

**INTERNATIONAL FORUM FOR
CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES**

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

**ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU
BUDUĆNOST**
CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE



ZBORNİK PROŠIRENIH APSTRAKATA
**PROCEEDINGS OF THE EXTENDED
ABSTRACTS**

Poštovane dame i gospodo, dragi prijatelji,

Nalazimo se u dvanaestoj godini rada Međunarodnog foruma o čistim energetske tehnologijama (Forum), koji je ove godine održan 02/03. oktobra pod nazivom „ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST“. Nakon dodele prvih priznanja „TOP ENERGY“ za najuspešnije izvedene projekte u oblasti energetike u Jugoistočnoj Evropi 2016. i 2017. godine, bili smo obavezni da i ove godine omogućimo postizanje višeg kvaliteta događaja i širi obuhvat njegovog programskog koncepta.

Duži period Republika Srbija ulaže posebne napore u procesu unapređenja sopstvene energetske bezbednosti i izgradnje infrastruktura, koje treba da zadovolje rastuće potrebe za energijom. Gotovo identični procesi se dešavaju i u zemljama regiona Jugoistočne Evrope, potvrđujući još jednom činjenicu da niko na ovom prostoru ne može dozvoliti svoju pasivnost, niti da postane izolovano energetske ostrvo. Oslonac na regionalne projekte i sinergija dugoročnih zajedničkih interesa u postizanju energetske bezbednosti kao osnove održivog razvoja, potiskuju ponovo oživljenu političku nestabilnost u odnosima između zemalja regiona, stavljajući u prvi plan ostvarenje najvažnijeg principa održivog razvoja – energija za sve!

Rad Energetske Zajednice, čiji su članovi Republika Srbija i zemlje regiona Zapadnog Balkana, obuhvata operativno delovanje u oblasti električne energije, gasa, obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti, nafte, zaštite životne sredine, konkurencije i statistike. Zahtev Energetske Zajednice prema zemljama članicama, za doslednu i potpunu implementaciju odredbi dogovorenog regulatornog okvira, podrazumeva ubrzano stvaranje jedinstvenog, stabilnog i ujednačenog energetskeg infrastrukturnog, zakonskog i tržišnog prostora. Tranzicioni procesi u promenama zakonskih različitosti i približavanje standardima Evropske Unije (EU) su u završnoj fazi promena, pri čemu se pred svim zemljama članicama otvara novi set izazova proizašlih iz potrebe za modernizacijom postojećih proizvodnih i distributivnih energetskeg kapaciteta i tehnološkim inovacijama u primeni čistih energetskeg tehnologija.

Opređenjenje Programskog odbora XII Forumu, da se u dvanaestoj godini njegovog postojanja i delovanja pod pokroviteljstvom Skupštine Autonomne pokrajine Vojvodine i koorganizatorima Pokrajinskim sekretarijatom za energetiku, građevinarstvo i saobraćaj i Privrednom komorom Vojvodine, ovogodišnji fokus Republike Srbije i zemalja regiona ispolji na što je moguće plastičnijoj identifikaciji konkretnih procesa njihovog energetskeg unapređenja i načinu za postizanje postavljenih zajedničkih evropskih ciljeva. Do sada smo dograđivali planove energetskeg razvoja na horizontu do 2020. godine, koja je praktično već pred nama, a sada ćemo pokušati da stavimo sopstvene potencijale u kontekst predviđanje strateških ciljeva do 2050. godinu. EU energetska mapa puta 2050, nudi vrlo inovativan pristup u projekciji konačnog cilja i pogledom iz budućnosti u sadašnjost, sa namerom da se sagledaju trenutne potrebe promena ekonomskog i društvenog sistema koje će nas odvesti do željenih ciljeva. Takav pristup zahteva vrlo dinamične i fleksibilne energetske politiku svih onih koji žele da pripadaju korpusu uspešnih nacija budućnosti, ali i posebno dobro kontrolisane mehanizme nadzora realizacije tih politika.

