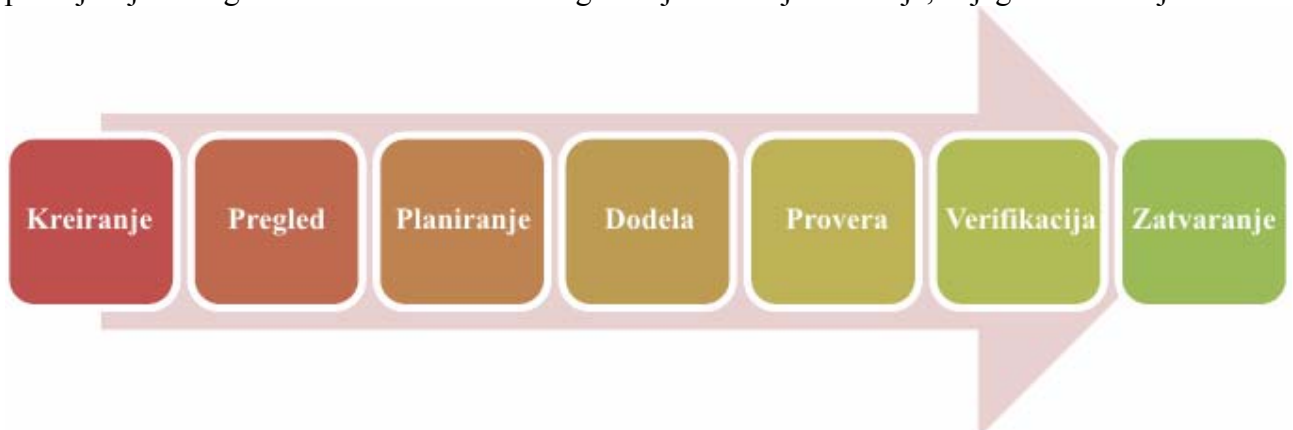


Sl. 4. Izvori prilika za unapređenje i akcija za uštedu energije.

Definisane akcije su automatski kontrolisane u okviru EAS ISO 50001 sistema od njihovog kreiranja do zatvaranja. Predloženi akcioni plan se stavlja na uvid operateru radi provere statusa sistema sa svim relevantnim informacijama o preduzetim akcijama (pri svakom koraku tokom systemske procedure). Čim signali generisani od strane FDD algoritama dospeju do EAS sistema, definišu se odgovarajuće akcione poruke sa svim neophodnim informacijama koje se dalje prosleđuju osoblju za održavanje tehničkih sistema i uređaja.

Zadatak EAS sistema nije analiza detektovanih otkaza, već definisanje adekvatnih korektivnih i preventivnih akcija koje je potrebno pokrenuti radi otklanjanja detektovanih otkaza i alarma u cilju uštede energije. Drugim rečima, ako se određeni alarm detektuje, onda se adekvatna korektivna/preventivna akcija pokreće i cilju razrešenja kvara.

Prilike za poboljšanje/predlozi su identifikovane situacije za korekciju i ispravku neefikasnosti opreme, otkaza, “curenja” energije, padova pritiska, oštećenih komponenti, itd. Stoga je pokretanjem odgovarajućih akcija moguće uštedeti energiju. Prilike za poboljšanje se mogu identifikovati kao rezultat energetske analize i uvida u rad tehničkih sistema (npr. sistema za grejanje i hladjenje aerodroma), odnosno analizom funkcionisanja energetskih potrošača (npr. prilikom održavanja sistema). Sl. 5 ilustruje korake neophodne za implementaciju prilike za poboljšanje energetske efikasnosti kroz odgovarajuće akcije. Tačnije, dijagram ilustruje korake



Sl. 5. Neophodni koraci za implementaciju energetski akcionog plana.

CASCADE energetska akcionog plana koje je potrebno pratiti radi uspešnog i efikasnog sprovođenja korektivnih akcija.

Sa druge strane, pravovremeno održavanje tehničkih sistema je jedan od najisplativijih pristupa da se obezbedi pouzdanost, sigurnost i energetska efikasnost. Neadekvatno održavanje potrošača je jedan od značajnijih uzroka prekomerne potrošnje energije. Energetski gubici u dopremanju pare, vode i vazduha, neizolovane cevi, neadekvatna kontrola, kao i drugi vidovi gubitaka lošeg održavanja opreme svakako nisu zanemrljivog uticaja. Redovno održavanje tehničkih sistema može značajnije da uštedi energiju. Štaviše, poboljšanja u cilju unapređenja programa održavanja mogu se najčešće sprovesti po relativno niskoj ceni.

Pre-definisane liste akcija zapravo predstavljaju liste prethodno definisanih prilika za uštedu energije određenog tehničkog sistema (kao npr. sistema za grejanje i hlađenje) koje se mogu definisati u okviru akcionog plana tokom energetske analize ili uvida u rad opreme na terenu. Ove liste akcija za uštedu energije su definisane za sisteme od interesa, i grupisane su u odgovarajuće kategorije akcija, kao npr. kalibracija/održavanje, menadžment, kontrola, hlađenje i grejanje itd.

FDD algoritmi šalju rezultate svoje analize (detektovani otkazi sa dijagnostikom) EAS sistemu na dalje definisanje i dodeljivanje odgovarajućih korektivnih akcija. Tačnije, rezultat FDD analize se pakuje u JSON/XML fajlove koji se dalje dopremaju do EAS sistema. Na osnovu detektovanog otkaza (tačnije ID otkaza ili opreme), propituje se centralna baza znanja (implementirana u formi CASCADE ontologije aerodroma) za dodatne informacije i semantiku otkaza (kao npr, kom sistemu pripada uređaj u kvaru, lokacija uređaja, koji su mu susedni uređaji itd.). U narednom koraku se propituje akciona baza EAS sistema koja nudi dodatne informacije o odgovarajućim korektivnim akcijama koje je neophodno sprovesti. Sve prikupljene informacije se dalje formatiraju u vidu odgovarajućih akcionih poruka koje se prosleđuju operateru aerodroma na dalju analizu kroz definisani akcioni plan.

Agregirani SCADA alarmi se tretiraju tokom akcionog plana na sličan način kao i u prethodno opisanoj proceduri za FDD algoritme. Alarmi su najpre grupisani, filtrirani i obrađeni od strane FDD algoritama, a rezultati se zatim dostavljaju EAS sistemu na dalje definisanje korektivnih akcija kao što je to i prethodno opisano u slučaju FDD algoritama.

Na opisane načine CASCADE EAS sistem koji je baziran na ISO 50001 pristupu definiše odgovarajuće energetske akcione planove za unapređenje energetske efikasnosti aerodroma putem adekvatnih korektivnih akcija koje je neophodno pravovremeno i sistematski sprovesti. Takođe, EAS sistem pruža i neophodne informacije i semantiku trenutne situacije na terenu (odnosno o detektovanom otkazu sistema ili uređaja) da bi se izbegla dalja nepotrebna potrošnja energije. Opisani pristup je testiran na dva evropska aerodroma, Malpensa aerodrom (MXP) u Milanu i Fiumicino (FCO) aerodrom u Rimu. U slučaju MXP aerodroma, za demonstraciju CASCADE rešenja uzeti su u obzir svi pripadajući sistemi/podsistemi i ukupna potrošnja energije satelita A i satelita B (Terminala 1). Ovim je omogućena uporedna analiza potrošnje energije dva infrastrukturno slična objekta/zgrade kao i uštede koje su postignute primenom FDD analize na nivou podsistema (u slučaju satelita A) i na nivou celog sistema (u slučaju satelita B). Sa druge strane, na FCO aerodromu, za demonstraciju su uzeti u obzir potrošnja energije Terminala 1 i svi pripadajući podsistemi/sistemi koji su zaduženi za klimatizaciju vazduha u odlaznom holu terminala, kao i toplotna podstanica i rashladne mašine Terminala 1. Primenom predloženog CASCADE rešenja i energetske akcionog plana, postignuta je približno 20% ušteda energije kao i 20% smanjenje emisije GHG gasova. Takođe, na osnovu sprovedene analize na demonstracionim sistemima procenjen je i povrat investicija nakon perioda od 3 godine.

ZAKLJUČAK

Aerodromi kao javna transportna čvorišta su od kritičnog značaja za nacionalnu i globalnu infrastrukturu avio saobraćaja i stoga imaju značajan ekonomski uticaj. Ujedno, oni su masivni potrošači energije i emiteri štetnih gasova, a po potrošnji energije mogu se uporediti sa omanjim gradovima. Kao takvi, aerodromi su odlični kandidati za istraživanje i testiranje rešenja u domenu energetske efikasnosti što je i u skladu sa evropskom ciljevima u okviru 20-20-20 politike. U okviru ovog rada, opisano je jedno takvo rešenje razvijeno u okviru EU FP7 CASCADE projekta koje ima za cilj unapređenje energetske efikasnosti aerodroma. Drugim rečima, zadatak CASCADE rešenja je ušteda energije i smanjenje CO₂ emisije tokom svakodnevnih operacija aerodroma. Da bi se ovo postiglo, CASCADE rešenje je zasnovano na ISO 50001 energetske akcionom planu u okviru kog se automatski definišu odgovarajuće korektivne i/ili preventivne akcije u cilju sprečavanja prekomerne potrošnje energije usled otkaza i kvarova tehničkih sistema i opreme. Radi otkrivanja otkaza uređaja i opreme (kao npr. uređaja u okviru sistema za grejanje i hlađenje aerodroma), sistem je zasnovan na inteligentnim algoritmima za detekciju i dijagnostiku otkaza koji se koriste za pravovremeno otkrivanje problema u planiranju sistema, efikasnosti sistema, kao i operacionim postavkama. Ovakav inovativni pristup upravljanju potrošnjom energije je takođe moguće implementirati na postojeću ICT infrastrukturu aerodroma bez potrebe rekonfiguracije već operativnih tehničkih sistema. Radi testiranja predloženog CASCADE rešenja i energetske akcionog plana, kao platforma za demonstraciju uzeta su dva evropska aerodroma, Malpensa aerodrom u Milanu i Fiumicino aerodrom u Rimu. Testiranjem rešenja na odabranim sistemima aerodroma postignuta je približno 20% ušteda energije kao i 20% smanjenje emisije štetnih gasova. Ujedno, procenjen je i povrat investicija nakon perioda od 3 godine.

LITERATURA

- [1] S. Vranes, N. Tomasevic, M. Batic et al., “*Energy and Technical Characterization, Operational Scenarios of European Airports as Open Spaces*”, CASCADE Deliverable D1.1, 2012.
- [2] Statistics available at <http://www.aci-europe.org/>, May, 2012.
- [3] An Outlook for Europe’s Airports, Facing the Challenges of the 21st Century. Airport Council International Europe, Document available at <http://www.aci-europe.org/>, November, 2010.
- [4] Airport Business Communique Magazine. PPS Publications. Autumn, 2009.
- [5] Policies and Recommended Practices Handbook - ACI (Airport Council International) – 2009.
- [6] N. Stern, “*Stern Review on The Economics of Climate Change (pre-publication edition). Executive Summary*”. HM Treasury, London, 2006.
- [7] Navigating the Numbers, Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, WRI, 2005.
- [8] A. Ellerman, B. Buchner, “*The European Union Emissions Trading Scheme: Origins, Allocation, and Early Results*”. Review of Environmental Economics and Policy 1 (1), pp.66–87, doi:10.1093/reep/rem003, January 2007.
- [9] N.M. Tomasevic et al., Ontology-based facility data model for energy management, Adv. Eng. Informat. (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2015.09.003>
- [10] ISO 50001:2011. Energy Management System - Requirements with guidance for use, Genève, Switzerland, 2011.
- [11] Antunes P., Carreira P., Mira da Silva M., “Towards an energy management maturity model,” Energy Policy Journal, Vol. 73, pp. 803-814, 2014.
- [12] Introna V., Cesarotti V., Benedetti M., Biagiotti S., Rotunno R., “Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of

- energy consumption in companies,” *Journal of Cleaner Production*, Vol.83, pp. 108-117, 2014.
- [13] Shen W., Hao Q., Mak H., Neelamkavil J., Xie H., Dickinson J., Thomas R., Pardasani A., Xue H., “Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review,” *Advanced Engineering Informatics, Enabling Technologies for Collaborative Design*, Vol. 24, Iss. 2, pp. 196 – 207, 2010.
- [14] Costa A., Blanes L.M., Donnelly C., Keane M.M., “Review of EU airport energy interests and priorities with respect to ICT, energy and enhanced building operation,” *Proceedings of the 12th International Conference of Enhanced Building Operation, ICEBO 2012*, Manchester, UK, 23.-26. October, 2012.
- [15] McGoveran D., Embracing SOA: The benefits of integration independence. Technical report 20060125, *Alternative Technologies*, 2006.
- [16] California Energy Commission & California Commissioning Collaborative, *The Building Performance Tracking Handbook: Continuous Improvement for Every Building*, 2011.
- [17] Dorr M., Wahren S., Bauernhansl T., *Methodology for energy efficiency on process level*, The 46th Conference on Manufacturing Systems (CIRP CMS 2013), Vol. 7, pp. 652 – 657, Setubal, Portugal, 29.-30. May, 2013.
- [18] Müller T., Kruppa K., Lichtenberg G., Réhault N., “Fault Detection with Qualitative Models reduced by Tensor Decomposition methods,” unpublished conference paper to be presented at: 9th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, Paris, 2.-4. September, 2015.
- [19] M. Keane, A. Costa, L. Blanes et al., “CASCADE Methodology for Energy Efficient Airports”, *CASCADE Deliverable D2.1*, 2012.

AUTOMATIZACIJA MREŽE KAO ZNAČAJAN FAKTOR POVEĆANJA POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE U ELEKTROVOJVODINI

AUTOMATION OF NETWORKS AS AN IMPORTANT FACTOR FOR INCREASING RELIABILITY OF ELECTRICITY DISTRIBUTION GRID OF ELEKTROVOJVODINA

Aleksandar BOŠKOVIĆ, Bratislava RADMILOVIĆ

EPS Distribucija – Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija

EPS Distribution – Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia

E-mail: aleksandar.boskovic@ev.rs

Abstract: Improving power network reliability indicates increasing efforts of Elektrovojvodina in recent years, especially in the area of unplanned failures. The most common reliability indicators are SAIDI and SAIFI. The indicators can be reported on different level of granularity. Outage registries contain information needed for calculation of these reliability indicators, but sometimes parameters needed for detailed analyses of failure causes are missing. Power distribution network of Elektrovojvodina mixes urban and lowlands geography and contain relatively high share of industry customers. It has structure with high share of 20 kV lines and high number of customers per feeder. In such setting, network automation has bigger impact on network reliability. Power distribution network reliability of Elektrovojvodina has been improving in past four years. During this period, Elektrovojvodina significantly invested in middle voltage power distribution network automation, so that 88 power substations are automated and 39 reclosers, 42 sectionalizers and 28 fault indicators are installed. According to foreseen plans for the next five years, network automation will be continued to decrease reliability indicators below the prescribed limits.

Key words: *Power Distribution Network; Network Automation; Reliability Indicators*

Apstrakt: Poboljšanje faktora pouzdanosti u poslednjih nekoliko godina ukazuje na značajno angažovanje Elektrovojvodine na otklanjanju prvenstveno neplaniranih kvarova. SAIDI i SAIFI su najčešće korišćeni faktori za iskazivanje pouzdanosti elektrodistributivne mreže. Oni se mogu izraziti sa različitim nivoima detaljnosti. Podaci o ispadima sadrže potrebne informacije za izračunavanje ovih faktora pouzdanosti, međutim, ponekad nedostaju parametri potrebni za detaljniju analizu uzroka kvarova.

Elektrodistributivna mreže Elektrovojvodine je mreža ravničarskog tipa, sa značajnim prisustvom industrije. Ima visok udeo 20 kV vodova i velik broj potrošača po izvodu. U ovakvom okruženju, automatizacija elektrodistributivne mreže ima značajan uticaj na pouzdanost mreže.

Pouzdanost elektrodistributivne mreže Elektrovojvodine je značajno unapređena tokom poslednje četiri godine. Tokom ovog perioda u Elektrovojvodini se intenzivno ulagalo u automatizaciju sredjenaponske distributivne mreže, tako da je automatizovano 88

distributivnih transformatorskih stanica, instalirano 39 reklozera, 42 sekcionera i 28 indikatora kvara.

Predviđenim planovima u narednom petogodišnjem periodu biće nastavljene aktivnosti na automatizaciji mreže, kako bi se faktori pouzdanosti spustili ispod propisanih granica.

Ključne reči: elektrodistributivna mreža, automatizacija mreže, faktori pouzdanosti.

UVOD

Pošto značaj kvaliteta distribuirane električne energije postaje sve veći, u Elektrovojvodini se pri distribuciji električne energije vodi računa da napon na svim naponskim nivoima bude u okviru odgovarajućih granica, da broj prekida u napajanju električnom energijom bude što manji i da prekidi napajanja električnom energijom traju što kraće. Pri tom se pod kvalitetom distribucije električne energije podrazumeva kvalitet usluge potrošačima, pouzdanost napajanja potrošača električnom energijom i kvalitet isporučene električne energije.

POKAZATELJI POUZDANOSTI NAPAJANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Ocena kvaliteta električne energije se vrši izračunavanjem pokazatelja pouzdanosti napajanja električnom energijom. U Elektrovojvodini se koriste sledeći pokazatelji neprekidnosti napajanja: učestanost prekida SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), trajanje prekida SAIDI (System Average Interruption Duration Index), kao i neisporučena električna energija ENS (Energy Not Supplied). Navedeni pokazatelji kvaliteta distribucije električne energije se određuju na nivou distributivnog sistema i na nivou potrošača.

Poboljšanje faktora pouzdanosti u poslednjih nekoliko godina ukazuje na značajno angažovanje Elektrovojvodine, naročito u oblasti otklanjanja neplaniranih kvarova. Elektrodistributivna mreža Elektrovojvodine je mreža ravničarskog tipa, sa značajnim prisustvom industrije. Ukupna dužina vodova 20 kV iznosi oko 9.400 km, a ukupna dužina srednjenaponske distributivne mreže iznosi 10.060 km. Stoga ova mreža ima visok udeo 20 kV vodova i veliki broj potrošača po izvodu. U ovakvom okruženju, automatizacija elektrodistributivne mreže ima značajan uticaj na pouzdanost mreže.

Pouzdanost elektrodistributivne mreže Elektrovojvodine je značajno unapređena tokom poslednje četiri godine. Tokom ovog perioda u Elektrovojvodini se intenzivno ulagalo u automatizaciju srednjenaponske distributivne mreže. U 2014. godini u Elektrovojvodini je prosečna učestanost prekida napajanja iznosila 4,46 ispada po kupcu, prosečno trajanje ispada po kupcu 293 minuta, a neisporučena električna energija iznosila je 4.048 MWh. U tabelama koje slede dat je pregled ovih pokazatelja tokom poslednjih godina.

Tabela 1. Prosečna učestanost prekida napajanja (broj ispada po kupcu)

Ogranak	SAIFI				
	2010	2011	2012	2013	2014
Novi Sad	4,98	2,61	3,22	2,78	3,47
Subotica	6,53	4,77	5,93	3,65	5,07
Pančevo	6,48	5,11	5,24	4,72	4,46
Zrenjanin	17,36	7,45	7,11	7,19	6,69
Sombor	7,87	5,41	6,42	3,86	3,74
Ruma	10,26	7,64	6,78	4,69	4,35
Sr. Mitrovica	5,67	6,32	3,12	4,44	4,98
Elektrovojvodina	7,96	4,96	5,17	4,16	4,46

Tabela 2. Prosečna trajanje prekida napajanja (minuta po kupcu)

Ogranak	SAIDI				
	2010	2011	2012	2013	2014
Novi Sad	299	144	181	175	218
Subotica	493	233	318	179	261
Pančevo	573	423	306	296	372
Zrenjanin	1255	382	484	441	499
Sombor	287	169	241	157	167
Ruma	745	381	306	240	282
Sr. Mitrovica	382	309	240	325	435
Elektrovojvodina	540	264	282	239	293

Tabela 3. Neisporučena električna energija (MWh)

Ogranak	ENS				
	2010	2011	2012	2013	2014
Novi Sad	1509	643	821	736	932
Subotica	1179	531	723	398	586
Pančevo	1848	757	603	550	657
Zrenjanin	2508	775	1124	835	940
Sombor	492	301	448	284	272
Ruma	932	537	423	342	361
Sr. Mitrovica	308	206	178	221	300
Elektrovojvodina	8776	3752	4321	3366	4048

SISTEM ZA DALJINSKI NADZOR I UPRAVLJANJE ELEKTROVOJVODINE

Sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu u Elektrovojvodini je, u pogledu organizacije, nadležnosti i načina upravljanja ustanovljen na bazi procedura i uputstava o dispečerskom upravljanju i nadzoru nad distributivnim sistemom električne energije Elektrovojvodine. Praćenje rada distributivnog elektroenergetskog sistema sprovodi se u distributivnom dispečerskom centru Elektrovojvodine, područnim dispečerskim centrima i operativnim dispečerskim centrima.

Sistemom daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu visokonaponskom distributivnom mrežom opremljeno je svih 17 dispečerskih centara: distributivni dispečerski centar Elektrovojvodine, sedam područnih dispečerskih centara i devet operativnih dispečerskih centara. Ovim sistemom proizvođača Institut "Mihajlo Pupin" vrši se daljinski nadzor i upravljanje sa 56 transformatorskih stanica 110/x kV/kV, 3 transformatorske stanice 35/10 kV/kV i 8 razvodnih postrojenja 20 kV. U sistem je uključeno i 29 reklozera.

Osim ovog sistema, u okviru ogranaka Novi Sad, Sombor, Subotica i Pančevo realizovan je i sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu srednjenaponskom distributivnom mrežom kojim su obuhvaćene distributivne transformatorske stanice 20/0,4 kV/kV,

distributivna razvodna postrojenja 20 kV i linijske rastavne sklopke na nadzemnim 20 kV vodovima.

Uvođenje reklozera montiranih u distributivnoj mreži Elektrovojvodine u sisteme daljinskog nadzora i upravljanja u pripadajućem područnim dispečerskim centrima je u toku. Reklozeri se opremaju telekomunikacionom opremom i uvode u sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu. Okončana je i nabavka upravljive primarne energetske opreme, te slede njena ugradnja u distributivnu mrežu i aktivnosti na uvođenju u sistem daljinskog nadzora i upravljanja. U mrežu se ugrađuju i daljinski indikatori kvara koji umnogome, uz malu investiciju, skraćuju vreme lociranja i otklanjanja kvarova, te tako značajno doprinose podizanju pokazatelja pouzdanosti.

Proširenje pilot projekta „Smart City Novi Sad“ je u toku u ogranku Novi Sad, u okviru koga se uvode nove distributivne transformatorske stanice, nadzemni sekcioneri i reklozeri u sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu srednjenaponskom distributivnom mrežom. Postojeći sistem daljinskog nadzora i upravljanja srednjenaponskom mrežom i distributivni menadžment sistem zamenjeni su potpuno integrisanim sistemom. U ovaj sistem uključeno je u ovom momentu oko 50 elektroenergetskih objekata (27 distributivnih transformatorskih stanica, 11 linijskih rastavljanča snage, 4 reklozera i 5 daljinskih indikatora kvara). Pri tom je i komunikacioni podsistem zamenjen sopstvenom WiFi mrežom. U realizaciji je proširenje sistema sa još 16 distributivnih transformatorskih stanica, 9 linijskih rastavljanča snage i 3 reklozera, odnosno 28 novih tačaka.

U sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu srednjenaponskom distributivnom mrežom u ogranku Subotica uključeno je 5 distributivnih transformatorskih stanica, 5 linijskih rastavljanča snage, 1 reklozer i 11 daljinskih indikatora kvara. Ovde su po prvi put instalirani indikatori kvara samo sa svetlosnom, kao i sa svetlosnom i daljinskom dojavom i uključeni u sistem u cilju automatizacije indikacije mesta kvara i sekcionisanja deonice voda u kvaru. U realizaciji je proširenje sistema na još 17 distributivnih transformatorskih stanica, 2 linijska rastavljanča snage i 11 reklozera.

U cilju realizacije integrisanog sistema za automatizovano vođenje distributivne mreže, u ogranku Sombor je izvršeno povezivanje sistema daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu visokonaponskom i srednjenaponskom distributivnom mrežom i izvršena medium integracija ovog sistema sa distributivnim menadžment sistemom, čime je dobijen jedinstven alat za upravljanje i nadzor elektroenergetskih objekata i elektrodistributivne mreže na konzumnom području ogranka Sombor. Ovaj sistem obuhvata 14 distributivnih transformatorskih stanica i 10 linijskih rastavljanča snage, a u toku je njegovo proširenje na još 9 distributivnih transformatorskih stanica, 5 linijskih rastavljanča snage i 7 reklozera.