Naša je zajednička vizija je i ove godine ispunjena i verujemo da će Forum i kroz ovogodišnji dvodnevni rad, kredibilitetom prezentovanih konceptata, tehnoloških rešenja i naučnih radova, podstaći kreativnije i konkretnije korišćenje raspoloživih potencijala u čistoj energiji na ovim prostorima, dodatno pokrenuti saradnju i razvoj energetike u zemljama regiona i usmeravanje naše budućnosti ka visokim ciljevima EU energetske mape puta 2050.

Prvi dan Foruma je, pored plenarne sednice na kojoj su se obratili najviši zvaničnici države domaćina i ugledni gosti iz inostranstva, bio posvećen razmatranju i aktualizaciji potrebnih aktivnosti u procesu ostvarivanja usvojene energetske strategije pod nazivom „ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST“, kao i postignutih rezultata u odnosu na postavljene ciljeve energetske politike i održivog razvoja Republike Srbije i najave velikih nacionalnih projekata koji će nas kvalifikovati za bolju i pametniju budućnost.

Sastavni deo treće industrijske revolucije, koju živimo, su pametni gradovi. Međutim, transformacija gradova je vrlo spora jer je proces promena vrlo složen, a najveća prepreka su ljudi koji su po prirodi stvari nespremni za promene. Pozitivne promene u nekim velikim gradovima daju za pravo verovanje da su takve pozitivne promene moguće i ekonomski opravdane i da je moguće gradove i zgrade posmatrati ne kao potrošače energije, već i kao proizvođače. Na primeru projekta MINSK WORLD u realizaciji DANA HOLDINGS Company, je predstavljen evropski mega projekat, koji u sebi sadrži sve elemente najnovijih tehnoloških dostignuća i koji ispunjava sve kriterijume koje zahtevaju pametni gradovi. U tom projektu čiji je koautor kompanija BK TESLA, učestvuju kao partneri i mnoge naše kompanije, što nam daje za pravo da verujemo u realnost brze i uspešne realizacije projekta TESLA GRAD, o kome će se takođe detaljnije govoriti na Forumu.

Toga dana su i svečano dodeljena priznanja „TOP ENERGY 2018“, za najuspešnije realizovane projekte u oblasti energetike u protekloj godini. Istovremeno, sagledana su iskustva zemalja regiona i EU, kroz učešće referentnih predstavnika država učesnica i evropskih regija i prezentacijama radova po pozivu, na teme „NOVE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE“ i „UPRAVLJANJE TRŽIŠNIM RESURSIMA I REGULATORNA PITANJA ENERGETIKE“. U svim radnim sesijama, nakon prezentacija, bila su otvorene i panel diskusije, koje su u konačnom zajedničkom zaključku ponudile jasne poruke o mogućem dinamičnijem održivom razvoju energetskog sektora u Srbiji i regionu do 2050. godine.

Drugi dan Foruma, uz kopokroviteljstvo Privredne komore Vojvodine, je bio usmeren na razmatranje ostvarenih poslovnih projekata iz zemlje i inostranstva, kroz tematske sesije „REALIZOVANI PROJEKTI U OBLASTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI, OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE I UPRAVLJANJA ENERGIJOM“ i „DOMAĆE I MEĐUNARODNO PARTNERSTVO – PREDSTAVLJANJE NOVIH TEHNOLOGIJA I MOGUĆNOSTI SARADNJE“.

Učestvovanjem na ovogodišnjem XII Forumu „ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST“ učesnici su dali svoj doprinos u kreiranju vizije energetske budućnosti, kao i realizaciji poslovnih projekata i jačanju međusobnih odnosa i energetske bezbednosti Republike Srbije i zemalja Jugoistočne Evrope.

S poštovanjem,

Dr Tihomir Simić
Predsedavajući Foruma

Ivo Vajgl
Kopredsedavajući Foruma

oktobar 2018. godine

Dear ladies and gentlemen and dear friends,

We are in the twelfth year of work of the International Forum for Clean Energy Technologies (Forum) which is held on 2nd and 3rd October of this year under the name "CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE". After the awarding of the first "TOP ENERGY" acknowledgements for the most successful projects implemented in the energy sector in Southeast Europe in 2016 and 2017, in this year, we were also obliged to enable achievement of the higher quality of the event and the wider scope of its program concept.