U toku je realizacija sistema daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu srednjenaponskom distributivnom mrežom u ogranku Pančevo. Ovaj sistem treba da obuhvati 13 reklozera i 12 daljinskih indikatora kvara.

U sistemu daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu visokonaponskom distributivnom mrežom kao komunikacioni mediji za prenos signala od elektroenergetskih objekata do nadležnog distributivnog centra koriste se digitalni iznajmljeni vodovi, optički vodovi i širokopojasne digitalne radio relejne veze za glavni komunikacioni put, a uskopojasne analogne radio veze za rezervni komunikacioni put. U sistemu daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu srednjenaponskom distributivnom mrežom kao komunikacioni mediji koriste se uskopojasne analogne radio veze i sopstvena WiFi mreža (za potrebe unapređenog distributivnog menadžment sistema u ogranku Novi Sad) za glavni komunikacioni put, a GSM/GPRS za rezervni komunikacioni put.

PLAN RAZVOJA SISTEMA DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA ELEKTROVOJVODINE

Radi izgradnje unificiranog i standardizovanog sistema za podršku automatizovanom vođenju distributivne mreže u Elektrovojvodini se rukovodimo usvojenim smernicama, koje se redovno ažuriraju shodno svetskim trendovima i dostignućima u razvoju novih uređaja i tehnologija.

U Elektrovojvodini je u planu uvođenje svih transformatorskih stanica 110/x kV/kV u sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu. Takođe je predviđena i revitalizacija sistema za lokalni nadzor i upravljanje u napojnim transformatorskim stanicama završetkom daljinskih stanica i uvođenjem staničnog SCADA sistema, a u saglasnosti sa zamenom mehaničke zaštite integrisanim upravljačko-zaštitnim relejima. Pored toga, softver za sistem daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu koji se koristi u svim dispečerskim centrima u Elektrovojvodini stalno se unapređuje.

Započeti proces automatizacije manipulacije rastavnom opremom, koji je kao prva faza procesa automatizacije distributivne mreže uveden u četiri ogranka Elektrovojvodine proširiće se na ostale ogranke u obimu da se dostigne ciljna pouzdanost napajanja. Planirana automatizacija će se izvoditi fazno, kako po funkcionalnosti sistema, počevši od automatizacije manipulacije rastavnom opremom i uvođenja sistema daljinskog upravljanja, do ugradnje raznih vrsta indikatora i senzora radi povećanja opservabilnosti srednjenaponske distributivne mreže, tako i po broju instaliranih uređaja i elektroenergetskih objekata uvedenih u sistem daljinskog upravljanja. Za postizanje ovog strateškog cilja potrebno je definisati strategije za automatizaciju funkcija lokalizacije i sekcionisanja mesta kvara i restauracije zdravog dela mreže – centralizovano kao funkcija distributivnog menadžment sistema, lokalno kao funkcija daljinskih stranica ili kombinovano i spram toga implementirati odgovarajuću podršku tj. uređaje odgovarajućih funkcionalnosti i softverske alate.

Pošto su danas u paralelnoj upotrebi i light i medium integracija sistema daljinskog upravljanja i distributivnog menadžment sistema, potrebno ih je vremenom zameniti potpuno integrisanim sistemom kao jedinstvenim sistemom za dispečersko upravljanje distributivnom mrežom. Za to je potrebno definisati i realizovati strategiju, procedure, nadležnosti i ambijent za eksploatacioni režim ovako integrisanih sistema u dispečerskim centrima. Unapređeni distributivni menadžment sistem će biti nadograđen sistemom za upravljanje ispadima, a biće ga potrebno integrisati i sa postojećim i budućim sistemima za automatizaciju distribucije.

Postojeći dispečerski centri se osavremenjuju opremanjem dinamičkim sinoptičkim pločama na kojima će biti prikazani sistem daljinskog nadzora i upravljanja i distributivni menadžment sistem. Kako se budu realizovali novi telekomunikacioni sistemi i telekomunikacioni mediji, tako će biti potrebno i prilagođavati sistem lokalnog i daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu. Realizacija novih softverskih modula u okviru postojećih aplikativnih sistema i razvoj i unapređenje funkcionalnosti postojećih jedan je od neophodnih preduslova za realizaciju elemenata koncepta pametnih mreža i novih elemenata koji se u okviru ovog koncepta pojavljuju u distributivnoj mreži. Posebna pažnja se posvećuje strategiji i standardizaciji načina prikupljanja podataka, nadzora i upravljanja obnovljivim izvorima energije priključenim na distributivni sistem električne energije.

Radi omogućavanja što tačnijih podataka za razne sisteme za podršku poslovnih procesa distribucije u srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu potrebno je, u okviru procesa automatizacije distributivne mreže, ugraditi razne uređaje i senzore za akviziciju i slanje mernih i alarmnih veličina iz sistema. Prihvatanje podataka u realnom vremenu, kao i podataka sa uređaja koji će se u budućnosti uvesti u srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu (javni punjači za električna vozila, skladišta električne energije, energetske kutije, kućne mreže) je

još jedan od izazova koji se u narednom periodu stavljaju pred sisteme za upravljanje u realnom vremenu.

Da bi svi novi elementi u distributivnoj mreži mogli biti upravljivi i observabilni od strane operatora distributivnog sistema, kao neophodni preduslov postavlja se i strateški cilj osavremenjavanja dispečerskih centara kako u pogledu opreme i softverskih alata, tako i u pogledu podizanja nivoa znanja i znanjavanja stručnih lica zaposlenih na ovim poslovima.

ZAKLJUČAK

Poboljšanje faktora pouzdanosti u poslednjih nekoliko godina ukazuje na značajno angažovanje Elektrovojvodine, naročito u oblasti eliminisanja i bržeg otklanjanja neplaniranih kvarova.

Elektrodistributivna mreže Elektrovojvodine je mreža ravničarskog tipa, sa značajnim prisustvom industrije. Ima visok udeo 20 kV vodova i velik broj potrošača po izvodu. U ovakvom okruženju, automatizacija elektrodistributivne mreže ima značajan uticaj na pouzdanost mreže.

Pouzdanost elektrodistributivne mreže Elektrovojvodine je značajno unapređena tokom poslednje četiri godine. Tokom ovog perioda u Elektrovojvodini se intenzivno ulagalo u automatizaciju srednjenaponske distributivne mreže, tako da je automatizovano 88 distributivnih transformatorskih stanica, instalisano 39 reklozera, 42 sekcionera i 28 indikatora kvara, što čini upravljivim ukupno oko 200 tačaka sistema.

Predviđenim planovima u narednom petogodišnjem periodu biće nastavljene aktivnosti na automatizaciji mreže, kako bi se faktori pouzdanosti spustili ispod propisanih granica.

LITERATURA

- [1] Unapređeni distributivni menadžment sistem – tehnički priručnik, Schneider Electric DMS NS, 2014.
- [2] Josip Aleksić, Bratislava Radmilović, Evolutions in the Elektrovojvodina Scada System for MV Network, CIRED, 20th International Conference on Electricity Distribution, Paper 0142, Prague, June 2009.
- [3] Aleksandar Bošković, Bratislava Radmilović, Primena unapređenog sistema za upravljanje elektrodistributivnom mrežom u Elektrovojvodini, Srpski nacionalni komitet Međunarodnog saveta za velike električne mreže CIGRE Srbija, 32. savetovanje, R D2 21, Zlatibor, Maj 2015.
- [4] Slavko Dubačkić, Aleksandar Bošković, Telekomunikaciona infrastruktura Elektrovojvodine orijentisana ka servisima, Srpski nacionalni komitet Međunarodnog saveta za velike električne mreže CIGRE Srbija, 32. savetovanje, R D2 05, Zlatibor, Maj 2015.
- [5] Svetlana Milaković, Aleksandar Bošković, Geografsko referenciranje podataka o srednjenaponskoj distributivnoj mreži, Nacionalni komitet CIRED Srbije i Crne Gore, Međunarodno regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, str. 166-167 R-4.34, Herceg Novi, Oktobar 2004.
- [6] Aleksandar Bošković, Vladan Gačić, Nikola Novaković, Svetlana Milaković, Integracija baze tehničkih podataka, energetske proračuna i grafičkih interfejsa, Jugoslovenski nacionalni komitet CIRED – JUKO CIRED, Treće jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, str. 101 R-4.12, Oktobar 2002, Vrnjačka Banja.

TELEKOMUNIKACIONA INFRASTRUKTURA ZA POTREBE AUTOMATIZACIJE DEES

TELECOMMUNICATION INFRASTRUCTURE FOR DEES AUTOMATION

Slavko DUBAČKIĆ, Aleksandar BOŠKOVIĆ

EPS Distribucija – Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija

EPS Distribution – Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia

E-mail: slavko.dubackic@ev.rs

Abstract: The needs of power distribution systems for expanding and functional improvement, integration and centralization of existing systems for automation (HV SCADA, MV SCADA, DMS, AMR) and the implementation of new systems (AMI/MDM Smart Grids, video surveillance and access control and other) require telecommunications links that will enable this growth.

Power distribution systems makes a large number of power distribution object and consumers in the medium and low voltage to which it must provide telecommunication links required capacity and quality to meet the needs of technological systems for automation.

This paper presents the authors' experiences in developing the company's ICT infrastructure, which was built in order to ensure the smoothly and simultaneously functioning of real time, business, communication, control and management, and other services in the system.

Key words: Telecommunications; Automation; Distribution; Electrical Energy

Apstrakt: Potrebe distributivnih elektro-energetskih sistema (DEES) za proširenjem, funkcionalnim unapređenjem, integracijom i centralizacijom postojećih sistema za automatizaciju distribucije (VN SCADA, SN SCADA, DMS, AMR) i uvođenjem novih (AMI/MDM, Smart Grids, video nadzor i kontrola pristupa i drugi) zahtevaju telekomunikacione prenosne puteve koji će omogućiti ovaj rast.

DEES čini veliki broj EEO i potrošača električne energije na srednjem i niskom naponu do kojih se moraju obezbediti TK linkovi potrebnog kapaciteta i kvaliteta u skladu sa potrebama navedenih tehnoloških sistema.

U radu se prezentuju iskustva autora u razvoju kompanijske TK infrastrukture Elektrovojvodine koja je građena sa ciljem da obezbedi nesmetano i istovremeno funkcionisanje real-time, poslovnih, komunikacionih, kontrolno-upravljačkih i drugih servisa u sistemu.

Ključne reči: telekomunikacije; automatizacija; distribucija; električna energija

UVOD

Informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) daju rešenja za povezivanje poslovnih i tehničkih sistema. Osnovno pitanje jeste uskladiti zahteve korisnika, neka zakonska ograničenja i raspoloživa sredstva.

Zakonska ograničenja se odnose najviše na frekventne opsege i dozvole u radio komunikacijama i na uslove za polaganje kablova. U domenu ovih ograničenja malo je prostora za neku optimizaciju.

Zahtevi korisnika, bilo da se odnose na poslovne ili na tehničke procese, uglavnom se ne bave pitanjima infrastrukture koja je neophodna za realizaciju zahteva. Čak se, u mnogim slučajevima, ne bave ni hardverskim ni softverskim rešenjima. Korisnik želi da obavi/automatizuje neki poslovni ili tehnički proces postavljajući samo svoje zahteve bez uplitanja u način realizacije. Najčešće se ti zahtevi odnose na potrebnu brzinu prenosa podataka i na pouzdanost TK sistema.

Raspoloživa sredstva su vrlo često najvažniji faktor u realizaciji određene infrastrukture. U tom smislu je potrebno izraditi tehno-ekonomsku analizu raspoloživih rešenja, raditi pilot projekte i slično da bi se našlo optimalno rešenje. I, skoro uvek, unutar same kompanije, raspoloživa sredstva su ograničena.

U radu se prezentuju iskustva autora u razvoju kompanijske TK infrastrukture Elektrovojvodine koja je građena sa ciljem da obezbedi nesmetano i istovremeno funkcionisanje real-time, poslovnih, komunikacionih, kontrolno-upravljačkih i drugih servisa u sistemu.

KORISNIČKI ZAHTEVI

Distributivni elektro-energetski sistem (DEES) čini veliki broj EEO, proizvođača i potrošača električne energije (na srednjem i niskom naponu) do kojih se moraju obezbediti TK linkovi potrebnog kapaciteta i kvaliteta. Grupisani su u sledeće klase:

- Objekti klase TS VN/SN EEO,
- Objekti klase TS SN/SN EEO,
- Objekti klase TS SN/NN EEO,
- Objekti klase RP EEO (rasklopna postrojenja),
- Objekti klase LRS EEO (linijski rastavljači na nadzemnim SN vodovima),
- Proizvođači električne energije (male elektrane na SN nivou),
- Potrošači klase SN potrošača,
- Potrošači klase NN potrošača.

Osim nabrojanih klasa treba predvideti i klase budućih objekata / elemenata sistema za koje se očekuje primena u budućnosti, a to distribuirani energetski resursi (distributivni generatori i skladišta energije) i mrežni priključci za punjenje vozila na električni pogon i sl.

Da bi se definisali TK zahtevi za svaku od navedenih klasa objekata, mora se poći od korisničkih / funkcionalnih zahteva pojedinih DEES, odnosno moraju se sagledati sledeći implementacioni zahtevi koji su u vezi sa TK potrebama ovih podsistema:

- Koje su sve vrste i koliki je broj objekata/potrošača iz pojedinih klasa objekata koji su uključeni u posmatrani podsistem za automatizaciju distribucije.
- Koliki je obim i potrebna brzina prenosa podataka u okviru posmatranog podsistema za automatizaciju.
- Koja je frekvencija osvežavanja podataka potrebna za svaku vrstu podataka u okviru posmatranog podsistema za automatizaciju (za svaki od zahtevanih TK servisa).
- Kolika su očekivana vremena odziva na pojedine komande koje se izdaju u okviru podsistema za automatizaciju.

U cilju definisanja ključnih tehničkih parametara TK linkova koje je potrebno obezbediti od nekog posmatranog pojedinačnog objekta (koji pripada nekoj konkretnoj od predloženih / definisanih klasa) do nekog nadređenog centra (ili do željenog / potrebnog korespondentnog objekta) potrebno je definisati sledeće:

- Koji sve TK servisi treba da se realizuju za posmatrani objekat?
- Koji prenosni kapacitet je potreban za svaki potrebni TK servis?
- Koja je minimalna raspoloživost potrebna za svaki TK servis?
- Kakva je konfiguracija terena na kome se nalaze EEO/potrošači?
- Koje je maksimalno i/ili prosečno prostorno rastojanje između posmatranih objekta/potrošača i nadređenog centra (ili do željenog / potrebnog korespondentnog objekta)?

Kada se formulišu odgovori na ova pitanja, odnosno, kad se definišu ključni korisnički zahtevi za potrebne TK linkove, moguće je definisati okvirne tehničke karakteristike tih linkova. Na taj način je moguće definisati i klase digitalnih TK linkova koje odgovaraju pojedinim podsistemima za automatizaciju. Nakon toga je moguće ciljano analizirati sve moguće raspoložive (komercijalno dostupne) TK tehnologije koje bi mogle biti pogodne za implementaciju za određene klase TK linkova.

Zahtevi DEES koji se postavljaju pred telekomunikacionu infrastrukturu elektrodistributivne kompanije kakva je Elektrovojvodina, a koji imaju za cilj nesmetano funkcionisanje tehničkih servisa, mogu se posmatati i kroz njihovu veliku raznolikost. Evo nekoliko tipičnih servisa:

- Servisi koji rade u realnom vremenu (RTC – Real-Time Communications)

Ovi servisi obično ne zahtevaju velike propusne opsege ali zahtevaju minimalno kašnjenje pri prenosu podataka, tj. odziv u realnom vremenu.

Ovakve zahteve postavljaju servisi daljinskog upravljanja (SCADA, DMS), deo poslovnih i tehničkih aplikacija, govorne radio i fiksne komunikacije.

Brzine odziva za pojedine servise se kreću od $\leq 4\text{ms}$ za zaštićen releje, $\leq 1\text{s}$ za prenos informacija o stanju EE sistema do $\sim N$ sekundi za SCADA informacije.

Za govorne komunikacije kašnjenje treba da bude u nivou $\leq 100\text{ms}$.

- Servisi koji zahtevaju velike protoke
Ovi servisi obično tolerišu povremeno kašnjenje u prenosu podataka ili čak potpune kratkotrajne prekide jer imaju mehanizme za rad u off-line režimu, ali traže velike propusne opsege.
Ovakve zahteve postavljaju neki servisi poslovnih i tehničkih aplikacija, sistemi video nadzora, kontrole pristupa, evidencije radnog vremena i slični.
Najveće zahteve postavljaju sistemi video nadzora koji, u zavisnosti od broja kamera na objektu i njihove rezolucije, zahtevaju brzine do nekoliko Mbps.
- Servisi koji imaju veliki broj nodova
Ovi servisi se odlikuju velikim brojem nodova, tj. velikim brojem uređaja koji međusobno komuniciraju.
Ovakve zahteve postavljaju servisi daljinskog očitavanja brojila (nekoliko hiljada uređaja) i sistemi daljinskog upravljanja na SN mreži (nekoliko desetina uređaja).
Broj brojila ili koncentratora koji se daljinski očitavaju se kreće ~10000 uređaja ali se očekuje značajno povećanje u narednom periodu.
- Servisi koji imaju više prethodno navedenih zahteva
Noviji real-time servisi, koji su sve češće web orijentisani, zahtevaju sve više protoka a i imaju sve više nodova u sistemu. Primer su servisi daljinskog upravljanja u SN mreži.
Broj elemenata u SN SCADA sistemima se kreće na nivou nekoliko stotina ali se očekuje značajno povećanje u narednom periodu.

Princip orijentacije ka servisima zahteva nezavisnost servisa od operativnog sistema, TK infrastrukture i od ostalih tehnologija koje funkcionišu u pozadini. U tom smislu TK infrastrukturu je potrebno izgraditi tako da obezbedi funkcionisanje potrebnih servisa, bez obzira na njihove zahteve, raznolikost i broj.

Sledeći parametar od značaja je brzina prenosa podataka do objekta DEES. Prikazana je sledećom Tabelom 1. pregledom zahteva pojedinih servisa. Date su preporučene brzine u Mbps. Data je i zahtevana raspoloživost servisa.

Tabela 1. – Preporučene brzine prenosa podataka i raspoloživosti servisa

Objekat Sistem/Servis	TS VN/SN EEO	TS SN/SN EEO	TS SN/NN EEO	RP EEO	LRS EEO	Male elektrane	SN potrošači	NN potrošači	Raspoloživost
VN i SN SCADA sistemi	10	10	5	5	-	5	-	-	99,999%
VN i SN DMS sistemi	10	10	5	5	1	5	-	-	99,999%
AMR/AMI sistemi	-	-	1	1	-	1	1	1	99,9%
Smart Grid	-	-	1	1	1	1	1	1	99,9%
IP telefonija	1	1	1	1	-	1	-	-	99%
Govorne radio komunikacije	1	1	1	1	-	-	-	-	99,999%
Sistemi video nadzora	10	5	5	5	1	1	-	-	98%
Sistemi kontrole pritupa	5	5	1	1	1	1	-	-	98%
Ostali sistemi na obejktu	10	5	1	1	1	1	-	-	95%
Preporučena ukupna brzina	50	30	20	20	5	20	2	2	

Dok je ranije svaki poseban sistem često imao i sopstvenu infrastrukturu za svoje funkcionisanje, prilagođenu sopstvenim potrebama, danas, uz sveprisutno orijentisanje ka IP tehnologijama, izgradnja jedinstvene telekomunikacione infrastrukture za sve servise postaje imperativ. Međutim to nameće IKT infrastrukturi različite zahteve koje ona mora da zadovolji, najčešće istovremeno, da bi se obezbedio zahtevani nivo kontinuiteta tehničkih i poslovnih procesa/servisa.

BEZBEDNOST

Upotreba različitih linkova, njihova brojnost i raznolikost, čini TK infrastrukturu veoma pogodnom za napade, od pasivnog prisluškivanja do aktivnog pretvaranja, ponavljanja i ometanja poruka. Prisluškivanje može obezbediti napadaču pristup tajnim informacijama, čime se narušava poverljivost. Aktivni napadi omogućavaju brisanje poruka, ubacivanje pogrešnih poruka, promenu poruka, kao i ubacivanje lažnih čvorova u mrežu, čime se narušavaju servisi kojima je namenjena.

Takođe su smetnje i kvarovi elementi koji narušavaju funkcionisanje TK infrastrukture a samim tim i funkcionisanje servisa koji se na nju oslanjaju.

U analizi bezbednosti IKT infrastrukture polazi se od analize njenih glavnih atributa:

- **Raspoloživost** – Odnosi se na opstanak servisa i pored smetnji/kvarova/napada koji mogu postojati. Oni mogu biti pokrenuti na bilo kom sloju IKT infrastrukture. Na fizičkom i pristupnom nivou, može se ometati komunikacija na fizičkim kanalima (od strane ljudi ali i usled kvarova). Na višim nivoima uglavnom se bezbednost narušava usled uticaja ljudi (namernog i/ili nenamernog) ili nesavršenosti softvera i opreme (nemogućnost obrade velikog broja istovremenih zahteva i sl.).
- **Poverljivost** – Odnosi se na to da se neke informacije nikada ne stave na raspolaganje neautorizovanim entitetima. Curenje poverljivih informacija može imati nesagledive posledice.
- **Integritet** – Odnosi se na to da se poruka (ili čitav servis) nikada ne kompromituje. Poruka može biti kompromitovana zbog bezazlenih kvarova, kao što su smetnje u radio prenosu, ali i zbog zlonamernih napada na mrežu.
- **Autentikacija** – Odnosi se na mogućnost da bilo koji čvor utvrdi identitet čvora sa kojim komunicira. Bez autentikacije, napadač bi mogao da se maskira kao čvor i tako dobije pristup informacijama i resursima, čime bi uticao i na rad ostalih čvorova.
- **Neporicanje** – Odnosi se na to da pošiljalac poruke ne može da porekne da ju je poslao. Neporicanje je veoma značajno za otkrivanje i izolaciju kompromitovanih čvorova.

Zaštita IKT infrastrukture predstavlja element koji onemogućava da efikasnost pristupa i razmene informacija postane prostor za zloupotrebu informacija i informaciono-komunikacionog sistema, tj. servisa koji su implemetirani. To podrazumeva normativno uređenje zaštite donošenjem različitih pravilnika o zaštiti i projektovanje i uvođenje tehničkih mera za ostvarivanje zaštite. Normativno uređenje zaštite IKT infrastrukture predstavlja posebnu oblast i predmet je aktivnosti države, pravosuđa i upravljačkih i pravnih struktura neke kompanije ili institucije. Drugi aspekt zaštite IKT infrastrukture je projektovanje i uvođenje tehničkih mera za ostvarivanje zaštite celokupne IKT infrastrukture. Tehnička rešenja treba da omoguće ne samo zaštitu od zloupotreba sistema od strane ljudi nego i da da rešenja za slučajevne ispada sistema usled tehničkih kvarova, elementarnih nepogoda i drugih uticaja.

Brz napredak tehnologije, do koga je došlo tokom godina, pratio je i razvoj bezbednosnih mehanizama ali se nikada nije razvila „savršena zaštita“. Razloga ima više počev od grešaka koje su nerazdvojive od razvoja savremenog softvera, do svuda prisutne mogućnosti priključenja na mrežu. Međutim, u osnovi se sve to svodi na nešto što većina može da razume: ništa ovozemaljsko nije savršeno. U svakom slučaju kompanije moraju biti u stanju da adekvatno komuniciraju ali i da se brane štiteći svoje podatke, resurse, ljude ali i podatke, resurse i ljude svojih partnera i korisnika.

U savremenim poslovnim i tehničkim sistemima, koji se u sve većoj meri oslanjaju na IKT sisteme, korisnika sve manje zanima kako IKT infrastruktura radi. Njega uglavnom zanima samo da li njegova aplikacija/servis radi na adekvatan način. Aspekt koji se tu definiše jeste **kontinuitet poslovanja**, tj neprekidnost poslovnih i tehničkih procesa. Kontinuitet poslovanja (BC – Business Continuity) je strategija koja određuje planove i postupke za održavanje rada poslovnih i tehničkih procesa i funkcija. Neplanirani prekidi poslovanja mogu značiti gubitak prihoda, smanjivanje ugleda, odlazak klijenata i slično.

Želja da se obezbedi što veća raspoloživost i pouzdanost IKT resursa su direktna posledica potrebe da se obezbedi kontinuitet poslovanja neke kompanije. Kako se vremenom poslovanje kompanija i organizacija sve više oslanja na IKT resurse tako i obezbeđivanje neprekidnog funkcionisanja osnovnih delatnosti tih istih kompanija i organizacija sve više zavisi od kontinuiranog rada IKT resursa.