For a long period of time, the Republic of Serbia has been making special efforts in the process of improving its own energy security and in the construction of infrastructure that should satisfy the growing energy demand. Almost identical processes are taking place in other countries in the region of the Southeast Europe confirming once again the fact that no one in this area can allow its passivity or to become an isolated energy island. The reliance on regional projects and the synergy of long-term common interests in achieving energy security as the basis for sustainable development will suppress newly revived political instability in relations between countries and put in the forefront the accomplishment of the most important principle of sustainable development - energy for everybody!

The work of the Energy Community, whose members are the Republic of Serbia and the countries of the Western Balkans, includes operational activities in the field of electricity, gas, renewable energy sources, energy efficiency, oil, environmental protection, competition and statistics. The request of the Energy Community towards the member states for the consistent and full implementation of the provisions of the agreed regulatory framework implies faster establishment of unique, stable and uniform area in terms of energy infrastructure, regulations and markets. Transition processes related to the harmonization of legal differences with the standards of the European Union (EU) are in the final stage of change whereas all member states are confronted with the new set of challenges arising from the need to modernize the existing energy production and distribution capacities and to introduce technological innovations in the use of clean energy technologies.

In the twelfth year of its existence and operation under the auspices of the Assembly of the Autonomous Province of Vojvodina and co-organizers, the Provincial Secretariat for Energy, Building Construction and Transportation and the Chamber of Economy of Vojvodina, the Program Committee of the Twelfth Forum has decided that this year's focus of the Republic of Serbia and of the countries in the region is going to be directed towards the identification of concrete processes for the improvement of their energy sectors in the most practical way and towards the way of achieving preset common European goals. So far, we have been upgrading energy development plans on the horizon until 2020, which is practically ahead of us, and now, we are going to try to put our own potentials in the context of forecasting strategic objectives until 2050. The EU Energy Roadmap 2050 offers a very innovative approach in the projection of a final goal and a view on the present from the future in order to consider current needs for the change of the economic and social system that will take us to desired goals. Such an approach requires very dynamic and flexible energy policies for all those who want to belong to the corpus of successful nations of the future but also especially well-controlled mechanisms for monitoring the implementation of these policies.

Our common vision is fulfilled and we believe that Forum, through this year's two-day work, encouraged more creative and more concrete use of available potentials in clean energy in these areas through the credibility of presented concepts of the future, technological solutions and scientific papers and further initiate cooperation and development of the energy sector in the countries of the region and directing our future towards the high goals of the EU Energy Roadmap of 2050.

In addition to the plenary session at which top officials of the host country and distinguished guests from abroad addressed the audience, the first day of the Forum was devoted to the consideration and actualization of required activities in the process of the implementation of the adopted energy strategy entitled "CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE" as well as to the results achieved in relation to the preset objectives of the energy policy and sustainable development of the Republic of Serbia and the announcement of large national projects that will qualify us for better and smarter future.

Smart cities make the integral part of the third industrial revolution in which we live. However, the transformation of cities is very slow because the process of change is very complex and the biggest obstacle is people who are by the nature of things unprepared for the change. Positive changes in some big cities give the right to the belief that such positive changes are possible and economically justified and that it is probable to observe cities and buildings not as energy consumers but as energy producers. The example of the project MINSK WORLD implemented by the Company DANA HOLDINGS will present the European mega project that contains in itself all the elements of the latest technological achievements and that fulfills all the criteria required by smart cities. The fact that the Company BK TESLA is a co-author and that many of our companies participate as partners in this project gives us the right to believe in the reality of the fast and successful implementation of the project TESLA CITY, which will also be discussed in more details at the Forum.

On that day, the "TOP ENERGY 2018" acknowledgements were ceremonially awarded for the most successfully implemented projects in the energy sector in the previous year. At the same time, the experiences of the countries in the region and the EU were be discussed through the participation of relevant representatives of participating countries and the European regions and through the presentations of papers by invited authors on topics "NEW ENERGY TECHNOLOGIES" and "MANAGEMENT OF MARKET RESOURCES AND ENERGY REGULATORY ISSUES". After presentations during all working sessions, panel discussions were opened, which in the final common conclusions provided clear messages on the possible more dynamic sustainable development of the energy sector in Serbia and in the region until 2050.

The second day of the Forum under the co-auspices of the Chamber of Economy of Vojvodina was focused, in particular, on the review of implemented business projects in the country and abroad through thematic sessions "PROJECTS IMPLEMENTED IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY, RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ENERGY MANAGEMENT" and "DOMESTIC AND INTERNATIONAL PARTNERSHIP – PRESENTATION OF NEW TECHNOLOGIES AND OPPORTUNITIES FOR COOPERATION".

By participating at this year's Twelfth Forum "CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE" the participants gave their contribution in creating the vision of the energy future, as well as, in implementing business projects and strengthening mutual relations and energy security of the Republic of Serbia and of the countries in the Southeast Europe.

Respectfully Yours,

Tihomir Simić, PhD
Chairman of the Forum

Ivo Vajgl
Co-Chairman of the Forum

October, 2018

POKROVITELJI FORUMA/*FORUM IS SUPPORTED BY*



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
АУТОНОМНА ПОКРАЈИНА ВОЈВОДИНА
Скупштина АП Војводине



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
АУТОНОМНА ПОКРАЈИНА ВОЈВОДИНА
Покрајинска влада
Покрајински секретаријат за енергетику,
грађевинарство и саобраћај

FORUM ORGANIZUJU/*FORUM IS ORGANIZED BY*



INSTITUTE FOR EUROPEAN AFFAIRS



Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad



BK Tesla d.o.o.

KOORGANIZATORI FORUMA/*COORGANIZERS OF FORUM*



1919
ПРИВРЕДНА КОМОРА ВОЈВОДИНЕ



BK Group



DANA
HOLDINGS



ДРУШТВО ТЕРМИЧАРА СРБИЈЕ

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, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Rade Doroslovački	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Prof. dr Milan Radovanović	Društvo termičara Srbije, Beograd, Srbija/ <i>Society of Thermal Engineers of Serbia, Belgrade, Serbia</i>
Boško Vučurević	Privredna komora Vojvodine, Novi Sad, Srbija/ <i>Chamber of Economy of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Miroslav Kljajić	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, 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>
Vanr. prof. dr Damir Đaković	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Branka Gvozdenac Urošević	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Aleksandar Anđelković	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Dr Jovan Vujičić	Privredna komora Vojvodine, Novi Sad, Srbija/ <i>Chamber of Economy of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>

NAUČNO-STRUČNI ODBOR FORUMA/FORUM SCIENTIFIC AND EXPERT COMMITTEE

Prof. dr Dušan Gvozdenac	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Vanr. prof. dr Velimir Čongradac	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Mirko Stojiljković	Mašinski fakultet, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija/ <i>University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Novi Sad, Serbia</i>
Vanr. prof. dr Damir Đaković	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Siniša Bikić	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Vanr. prof. dr Branka Gvozdenac-Urošević	Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija/ <i>University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i>
Doc. dr Mirjana Stamenić	Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija/ <i>University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Novi Sad, Serbia</i>

PUL FORUMA 2018/2018 FORUM POOL



BK Group – DANA Holdings

Office 165/2, Mstislavtza st. 4, 220114 Minsk, Belarus
+37 51 72 69 32 60; <http://www.dana-holdings.com/>



EPS Distribucija d.o.o.

Masarikova 1-3, 11000 Beograd, Srbija
+381 11 3616 706; <http://www.epsdistribucija.rs/>



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.

Bulevar Zorana Đinđića 64a, 11070 Beograd, Srbija
+381 11 3108 500; <http://www.saga.rs/>



INTEKOM d.o.o.

Španskih boraca 10/8, 11070 Beograd, Srbija
+381 11 311 10 17, sasa.nikolic@intekom.rs



ION Solutions d.o.o.

Heroja Pinkija 3, 21000 Novi Sad, Srbija
+381 21 47 544 24; <http://ionsolutions.net/>



TotalObserver d.o.o.

Bulevar Mihajla Pupina 25, 21000 Novi Sad, Srbija
+381 21 300 11 60; <http://www.totalobserver.com>



VODAVODA d.o.o.