Cilj jeste da se eliminiše nefunkcionisanje IKT infrastrukture (tzv. ICT downtime) koje je prouzrokovan nefunkcionisanjem kritičnih tačaka/sistema. To se postiže dobrim dizajnom infrastrukture, korišćenjem pouzdane opreme i dobrom konfiguracijom sistema. Pored tehničkih postoje i mehanizmi iz oblasti normativnog uređenja kompanije, organizacije poslovanja, organizacije bezbednosti i drugi.

Osnovne faze izrade plana kontinuiteta poslovanja su:

- analiza,
- dizajn rešenja,
- implementacija,
- testiranje i prihvatanje i
- održavanje prihvaćenog plana.

Osnovna svrha strategije kontinuiteta poslovanja jeste doneti neke ključne odluke vezane za kontinuitet poslovanja kako bi se u slučaju havarije moglo oporaviti poslovanje u predviđenom vremenu:

- koliko je ciljano vreme oporavka za pojedine poslovno kritične funkcije/servisa;
- koje su minimalne obaveze koje se moraju izvršavati tokom havarije;
- gde će se locirati rezervna lokacija i koji resursi će biti potrebni na rezervnoj lokaciji;
- koja je ciljana tačka oporavka za podatke);
- koje su to kritične tačke koje mogu prouzrokovati prekid u radu (Single Point of Failure);
- od koga će se i na koji način nabavljati sva oprema u slučaju havarije.

Zbog stalne promene korisničkih zahteva načini planiranja kontinuiteta poslovanja, koji su bili adekvatni više godina, postaju zastareli. Iako temeljne postavke ostaju, moderni planovi kontinuiteta poslovanja moraju biti fleksibilni, insistirati na **prevenciji**, a ne isključivo rešavanju već nastalih problema.

TK INFRASTRUKTURA DEES ELEKTROVOJVODINE

Telekomunikaciona infrastruktura Elektrovojvodine predstavlja osnovu nad kojom se nadograđuju i implementiraju poslovni i tehnički procesi. Nastajala je postepeno, u skladu sa zahtevima korisnika. Osnove TK sistema Elektrovojvodine postavljene su pre više od 40 godina implementacijom prvih sistema fiksnih i radio veza. Dalji postepeni razvoj se obavljao prvenstveno u skladu sa sistemima koji su bili potrebni za obavljanje prenosa podataka, glasa, za daljinsko upravljanje EE objektima i slično. Pratili su se raspoložive tehnologije ali i ekonomski aspekti.

Zahtevi koje pred TK infrastrukturu postavljaju sistemi za automatizaciju DEES-a dati su ranije a posledica toga je da danas TK infrastruktura Elektrovojvodine predstavlja multiservisno orijentisanu arhitekturu namenjenu implementaciji različitih sistema/aplikacija/servisa. Pouzdanost sistema se ogleda i u tome što je sve veći broj real-time sistema koji se oslanjaju na nju. Brzine prenosa podatka koje se obezbeđuju zadovoljavaju potrebe servisa koji, po pravilu, imaju velike zahteve za protokom i postoji rezerva za buduća proširenja.

Za realizaciju TK infrastrukture Elektrovojvodine namenjene za automatizaciju DEES-a koristi se veći broj različitih tehnologija, u skladu sa potrebama i tehničkim mogućnostima koje su na raspolaganju. Koriste se sledeća rešenja:

- Optički prenosni putevi – Na transportnom i pristupnom nivou za povezivanje poslovno-pogonskih i EE objekata i na lokalnom nivou u lokalnim računarskim mrežama.
- Bežični digitalni linkovi – Linkovi tipa 1:1 na transportnom i pristupnom nivou za povezivanje poslovno-pogonskih i EE objekata i malih izvora električne energije.
- Bežični digitalni linkovi – Linkovi tipa N:1 na pristupnom nivou za povezivanje poslovno-pogonskih i EE objekata i malih izvora električne energije.
- Bežični analogni linkovi – Linkovi tipa N:1 na pristupnom nivou za povezivanje EE objekata.
- Iznajmljeni digitalni vodovi – Na pristupnom nivou za povezivanje VN i SN EE objekata.
- Iznajmljeni GSM APN – Na pristupnom nivou za povezivanje SN EE objekata.

Bez obzira na veliki broj različitih prenosnih puteva TK infrastruktura predstavlja jedinstvenu celinu, transparentnu ka servisima koji se na njoj implementiraju. Korisnici pri implementaciji svojih servisa/sistema/aplikacija ne razmišljaju o TK infrastrukturi. Oni je podrazumevaju bez obzira na način njene realizacije, primenjene tehnologije za njenu realizaciju, vlasništvo. To se dešava i u slučajevima kada je neki servis implementiran na više lokacija do kojih postoje potpuno različiti prenosni putevi.

Infrastruktura koja obezbeđuje funkcionisanje nabrojanih servisa, bez toga da ti servisi vode računa o prenosnom putu, u potpunosti predstavlja servisno orijentisanu arhitekturu.

Pored navedenih servisa/aplikacija/sistema u samoj TK infrastrukturi su implementirani mrežni servisi i mehanizmi koji ne predstavljaju deo aplikativnih servisa ali utiču na njihov rad. Implementirani su sledeći mrežni servisi/mehanizmi:

- Data centar Elektrovojvodine – Centralizovani data centar sa agregacijom resursa, virtuelizacijom servera, klijenata i aplikacija.
- Redundantni prenosni putevi – Do svih poslovno-pogonskih i svih VN EE objekata realizovani su redundantni prenosni putevi koji se automatski aktiviraju u slučaju prekida u radu primarnog prenosnog puta.
- L3 ruting komunikacioni protokoli i mehanizmi za obezbeđivanje rada i upravljanja TK infrastrukturom (Static routing, RIP, OSPF, VRRP, DHCP i drugi).
- L2 svičing komunikacioni protokoli i mehanizmi (VLAN, SNMP, STP, RSTP i drugi).
- Sistem distribucije tačnog vremena.
- Udaljeni pristup, VPN.
- Bezbednosni mehanizmi (identifikacija korisnika – AAA, antivirusna zaštita, firewall).

TK infrastruktura koja u sebi ima implementirane navedene mehanizme i servise u potpunosti predstavlja servisno orijentisanu mrežnu arhitekturu.

Na IKT infrastrukturu Elektrovojvodine oslanja se veliki broj poslovnih, tehničkih, kontrolnih, upravljačkih i drugih aplikacija. Neke od značajnijih su navedene. Njihov broj i raznolikost postavljaju vrlo složene zahteve pred TK infrastrukturu. Takođe je određen broj mrežnih servisa i mehanizama implementiran u samoj TK infrastrukturi. Tako razvijena TK infrastruktura predstavlja **multiservisnu telekomunikacionu platformu** koja omogućuje nesmetan rad implementiranih servisa i predstavlja značajnu podršku ukupnom poslovanju Elektrovojvodine.

Multiservisna telekomunikaciona infrastruktura Elektrovojvodine pokriva:

- Sve poslovno-pogonske objekte Elektrovojvodine, brzim linkovima (~100Mbps), sa redundansom i implementiranim naprednim servisima u samoj IKT infrastrukturi.
- Sve VN EE objekte Elektrovojvodine, brzim linkovima (~50Mbps), sa redundansom i implementiranim naprednim servisima u samoj IKT infrastrukturi.
- Veliki broj SN EE objekata Elektrovojvodine, brzim linkovima (~50Mbps), sa redundansom i implementiranim naprednim servisima u samoj IKT infrastrukturi.
- Veoma veliki broj brojala, GSM linkovima.
- Sve male EE izvore, brzim linkovima (~20Mbps), sa redundansom i implementiranim naprednim servisima u samoj IKT infrastrukturi.

Pored navedenog izgrađena TK infrastruktura ima kapaciteta i za nove zahteve kako u pogledu novih servisa tako i u pogledu kapaciteta. Takođe je otvorena za dalja proširenja na nove EE objekte.

ZAKLJUČAK

Ovim radom su prikazani pojedini elementi TK infrastrukture Elektrovojvodine namenjene za automatizaciju DEES-a. Pre svega želja je da se ukaže na sve veći broj različitih zahteva koji se pred IKT infrastrukturu postavljaju. Kao rešenje nameće se izgradnja multiservisne telekomunikacione infrastrukture koja ima ugrađene mehanizme obezbeđivanja kvalitetnog prenosnog puta za sve sisteme/servise/aplikacije koji su implementirani na određenoj lokaciji.

Specifičnost Elektrovojvodine se ogleda u velikoj raznolikosti implementiranih servisa, njihovoj brojnosti i teritorijalnoj razuđenosti. Infrastruktura koja treba da omogući njihovu implementaciju mora biti takva da sve to podrži. Pri izgradnji i razvoju TK infrastrukture pokušava se ne samo da se zadovolje trenutne potrebe nego da se mreža gradi imajući u vidu projektovane kapacitete i servise u narednom periodu.

Na početku je posebno naglašeno da je jedan od glavnih ciljeva izgradnje sopstvene IKT infrastrukture obezbeđivanje kvalitetnog kontinuiteta poslovnih i tehničkih procesa. Tehnička rešenja postoje, bezbednosni razlozi su sve bitniji a ekonomski faktori i analize ukazuju da je to za elektrodistributivna preduzeća isplativo.

U skladu sa promenama koje nastupaju u EPS-u elektrodistributivna preduzeća će sve veću pažnju poklanjati elektrodistributivnom sistemu i njegovom upravljanju. Sve više servisa će morati biti real-time, sve će trebati biti on-line. Reakcija na ispade EE sistema će morati biti brža, a tražiće se real-time/on-line praćenje sve više EE elemenata. TK infrastruktura će morati odgovoriti ovakvim zahtevima koji se ogledaju u sve većem broju implementiranih servisa i sve većim protocima.

U IKT tehnologijama je teško govoriti o tome šta će biti u budućnosti i koliko će se brzo promene dešavati. Može se govoriti o trenutno primenljivim konceptima i mehanizmima. Ipak određena planiranja, bar na konceptualnom nivou, se moraju raditi. Jedno od tih planiranja jeste trend razvoja IKT rešenja u formi multiservisno orijentisane arhitekture.

LITERATURA

- [1] Energetski podaci za 2014. godinu, Elektrovojvodina, Novi Sad, 2015.
- [2] JP Elektroprivreda Srbije Beograd, Distributivni elektroenergetski sistem Srbije, Inteligentne mreže u JP EPS, Strategija i razvoj sistema za daljinski nadzor i upravljanje srednjenaponskom distributivnom mrežom u uslovima značajnijeg prisustva distribuirane proizvodnje, Studija, Enerogprojekt Entel a.d. ITEN Engineerig, Beograd, 2014.
- [3] BS 25999-2:2007 Business continuity management. Specification, British Standard, 2007.
- [4] Cisco Service-Oriented Network Architecture: Support and Optimize SOA and Web 2.0 Applications, URL:http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/branch/white_paper_Cisco_sona_support_optimize_soa_web2_0_applications.html, 2014.
- [5] Real Time Communications from our Industry Experts, URL:<http://www.realtimecommunicationsworld.com/newsall.aspx>, 2014.

SISTEM ZA ELIMINACIJU NETEHNIČKIH GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE – DRUGA FAZA

SYSTEM FOR ELIMINATION OF NON-TECHNICAL ELECTRICITY LOSSES – SECOND STAGE

Vladimir KULPINSKI

EPS Distribucija – Regionalni centar Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija

EPS Distribution - Regional Center Elektrovojvodina, Novi Sad, Serbia

E-mail: vladimir.kulpinski@ev.rs

Abstract: NON-TECHNICAL POWER LOSSES ELIMINATION SYSTEM – PHASE II (hereinafter SUBSYSTEM II), completed as an upgrade of the SYSTEM, previously completed via joint efforts of science (Faculty of Technical Sciences – Department of Electric Measuring), the economy (RC Elektrovojvodina), and private equity (Nigal Ltd, Petrovaradin). Since the FIRST PHASE OF THE SYSTEM (SUBSYSTEM I) enabled an efficient way to find low voltage network points in which there is a certain deficit of electricity flow, we needed an efficient way to find out which electricity (EE) buyers were exactly causing this deficit.

While solving this problem, and through further cooperation between Nigal Ltd, Elektrovojvodina acquired extraordinarily advanced technologies in the area of metrology in electro energetics. With a group of devices (measuring and communicating), within 24 hours it is entirely possible to precisely and reliably determine the name of the EE buyer that has a deficit of measured EE compared to actually delivered EE.

Application of all parts of SUBSYSTEM I and SUBSYSTEM II, depending on available amount of equipment, enables the detection, localization, and exact determination of buyers that cause problems – significant or relatively small differences between measured and realistically acquired EE. For example, with 30 pieces of measuring modules (15 MM2 and 15 MM4), necessary equipment and about 1500 to 2000 measuring modules MKMU, it is possible to ELIMINATE non-technical losses at 800 to 1000 distributive power stations within one winter period (for example from 15th October this year to 15th April next year).

The usefulness of the SYSTEM is determined by the amount of lost EE in Elektrovojvodina, which according to the price for 1kWh in Serbia, annually amounts to over 35 million Euros. Compared to EU prices for 1 kWh, this lost EE has a value of 120 million Euros.

Key words: *Electric Energy Losses; Lost Profit; Efficiency; Rationality; Systematic Approach*

Apstrakt: SISTEM ZA ELIMINACIJU NETEHNIČKIH GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE – DRUGA FAZA (u daljem tekstu PODSISTEM II), kompletiran je kao nadgradnja SISTEMA prethodno realizovanog u saradnji nauke (Katedra za električna merenja pri FTN Novi Sad), privrede (RC Elektrovojvodina) i privatnog kapitala (Nigal doo, Petrovaradin). Kako je PRVA FAZA SISTEMA (PODSISTEM I), omogućila da se efikasno dolazi do tačaka NN mreže u kojima sigurno postoji deficit protekle energije, trebalo je na efikasan način rešiti kod kojih od pojedinih kupaca električne energije (EE) postoji uzrok utvrđenog deficita.

Rešavajući navedeni problem, kroz dalje unapređenje saradnje firme Nigal, d.o.o, RC Elektrovojvodina je došla u posed izuzetno napredne tehnologije u domenu metrologije u elektroenergetici. Sa grupom uređaja (merni i komunikacioni) za 24 časa moguće je sasvim precizno i pouzdano odrediti naziv ili ime kupca EE kod koga postoji deficit u odnosu na stvano predate EE.

Primena svih delova PODSISTEMA I i PODSISTEMA II omogućuje da se u zavisnosti od ukupno raspoložive opreme za veoma kratak period izvrši detektovanje, lokalizacija i tačno određivanje kupaca

kod kojih postoji problem zbog koga dolazi do značajnih ili relativno malih razlika u proteklim i preuzetim količinama EE. Na primer, sa 30 komada mernih modula (15 MM2 i 15 MM4), pripadajućim priborom i oko 1500 do 2000 mernih modula MKMU, za jedan zimski period (od 15.10. tekuće do 15.04. naredne godine) moguće je ELIMINISATI netehničke gubitke EE na 800 do 1000 DTS-a. Korist upotrebe SISTEMA se utvrđuje na bazi veličine izgubljene energije u RC Elektrovojdina na nivou jedne godine, koja po ceni električne energije u Srbiji (1kWh), a na godišnjem nivou, ima vrednost od preko 35 miliona Eura. Prema ceni za 1 kWh u EU ovako izgubljena energije ima vrednost preko 120 miliona Eura.

Ključne reči: gubici električne energije; izgubljena dobit; sistematičnost; efikasnost; racionalnost

UVOD

Osnovni cilj realizacije predloga projekta KONTROLA TOKOVA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA IZABRANOM DELU SN MREŽE PRIMENOM MKMU NA IZMEŠTENOM MERNOM MESTU jeste precizno određivanje TAČKE, odnosno precizno određivanje LOKACIJE tačaka u kojima nastaju i evidentno su prisutni NETEHNIČKI GUBICI električne energije (EE). A NETEHNIČKI GUBICI EE, posledica su „njene“ neovlašćene upotrebe ili potrošnje i različitih tehničkih neispravnosti mernih uređaja.

Osnovu ideje za REALIZACIJU NAVEDENOG PROJEKTA i čitavog procesa čini novi, potpuno inovativni metrološki koncept, zasnovan na primeni Multifunkcionalnih Kontrolno Mernih Uređaja (MKMU).

OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

Na osnovu mogućnosti da se merenjem određenih veličine EE u tačkama gde se na NN mrežu povezuju priključni vodovi, koji odvođe EE ka instalacijama kupaca, posebnim uređajima, OBEZBEĐUJE SE POTPUNI NADZOR NAD TOKOVIMA EE KA SVIM KUPCIMA.

U osnovi, na jednom čvoru NN mreže, su povezani priključni vodovi „H“ kupaca. Postavljanjem kontrolno-merne opreme neposredno ispod „glave“ stuba, te njegovim povezivanjem sa NN mrežom i povezivanjem, na odgovarajući način, sa provodnicima priključnih vodova „H“ kupaca, OMOGUĆENO je da sa odgovarajućom mernom opremom u ormanu IZMEŠTENOG MERNOG MESTA (IMM) budu registrovani svi parametri EE za svakog pojedinačnog kupca.

Sem navedenog, MKMU može da se, na vrlo jednostavan i bezbedan način postavlja u svim značajnim tačkama elektroenergetskog sistema (EES), kao što su na primer, distributivne stanice (DTS), na početku SN vodova iz reonskih TS 35/20 ili 10 kV, u samim TS 35/20 ili 10 kV, na početku SN vodova iz TS 110/35 ili 20 kV i naravno u samim TS 110/35 ili 20 kV.

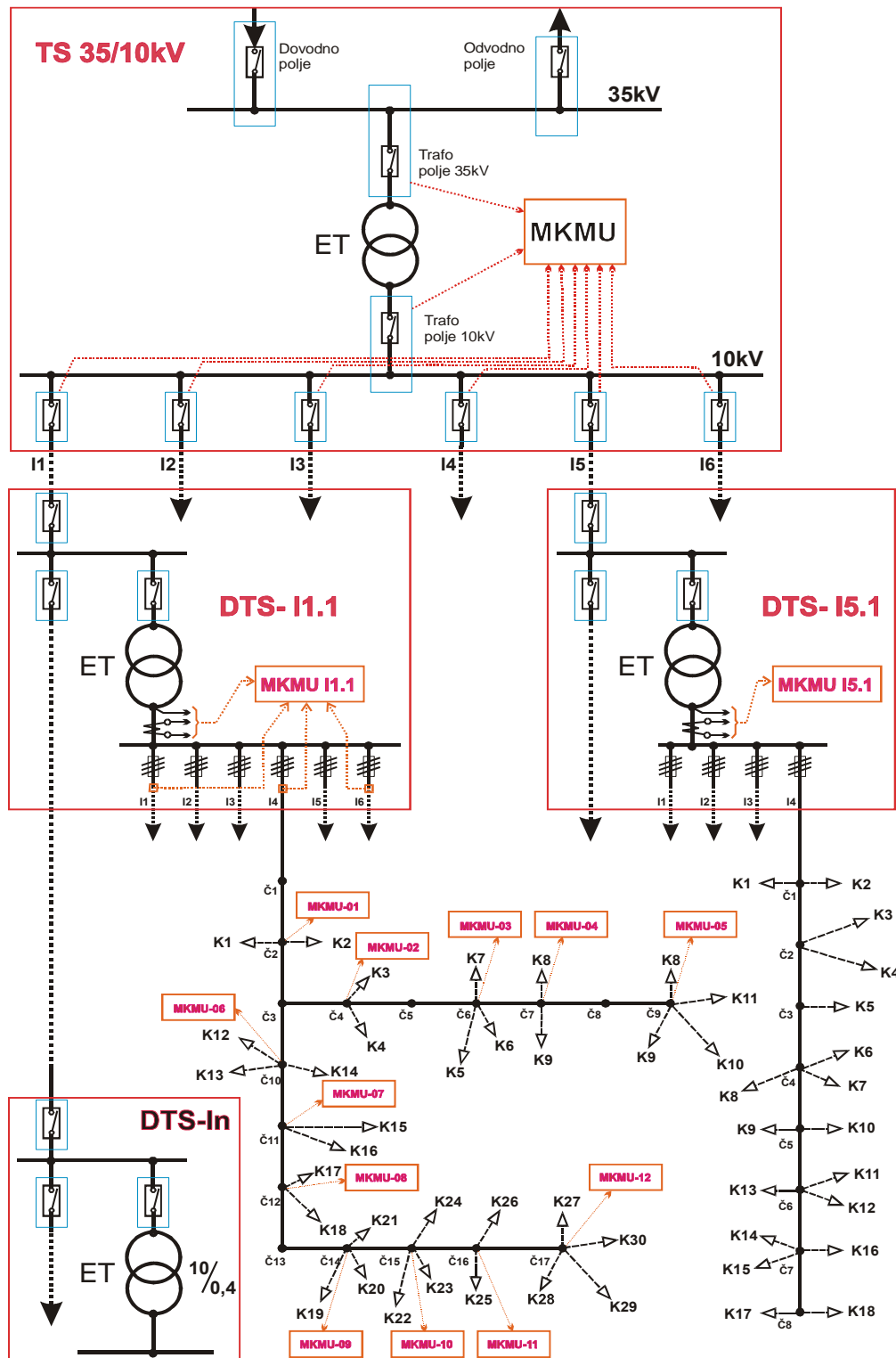
NAČIN IMPLEMENTACIJE

Zahvaljujući primeni elektronskih sklopova poslednjih generacija visoke tehnologije, čija je osnovna funkcija da u sprezi sa pogodno izabranim mernim pretvaračima mere i registruju sve nužne parametre EE koja se predaje/preuzima na relaciji isporučilac/kupac, budu visoko funkcionalni i neuporedivo „moćniji“ od svih poznatih konvencionalnih sistema.

Jedan, sasvim drugačije formiran merno razvodni orman (MRO), omogućuje da se u prostor manji za više od 5 puta od sadašnjih varijanti, smeste sva neophodna sredstva (uređaji i oprema). Postavljanje (montaža) i povezivanje takvog MRO-a sa NN mrežom i priključnim vodovima pojedinih kupaca na izmeštenom mernom mestu (IMM) su, na bazi usvojene metodologije, neuporedivo jednostavniji od danas primenjenih principa i postupaka.

Montažom pomenutih MRO-a, na celokupnom području koje električnom energijom napaja jedna DTS, te njenim uključenjem, omogućuje se da nadzor nad tokovima EE ka pojedinačnim kupcima bude potpuno uspostavljen. Sve koristi (benefiti) ovakvog načina merenja, kontrole i nadzora nad tokovima EE prema pojedinim kupcima su, u svakom segmentu, značajno ispred do sada primenjivanih sistema.

U elektroenergetskim objektima (EEO) napona iznad 1kV, odnosno 10, 20, 35 ili 110kV, postavljanje MKMU sa celokupno pripadajućim priborom, tehnički je značajno jednostavnije. Na skici u prilogu nalazi se jednopolna šema, odnosno deo jednopolne šeme, odnosno raspleta SN i NN mreže za dostavu i distribuciju EE pojedinim kupcima.



Slika 1. Jednopolna šema

KRATKA OBJAŠNJENJA

Na šemi prikazanoj slikom 1. jasno se raspoznaju jedna reonska TS 35/10 kV, izvodi (10kV) srednjeg napona (SN), odnosno iz ove TS, pojedine distributivne trafo stanice (DTS - 10/0,4kV), njima pripadajući niskonaponski (NN) izvodi (0,4kV) i rasplet – šema NN mreže. Na pojedinim deonicama ovog raspleta jasno se uočavaju čvorišta (sa oznakom Č, počev od Č1 do Čn) i njima „pripadajući“ kupci EE (sa oznakom K, počev od K1 do Kn).

Sem navedene standardne opreme i uređaja na šemi se jasno raspoznaju i uređaji MKMU, koji se po pravilu postavljaju u pojedinim čvorištima NN mreže, kako bi se uspostavio maksimalno mogući nadzor, odnosno uspostavila potpuna kontrola nad tokovima EE od čvora ka pojedinim kupcima. Osnovna karakteristika ovih uređaja je da su oni koncipirani kao četvorostruki set mernih uređaja, sa kojima se jednovremeno može kontrolisati tok EE za 4 (četiri) kupca. To je osnovna jedinica, a postoji i verzija MKMU za kontrolu tokova električne energije za 8 (osam) kupaca.

Ono što je posebna specifičnost ovoga rešenja je da se zahvaljujući već postojećim sistemima merenja i zaštite svakog pojedinog EEO, te jednostavnim i veoma lako dostupnim razvodima sekundarnih kola naponskih i strujnih mernih transformatora, navedena koncepcija primene MKMU se vrlo lako implementira u EEO viših naponskih nivoa. Na taj način MKMU može da se upotrebi za kopmlatan nadzor nad tokovima EE počev od tačaka njenog preuzimanja u distributivni sistem (DDS) bilo kog dela EP Srbije (EPS), kao i celokupnog EPS, pa sve do poslednjih kupaca EE.