Gornja Toplica bb, 14242 Mionica, Srbija
info@arteska.com; <http://www.vodavoda.com/>



COTTON Novi Sad

Dunavska 3, 21000 Novi Sad, Srbija
+381 21 528 623; <http://www.cotton.rs/>

MEDIJSKI PARTNERI FORUMA 2018/2018 FORUM MEDIA PARTNERS



PTB
РАДИО
ТЕЛЕВИЗИЈА
ВОЈВОДИНЕ



EKOlist



Program/ *Program*

Prvi dan (utorak, 02. oktobar 2018. godine)
Velika sala, Skupština Autonomne Pokrajine Vojvodine,
Ulaz – Banovinski prolaz, 21000 Novi Sad

PLENARNA SESIJA
ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST

8:30 – 9:30	Registracija učesnika
9:30 – 10:30	Svečano otvaranje XII Foruma ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST <i>Uvodna reč – Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma, Novi Sad, Srbija</i> Pozdravna obraćanja <i>Ivo Vajgl; Predsednik za Jugoistočnu Evropu INEA – Institut za evropske poslove, Diseldorf, Nemačka i član Evropskog parlamenta, Brisel, Belgija</i> <i>Ana Brnabić; Predsednik Vlade Republike Srbije, Beograd, Srbija (očekuje se potvrda)</i> <i>Goran Trivan; Ministar zaštite životne sredine u Vladi Republike Srbije, Beograd, Srbija (očekuje se potvrda)</i> <i>Nenad Grbić; Pokrajinski sekretar za energetiku, građevinarstvo i saobraćaj, Novi Sad, Srbija</i> <i>Dejan Popović; Predsednik Saveta Agencije za energetiku Republike Srbije, Beograd, Srbija</i> <i>Rade Doroslovački; Dekan Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija</i> <i>Igor Radojičić; Gradonačelnik Grada Banja Luke, Banja Luka, Bosna i Hercegovina</i> <i>Igor Mirović; Predsednik Pokrajinske vlade Autonomne Pokrajine Vojvodine, Novi Sad, Srbija (očekuje se potvrda)</i> Svečana dodela priznanja „TOP ENERGY“ i svečano otvaranje Foruma <i>Aleksandar Antić; Ministar rudarstva i energetike u Vladi Republike Srbije, Beograd, Srbija</i> Zajednička fotografija (hol Skupštine) Konferencija za medije
10:30 – 11:00	Pauza za kafu

PRVA RADNA SESIJA
ENERGETSKE STRATEGIJE

11:00 – 13:20	SMART CITY CONCEPT – BUDUĆNOST KOJA DOLAZI <i>Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma o čistim energetske tehnologijama, Novi Sad, Srbija</i> STRATEGIJA RAZVOJA ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE <i>Miloš Banjac; Ministarstvo rudarstva i energetike u Vladi Republike Srbije, Beograd, Srbija</i> ODRŽIVI RAZVOJ ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE – REGULATIVA I PERSPEKTIVE <i>Dejan Popović; Savet Agencije za energetiku Republike Srbije, Beograd, Srbija</i> ATLAS ENERGETSKE EFIKASNOSTI JAVNIH ZGRADA AUTONOMNE POKRAJINE VOJVODINE <i>Slavoljub Arsenijević; Pokrajinski sekretarijat za energetiku, građevinarstvo i saobraćaj, Novi Sad, Srbija</i> ENERGETSKI PAMETNI GRADOVI – TRANZICIJA KA NISKOUGLJENIČNIM EKONOMIJAMA <i>Zoran Morvaj; AvantGarde Energy, Bratislava, Slovačka</i> EKO TOPLANE BANJA LUKA <i>Srđan Amidžić; Grad Banja Luka, Banja Luka, Bosna i Hercegovina; Jože Torkar; Petrol d.d., Ljubljana, Slovenija</i> WIND FARM ALIBUNAR – PREZENTACIJA PROJEKTA <i>Ludo Vandervelden; Elicio, Ostend, Belgija</i> Panel diskusija
13:20 – 13:35	Pauza za kafu