PREDNOSTI PREDLOŽENE METODOLOGIJE

Izuzetno veliki doprinos primene navedene koncepcije, pored ostvarenja svih preduslova za eliminaciju netehničkih gubitaka EE nalazi se i u sledećim činjenicama:

TEHNIČKO TEHNOLOŠKE PREDNOSTI

Prema danas važećim zakonima i podzakonskim aktima, nadležna ED je obavezana da održava navedeni deo elektonergetske infrastrukture. Ona na nivou 10.000 kupaca ima sledeći, a danas moguće samo realno „dati“ procenjeni obim, odnosno njihov sadržaj:

- ✚ Najmanje 35.000 komada priključnih stezaljki (klemni) za povezivanje priključnih vodova i NN mreže,
- ✚ Najmanje 40.000 komada nosećih izolatora za povezivanje i nošenje priključnih vodova na NN mrežu,
- ✚ Ne manje od 100km priključnih vodova,
- ✚ Nešto manje od 10.000 komada MRO-a u ili na objektima kupaca sa sledećim priborom i opremom:
 - ✚ Preko 25.000 topljivih ili automatskih osigurača,
 - ✚ Deset hiljada (10.000) trofaznih ili monofaznih brojila,
 - ✚ Ne manje od 2.500 preklopnih naprava,
 - ✚ Ne manje od 50.000m provodnika za povezivanje uređaja u MRO-ima, kao i
 - ✚ Ne malo vredna grupa sitne opreme.

Vrednost svih prethodno navedenih dobara, na nivou samo navedenih 10.000 kupaca, prevazilazi 1.000.000€ (jedan milion €). Na ovom mestu je od najveće važnosti razumeti sledeće.

Ovde nije samo u pitanju puka vrednost navedenih dobara, već se radi i ogromnom balastu svih obaveza u kome nadležni isporučilac EE ima delikatan problem spram bilo kog kupca, a kome je iz bilo kog razloga došlo do prekida u isporuci EE. Dinamika, neupravljivost i stres, neophodni resursi, troškovi i sve drugo što bi omogućavalo efikasan odziv spram potpuno neupravljivih događaja (tehnološki akcedenti) su daleko većih iznosa od vrednosti navedenih dobara.

ZAKLJUČAK

FUNKCIONALNE PREDNOSTI

Jedna od izuzetno važnih funkcija predloženog SISTEMA zasnovanih na MKMU uređajima je bazirana na njihovoj sposobnosti da komuniciraju sa svojim master centrom. Kako je komunikacija realizovana na način da ona funkcioniše u oba smera, moguće funkcije SISTEMA postaju gotovo nadprosečno velike, posebno u poređenju sa konvencionalnim sistemima.

Na prime, realizovani SISTEM omogućuje da distributer ili ovlašćeni isporučilac EE dobija sve neophodne informacije o električnoj energiji, njenoj potrošnji i njenim fundamentalnim parametrima, kao na primer:

- Trenutne vrednosti energije (aktivna, reaktivna ili prividna);
- Sumarna energija (aktivna, reaktivna ili prividna) koja se mogu dobijati po punom automatizmu, za unapred određene periode (sat, dan, nedelja itd.) ili po posebnom pozivu;
- Maksimalna snaga registrovana po pojedinim fazama;
- Najviše i najniže zabeležene visine naponi u pojedinim faznim provodnicima;
- Najviše zabeležene jačine struje u pojedinim faznim provodnicima;
- Profili opterećenja po pojedinim napojnim provodnicima;
- Faktori snage (prosečni, najviši i najniži).
- Prisustvo i intezitet pojedinih harmonika itd.

Sem navedenog, dvosmerna komunikacija na relaciji distributer električne energije ili ovlašćeni isporučilac – kupci, ovom koncepcijom se omogućuje:

- Distributer električne energije ili ovlašćeni isporučilac može da dobija sve neophodne informacije o načinu trošenja električne energije, kao što su profili opterećenja, maksimalne snage po faznim provodnicima, najviši i najniže visine napona na mestu isporuke itd;
- Kupci dobijaju mogućnost da im se šalju sve neophodne informacije o dugovanjima, opomenama, o prekoračenjima ugovorenih limita, o mogućim benefitima, o planiranim prekidima u napajanju itd;
- Prema posebno sklopljenim ugovorima kupcima se mogu uručivati elektronski računi za utrošenu energiju, na primer na nedeljnom nivou, čime bi se značajno promenili tokovi kapitala;
- Mediji za prenos, odnosno uređaj/ji na koje kupci mogu da dobiju ovakav vid računa može biti mobilni telefoni, tablet računari, lični kompjuteri, televizori itd

POSLOVNE PREDNOSTI

Optimalno organizovana informatička podrška, koja u osnovi podrazumeva dovoljno „snažno“ hardversko okruženje (po kapacitetu, brzinama i pouzdanosti), te vrlo razumljivim i „prijateljski“ orijentisanim softverima omogućuje svim potencijalnim korisnicima SISTEMA da imaju direktan pristup svim „njima“ neophodnim podacima.

Na primer, onima iz finansijskog sektora su to podaci o kumulativno utrošenim količinama EE (aktivna i reaktivna), maksimalnoj 15-tnoj snazi, prekomerno prekoračenoj reaktivnoj energiji, prekomerno ugovorenoj snazi itd, a sve za planirane periode.

Onima drugima, na primer, planerima razvoja i širenja DDS-a omogućuju uvide u ukupno potrošenu energiju, na primer, po pojedinim DTS-ima ili NN izvodima, najmanje i najviše napona na početku, odnosno na krajevima pojedinih NN vodova, profile opterećenja itd. Sve navedeno je i od izuzetnog značaja za operativne rukovodioce sve do tehničkih direktora pojedini DDS celina.

Pristup svim podacima je osmišljen da bude kroz funkcionisanje po principu server/klijent, gde je isti omogućen samo za to ovlašćenim licima.

UTICAJ CENA ENERGENATA NA POTROŠNJU PRIMARNE ENERGIJE PRI FINANSIJSKI OPTIMALNOM RADU ENERGETSKIH SISTEMA

IMPACT OF ENERGY PRICES ON PRIMARY ENERGY CONSUMPTION UNDER COST-OPTIMAL OPERATION OF ENERGY SYSTEMS

Mirko M. STOJILJKOVIĆ, Marko G. IGNJATOVIĆ, Goran D. VUČKOVIĆ

Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu, Niš, Srbija

University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering in Niš, Niš, Serbia

e-mail: mirko.stojiljkovic@masfak.ni.ac.rs

Abstract: The implementation of trigeneration and thermal storage might result with the improvements of energy supply systems related to energy efficiency, primary energy consumption, environmental impact, the flexibility and security of energy supply. The effects of applying mentioned technologies depend on many factors, such as energy prices, as well as plant design and operation modes. This paper analyses the impact of the prices of energy commodities — natural (or bio-) gas and electricity — on primary energy consumption for a reciprocating-engine-based trigeneration plant supplying a typical urban residential settlement in Serbia. It is presumed that the energy supply plant is always operated in a cost-optimal manner and thus the operation parameters are determined using mixed integer linear programming. Electricity demand profiles are determined by analyzing the data obtained with measurements, while heating and cooling demands are obtained using buildings simulations performed with EnergyPlus software. Results display significant and complex dependencies between primary energy consumption and prices, but also point the attention to the necessity of a careful consideration of operational modes during energy systems examinations.

Keywords: *energy prices; operation optimization; primary energy; trigeneration*

Apstrakt: Implementacija trigeneracije i skladištenja energije može rezultirati poboljšanjima sistema za snabdevanje energijom koja se odnose na energetske efikasnost, potrošnju primarne energije, uticaj na okolinu, kao i fleksibilnost i sigurnost snabdevanja energijom. Efekti primene pomenutih tehnologija zavise od mnogo faktora, kao što su cene energenata, kao i projektni i radni parametri postrojenja. Ovaj rad analizira uticaj cena energenata — prirodnog (ili bio-) gasa i električne energije — na potrošnju primarne energije postrojenja sa trigeneracijom na bazi klipnog motora sa unutrašnjim sagorevanjem koje snabdeva tipično urbano stambeno naselje u Srbiji. Pretpostavljeno je da postrojenje za snabdevanje energijom uvek radi u finansijski optimalnom režimu, pa su radni parametri određeni korišćenjem mešovitog celobrojnog linearnog programiranja. Profili potražnje za električnom energijom su određeni analizom rezultata merenja, dok su potrebe za grejanjem i hlađenjem dobijene korišćenjem simulacija zgrada urađenim softverom EnergyPlus. Rezultati pokazuju značajne i kompleksne zavisnosti između potrošnje primarne energije i cena, ali i skreću pažnju na neophodnost pažljivog analiziranja režima rada prilikom ispitivanja energetske sistema.

Ključne reči: *cene energije; optimizacija rada; primarna energija; trigeneracija*

UVOD

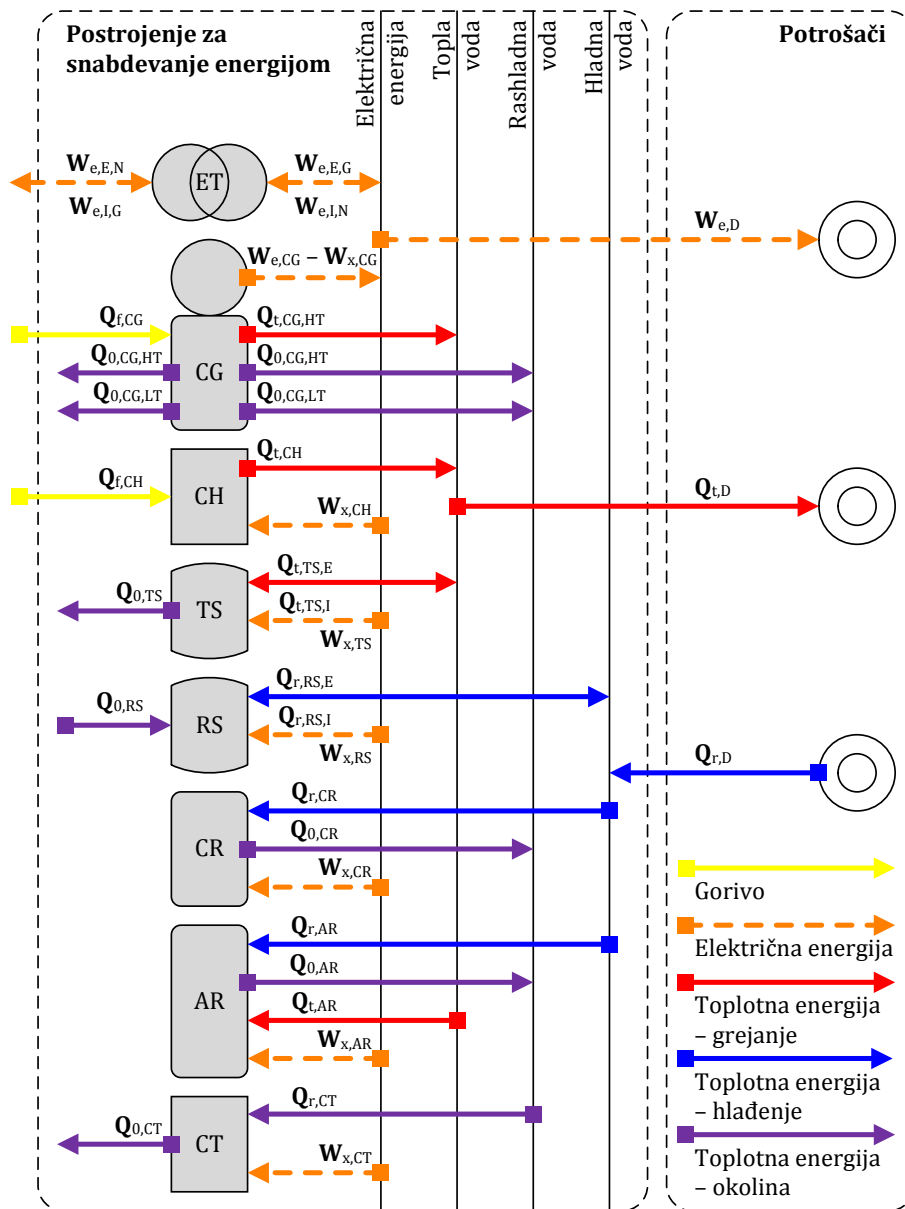
Zgrade koriste oko 40 % ukupne potrošnje primarne energije i doprinose globalnoj emisiji CO₂ sa oko 30 % [1]. Snabdevanje zgrada energijom je veoma važno sa aspekta potrošnje i uštede primarne energije. Visoko-efikasna kogeneracija je prepoznata u Evropskoj Uniji kao jedna od ključnih tehnologija za smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, kao i povećanje energetske efikasnosti i sigurnosti snabdevanja energijom [2]. Kao osnovni kriterijum za kvantifikovanje efikasnosti kogenerativnih sistema, u [2] se predlaže primarna energija.

Kogeneracija je danas u širokoj upotrebi i može biti od koristi vlasnicima zgrada i postrojenja koja ih snabdevaju [3]. Akumulatori toplotne energije su važan dodatak sistemima sa kogeneracijom i trigeneracijom jer mogu značajno poboljšati energetske i finansijske efikasnosti postrojenja pomeranjem proizvodnje toplotne energije i boljim iskorišćenjem komponentata koje pokrivaju bazna opterećenja [4], [5]. Troškovi rada postrojenja značajno zavise od operativnog planiranja i radnih režima [6], pa bi svaka analiza ekonomije kogenerativnih sistema trebalo da uzme u obzir radne parametre [7]. Važnost implementacije i optimizacije sistema sa kogeneracijom je naglašena i u [8] i [9]. Različiti pristupi optimizaciji analizirani su u [10] i [11].

OPIS POSTROJENJA I POTROŠAČA

Tokovi energije i komponente sistema za snabdevanje energijom su šematski prikazani na slici 1. Najvažnije komponente razmatranog sistema su: gasni motor za kogeneraciju (CG) električne snage 315 kW_e i toplotne snage 405 kW_t , dva gasna kotla (CH) od po 490 kW_t , kompresorska rashladna mašina (CR) snage 842 kW_r , apsorpciona rashladna mašina (AR) nominalne snage 380 kW_r , topli akumulator energije (TS) kapaciteta 80 t , hladni akumulator (RS) od 400 t i dva rashladna tornja (CT) nominalnog kapaciteta po 1000 kW_r . Energenti koji se dovode postrojenju su prirodni gas i električna energija. Proizvedena električna energija se može isporučiti mreži za distribuciju preko transformatora (ET) ili potrošačima. Deo preuzete ili proizvedene električne energije se potroši za rad samog postrojenja. Pretpostavka je da se celokupna potreba za grejanjem i hlađenjem mora zadovoljiti iz ovog postrojenja, dok se za snabdevanje električnom energijom može koristiti energija proizvedena u postrojenju ili preuzeta iz mreže za distribuciju.

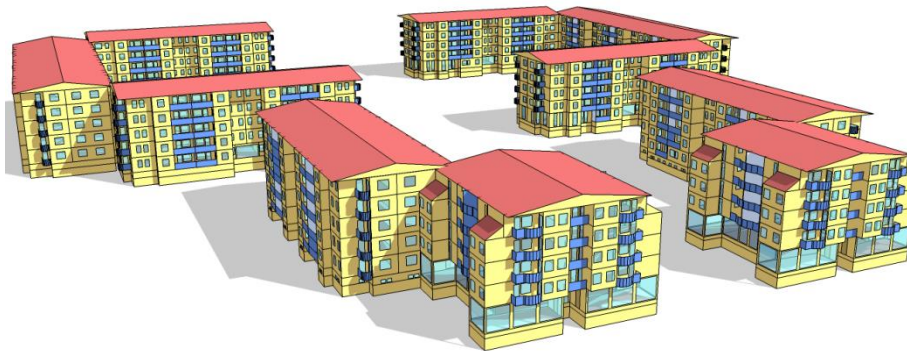
Posmatrano naselje čine stambene zgrade ukupne grejane površine 27045 m^2 . Pretpostavljeno je da će se pre implementacije sistema trigeneracije izvršiti poboljšanje omotača zgrada, što će za posledicu imati smanjenje potrebe za grejanjem. Časovni profili potrebe za električnom energijom definisani su korišćenjem izmerenih vrednosti. Potrebe za grejanjem i hlađenjem nakon poboljšanja su procenjene pomoću energetske simulacije naselja softverom EnergyPlus [12] koristeći klimatske podatke za tipičnu meteorološku godinu. Unutrašnje temperature grejanih i hlađenih prostorija su definisane u zavisnosti od doba dana: u toku sezone grejanja temperatura je $22 \text{ }^\circ\text{C}$ između 6 i 22 h, odnosno $18 \text{ }^\circ\text{C}$ tokom noći, a u toku sezone hlađenja $26 \text{ }^\circ\text{C}$ danju i $28 \text{ }^\circ\text{C}$ noću. Rasporedi prisustva ljudi u zgradama i korišćenja energije definisani su na dnevnom i godišnjem nivou, na osnovu procene tipičnog ponašanja stanovnika urbanih naselja u Srbiji. Model analiziranog naselja je prikazan na slici 2. Procenjene godišnje potrebe za električnom energijom, grejanjem i hlađenjem za slučaj nakon mera energetske efikasnosti na strani potrošača su redom oko: 2255 MWh_e , 1409 MWh_t i 729 MWh_r . Potrebe za grejanjem i hlađenjem su ilustrovane na slici 3.



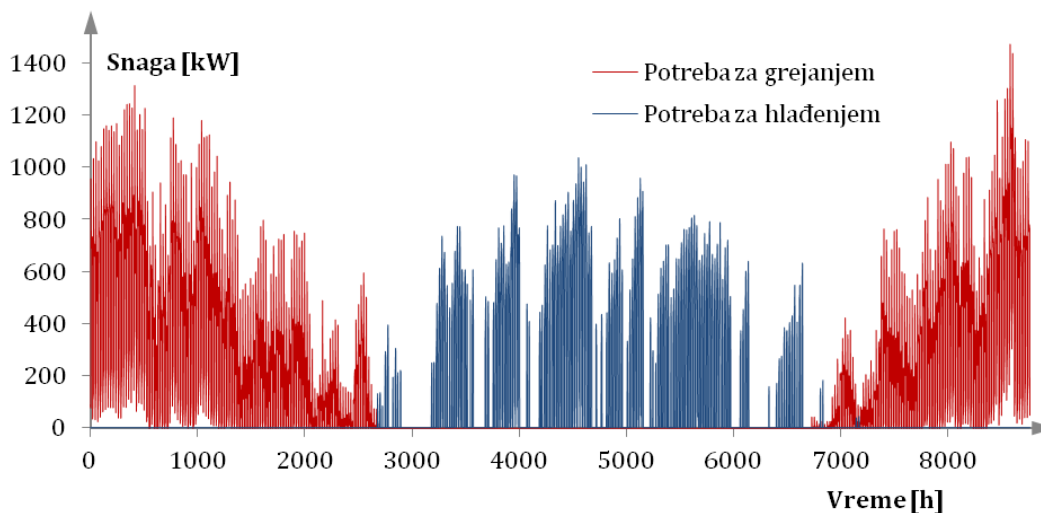
Slika 1. Šema tokova energije razmatranog postrojenja

METODOLOGIJA

Radni parametri sistema za snabdevanje energijom su određeni na osnovu pretpostavke o radu u finansijski-optimalnom režimu. Korišćena je metodologija iz rada [11], bazirana na pristupu sa pokretnim periodom optimizacije i nizu procedura kratkoročne optimizacije. Problemi mešovitog celobrojnog linearnog programiranja su rešavani metodom grananja i sečenja. Razmatrani period je jedna godina, a korišćeni vremenski korak 1 h. Komponente matematičkog modela koje se odnose na sistem za hlađenje i zadovoljenje potrebe za hlađenjem, opisane u radu [10], razmatraju se samo u letnjem i prelaznim periodima. Problem optimizacije ima 856198 ograničenja i 427224 nezavisno promenljivih veličina. Nakon dodatnog sređivanja, ostaje 807980 ograničenja i 407975 nezavisno promenljivih veličina — 133158 kontinualnih i 274817 binarnih.



Slika 2. 3-D model analiziranog naselja



Slika 3. Časovni profili potreba za grejanjem i hlađenjem za period od jedne godine

Godišnja potrošnja primarne energije, E_P , u [kWh], je određivana korišćenjem jednačine (1):

$$E_P = \sum_{i,j} \left(\varphi_e^{i,j} (W_{e,I}^{i,j} - W_{e,E}^{i,j}) + \varphi_f \left(\sum_{k=1}^{n_{CG}} Q_{f,CG,k}^{i,j} + \sum_{k=1}^{n_{CH}} Q_{f,CH,k}^{i,j} \right) \right) \quad (1)$$

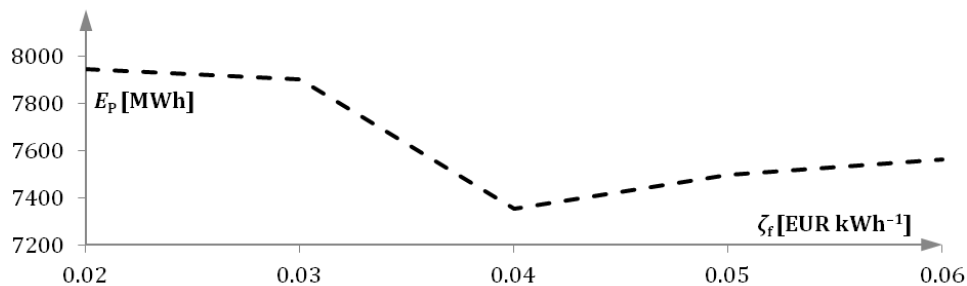
gde su φ_e i φ_f faktori konverzije električne energije i goriva u primarnu energiju, u [kWh/kWh]. Njihove vrednosti su redom 1,1 i 2,5 kWh/kWh [15].

REZULTATI I DISKUSIJA

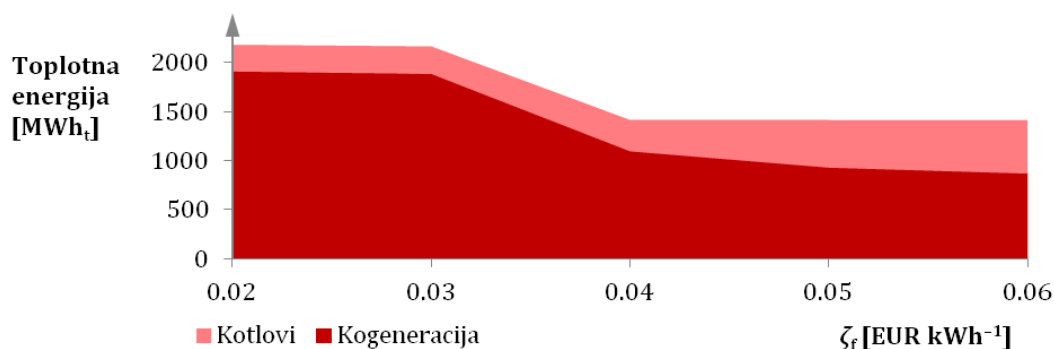
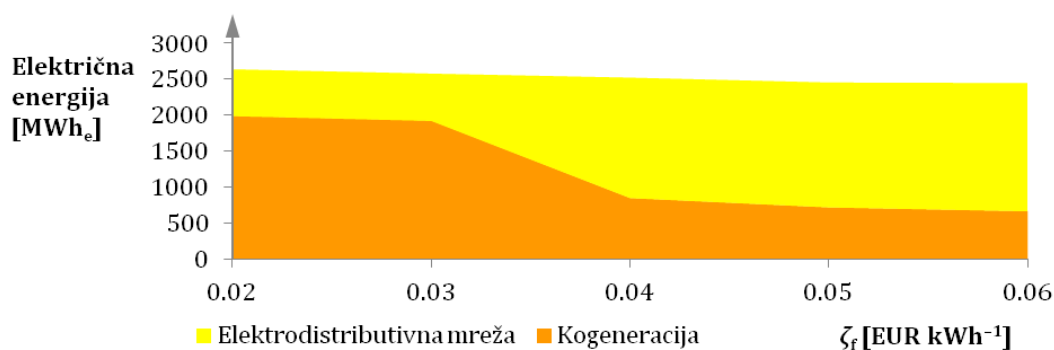
U slučaju optimizacije sa finansijskom funkcijom cilja, za zadate ulazne parametre (strukturu postrojenja, energetske potrebe korisnika, cene energenata, konverzione faktore i stanje okolnog vazduha), optimalni način rada energetskog sistema se odlikuje korišćenjem kogeneracije za proizvodnju električne i toplotne energije samo u periodima kada postoji potreba za grejanjem. Motor radi uglavnom sa maksimalnim opterećenjem, pri čemu se višak proizvedene toplotne energije, ukoliko postoji, skladišti u toplom akumulatoru. Nema proizvodnje toplotne energije koja ne može biti iskorišćena, tj. mora biti odbačena u okolinu. Proizvedeni višak električne energije se predaje elektrodistributivnoj mreži, a u slučaju da nema dovoljno energije za korisnike i sistem, koristi se mogućnost preuzimanja iz mreže. Čak i tokom najhladnijih dana, postoji određeni prekid rada motora tokom noći, kada se potrebna električna energija kupuje od distributera po niskoj ceni. Kotlovi se koriste samo tokom najhladnijeg dela godine, kada motor i topli akumulator ne mogu sami da zadovolje potrebe korisnika za grejanjem. Za hlađenje se koristi samo kompresorska mašina koja radi noću — kada su temperature vazduha niže, kao i cena električne energije — u meri u kojoj to kapacitet hladnog akumulator omogućava.

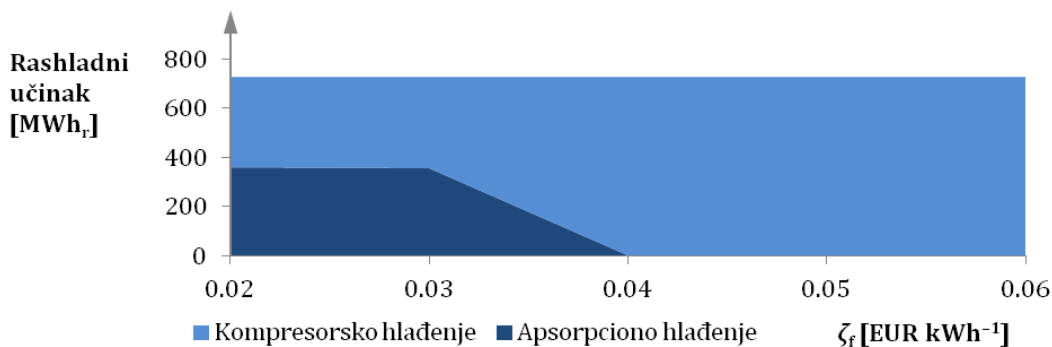
Kada je cilj minimalna potrošnja primarne energije, optimalni režimi rada i izlazni parametri su slični kao u prethodnom slučaju. Kada je cilj najmanja vrednost E_p , tokom najhladnijih dana, motor radi bez prestanka jer tada niska cena električne energije nema uticaja na radni režim, dok u slučaju finansijski optimalnog režima postoji pauza u radu od oko 3 h tokom noći. To uslovljava i nešto veću količinu električne i toplotne energije proizvedene kogeneracijom, uglavnom tokom noći u hladnijem delu godine u odnosu na finansijski optimalni radni režim. Razlika u režimima rada uzrokuje razliku u varijabilnim troškovima od oko 3 %, a u potrošnji primarne energije oko 1 %.

Potrošnja primarne energije značajno zavisi od cene goriva, tj. režima rada postrojenja, kao što je prikazano na slici 4 — sa porastom cene najpre opada, a kasnije blago raste. Sa niskim cenama prirodnog gasa, do oko 0,03 EUR/kWh, kogenerativne jedinice rade veći deo vremena, najčešće sa punom snagom proizvodeći više toplotne energije nego što je potrebno i odbacujući deo u okolinu, što se vidi na slici 5. Velika količina električne energije dobijene kogeneracijom se predaje mreži.



Slika 4. Zavisnost potrošnje primarne energije od cene goriva





Slika 5. Zavisnost električne energije preuzete iz elektrodistributivne mreže i dobijene kogeneracijom, toplotne energije dobijene u kotlovima i kogeneracijom, kao i rashladnog učinka kompresorske i apsorpcione mašine od cene goriva

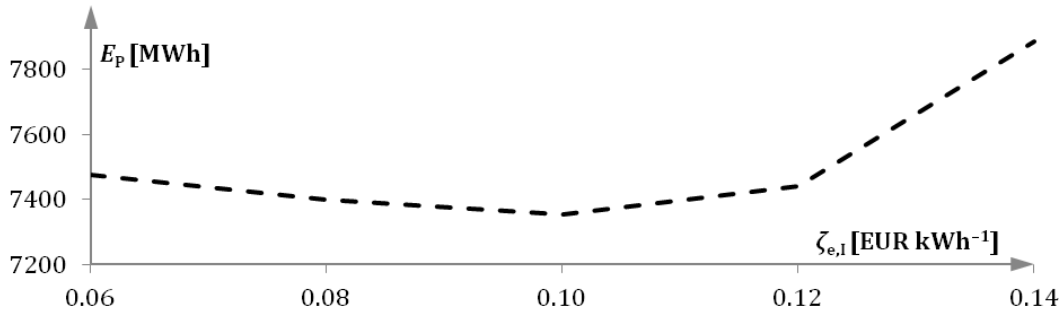
To je isplativo zbog relativno niske cene goriva u odnosu na cenu po kojoj se prodaje električna energija. Kotlovi se koriste samo u najhladnijem delu godine, kada nije moguće zadovoljiti potrebu za grejanjem motorom. Jeftin način dobijanja toplotne energije iz kogeneracije pogoduje upotrebi apsorpcionih rashladnih mašina. Takav režim rada rezultuje visokom potrošnjom primarne energije. Sa rastom cene goriva, opada vreme rada i proizvodnja energije kogenerativne jedinice. Kada je cena goriva oko 0,04 EUR/kWh, proizvodnja toplotne energije iz kogeneracije odgovara potrošnji, tj. nema odbacivanja u okolinu. Kotlovi se i dalje koriste za vršna opterećenja, ali njihova upotreba blago raste. Apsorpciono hlađenje nije isplativo, pa nema ni kogeneracije u letnjem periodu. Ovakav režim je pogodan sa aspekta potrošnje primarne energije koja je tada najmanja. Daljim porastom cene goriva naglo opada proizvodnja kogenerativne jedinice. Uglavnom motor radi onoliko koliko je dovoljno da se proizvede dovoljno električne ili toplotne energije za sopstvene potrebe sa vrlo malo viška električne i bez viška toplotne energije. Manjak električne energije se nadoknađuje iz uvoza, koji raste sa porastom cene goriva, a manjak toplotne energije iz kotlova, čija proizvodnja takođe raste sa porastom cene goriva. Noću, kada je električna energija iz mreže jeftinija, uglavnom nema kogeneracije, već se ona preuzima iz mreže. Više cene prirodnog gasa, uz nepromenjene cene električne energije, svakako ne idu u prilog kogeneraciji i negativno utiču na potrošnju primarne energije.

Promena potrošnje primarne energije sa porastom cene električne energije preuzete iz elektrodistributivne mreže nije monotona funkcija, kao ni u prethodnom slučaju, što se vidi na slici 6. Porast cene preuzete električne energije pozitivno utiče na iskorišćenost kogenerativne jedinice, a za veće vrednosti i na apsorpciono hlađenje, što je ilustrovano na slici 7. Inače, prikazana cena električne energije na slici 7 se odnosi na višu, dnevnu tarifu. Cene u nižoj, noćnoj tarifi su četiri puta manje. Povećanjem cene preuzete električne energije do oko 0,10 EUR/kWh, raste količina električne i toplotne energije dobijenih kogeneracijom, pa opadaju količina električne energije preuzete iz mreže i toplotne energije dobijene u kotlovima. Celokupna potreba za hlađenjem se zadovoljava iz kompresorskih rashladnih mašina. Za cene 0,12 EUR/kWh i više naglo raste proizvodnja električne, a time i toplotne energije kogeneracijom. Višak toplotne energije se odvodi u okolinu, što je izraženije u prelaznim i letnjem periodu. Kotlovi se koriste samo kada se potreba za grejanjem ne može zadovoljiti motorom. Udeo apsorpcionih rashladnih mašina u zadovoljenju potrebe za hlađenjem raste. Potrošnja primarne energije je relativno visoka.

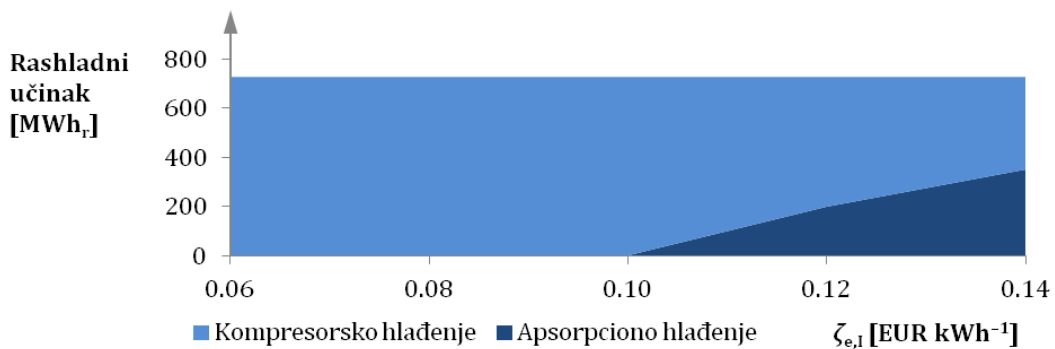
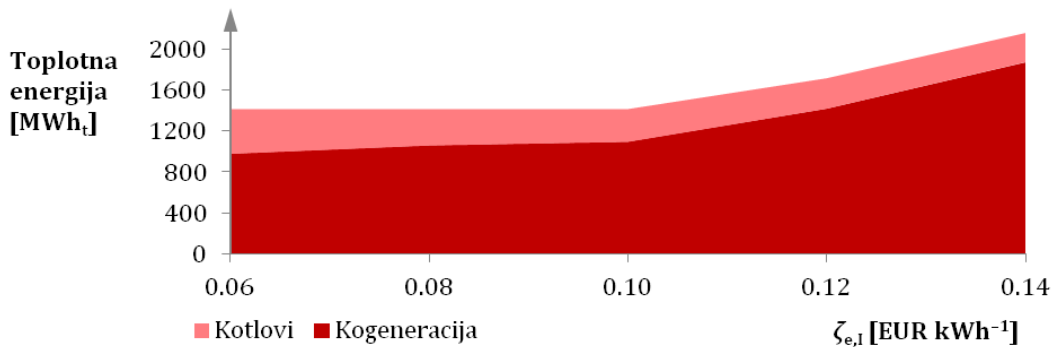
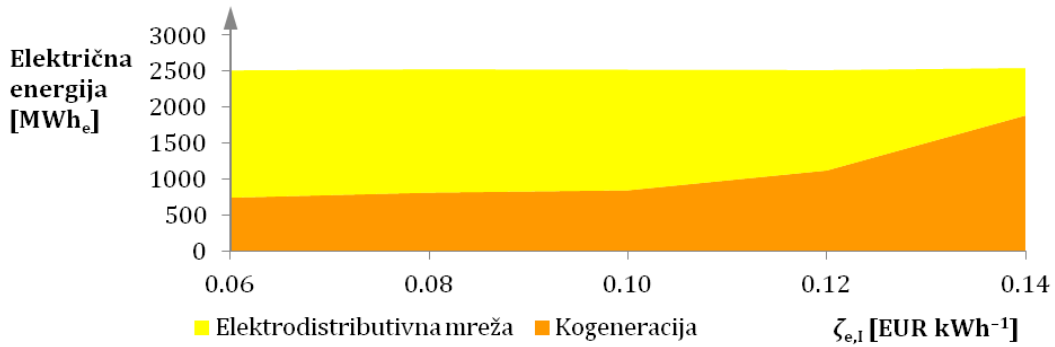
Sa porastom cene isporučene električne energije, potrošnja primarne energije najpre opada, a zatim raste, što je prikazano na slici 8, kao i u prethodna dva slučaja. U opsegu cena isporučene električne energije do 0,06 EUR/kWh nije isplativo proizvoditi električnu energiju za izvoz, pa je količina električne i toplotne energije dobijene u motoru niža, što se vidi sa slike 9. Posledica toga je intenzivnija upotreba kotlova za zadovoljenje toplotnog opterećenja. Sa cenom isporučene električne energije od 0,08 EUR/kWh postoji izvoz električne energije, a naglo se povećava sa cenom od 0,10 EUR/kWh. Motor za kogeneraciju je češće u upotrebi, za razliku od kotlova. Sa ovom cenom počinje nagli pad varijabilnih troškova i potrošnje primarne energije. U opsegu cena 0,10–0,18 EUR/kWh, postrojenje radi bez proizvodnje viška toplotne energije i upotrebe apsorpcionog hlađenja. Upotreba apsorpcionih rashladnih mašina i odbacivanje male količine viška

toplotne energije u okolinu leti postaje isplativo tek za cene 0,20 EUR/kWh i više. Posledica toga je dalje povećanje potrošnje primarne energije.

Podsticajne cene električne energije predate distributeru su jedan od najčešćih načina promocije visoko efikasne kogeneracije. Njima se značajno utiče na finansijsku prihvatljivost kogeneracije, ali suviše visoke cene mogu negativno uticati na efikasnost, tj. imati za rezultat povećanu potrošnju primarne energije.

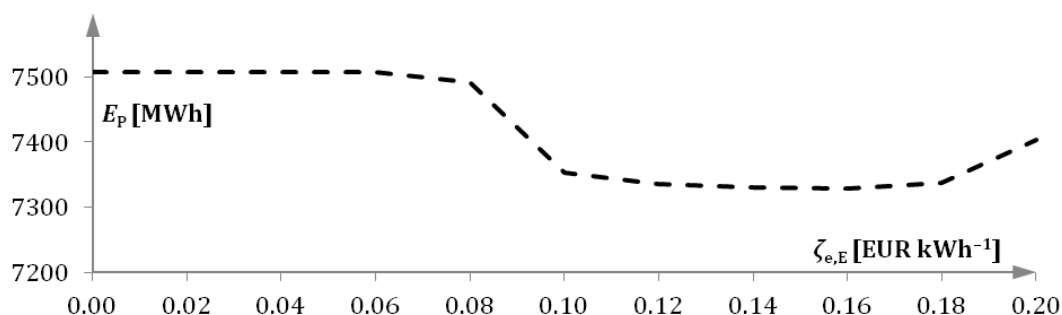


Slika 6. Zavisnost potrošnje primarne energije od cene preuzete električne energije

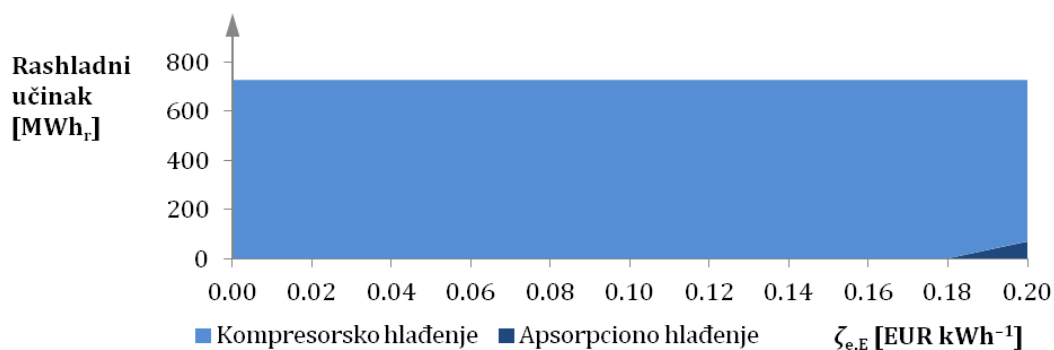
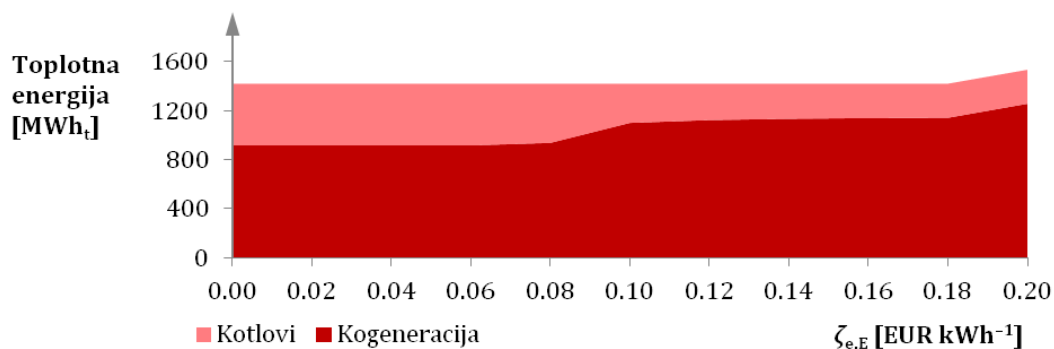
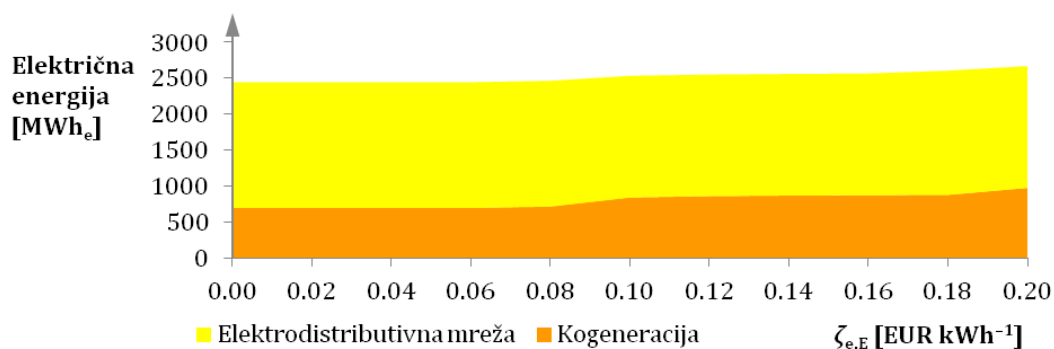


Slika 7. Zavisnost električne energije preuzete iz elektrodistributivne mreže i dobijene kogeneracijom, toplotne energije dobijene u kotlovima i kogeneracijom, kao i rashladnog učinka kompresorske i apsorpcione mašine od cene preuzete električne energije

Rezultati prikazani u ovom radu su specifični za posmatrani sistem snabdevanja energijom i potrošača, kao i za ulazne parametre: cene energenata, konverzione faktore i dr. Ipak, korišćena metodologija optimizacije i procene finansijskih i energetskih efekata je veoma opšta. Cilj ovog rada je ilustracija kompleksnosti zavisnosti potrošnje primarne energije od cena energenata, kao i skretanje pažnje na neophodnost pažljivog razmatranja mogućih režima rada prilikom procene efekata ugradnje kompleksnih energetskih postrojenja.



Slika 8. Zavisnost potrošnje primarne energije od cene isporučene električne energije



Slika 9. Zavisnost električne energije preuzete iz elektrodistributivne mreže i dobijene kogeneracijom, toplotne energije dobijene u kotlovima i kogeneracijom, kao i rashladnog učinka kompresorske i apsorpcione mašine od cene isporučene električne energije

U svemu tome optimizacija radnih parametara energetske sistema ima veoma važnu ulogu, posebno kada je neophodno predvideti finansijski optimalne režime rada ili potencijal uštede primarne energije.

ZAKLJUČCI

U ovom radu je analizirana zavisnost potrošnje primarne energije energetske sistema sa trigeneracijom i skladištenjem energije od cena energenata. Pretpostavljeno je da postrojenje radi u finansijski-optimalnom režimu, a radni parametri su određeni mešovitim celobrojnim linearnim programiranjem u okviru pristupa na bazi pokretnog perioda optimizacije.

Pokazana je značajna i veoma kompleksna zavisnost potrošnje primarne energije od cena energenata na koje se značajno može uticati energetske politikom. Ilustrovani su slučajevi u kojima cene koje ne odgovaraju kogeneraciji i trigeneraciji utiču na povećanje potrošnje primarne energije, baš kao i cene koje im previše pogoduju. Takođe je pokazana neophodnost pažljivog razmatranja režima rada kompleksnih energetske sistema u čemu optimizacija radnih parametara često ima posebno važnu ulogu.

REFERENCE

- [1] Costa A., Keane M.M., Torrens J.I., Corry E., Building operation and energy performance: Monitoring, analysis and optimisation toolkit, *Applied Energy*, Vol. 101, pp. 310–316, 2013.
- [2] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, *Official Journal of the European Union*, Vol. 55, L 315, pp. 1–56, 2012.
- [3] Howard B., Saba A., Gerrard M., Modi V., Combined heat and power's potential to meet New York City's sustainability goals, *Energy Policy*, Vol. 65, pp. 444–454, 2014.
- [4] Fazlollahi S., Becker G., Maréchal F., Multi-objectives, multi-period optimization of district energy systems: II—Daily thermal storage, *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 71, Pages 648–662, 2014.
- [5] Verda V., Colella, F., Primary energy savings through thermal storage in district heating networks, *Energy*, Vol. 36, No. 7, pp. 4278–4286, 2011.
- [6] Oh S.D. et al., Optimal planning and economic evaluation of cogeneration system, *Energy*, Vol. 32, No. 5, pp. 760–771, 2007.
- [7] Orlando J.A., Cogeneration design guide, ASHRAE, 1996.
- [8] Gvozdenac D.D. et al., Industrial gas turbine operation procedure improvement, *Thermal Science*, Vol. 15, No. 1, pp. 17–28, 2011.
- [9] Polyzakis A.L. et al., Long-term optimisation case studies for combined heat and power system, *Thermal Science*, Vol. 13, No. 4, pp. 49–60, 2009.
- [10] Stojiljković M.M., Stojiljković M.M., Blagojević B.D., Multi-Objective Combinatorial Optimization of Trigeneration Plants Based on Metaheuristics, Vol. 7, No. 12, pp. 8554–8581, 2014.
- [11] Stojiljković M.M., Ignjatović M.G., Vučković, G.D., Greenhouse gases emission assessment in residential sector through buildings simulations and operation optimization, *Energy*, In Press, Corrected Proof.
- [12] EnergyPlus Energy Simulation Software, Available at: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> [Accessed 18.08.2015]
- [13] Uredba o uslovima i postupku sticanja statusa povlašćenog proizvođača električne energije, *Službeni glasnik Republike Srbije*, br. 8/2013.
- [14] Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije, *Službeni glasnik Republike Srbije*, br. 8/2013.
- [15] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada, *Službeni glasnik Republike Srbije*, br. 61/2011.

MOGUĆI NAČINI SUŠENJA LIGNITA

POTENTIAL WAYS OF LIGNITE DRYING

Damir ĐAKOVIĆ, Vojin GRKOVIĆ, Momčilo SPASOJEVIĆ
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia
e-mail: djakovic@uns.ac.rs

Abstract: Lignite drying is an important issue, particularly knowing that there is 97% of lignite in total geological coal potentials in Serbia. The high moisture content of lignite increases the costs of transportation and storage and also decreases thermal efficiency during energy transformation of this fuel.

In this paper, the range of currently known ways for lignite and low rank coals is shown. This overview includes not only traditionally used ways of drying in power plants, but also those at the level of pilot plants and those with current possibilities I known only at the theoretical level. An overview of current and possible ways of lignite drying in Serbia according to logistic parameters, needed investments, maintenance and operating costs, as well as lignite properties' change during lignite drying and some other parameters is also given.

Key words: *Drying; Lignite*

Apstrakt: Sušenje lignita je važno pitanje, naročito ako se zna da je udeo lignita u geološkim rezervama uglja Srbije 97%. Visoka vlažnost lignita povećava troškove transporta i skladištenja i smanjuje termičku efikasnost pri energetskim transformacijama ovog goriva.

U radu je prikazan čitav niz trenutno poznatih načina za sušenje lignita i niskokaloričnih ugljeva. Prikaz mogućih načina obuhvata, kako one tradicionalno korišćene u termoelektranama, tako i one koji su još na nivou ispitivanja u pilot postrojenjima i one čije mogućnosti za upotrebu su još uvek poznate samo na teorijskom nivou. Takođe je dat i pregled postojećih i mogućih načina sušenja lignita u Srbiji u odnosu na logističke parametre, potrebne investicije, troškove održavanja i funkcionisanja ovih postrojenja, kao i promene svojstava lignita tokom sušenja, kao i nekih drugih parametara.