DRUGA RADNA SESIJA
ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST

13:35 – 15:00	MINSK WORLD – SMART CITY <i>Petar Petrov; BK DANA Holdings, Minsk, Belorusija</i> IoT PLOVIDBA – KONCEPT PAMETNOG GRADA (IoT – Internet of Things) <i>Milutin Cvetković; SAGA doo, Beograd, Srbija</i> DCS SISTEM BLOKA A1 U TE KOSTOLAC U REALIZACIJI IMP-AUTOMATIKA doo BEOGRAD <i>Vladimir Nerandžić; IMP-Automatika doo, Beograd, Srbija</i> TotalObserver – ASSET MANAGEMENT SOFTWARE U INDUSTRIJI PROIZVODNJE I DISTRIBUCIJE ENERGIJE <i>Željko Kuran; TotalObserver doo, Novi Sad, Srbija</i> Panel diskusija
15:00	Koktel (Poslanički klub Skupštine Vojvodine)

Drugi dan (sreda, 03. oktobar 2018. godine)
Velika sala, Privredna komora Vojvodine,
Hajduk Veljkova 11, 21000 Novi Sad

TREĆA RADNA SESIJA
NAUČNO-STRUČNI RADOVI IZ OBLASTI ENERGETSKE EFIKASNOSTI, OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE I
UPRAVLJANJA ENERGIJOM

9:30 – 10:00	Registracija učesnika
10:00 – 10:05	UVODNO OBRAĆANJE <i>Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma, Novi Sad, Srbija</i>
10:05 – 10:10	POZDRAVNO OBRAĆANJE <i>Boško Vučurević; Predsednik Privredne komore Vojvodine, Novi Sad, Srbija</i>
10:10 – 10:25	UNDP/GEF PROJEKAT: UKLANJANJE PREPREKA ZA PROMOVISANJE I PODRŠKU SISTEMU ENERGETSKOG MENADŽMENTA U OPŠTINAMA U SRBIJI <i>Dragan Urošević; UNDP, Beograd, Srbija</i>
10:25 – 10:40	UNDP PROJEKAT: SMANJENJE BARIJERA ZA UBRZANI RAZVOJ TRŽIŠTA BIOMASE U SRBIJI <i>Dragan Stefanović; UNDP, Beograd, Srbija</i>
10:40 – 10:55	PRIHOD OD ENERGETSKIH RESURSA I KVALITET ŽIVOTA GRAĐANA <i>Mirjana Radovanović, Bojana Vasić, Olga Mirković-Isaeva; Fakultet za studije bezbednosti, Univerzitet EDUCONS, Sremska Kamenica, Srbija</i>
10:55 – 11:10	UTICAJ DEMOGRAFSKIH PROCESA NA DUGOROČNU PROGNOZU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SRBIJI DO 2050. GODINE <i>Goran Vasić; Garancijski fond AP Vojvodine, Novi Sad, Srbija</i>
11:10 – 11:25	UTICAJ SISTEMA TEHNIČKE ZAŠTITE NA ENERGETSKU EFIKASNOST ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA <i>Slavko Dubačkić, ODS „EPS Distribucija“ doo, Beograd, Srbija; Aleksandar Bošković, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija</i>
11:25 – 11:40	SMANJENJE ODAVANJA UGLJEN-DIOKSIDA U DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE <i>Ratko Rogan, Milica Porobić, Aleksandar Bošković, Miroslav Radosavljev; ODS „EPS Distribucija“ doo, Novi Sad, Srbija</i>
11:40 – 11:55	Pauza za kafu
11:55 – 12:10	SUBOTICA: ENERGETSKI PLAN ODRŽIVE ENERGETIKE <i>Ilija Batas Bjelić; Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija</i>
12:10 – 12:25	KONVEKTIVNO SUŠENJE ORAHA KORIŠĆENJEM SOLARNE ENERGIJE – STUDIJA SLUČAJA ZA REGION VOJVODINE <i>Đorđije Doder, Damir Đaković; Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija</i>
12:25 – 12:40	UOPŠTENI MATEMATIČKI MODEL TOPLOTNOG PONAŠANJA ZGRADE <i>Sladana Lazarević, Velimir Čongradac; Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija</i>
12:40 – 12:55	UTICAJ TROŠKOVNO-OPTIMALNIH MERA ENERGETSKE EFIKASNOSTI STAMBENIH OBJEKATA NA ŽIVOTNU SREDINU <i>Mirko Stojiljković, Goran Vučković, Marko Ignjatović, Mladen Stojiljković; Mašinski fakultet, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija</i>
12:55 – 13:10	GASNI MOTORI U INDUSTRIJSKIM POSTROJENJIMA ZA SPREGNUTU PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE I TOPLOTE <i>Goran Jankes, Mirjana Stamenić, Nikola Tanasić, Tomislav Simonović; Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija</i>
13:10 – 13:25	Pauza za kafu