Ključne reči: *sušenje, lignit*

UVOD

Sušenje uglja, a naročito lignita je važno zbog više razloga. Pre svega, vlažnost je jedan od osnovnih indikatora kvaliteta uglja. Osim toga, visoka vlažnost direktno utiče na troškove transporta i skladištenja. Ukoliko se analiza ugljeva ograniči samo na tzv. „niskokalorične ugljeve“, odnosno na lignit, koga u Srbiji ima 97% u odnosu na ukupan geološki potencijal uglja, onda postaje još očigledniji njegov značaj. U Centralnoj Srbiji ima oko 4 milijarde tona geoloških rezervi lignita uključujući oko 275 miliona tona geoloških rezervi lignita na području Vojvodine. Rezerve lignita su i u svetu velike, te postoji interes da se intenzivira izučavanje i rešavanje ovog problema različitim prilazima.

U ovom radu je analiziran proces sušenja, koji se koristi za uklanjanje tzv. „balasta“ iz sirovih ugljeva (vlaga i pepeo) [1].

MOGUĆNOSTI POBOLJŠAVANJA KVALITETA NISKOKALORIČNIH UGLJEVA

Tehnike poboljšavanja niskokaloričnih ugljeva, koje se zasnivaju na poboljšavanju njihovog učinka (bez obzira o kojoj oblasti primene se govori) su različite, ali se suštinski sve zasnivaju na uklanjanju suviše vlage i neželjenih neorganskih i organskih supstancija u uglju [1], [2].

Osnovne tehnike su [2]: sušenje; briketiranje; mešanje ugljeva različitih kvaliteta; čišćenje, odnosno uklanjanje mineralnih supstancija i hemijsko poboljšavanje, a u poslednje vreme je počela i primena nanotehnologija.

Neke od tehnologija koje se primenjuju za poboljšavanje kvaliteta uglja su npr. australijski BCB (eng. *Binderless Coal Briquetting*) sa fleš sušarom, japanski UBC (eng. *Upgrading Brown Coal*) sistem sa evaporativnim sušenjem materijala uronjenog u vrelo ulje i nemački metod sušenja u parnom fluidizovanom sloju WTA (nem. *Wirbelschicht-Trocknung mit interner Abwärmenutzung*) [3].

Kod BCB procesa, izmrvljeni ugalj se ubacuje u kolonu za sušenje gde dolazi u direktan kontakt sa vrelim gasovima iz ložišta, pri čemu se izvlači voda iz uglja. Osušeni ugalj se briketira bez veziva.

UBC proces obuhvata drobljenje niskokaloričnog uglja, rasipanje izdrobljenog uglja u lakim naftnim derivatima koji sadrže i tešku naftu kao što je asfalt i uklanjanje vlage u disperziji na temperaturama između 130 i 160°C i pod pritiskom od 400 do 450 kPa.

Nanotehnologije se koriste za uklanjanje površinske vlage sa sitnog uglja koja može da ima i do trećine ukupne vlage u uglju. Na ovaj način je moguće smanjiti vlažnost sa preko 30% površinske vlage (skoro 32%) do jednocifrenih vrednosti (malo preko 8%).

Nanotehnologije korišćene za ove svrhe predstavljaju neku vrstu molekularnih sita koja se koriste za izvlačenje vlage. Ona sadrže pore preciznih i ujednačenih dimenzija (od 3 do 10 angstroma, $3-10 \cdot 10^{-10}$ m) [4].

Cena po kojoj se ugljevi, uključujući i lignit prodaju, zavisi od toplotne moći goriva, koja je opet zavisna od vlažnosti. Niža vlažnost smanjuje cenu transporta, smanjuje zahteve za odlaganjem pepela i smanjuje emisije iz termoelektrane. Prema postojećim podacima o kolubarskom lignitu [1] donja toplotna moć dobijena eksperimentalnim putem za lignit vlažnosti 47,05% je 6700 kJ/kg, dok se primenom formula za računanje (VDI) dobijaju se vrednosti koje se razlikuju za oko 4%.

Niskokalorični ugljevi, osim za sagorevanje, mogu da se koriste i za pirolizu, gasifikaciju i druge procese. Sušenje se primenjuje i za briketiranje, koksovanje, gasifikaciju, sintetisanje tečnog goriva itd.

Po nekim procenama 45% ukupnih svetskih rezervi uglja čini lignit.

Prilikom sagorevanja nesušenih ugljeva u kotlovskim postrojenjima, oko 7-10% ulaznog goriva se koristi za isparavanje vlage [5], što osim što dovodi do povećane potrošnje goriva i većeg protoka dimnih gasova, dovodi do snižavanja efikasnosti termoelektrane i viših troškova održavanja. Tokom zimskih uslova, zbog smrzavanja, otežana je manipulacija vlažnim ugljem u slučaju upotrebe šinskog transporta.

U slučaju sušenja na mestu iskopa lignita, kako bi se smanjili troškovi transporta, veoma je važno znati sorpcione karakteristike uglja. One mogu da se razlikuju i ukoliko nije obezbeđeno odgovarajuće skladištenje ovako osušenog uglja, on će ponovo vezati oslobođenu vlagu do nivoa ravnotežne vlage na odgovarajućoj temperaturi i vlažnosti vazduha u roku od nekoliko dana.

Po definiciji, sušenje uglja je uklanjanje vlage dovođenjem/odvođenjem toplote uz njeno isparavanje. Za uklanjanje vlage, osim sušenja u najužem značenju, koriste se i još neke procesne operacije kod kojih toplota nije uključena. Neke od njih će biti pomenute, ali osnovna ideja rada je kritički prikaz različitih načina sušenja ugljeva, a naročito lignita.

Sušenje uglja može da se izvodi u različitim tipovima sušara:

- dobošastim,
- pneumatskim,
- sušarama sa fluidizovanim slojem,
- mlinskim ventilatorima,
- pri pulsnom sagorevanju,
- vakuumsko sušenje,
- mikrotalasno i
- sušenje pregrejanom parom

Neki od problema koji se pominju pri sušenju lignita su ponovno vlaženje ukoliko se pravilno ne uskladište ili ako se ne koriste odmah nakon sušenja, nastanak prašine (čak 10-20% više finih čestica prašine tokom sušenja, što dovodi do bržeg vezivanja vlage zbog veće površine) i spontanog sagorevanja [6], kao i nepogodnost tzv. testerastog dijagrama odvajanja pare na opremu u postrojenju [7].

Ako se sušenje odvija na mestima rudnih nalazišta kako bi se smanjili troškovi transporta, pitanja ponovnog vlaženja tokom skladištenja i za vreme transporta postaju veoma važna.

Problem spontanog sagorevanja ovog tipa ugljeva nastaje kao posledica samozagrevanja zbog reaktivne prirode niskokaloričnih ugljeva. Vlaženje lignita tokom skladištenja dovodi do egzotermne reakcije, a verovatnoća raste za osušene ugljeve i za one sa malim dimenzijama, kao i usled pojave površinskih fenomena.

Sve navedeno ukazuje na potrebu sušenja lignita čak i u slučaju da se njegovo sušenje ne koristi za primenu u velikim termoelektranskim sistemima što je kod nas slučaj zbog relativno malih rastojanja (par desetina kilometara od kopova do npr. TENT-a), zbog čega je smanjen prostor za uštedu u transportnim troškovima. Takođe, potrebe termoelektrana od oko 30 miliona tona na godišnjem nivou dovode u pitanje mogućnost izgradnje tolikog broja sušara i odgovarajućih skladišta za smeštaj osušenog lignita za potrebe transformacija u električnu energiju.

PREDNOSTI I PROBLEMI

U Katalambua i Gupta [2] se, osim ostalih metoda poboljšavanja kvaliteta ugljeva, sušenje ugljeva klasifikuje na sledeći način:

evaporativno sušenje - tehnike sušenja u kojima se vlaga transformiše u gasnu fazu, pri čemu dolazi do isparavanja međucelijske vode u toku pregrejane pare koja suprotnosmerno prelazi preko zaptivenog dobošastog cilindričnog suda. Para koja se otpušta iz suda je delimično kondenzovana kako bi uklonila količinu vode koja je suštinski jednaka količini vode koja se uklanja iz uglja. Pri tome se preostala para ponovo zagreva i vraća u cilindrični sud za dalje sušenje uglja.

U tehnike koje se koriste pri evaporativnom sušenju, svrstavaju se sušenje parom i sušenje parom u fluidizovanom sloju (eng. *steam fluidized bed drying-SFBD*).

Sušenje parom je, osim što smanjuje rizike od požara i eksplozija, tehnika koja povećava termičku efikasnost. Na ovaj način sušeni ugljevi, po nekim izvorima [8] su manje podložni spontanom sagorevanju zbog smanjene reaktivnosti u odnosu na kiseonik u atmosferi.

Postrojenje koje radi po SFBD principu sušenja od 150 000 t/godišnje (u odnosu na godišnje potrebe u srpskim elektranama od 30000000t, bilo bi potrebno čak 200 sušara ovog kapaciteta!) osušenog uglja postoji u Loy Yang-u. U njemu se osušena ugljena prašina pneumatskim putem doprema na rastojanju od preko 3 km do Loy Yang B termoelektrane gde se koristi za paljenje i kao pomoćno gorivo. Najveći problem, bez obzira na tehničke prednosti, je visoka cena.

RWE je poboljšala ovu tehniku sušenja u pravcu razvoja demonstracionih postrojenja baziranih na tehnici sušenja finijih zrna, pri čemu su pokazali značajno smanjivanje kapitalnih i operativnih troškova. Verzija sa česticama od oko 2 mm veličine je primenjena u Nemačkoj i Australiji. Specifičan primer je RWE-sušenje u fluidizovanom sloju, tzv. WTA koji se primenjuje za sušenje pre sagorevanja lignita. Veliko pilot postrojenje je pušteno u rad u Niederaussem K u Nemačkoj.

Zbog visokih temperatura dolazi do gubitka volatilnih supstancija tokom sušenja, što opet snižava toplotnu moć. Taj problem se može rešiti upotrebom zagrejanog vazduha na nižim temperaturama ili vakuuma i indirektnog sušenja, ali u tom slučaju dolazi do smanjivanja brzine sušenja.

Pitanja sigurnosti u radu su, naravno, važna prilikom sušenja na visokim temperaturama.

U slučaju upotrebe pregrejane pare smanjuje se mogućnost samopaljenja zbog odsustva kiseonika, ali nedostatak upotrebe ovih procesa su povećani troškovi zbog složene konstrukcije i troškova rada.

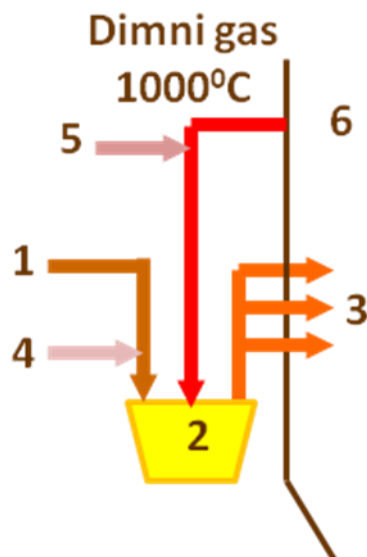
Sušenje u mlinovima

Ovaj postupak je poznat od tridesetih godina prošlog veka, a kod nas je u upotrebi od pedesetih godina i u termoenergetskim postrojenjima se primenjuje upravo ovaj postupak. Postoji više različitih tipova mlinova. U slučaju sušenja u ventilatorskim mlinovima, koji se najčešće kod nas primenjuju, potrebno je voditi računa da se agensom koji se koristi za sušenje i transport omogući besprekoran pneumatski transport ugljenog praha od mlina do gorionika, kao i da se obezbedi usisavanje recirkulisanih produkata sagorevanja sa kraja ložišta [9]. Važan aspekt rada je i sprečavanje eksplozije u mlinskom traktu, što se ostvaruje ukoliko se u aerosmeši zapreminski udeo kiseonika u suvim dimnim gasovima zadrži ispod 15% na temperaturi smeše do 190 °C, kao i obezbeđivanje konstantne temperature aerosmeše na izlazu iz mlina, odnosno separatora ugljenog praha u radnom području i obezbeđivanje dovoljno sekundarnog vazduha u radnom opsegu mlina.

Na povećanje energetske efikasnosti je moguće uticati smanjivanjem protoka agensa sušenja. Istovremeno na ovaj način se i adijabatska temperatura ložišta minimalno smanjuje. Ne sme se ići ispod minimuma koji je ograničen mogućnošću nesmetanog pneumatskog transporta. U slučaju mlevenja niskokaloričnih ugljeva, npr. lignita visoke vlažnosti, koncentracija ugljenog praha ne bi trebalo da je veća od 0,3 kg po 1 kg transportnog agensa. Za sušenje se koriste produkti sagorevanja koji se recirkulišu iz ložišta.

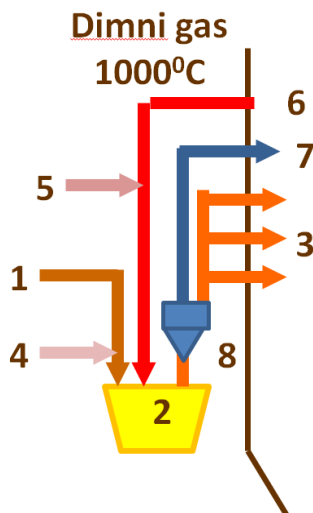
Grković i Jovanović su u svojoj knjizi [1] prikazali nekoliko rešenja sistema loženja sa mlinskim sušenjem goriva. Ta rešenja su prikazana na Slikama 1-3.

Najjednostavnije je kad se otparak, tj. produkt sušenja uglja u mlinu ubacuje u ložište kroz zajednički gorionik s aerosmešom (Slika 1).

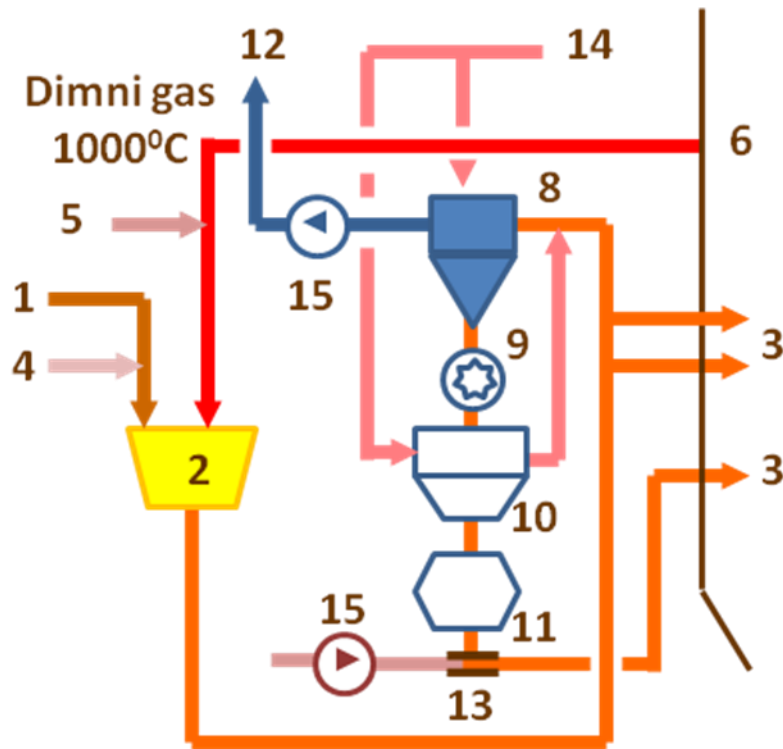


Slika 1. Ubacivanje otparka u ložište: 1-sirovi uglj, 2-mlin, 3-gorionik spraašenog uglja, 4-hladan vazduh, 5-vreo vazduh, 6-dimni gas [1]

Na Slici 2 je prikazana varijanta kad se otparak izdvaja iz aerosmeše i ubacuje kroz zaseban gorionik koji je postavljen iznad baterije gorionika za aerosmešu. U ovom slučaju rešenje je složenije, ali su rezultati bolji za ugljeve sa većim sadržajem balasta (vlage i pepela) i njihovim najvećim odnosom.



Slika 2. Ubacivanje otparka u ložište kroz zaseban gorionik: 1-sirovi uglj, 2-mlin, 3-gorionik spraašenog uglja, 4-hladan vazduh, 5-vreo vazduh, 6-dimni gas, 7-gorionik otparka, 8-odvajaač (separator) [1]



Slika 3. Rešenje sa izbacivanjem otparka u atmosferu: 1-sirovi uglj, 2-mlin, 3-gorionik spraašenog uglja, 4-hladan vazduh, 5-vreli gasovi, 6-dimni gasovi, 8-odvajaač (separato), 9-lopaticno kolo, 10-međubunker, 11-dodavaač, 12-otparak, 13-ejktor za potiskivanje, 14-hladan gas, 15-vreo gas [1]

Na Slici 3. je prikazano rešenje sa izdvajanjem otparka iz aerosmeše, ali bez ubacivanja u gorionik, već u atmosferu. U ovom slučaju je primenjena i recirkulacija hladnog gasa odsisanog ispred dimnjaka zbog regulisanja temperature aerosmeše. Ovo rešenje je još složenije od prethodnog, ali daje bolje rezultate pri sagorevanju ugljeva sa najvećim sadržajem vlage, kao i najvećim odnosom vlage i pepela.

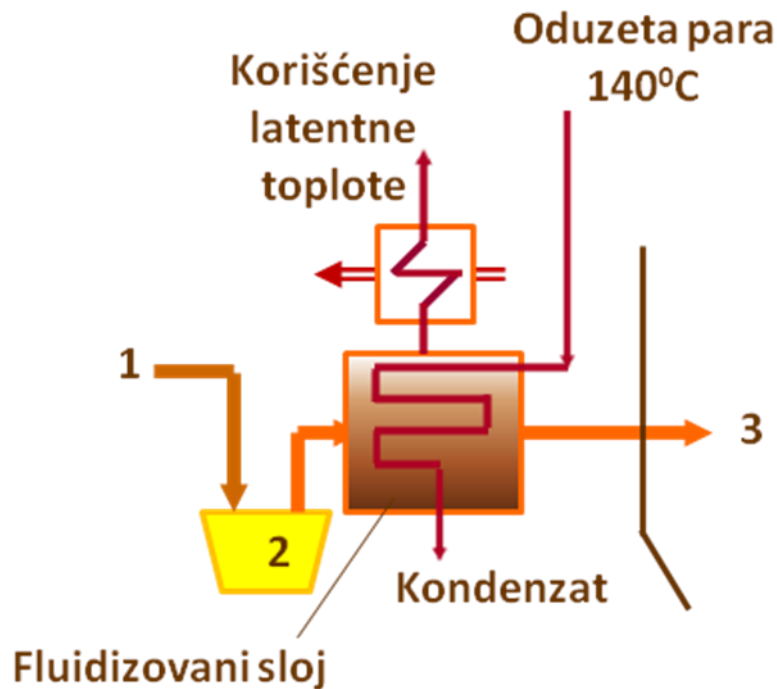
Fleissner-ov postupak sušenja

Jedan od najstarijih procesa koji se još uvek primenjuju je tzv. *Fleissner*-ov postupak sušenja. Ovaj način sušenja je u značajnoj meri prisutan i u našim postrojenjima (npr. u Vreocima).

Fleissner-ov postupak sušenja uglja se obavlja u autoklavima u periodičnom procesu. Medijum za sušenje je vodena para odgovarajućeg pritiska i temperature. Problem je što, usled grupnog i međusobno sinhronizovanog rada autoklava [7] zbog uvođenja pare u određenom trenutku procesa, njena potrošnja neravnomerna i periodično varira po tzv. "testerastom" dijagramu.

Fluidizovani sloj

Shematski prikaz sušenja u fluidizovanom sloju je prikazan na Slici 4.



Slika 4. Shematski prikaz sušenja u fluidizovanom sloju [1]

WTA proces sušenja se izvodi u inertnoj atmosferi čime je obezbeđen visok nivo bezbednosti, što je naročito važno u slučaju zapaljivih ili potencijalno eksplozivnih nasutih materijala [3].

Jangam i dr. [10] su u svom radu dali pregled različitih tipova sušenja sa nekim od prednosti i ograničenja.

Za sušenje u fluidizovanom sloju od prednosti sigurno treba istaći intenzivno sušenje zbog dobrog prenosa toplote i mase, dok su nedostaci visoki pad pritiska, i sitnjenje. Sušenje u fontanskom sloju se odlikuje dobrim brzinama prenosa toplote i mase, ali ograničenje predstavlja veličina čestica i pitanje dimenzionisanja.

Za sušenje u vibrirajućem sloju se kao prednost može navesti mala potrebna brzina za fluidizaciju, a problemi su konstruktivne prirode i odnose se na pokretne delove.

Kod pneumatskih sušara, jednostavnost konstrukcije je prednost, dok je trenje mana.

Dobošaste sušare odlikuje sušenje celom dužinom sušare, unutrašnje zagrevanje preko zmijske cevi, dimni gasovi sa niskim nivoom kiseonika u svojstvu agensa sušenja kako bi se eliminisao rizik od požara. Primena je ograničena visokim troškovima održavanja.

Rotacione cevaste sušare kao prednost imaju indirektno zagrevanje, ne postoji rizik od požara i dobra efikasnost, dok su nedostatak visoke kapitalne investicije.

Upotreba pregrejane pare u različitim tipovima sušara je dobra zbog povećane energetske efikasnosti i nepostojanja opasnosti od požara ili eksplozija. Ono što je povezano s tim je pogodnost upotrebe za kontinualne operacije visokog kapaciteta, a potencijal energetskog izlaza može da se koristi negde drugde u postrojenju.

Sušara sa horizontalnim slojem sa mešanjem i indirektnim zagrevanjem preko osovine i omotača ima i potrebe za veoma malim brzinama agensa sušenja. Ograničenja su visoki troškovi održavanja i energetska zahtevi.

Trakaste sušare imaju kompaktne i jednostavne konstruktivne izvedbe, a sušenje se odvija na nižim temperaturama. Ograničenog su kapaciteta i velikog ekološkog otiska.

U slučaju sušenja pulsним sagorevanjem, prednosti su kratko vreme sušenja, visoka efikasnost sušenja, a u pitanju je i ekološki „prijateljski“ proces. Od ograničenja treba istaći buku, kao i rizik od požara.

Interesantno je pogledati vremena sušenja niskokaloričnih ugljeva ostvarena u različitim tipovima sušara.

Vreme sušenja za niskokalorične ugljeve se razlikuje. Pri sušenju u pećnici od 55% do 0% na temperaturi 150 °C vreme sušenja je bilo 100 min [6].

Pri sušenju uzorka vlažnog materijala brzinom $23 \pm 1,5$ cm/s u fluidizovanom sloju od 59% do 5% na 80 °C, vreme sušenja je 10 min [11], dok je vreme sušenja uzorka mase 2,5 kg od 26% do 3% na 60 °C, brzinom 1,25 m/s bilo 30 min.

U slučaju sušenja u CFB-cirkulišući fluidizovani sloj od 34% do 5% na 150 °C brzinom od 2 m/s vreme sušenja je 47 min [3].

U slučaju sušenja u nepokretnom sloju od 34% do 15% na 150 °C vreme sušenja je 50 min [12].

Za mikrotalasno sušenje uzorka od 30 g od 33% do 4% snagom 765 W vreme sušenja je 10 min [13], dok je kod dobošastih sušara pri sušenju vlažnog materijala od 3,3 kg/s od ulazne vlažnosti 20% do 1% na temperaturi 200 °C i protokom aerosmeše od 8m³/h vreme boravka u sušari 54 min [14].

Ove rezultate treba uzeti s rezervom zbog nekoliko razloga: male mase uzorka i mogućih problema sa dimenzionisanjem koji mogu biti različito izraženi za različite tipove sušara.

Troškovi potencijalnog sušenja na mestu iskopa uglja su veći od ušteda za neke od tehnologija zbog troškova goriva za proizvodnju toplote i električne energije za sušenje uglja, kao i troškova održavanja postrojenja za sušenje na mestu iskopa, kao i nerealno visokih očekivanja kompanija. Iz tog razloga se sušenje na mestu iskopa koristi za lignite koji će se koristiti za industrijske potrebe, dok se sušenje ugljeva iz kojih će se nizom energetskih transformacija stići do električne energije još neko vreme neće primenjivati kod nas.

Neki od procesa za sušenje niskokaloričnih ugljeva dovode do toga da osušeni ugalj postaje manje tržišno interesantan, pošto se osušeni ugalj lakše krumi, povećavajući udeo fine prašine, a tu je i potencijal za ponovno ovlaživanje koje može da dovede do gubljenja smisla sušenja (ako se nakon toga ne skladišti na odgovarajući način), kao i do većeg rizika od spontanog sagorevanja.

Kotlovi se projektuju za odgovarajući kvalitet uglja. Stoga naknadno dodavanje sušara, odnosno promena kvaliteta uglja ne bi imala smisla. Takođe, neki od postojećih načina sušenja još uvek nisu "odobreni" od strane proizvođača uglja.

Vizuelno interesantan prikaz različitih dimenzija ložišta dat je u [1]. Veličina ložišta, odnosno veličina celog trakta gorivo-dimni gasovi veoma zavise od kvaliteta goriva. Ložište za lignit sa visokim sadržajem vlage ima čak 2,4 puta veću zapreminu od kotla u kome se sagoreva visokokvalitetni bituminozni ugalj [1].

Savremeni razvoj potreba u ovoj oblasti u pogledu energetske efikasnosti, kao i ekonomskih razloga uslovljava istraživanja u ovom pravcu.

Kao posledica razvoja procesa sušenja niskokaloričnih ugljeva, može doći i do ubrzavanja razvoja kotlovskih postrojenja koja će se pogoniti osušanim niskokaloričnim ugljevima za industrijske potrebe.

ZAKLJUČAK

U Srbiji postoje veliki sistemi u kojima se sagoreva lignit. Najveći je svakako ogranak Elektroprivrede Srbije „Termoelektrane Nikola Tesla“ koji je najveći proizvođač električne energije u Jugoistočnoj Evropi sa svojih 14 blokova i ukupno instalisanom snagom od 3288 MW, što predstavlja trećinu instalisanih kapaciteta EPS-a. Tu se godišnje proizvede 50% električne energije u Srbiji [15]. Najveći iskop lignita u jednoj godini u Kolubarskim rudnicima je ostvaren 2011. i iznosio je 31 milion tona.

Na osnovu ovih brojki sigurno je da postoji potencijal i potreba za sušenje lignita [15]. Odluka da li da se postrojenje za sušenje gradi na lokaciji iskopavanja uglja ili na lokaciji gde će se lignit i sagorevati zavisi prvenstveno od toga da li je u pitanju termoelektrana ili neka druga industrijska potreba. U slučaju termoelektrana, verovatno je da još neko vreme neće biti moguće primeniti tipove sušenja izvan granica lokacije termoelektrane iz gore nabrojanih razloga koji obuhvataju i logističke troškove, i promenu svojstava uglja, ponovno ovlaživanje, kao i mogućnost sagorevanja uglja samo u za njih odgovarajuće projektovanim kotlovskim postrojenjima.

Za neke procese sušenja jednostavno „još nije došlo vreme“, što zbog neprihvatanja vrste procesa sušenja, zbog visokih investicionih ili troškova održavanja, nepoznavanja procesa, malog kapaciteta postrojenja za sušenje ili nečeg drugog. Bez pravljenja konkretnih analiza na posmatranoj lokaciji uz uzimanje u obzir nekoliko različitih varijanti procesa sušenja, ne bi trebalo donositi odluku o prihvatanju nekog od navedenih procesa sušenja lignita. Autori su mišljenja, s obzirom na svetske trendove u ovoj oblasti u poslednjoj deceniji, da će vrlo brzo i

kod nas doći do izgradnje nekog novog ili bar rekonstrukcije starog procesa (ili nekog njegovog dela) sušenja lignita.

LITERATURA

- [1] V. Grković, A. Jovanović, **Termoenergetska postrojenja I –procesi i postrojenja**, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*, 2010.
- [2] H. Katalambula, R. Gupta, **Low-Grade Coals: A Review of Some Prospective Upgrading Technologies**, *Energy & Fuels*, 2009, 23, 3392-3405
- [3] J. H. Park, C-H. Lee, Y. Ch. Park, D. Shun, D.-H. Bae, J. Park, **Drying Efficiency of Indonesian Lignite in a Batch-Circulating Fluidized Bed Dryer**, *Drying Technology*, 2014, 32, 268-278
- [4] R. Bratton, Z. Ali, G. Luttrell, R. Bland, B. McDaniel, **Nano Drying Technology-A new approach for fine coal dewatering**, *Coal Age*, 2012, 50-52
- [5] M. Karthikeyan, W. Zhongula, A. S. Mujumdar, **Low-Rank Coal Drying Technologies-Current Status and New Developments**, *Drying Technology*, 2009, 27, 403-415
- [6] M. Karthikeyan, J. V. M. Kuma, C. S. Hoe, D. L. Y. Ngo, **Factors Affecting Quality of Dried Low-Rank Coals**, *Drying Technology*, 2007, 25, 1601-1611
- [7] D. Simonović, V. Grković, **Mogućnosti oduzimanja pare iz turbine 350 MW radi sušenja uglja po Fleisner postupku**, *VIII jugoslovenski simpozijum termičara YU TERM 90, 8-11. maj 1990, Neum*, 689-696
- [8] Z. Chen, W. Wu, P.K. Agarwal, **Steam-drying of coal. Part 1. Modeling the behavior of a single particle**, *Fuel*, 2000, 79, 961-973
- [9] M. Gulič, **Proračun ventilatorskih mlinova**, *Minel kotlogradnja*, Beograd, 1982.
- [10] S. V. Jangam, M. Karthikeyan, A. S. Mujumdar, **A Critical Assessment of Industrial Coal Drying Technologies: Role of Energy, Emissions, Risk and Sustainability**, *Drying Technology*, 2011, 29, 395-407
- [11] H. S. Kim, Y. Matsushita, M. Oomori, T. Harada, J. Miyawaki, S. H. Yoon, I. Mochida, **Fluidized bed drying of Loy Yang brown coal with variation of temperature, relative humidity, fluidization velocity and formulation of its drying rate**, *Fuel*, 2013, 105, 415-424
- [12] T. J. Kang, H. Namkung, L. H. Xu, S. Lee, S. Kim, H. B. Kwon, H. S. Kim, **The drying kinetics of Indonesian low rank coal (IBC) using a lab scale fixed-bed reactor and thermobalance to apply catalytic gasification process**, *Renewable Energy*, 2013, 54, 138-143
- [13] A. Tahmasebi, J. Yu, A. Han, X. Li, **A study of chemical structure changes of Chinese lignite during fluidized-bed drying on nitrogen and air**, *Fuel Processing Technology*, 2012, 101, 85-93
- [14] Y. M. Zeki, A. Ehsan, **3E analysis of a solar assisted rotary type coal dryer**, *International Journal of Renewable Energy Research*, 2012, 2, 16-22
- [15] <http://www.tent.rs/> (pristup 20.09.2015.)

UTICAJ CENTRALNE I LOKALNE REGULACIJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA NA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH PERFORMANSI ZGRADA

ASSESSMENT OF THE CENTRAL AND LOCAL CONTROL SYSTEMS IMPLEMENTATION IMPACT ON IMPROVING OF THE BUILDINGS' ENERGY PERFORMANCES IN DISTRICT HEATING SYSTEMS

Davor ANDRAŠIĆ,

*JKP Subotička toplana, Subotica, Vojvodina, Srbija
Public Utility Company "Subotička Toplana", Subotica, Serbia
email: andrasic@gmail.com*

Abstract: Based on the measured amount of thermal energy for six buildings connected to the district heating system, with different levels of regulation, comparative analysis has been performed in order to determine the potential of increasing of the energy performances of buildings. The analysis has been performed based on the specific heat consumption data in correlation with the meteorological data. The paper presents a significant potential for energy savings in buildings, in a range between 10% in central automated buildings and more than 30% in local automated ones. Extrapolation of the results indicates on the set of measures need to be implemented in order to raise the energy performances of the entire DH system, and also indicates on releasing of the hidden production capacity

Key words: district heating system; thermal substation; central regulation; local regulation; specific heat consumption; energy saving; energy class

Apstakt: Na bazi podataka o izmerenoj količini isporučene toplotne energije za šest objekata priključenih na sistem daljinskog grejanja, sa različitim nivoom regulacije, komparativnom analizom su determinisani kvantitativni pokazatelji poboljšanja energetskih performansi zgrada usled primene različitih principa automatske regulacije. Analiza je vršena za period od sedam grejnih sezona na bazi koreliranja specifičnog utroška toplotne energije objekta sa meteorološkim podacima. Rad dokazuje značajne rezultate uštede toplotne energije u zgradama, koje se kreću od 10% za slučaj primene centralne regulacije do 35% za slučaj primene lokalne regulacije. Ekstrapolacija postignutih rezultata ukazuje na set mera neophodnih za sprovođenje u cilju podizanja energetskih performansi celokupnog sistema daljinskog grejanja, kao i na mogućnost oslobađanja skrivenih proizvodnih kapaciteta.

Ključne reči: sistem daljinskog grejanja, toplotna podstanica, centralna regulacija, lokalna regulacija, specifična potrošnja toplote, ušteda energije, energetski razred

UVOD

Ostvarivanje cilja preuzimanja tačno određene količine toplotne energije iz mreže, i samo u periodima samo kada je to potrebno, u neraskidivoj je vezi za automatizacijom režima korišćenja toplotne energije. Variranje termičkog komfora u periodima boravka u objektu takođe se korelira sa

upotrebom automatske regulacije. Rastući trend cene energenata, posledično i cene toplotne energije, nameće potrebu primene automatske regulacije sa ciljem smanjivanja troškova za energiju i predstavlja isplativu investiciju u slučaju postojanja adekvatnog tarifnog sistema naplate utroška.

Implementacija sistema automatskog upravljanja, kao mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema, uz pretpostavku zadržavanja postojećih karakteristika same zgrade i načina grejanja, može dati značajne rezultate u unapređenju energetske performansi samog objekata.

Cilj rada je da se pokaže funkcionalna veza između trenda unapređenja energetske efikasnosti zgrada i gradacionog progressa u sistemima automatskog upravljanja na sistemu daljinskog grejanja, odnosno kvantitativno determinisanje obima redukcije potrošnje toplotne energije u zgradama primenom različitih principa automatske regulacije.

METODOLOGIJA ANALITIČKOG PRISTUPA

Analitički pristup baziran je na posmatranju sedam grejnih sezona, počevši od grejne sezone 2005/2006 godine, od kada se vrši naplata prema utrošku, zaključno sa grejnom sezonom 2011/2012.

Kako bi se anulirao efekat smanjenja utroška energije usled smanjenja vrednosti činilaca koji utiču na energetske potrošnje, što su u prvom redu spoljašnja temperatura i vremenski period grejanja, podaci o energetskoj potrošnji biće transformisani u specifične vrednosti. Samo na taj način obezbediće se komparativnost specifičnih potrošnji toplotne energije za objekte. Budući da će se porediti podaci u različitim grejnim sezonama, potrošnja energije (godišnja ili mesečna) mora se svesti na specifičnu veličinu. Na taj način se dobija odgovor na pitanje koliko je energije potrošeno u odnosu na relevantne parametre koji utiču na njenu potrošnju (a to su spoljašnja temperatura i vremenska dužina grejanja, odnosno stepen dan) za ostvarivanje termičkog komfora. Obzirom da se grejne sezone razlikuju po broju grejnih dana, srednjoj prosečnoj temperaturi, pa samim tim i broju stepen dana, za poređenje objekata istih u pogledu termofizičkih osobina, korišćiće se parametar koji predstavlja količinu energije u jedinici vremena potrošenu da se savlada jedinični temperaturski potencijal, označen sa q i koji se izražava u [kW/K], za posmatranu površinu termičkog omotača. Parametar je izveden iz formule za izračunavanje potrebne godišnje energije uvažavajući činjenicu identičnosti termičkih omotača.

Za potrebe ovog rada, u tabelama će opisani parametar biti označavan sa q [kW/K] – kao specifični utrošak toplote – dobijen kao odnos izmerenog mesečnog utroška energije izraženog u [kWh] i proizvoda $24[\text{h/dan}] \times \text{HDD}$ (za posmatrani mesec).

Fizikalnost parametra može se determinisati i kroz specifičnu angažovanu toplotnu snagu za savladavanje jedinične temperaturske razlike za posmatrani objekat. Takođe, može se i tretirati kao specifična potrošnja energije po stepen danu za posmatrani vremenski period i posmatrani termički omotač.

Nadalje, analize će se sprovoditi za neprekidan dvadesetčetvoročasovni rad proizvodnog pogona koji je karakterističan za Subotičku toplanu.

U tabeli 1. date su osnovne karakteristike posmatranih grejnih sezona: broj grejnih dana, srednja temperatura tokom grejnog perioda i broj stepen dana (stepen dani sa postavnom vrednošću unutrašnje projektne temperature od 20 °C, i temperaturom granice grejanja od 12 °C).

Tabela 1. Osnovni parametri analiziranih grejnih sezona

<i>gr.sezona</i>	<i>br.gr.dana</i>	T_{sr} [°C]	<i>HDD</i>
2005/2006	180	3,98	3075,18
2006/2007	175	7,32	2357,59
2007/2008	187	5,19	2884,92
2008/2009	186	6,57	2704,97
2009/2010	191	5,47	2859,78

2010/2011	193	5,06	3004,40
2011/2012	194	4,47	3123,10

Za potrebe analize efekata postignutih nakon implementacije regulacije koristiće se podaci o izmerenoj potrošnji toplotne energije na višespratnim stambenim objektima starije gradnje pre i nakon implemetacije nekog od sistema automatskog upravljanja tokom dužeg vremenskog perioda.

Analiza će biti sprovedena nad sledećim objektima:

- (1) objekat Aleja Maršala Tita 12 – destospratna zgrada neto grejne površine 3040 m², do grejne sezone 2008/2009 godine bila opremljena ventilskom podstanicom sa ručnom regulacijom, od 2008/2009 godine automatskom izmenjivačkom podstanicom, sekundarna instalacija sa ručnim radijatorskim ventilima i navijcima
- (2) objekat Aleja Maršala Tita 14 – objekat identičan prethodnom objektu, u neposrednoj blizini istog, do grejne sezone 2008/2009 godine bio opremljen ventilskom podstanicom sa ručnom regulacijom, od 2008/2009 godine automatskom izmenjivačkom podstanicom, iste godine ugrađena i lokalna regulacija na sekundarnoj instalaciji – radijatorski ventili sa termostatskom glavom i delitelji troškova
- (3) objekat Bajnatska 34 – desetospratna zgrada neto grejne površine 3405 m², od grejne sezone 2005/2006 funkcioniše kao remontovana ventilska podstanica sa ručnom regulacijom
- (4) objekat Braće Radića 156 – zgrada identična kao prethodno navedena, od grejne sezone 2005/2006 funkcioniše preko izmenjivačke podstanice sa centralnom regulacijom prema spoljašnjoj temperaturi, sekundarna instalacija od iste godine ima kompletno novu radijatorsku armaturu – ručne ventile i navijke
- (5) objekat Braće Radića 158 – zgrada identična sa prethodne dve, od grejne sezone 2005/2006 funkcioniše preko izmenjivačke podstanice sa centralnom regulacijom prema spoljašnjoj temperaturi, sekundarna instalacija od iste godine opremljena radijatorskim ventilima sa termostatskim glavama i alokatorima
- (6) objekat Segedinski put 25 – devetospratna zgrada neto grejne površine 3461 m² kod koje je najizraženiji efekat povećanja energetske performansi, od grejne sezone 2008/09 zgrada umesto stare ventilske podstanice opremljena novom izmenjivačkom toplotnom podstanicom sa centralnom regulacijom prema spoljašnjoj temperaturi, od iste godine kompletna sekundarna instalacija opremljena radijatorskim ventilima sa termostatskim glavama i alokatorima

UTICAJ PRIMENE CENTRALNE REGULACIJE NA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH PERFORMANSI ZGRADA

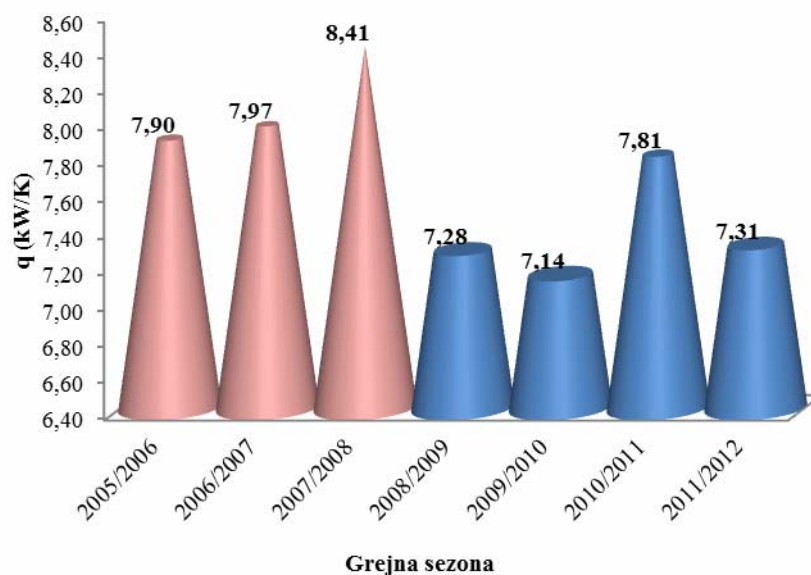
U tabeli 2. prikazani su parametri energetske potrošnje objekta (1). Neosenčene ćelije u redovima grejnih sezona označavaju period pre, osenčene ćelije period posle implementacije sistema centralne regulacije.

Tabela 2. Sumarni prikaz podataka za objekat (1) - Aleja Maršala Tita 12

Grejna sezona	Broj grejnih dana	T_{sr} [°C]	HDD	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Prosek q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]
2005/2006	180	3,98	3075,18	575,80	7,90	8,09	189,41
2006/2007	175	7,32	2357,59	448,81	7,97		147,63
2007/2008	187	5,19	2884,92	577,90	8,41		190,10
2008/2009	186	6,57	2704,97	501,23	7,28	7,39	164,88
2009/2010	191	5,47	2859,78	507,97	7,14		167,10

2010/2011	193	5,06	3004,40	570,63	7,81	187,71
2011/2012	194	4,47	3123,10	552,77	7,31	181,83

Analizom podataka pre i posle primene centralne regulacije utvrđuje se smanjenje potrošnje specifične količine energije u jedinici vremena potrebnog za savladavanje jediničnog temperaturnog potencijala datog termičkog omotača u proseku za 9%, koliko bi iznosilo i smanjenje potrošnje energije prilikom svođenja na model godinu sa HDD=2850. Interpolacijom podataka i svođenjem na model-godinu prema Pravilniku [1], specifična potrošnja isporučene toplotne energije bi sa 182 kWh/m²a pre implementacije sistema centralne regulacije pala na 166 kWh/m²a što, nakon izračunavanja finalne energije preko stepena korisnosti podstanice i unutrašnjeg razvoda (0,94) u pogledu povećanja energetske performansi objekta znači poboljšanje energetske razreda sa G na F obzirom na pad potrošnje finalne energije za grejanje sa 171,15 kWh/m²a na 156,2 kWh/m²a. Na slici 1. grafički je ilustrovan postignut efekat primene automatske centralne regulacije.



Slika 1. Smanjenje potrošnje toplotne energije primenom centralne regulacije – objekat (1)

Komparativna analiza parametara energetske potrošnje objekata (3) i (4) data je u tabeli 3. Neosencene ćelije odnose se na parametre objekta (3) sa ručnom regulacijom a osencene na parametre objekta (4) sa centralnom regulacijom.

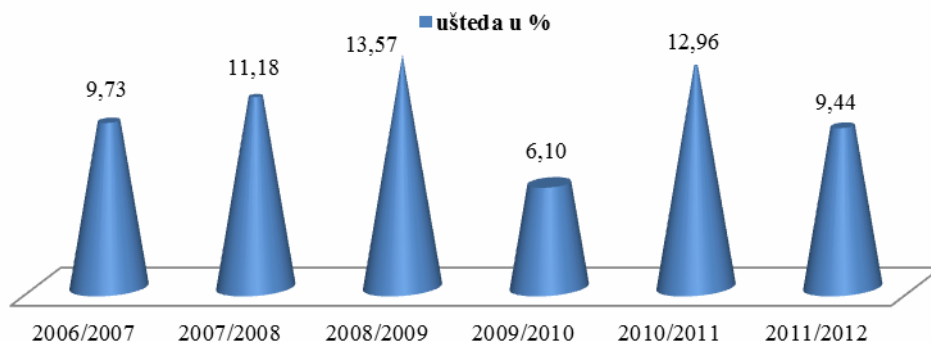
Tabela 3. Sumarni prikaz podataka za objekte (3) i (4)

Grejna sezona	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]
	(3) - Bajnatska 34 – ručna reg.			(4) – B. Radić 156 – centr. reg.		
2006/2007	425,49	7,70	124,96	385,05	6,95	113,08
2007/2008	529,27	7,61	155,44	471,01	6,76	138,33
2008/2009	535,69	7,78	157,32	448,02	6,73	131,58
2009/2010	499,26	7,23	146,63	467,08	6,79	137,18
2010/2011	594,30	8,13	174,54	522,23	7,07	153,37
2011/2012	561,20	7,39	164,82	500,59	6,69	147,02

PROSEK	524,20	7,64	153,5	465,66	6,83	137,3
--------	--------	------	--------------	--------	------	--------------

Prosečna ušteda energije u identičnim objektima tokom šest grejnih sezona iznosi 11%. Interpolirajući podatke na model godinu od 2850 stepen dana sa prosečnim parametrom q , specifična izmerena potrošnja bi pala sa 153,5 kWh/m²a na 137,3 kWh/m²a što nakon izračunavanja finalne energije preko stepena korisnosti podstanice i unutrašnjeg razvoda (0,94) u pogledu poboljšanja energetskih performansi objekta znači prekategorizaciju energetskog razreda sa F na E obzirom na pad potrošnje finalne energije sa 144,29 kWh/m²a na 129,03 kWh/m²a.

Prikaz uštede toplotne enregije tokom analiziranih grejnih sezona, kao korelata podizanja energetskih performansi objekta, dat je na narednom grafiku.



Slika 2. Uštede tokom posmatranih grejnih sezona primenom centralne regulacije

I. Uticaj primene lokalne regulacije na poboljšanje energetskih performansi zgrada

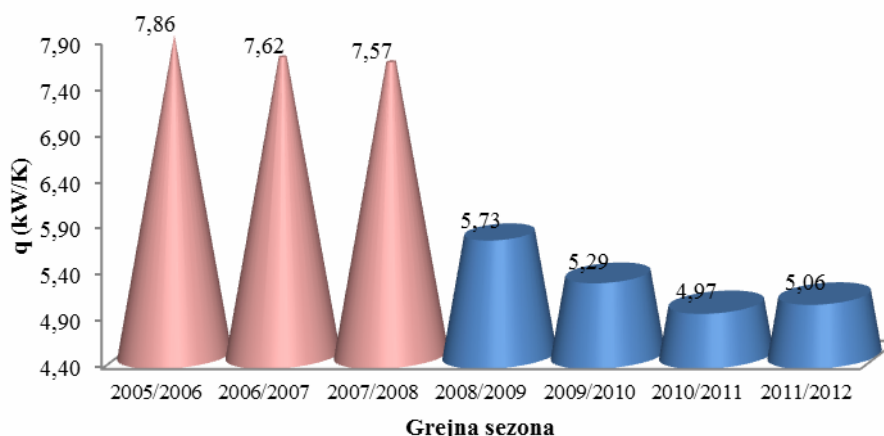
U tabeli 4. prikazani su parametri energetske potrošnje objekta (2). Neosenčene ćelije označavaju period pre, a osenčene period posle implementacije sistema lokalne regulacije i lokalnog merenja utroška toplotne energije.

Tabela 4. Sumarni prikaz podataka za objekat (2) - Aleja Maršala Tita 14

Grejna sezona	Broj grejnih dana	T_{sr} [°C]	HDD	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Prosek q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]
2005/2006	180	3,98	3075,18	569,68	7,86	7,69	187,39
2006/2007	175	7,32	2357,59	419,45	7,62		137,98
2007/2008	187	5,19	2884,92	527,02	7,57		173,36
2008/2009	186	6,57	2704,97	411,51	5,73	5,26	135,37
2009/2010	191	5,47	2859,78	377,75	5,29		124,26
2010/2011	193	5,06	3004,40	376,83	4,97		123,96
2011/2012	194	4,47	3123,10	389,50	5,06		128,13

Ako se podaci o energetskim uštedama interpoliraju na model godinu, u skladu sa Pravilnikom [1], sa brojem stepen dana za područje Subotice od HDD=2850, tada se godišnja potrošnja energije u objektu (2) sa 525,6 MWh u periodu rada sa ručnom regulacijom smanjuje na 359,9 MWh zahvaljujući lokalnoj regulaciji. Iskazano u specifičnim veličinama, specifična potrošnja sa

172,9 kWh/m²a pada na 118,4 kWh/m²a. To posledično znači da su energetske performanse objekta dodatno podignute utoliko da se, nakon svođenja rezultata na finalnu energiju, omogući prekvalifikacija zgrade iz energetskog razreda F u energetski razred E obzirom na pad potrošnje finalne energije sa 162,55 kWh/m²a na 111,29 kWh/m²a.