ČETVRTA RADNA SESIJA
IEE GROUP – PREZENTACIJA TEHNIČKIH REŠENJA PROJEKTA U BANJA LUCI

13:25 – 14:25	Prezentacije IEE Group
---------------	-------------------------------

PETA RADNA SESIJA
ENERGETSKA TRANZICIJA REPUBLIKE SRBIJE

14:25 – 15:10	Ilija Batas Bjelić, FONDACIJA SDEWES i učesnici tribine: <i>Branka Gvozdenac-Urošević, Rade Ćirić, Milan Simurdić, Zvezdan Kalmar</i>
---------------	---

ZATVARANJE XI FORUMA

15:10 – 15:30	Predlog zaključaka XII Foruma i svečano zatvaranje skupa <i>Tihomir Simić; Predsedavajući Foruma o čistim energetske tehnologijama, Novi Sad, Srbija</i>
15:30	Koktel

First day (Tuesday, 2nd October 2018)
Great Hall, Assembly of the Autonomous Province of Vojvodina,
Entrance - Banovinski prolaz, 21000 Novi Sad

PLENARY SESSION	
"CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE"	
8:30 – 9:30	Registration of the participants
9:30 – 10:30	<p>Ceremonial opening of the XII Forum CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE</p> <p><i>Introductory Speech – Tihomir Simić; Chairman of the Forum, Novi Sad, Serbia</i></p> <p><i>Welcome Speeches</i></p> <p>Ivo Vajgl; <i>President of the Institute for European Affairs (INEA) for Southeast Europe, Dusseldorf, Germany and the Member of the European Parliament, Brussels, Belgium</i></p> <p>Ana Brnabić; <i>Prime Minister of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia (TBC)</i></p> <p>Goran Trivan; <i>Minister of Environmental Protection in the Government of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia (TBC)</i></p> <p>Nenad Grbić; <i>Provincial Secretary for Energy, Construction and Transport, Novi Sad, Serbia</i></p> <p>Dejan Popović; <i>President of the Council of the Energy Agency of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia</i></p> <p>Rade Doroslovački; <i>Dean of the Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia</i></p> <p>Igor Radojičić; <i>Mayor of the City of Banja Luka, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina</i></p> <p>Igor Mirović; <i>President of the Provincial Government of the Autonomous Province of Vojvodina, Novi Sad, Serbia (TBC)</i></p> <p><i>"TOP ENERGY" Award Ceremony and Opening of the Forum</i></p> <p>Aleksandar Antić; <i>Minister of Mining and Energy in the Government of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia</i></p> <p>Joint photograph (Hall of the Assembly)</p> <p>Press conference</p>
10:30 – 11:00	Coffee break
FIRST WORKING SESSION	
ENERGY STRATEGIES	
11:00 – 13:20	<p>SMART CITY CONCEPT – INCOMING FUTURE</p> <p><i>Tihomir Simić; Chairman of the Forum for Clean Energy Technologies, Novi Sad, Serbia</i></p> <p>STRATEGY OF ENERGY DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA</p> <p><i>Representative of the Ministry of Mining and Energy in the Government of the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia</i></p> <p>SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY OF THE REPUBLIC OF SERBIA – REGULATIONS AND PERSPECTIVES</p> <p><i>Deja Popović, Belgrade, Serbia</i></p> <p>ENERGY EFFICIENCY ATLAS OF PUBLIC BUILDINGS OF THE AUTONOMOUS PROVINCE OF VOJVODINA</p> <p><i>Slavoljub Arsenijević, Provincial Secretariat for Energy, Construction and Transport, Novi Sad, Serbia</i></p> <p>SMART ENERGY CITIES – TRANSITION TOWARDS A LOW CARBON ECONOMY</p> <p><i>Zoran Morvaj; AvantGarde Energy, Bratislava, Slovakia</i></p> <p>ECO THERMAL POWER PLANTS BANJA LUKA</p> <p><i>Srdan Amidžić, City of Banja Luka, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina; Jože Torkar, Petrol d.d., Ljubljana, Slovenia</i></p> <p>WIND FARM ALIBUNAR – PROJECT PRESENTATION</p> <p><i>Ludo Vandervelden; Elicio, Ostend, Belgium</i></p> <p>Panel discussion</p>
13.20 – 13.35	Coffee break
SECOND WORKING SESSION	
CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE	
13:35 – 15:00	<p>MINSK WORLD – SMART CITY</p> <p><i>Petar Petrov; BK DANA Holdings, Minsk, Belarus</i></p> <p>IoT CRUISING – SMART CITY CONCEPT (IoT – Internet of Things)</p> <p><i>Milutin Cvetković; SAGA Ltd, Belgrade, Serbia</i></p> <p>DCS SYSTEM OF BLOCK A1 IN TPP KOSTOLAC IMPLEMENTED BY IMP-AUTOMATIKA Ltd. BELGRADE</p> <p><i>Vladimir Nerandžić, IMP-Automatika Ltd, Belgrade, Serbia</i></p> <p>TotalObserver – ASSET MANAGEMENT SOFTWARE IN POWER GENERATION AND DISTRIBUTION INDUSTRY</p> <p><i>Željko Kuran; TotalObserver Ltd, Novi Sad, Serbia</i></p> <p>Panel discussion</p>
15:00	Cocktail (Parliamentary Club of the Assembly of Vojvodina)