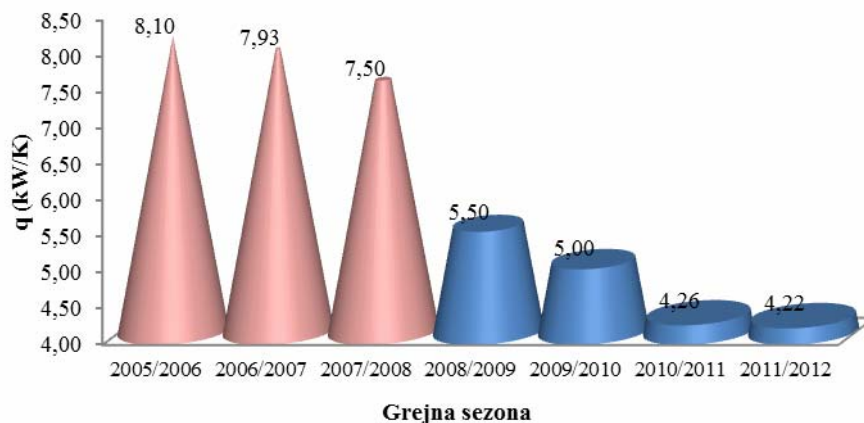
Slika 3. Smanjenje potrošnje toplotne energije primenom lokalne regulacije – objekat (2)

Parametri energetske potrošnje objekta (6), kao najreprezentativnijeg primera pozitivnih efekata nakon primene lokalne regulacije na sistemu daljinskog grejanja Subotičke toplane, dati su u tabeli 5. Neosencene ćelije označavaju period pre, a osencene period posle implementacije sistema lokalne regulacije i lokalnog merenja utroška toplotne energije.

Tabela 5. Sumarni prikaz podataka za objekat (6) - Segedinski put 25

Grejna sezona	Broj grejnih dana	T_{sr} [°C]	HDD	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Prosek q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]
2005/2006	180	3,98	3075,18	572,16	8,10	7,84	165,32
2006/2007	175	7,32	2357,59	435,88	7,93		125,94
2007/2008	187	5,19	2884,92	512,98	7,50		148,22
2008/2009	186	6,57	2704,97	400,72	5,50	4,74	131,82
2009/2010	191	5,47	2859,78	359,67	5,00		118,31
2010/2011	193	5,06	3004,40	326,55	4,26		107,42
2011/2012	194	4,47	3123,10	331,25	4,22		108,96

Prosečna ušteda toplotne energije iznosi približno 40%, dok maksimalna ušteda, poredeći ekstremne potrošnje, iznosi 48%. Svoedeći podatke na model godinu, prema [1] za područje Subotice, potrošnja toplotne energije sa 536,4 MWh/a pada na 324,5 MWh/a. Kako je neto grejna površina objekta 3461 m², specifična potrošnja (isporučene) energije smanjena je sa 155 kWh/m²a na 93,8 kWh/m²a, što nakon svođenja isporučene energije na finalnu omogućava da se objekat iz energetskog razreda F, usled podizanja energetskih performansi, prekategoriše čak 2 razreda unapred – na energetski razred D (smanjenje finalne energije sa 145,69 na 88,14 kWh/m²a).

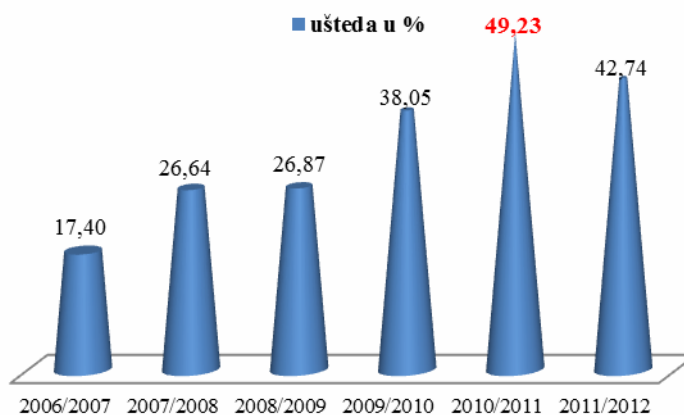


Slika 4. Smanjenje potrošnje toplotne energije primenom lokalne regulacije – objekat (6)

U okviru predmetne analize, prikazaće se i postignuti rezultati dobijeni poređenjem energetskih performansi objekata (3) kao baznog objekta bez regulacije i identičnog objekta u neposrednoj blizini sa lokalnom regulacijom – objekta (5). Komparativna analiza se radi za šest grejnih sezona. Neosenčene ćelije odnose se na parametre objekta (3) sa ručnom regulacijom a osenčene na parametre objekta (5) sa lokalnom regulacijom, tabela 6.

Tabela 6. Sumarni prikaz podataka za objekte (3) i (5)

Grejna sezona	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]	Potrošnja [MWh]	q [kW/K]	Spec. potrošnja [kWh/m ² a]
	(3) - Bajnatska 34 – ručna reg.			(5) – B. Radić 158 – lok. reg.		
2006/2007	425.49	7.70	124.96	354,17	6,36	104,01
2007/2008	529.27	7.61	155.44	404,81	5,59	118,89
2008/2009	535.69	7.78	157.32	389,93	5,69	114,52
2009/2010	499.26	7.23	146.63	326,54	4,48	95,90
2010/2011	594.30	8.13	174.54	312,63	4,13	91,81
2011/2012	561.20	7.39	164.82	327,64	4,23	96,22
PROSEK	524,20	7.64	153.5	352,62	5,08	103,56



Slika 5. Prikaz postignutih efekata uštede finalne energije primenom lokalne regulacije

Prosečna ušteda koja se postigla primenom lokalne regulacije u odnosu na objekat bez regulacije iznosi 34%. Sa grafika se vidi da je tokom grejne sezone 2010/11 potrošnja toplotne energije objekta sa lokalnom regulacijom gotovo prepolovljena u odnosu na objekat bez regulacije.

Interpolacija analiziranih podataka na model godinu sa HDD=2850 rezultovalo bi smanjenjem potrošnje toplotne energije sa 522,7 MWh/a na 347,4 MWh/a, što bi, obzirom na neto grejanu površinu od 3405 m² za oba objekta značilo smanjenje specifične potrošnje energije sa 153,5 kWh/m²a na 102 kWh/m²a. Postignuti rezultati, svedeni sa isporučene na finalnu energiju (144,29 kWh/m²a smanjeno na 95,91 kWh/m²a), omogućavaju preategorizaciju objekta sa energetskeg razreda F na energetskegi razred D.

Sumarni rezultati uticaja različitog nivoa regulacije na poboljšanje energetskegi performansi zgrada priključenih na sistem daljinskog grejanja, na bazi sprovedenog istraživanja, prikazani su u tabeli 7. Izmerena, odnosno isporučena energija, korigovana je za stepen korisnosti toplotne podstanice i sekundarnog razvoda, prethodno determinisanog na vrednost 0,94. Tako dobijene vrednosti finalne energije potom su, radi uporedivosti i usklađenosti sa Pravilnikom o energetskegi efikasnosti zgrada, svedeni na model godinu sa vrednošću stepen dana HDD=2850 za teritoriju Sombora, kao najbliže navedenog grada Subotici. Kako se prema članu 11., tačka 4., Pravilnika o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskegi svojstvima zgrada za utvrđivanje energetskegi stanja mogu primeniti merenja prilikom energetskegi pregleda zgrade, prezentovani podaci o energetskegi potrošnji smatrani su kao validni reprezent energetskegi razreda zgrade.

Tabela 7. Sumarni prikaz dobijenih rezultata na poboljšanju energetskegi performansi analiziranih zgrada

Objekti	specifična vrednost finalne godišnje energija za grejanje kWh/m ² a								
	ručna regulacija			centralna regulacija			lokalna regulacija		
	izmereno	kor.na mod. god.	E razred	izmereno	kor.na mod. god.	E razred	izmereno	kor.na mod. god.	E razred
Bajnatska 34	144,71	144,29	F						
B.Radić 156				128,55	129,03	E			
B.Radić 158							97,35	95,91	D
AMT 12	165,17	171,15	F	164,86	156,20	F			
AMT 14	156,27	162,55	F				120,25	111,29	E
Seged. put 25	137,70	145,69	F				109,63	88,14	D

Prosečna vrednost finalne toplotne energije svih ručno regulisanih objekata iznosi 155,92 kWh/m²a, centralno regulisanih 142,61 kWh/m²a a lokalno regulisanih 98,45 kWh/m²a. Svi analizirani objekti su pre implementacije nekog od vidova regulacije spadali u energetskegi razred F. Implementacijom centralne regulacije i smanjenjem energetskegi potrošnje, performanse objekta podignute su generalno za jedan energetskegi razred. Nadgradnjom lokalne regulacije, u odnosu na prvobitno stanje, energetskegi performanse objekta podignute su za dva energetskegi razreda zahvaljujući smanjenju potrošnje energije za grejanje.

PRINCIPI REGULACIJE KAO MEHANIZMI NASTALIH UŠTEDA

Kod sistema daljinskog grejanja prvobitne koncepcije – sistema upravljanih proizvodnjom (engl. *Production Driven Systems*), koja se kod nas u velikom broju slučajeva zadržala i danas, ne postoji povratna veza u funkciji regulacije između potrošnje i proizvodnje. Koncept ovih sistema baziran je na isporuci proizvedene toplotne energije toplotnom konzumu takvih kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika da se zadovolje trenutne potrebe ali na taj način da od strane konzuma ne postoji dinamička regulacija procesa preuzimanja tačno određene neophodne količine toplote. Mreža sa primopredajnim toplotnim podstanicama hidraulički je izbalansirana na uslove konstantnog protoka kako u primarnom tako i u sekundarnim delovima mreže, a regulacija isporuke odre-

đene količine toplote vrši se u okviru proizvodnog sistema, variranjem temperaturnog nivoa primarne razvodne vode u zavisnosti od trenutnih vrednosti spoljašnje temperature, odnosno predikcije njihovog trenda za kraći vremenski period.

Funkcionalna korelacija temperature primarne razvodne vode od spoljašnje temperature predstavlja zavisnost između dinamičkih karakteristika prenosa toplote ka grejnom fluidu – vodi, i dinamičkih karakteristika odavanja toplote na mestu potrošnje. Toplotni konzum, kao deo sistema daljinskog grejanja, u ovakvoj konstalaciji upravljanja, jeste instrument koji preuzima svu količinu energije koja mu se nameće sa strane proizvodnje. Time se, u krajnjoj instanci, kao mesto regulacije ambijentalne temperature u zgradi može alocirati proizvodni pogon sistema daljinskog grejanja. U upravljanju ovim konceptom sistema daljinskog grejanja ne postoji signifikantan i merodavan pokazatelj predajnog procesa toplote koji bi mogao služiti kao upravljačka veličina u proizvodnom procesu.

Svi objekti priključeni na sisteme daljinskog grejanja odlikuju se individualnošću i jedinstvenošću karakteristika potrošnje toplotne energije, kako u pogledu kvantitativnog nivoa energetske potrebe, tako i u odnosu između dinamike različitih procesa prenosa toplote (odnos infiltracionih i transmisionih gubitaka, kao i dobitaka toplote koji se javljaju u zimskom periodu). Sistemi upravljani proizvodnjom nisu u mogućnosti da na optimalan način zadovolje toplotne potrebe celokupnog toplotnog konzuma, obzirom na prethodno opisan način upravljanja. Kako bi se u što većem procentu zadovoljio minimalni nivo parametara termičkog komfora u objektima različitih termofizičkih karakteristika, toplotni potencijal isporučuje se najčešće na većem temperaturnom nivou od potrebnog, što posledično uzrokuje pregrevanje dela konzuma, te neracionalnost u domenu energetske efikasnosti celokupnog sistema daljinskog grejanja.

Osnovni postulat na kojem se bazira rad termoenergetskih sistema za daljinsko snabdevanje toplotnom energijom upravljanih potrošnjom (engl. *Demand Driven DH Systems* ili *Consumption Driven DH Systems*) je isporuka toplotne energije na temperaturnom nivou dovoljnom za zadovoljenje različitih nivoa željenog termičkog komfora ambijenta, uz pretpostavku regulacije željene unutrašnje temperature vazduha na mestu potrošnje i omogućavanje pojedinačnog registrovanja utroška toplotne energije. U takvoj postavci rada sistema, zadatak proizvodnog postrojenja je da odgovori zahtevima promenljivog konzuma koji je, između ostalih uticajnih faktora na potrošnju toplotne energije, u direktnoj korelaciji sa pruženom mogućnošću individualne regulacije termičkog komfora.

Parametrima proizvodnje i distribucije upravlja segment potrošnje. To iziskuje postojanje tehničko-tehnološkog rešenja celokupnog sistema koje omogućava fleksibilnost u radu i variranje radnih parametara hidrauličkih i termičkih procesa u relativno širokim granicama.

Pod pretpostavkom postojanja lokalne regulacije, lanac upravljanja polazi od zadate vrednosti unutrašnje temperature vazduha u prostoru. Dostizanje zadate vrednosti temperature u sekundarnoj instalaciji ostvaruje se u kvantitativno – povećanjem protoka grejnog medijuma. Temperatura sekundara u ovom konceptu termoenergetskih sistema je u direktnoj korelaciji sa spoljašnjom temperaturom vazduha preko krive vođenja toplotne podstanice, unapred isprogramirane i determinisane za dinamičke karakteristike procesa prenosa toplote, odnosno termofizičke karakteristike objekta i unutrašnje grejne instalacije. Promenom protoka na primaru kompezuju se promene u količini isporučene energije na sekundaru - temperatura u razvodu sekundara održava se na zadatom temperaturnom nivou definisanom spoljašnjom temperaturom. Temperaturni nivo primara mora biti takav da promenljiva hidraulička radna tačka pumpi bude u optimalnom području radne karakteristike pumpa-cevovod, odnosno da radna tačka bude u domenu prihvatljivih hidrauličkih parametara - mora se ostvariti minimalna razlika pritisaka na primaru na najnepovoljnijoj strujnici mreže. Kako se koeficijent prigušenja automatskih regulacionih ventila na primaru toplotnih podstanica menja u toku vremena, tako se menjaju i hidrauličke karakteristike strujanja kroz mrežu, koje moraju biti adekvatno ispraćene u okviru proizvodnog pogona – variranjem protoka kroz mrežu i/ili variranjem temperature polazne vode. Prethodno opisan pojednostavljeni mehanizam upravljanja ukazuje na neophodnost podmirivanja promenljivog toplotnog konzuma uz prilagođavanje parametara proizvodnje trenutnom konzumu. Procenu veličine potrebne toplotne snage nije moguće izvršiti samo na bazi meteorograma uz poznatu instalisanu snagu na sekundarnoj strani, već se u obzir mora uzeti i koeficijent istovremenosti dejstva, koji je u ovakvoj konstalaciji sistema gotovo uvek manji od jedinice.

Termoenergetski sistemi upravljani potrošnjom preuzimaju iz mreže onoliko energije koliko trenutni toplotni konzum to zahteva. Stoga distributivna mreža mora u svakom momentu raspolagati sa optimisanim ali dovoljnim toplotnim potencijalom za potrebe korišćenja toplotne energije, dok zadatak proizvodnog dela jeste da na optimalan način obezbedi to snabdevanje. Racionalizacija proizvodnje, distribucije i korišćenja toplotne energije u odnosu na sisteme daljinskog grejanja upravljane proizvodnjom u velikoj meri doprinose energetskej efikasnosti svih segmenata sistema.

Uštede energije postignute centralnom regulacijom

U programibilni logički kontroler toplotne podstanice upisana je kriva vođenja toplotne podstanice – funkcionalna zavisnost temperature razvoda sekundara od spoljašnje temperature. Funkcionalna veza određuje se determinisanjem dinamičkih karakteristika procesa prenosa toplote na sekundarnoj strani – toplotnih gubitaka sa jedne strane i odavanja toplote grejnih tela sa druge strane.

Temperatura razvoda sekundara menja se u zavisnosti od spoljašnje temperature po unapred isprogramiranom algoritmu u PLC-u, variranjem primarnog protoka preko regulatora protoka.

Princip centralne regulacije na nivou objekta predstavlja daleko bolje rešenje od „nametanja“ procenjene (najčešće precenjene) količine toplotne energije u sistemima daljinskog grejanja upravljanih proizvodnjom, ali i dalje ne dovoljno dobro rešenje za optimizaciju energetske efikasnosti i potpunu racionalizaciju potrošnje toplote. Toplotna podstanica preuzima iz mreže onu količinu energije koja je u datom trenutku potrebna objektu kao celini, prema isprogramiranom algoritmu ponašanja i ona je uvek manja od raspoložive na mestu priključka, što predstavlja osnovni mehanizam uštede centralno regulisanih toplotnih podstanica. Bez obzira na pretpostavku uniformnosti režima korišćenja toplotne energije, te jednakost termofizičkih karakteristika objekta po njegovim celinama, nejednakost toplotnih potreba unutar objekta je neminovnost koja je uzrokovana različitim dejstvom pojedinih uticajnih faktora. Lokalna prisutnost ljudi, aktivnosti koje se odvijaju u prostorijama, solarni dobici, ostali toplotni dobici od uređaja i osvetljenja, nivo hidrauličke izbalansiranosti sekundarnog sistema, te promenljivost njegovih eksploatacionih karakteristika tokom vremena samo su neki od uzroka termičkog disbalansa koji dovodi do lokalnog odstupanja parametara termičkog komfora, postavljenog na bazi centralne regulacije, kao i stvaranja dodatnog potencijala uštede. Posledično, u okviru pojedinih segmenata objekta biće prisutni delovi u kojima parametri termičkog komfora odstupaju od željenih vrednosti u pozitivnom smislu, kao i delovi u kojima isti odstupaju u negativnom. Vodeći se kriterijumom zadovoljenja termičkih parametara komfora na najnepovoljnijem mestu, podizanjem temperaturskog nivoa isporuke toplotne energije dovelo bi do energetske neracionalnog pristupa i smanjenja energetske performansi objekta u celini. Precizno određivanje toplotne inercije objekta, odnosno njegove akumulativnosti, te fazno kašnjenje temperaturskih oscilacija predstavljaju još jednu grupu poremećajnih faktora čiji se uticaj teško potire centralnom regulacijom.

Uštede energije postignute lokalnom regulacijom

Ostvarivanje cilja preuzimanja tačno određene, potrebne količine toplotne energije u sistemima daljinskog grejanja upravljanih potrošnjom omogućeno je primenom sistema lokalne regulacije. Lokalna regulacija na mestu korišćenja toplotne energije predstavlja svojevrsnu nadogradnju na sistem centralne regulacije. Ako se sistem centralne regulacije posmatra kao mehanizam za preuzimanje količine toplotne energije potrebne za zadovoljenje toplotnih potreba objekta u celini pod uslovom uniformnosti karakteristika prenosa toplote po celinama ili segmentima, tada se lokalna regulacija može smatrati instrumentom za korekciju odstupanja u karakteristikama procesa prenosa toplote te ispravku svojevrsne funkcije greške. Pojave pozitivnih odstupanja u parametrima termičkog komfora unutrašnje sredine kao i pojave negativnih odstupanja istog uspešno se otklanjaju primenom principa automatske lokalne regulacije putem radijatorskih ventila sa termostatskom glavom. Dinamička regulacija procesa prenosa toplote na mestu potrošnje, kao osnovni mehanizam uštede, omogućava konstantnost parametara termičkog komfora bez obzira

na uticaje, uz uslov postojanja raspoloživog temperaturskog potencijala grejnog fluida na sekundaru, za šta je zadužena centralna regulacija.

Mogućnost individualne – lokalne regulacije u potpunosti opravdava upotrebu sistema individualnog merenja utrošene količine toplotne energije. U praksi je dokazana neraskidivost veze između individualne regulacije i merenja sa jedne, i racionalizacije energetske potrošnje i povećanja energetske efikasnosti objekata sa druge strane.

ZAKLJUČAK

Rezultati istraživačkog rada ukazuju na postojanje značajnog potencijala uštede energije za grejanje primenom sistema centralne i lokalne regulacije. Postignuti rezultati svojstveni su za posmatrani sistem daljinskog grejanja.

Primena sistema automatskog vođenja temperature sekundarnog polaza prema spoljašnjoj temperaturi na nivou podstanice – centralne regulacije, postigla je prosečnu energetska uštedu od 10,06% na bazi analize svih navedenih objekata. Nadogradnja ovog načina regulacije sa sistemom lokalne regulacije putem radijatorskih ventila sa termostatskim glavama omogućilo je prosečnu uštedu na svim analiziranim objektima od 34,72% u odnosu na pređašnje stanje – sistem sa ručnom regulacijom. Iako se ne mogu smatrati sastavnim delom sistema automatske regulacije, primena delitelja troškova toplotne energije na instalacijama sa lokalnom regulacijom kao i adekvatnost primenjenog tarifnog modela za naplatu troškova doprinose postignutim rezultatima. Neraskidivost veze motivisanosti korisnika na ostvarivanje energetske uštede i mogućnost ekonomske kvantifikacije istih, uz uslov postojanja podsticaja na racionalno korišćenje energije i permanentnu edukaciju i podizanje kulture korišćenja energije, siguran su put ka uzlaznom trendu energetske uštede u sistemima daljinskog grejanja.

“Povećavanje razdajine” mesta regulacije od proizvodnog pogona i približavanje mestu potrošnje uveličava rezultate podizanja energetske performansi. To predstavlja logičan zaključak obzirom na veličinu i tromost sistema daljinskog grejanja. Davanjem upravljanja sopstvenim termičkim komforom u ruke korisnika, predaje mu se i potencijal za uštedu. Zadatak energetskog subjekta jeste da stvori ambijent u kome će se taj potencijal i realizovati. Postojanje adekvatnog tarifnog modela može podići sociološki segment karaktera energetske uštede na zavidan nivo i do 25%, dok se minimum može proceniti na 9% prema Todorović [3]. Kako lokalna regulacija predstavlja svojevrsnu nadgradnju na sistem centralne regulacije, tako se postignuti efekti mogu klasifikovati u dva nivoa. Prvi nivo baznih ušteda postiže se na mestu preuzimanja energije iz mreže, eliminacijom nepotrebno nametnute energije na mestu priključka i prihvatanjem definisane količine energije onom dinamikom za koju je objekat algoritmom upravljanja centralnom regulacijom predodređen. Homogenizacija uslova komfora bez obzira na poremećajne faktore i prilagođavanje režima korišćenja toplotne energije sopstvenim potrebama nadgradnja su na sekundarni nivo regulacije. Uštede se u ovoj konstalaciji postižu implementacijom sistema lokalne regulacije. Mesto limitiranja energetske parametara isporuke toplotne energije u sistemima daljinskog grejanja sa ručnom regulacijom je proizvodni pogon i iz njega se, u krajnjoj instanci, određuje termički komfor stambenih jedinica. Pomeranjem mesta limitiranja na toplotnu podstanicu, prethodni princip unapređuje se u princip centralne regulacije. Spona upravljanja snabdevanjem izmešta se iz pogonskog postrojenja na distributivni sistem. Postavljanjem mesta limitiranja parametara procesa prenosa toplote na samo mesto korišćenja regulacija se unapređuje i sistem dobija atribut lokalno regulisanog. Gradacioni progres regulišućih mehanizama praćen je povećanjem energetske uštede, a samim tim i energetske performansi objekata nad kojima je isti primenjen.

Ukoliko se dobijeni rezultati ekstrapoliraju na toplotni konzum grada Subotice, sa instalisanom potrošačkom snagom od 120 MW, procesom implementacije centralne regulacije na kompletnom konzumu, koji će biti završen naredne godine, oslobodiće se ukupno 12 MW “zarobljenog” toplotnog kapaciteta. Kako je na oko 30% potrošačkog dela implementiran sistem lokalne regulacije i alokacije troškova, za sada se, zahvaljujući tome na bazi dobijenih rezultata istraživanja, može proceniti da je oslobođeno dodatnih 30 MW “skrivenog” kapaciteta. Posledično smanjenje proizvodnih i distributivnih gubitaka doprinose smanjenju ukupne primarne energije i smanjenju emisije CO₂ a time i povećanju energetske performansi sistema daljinskog grejanja u celini.

LITERATURA

- [1] ***, *Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada*, Službeni glasnik RS br. 61/2011 od 19.08.2011.
- [2] ***, *Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada*, Službeni glasnik RS br. 69/2012 od 20.07.2012.
- [3] **Todorović, M.; Vasiljević, P.; Šumarac, D.; Bajc, T**, *Users behavior influence on energy consumption from district heating system*, Beograd, Srbija, 2013.
- [4] **Andrašić, D.**, *Procena uticaja centralne i lokalne regulacije u sistemima daljinskog grejanja na poboljšanje energetskih performansi zgrada*, specijalistička teza, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Vojvodina, Srbija, 2013.
- [5] ***, *Podaci o potrošnji objekata priključenih na sistem daljinskog grejanja Subotičke toplane*, Subotica, 2014