Second day (Wednesday, 3rd October 2018)
Grand Hall, Chamber of Commerce of Vojvodina,
11, Hajduk Veljkova Street, 21000 Novi Sad

THIRD WORKING SESSION
SCIENTIFIC-TECHNICAL WORKS ON ENERGY EFFICIENCY, RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ENERGY MANAGEMENT

9:30 – 10:00	Registration of participants
10:00 – 10:05	INTRODUCTORY SPEECH <i>Tihomir Simić; Chairman of the Forum, Novi Sad, Serbia</i>
10:05 – 10:10	WELCOME SPEECH <i>Boško Vučurević; President of the Chamber of Economy of Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
10:10 – 10:25	UNDP/GEF PROJECT: REMOVING BARRIERS TO PROMOTE AND SUPPORT ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IN MUNICIPALITIES THROUGHOUT SERBIA <i>Dragan Urošević; UNDP, Belgrade, Serbia</i>
10:25 – 10:40	UNDP PROJECT: REDUCING BARRIERS TO ACCELERATE THE DEVELOPMENT OF BIOMASS MARKETS IN SERBIA <i>Dragan Stefanović; UNDP, Belgrade, Serbia</i>
10:40 – 10:55	ENERGY SOURCES INCOME AND QUALITY OF LIFE OF CITIZENS <i>Mirjana Radovanović, Bojana Vasić, Olga Mirković-Isaeva; Faculty of Security Studies, EDUCONS University, Sremska Kamenica, Serbia</i>
10:55 – 11:10	THE INFLUENCE OF DEMOGRAPHIC PROCESSES ON THE LONG TERM FORECAST OF ELECTRICITY CONSUMPTION IN SERBIA BY 2050 <i>Goran Vasić; Guarantee Fund of AP Vojvodina, Novi Sad, Serbia</i>
11:10 – 11:25	THE IMPACT OF TECHNICAL PROTECTION SYSTEM ON ENERGY EFFICIENCY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM <i>Slavko Dubačkić, DSO "EPS Distribucija" Ltd, Belgrade, Serbia; Aleksandar Bošković, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
11:25 – 11:40	REDUCTION OF CARBON-DIOXIDE EMISSIONS IN POWER DISTRIBUTION <i>Ratko Rogan, Milica Porobić, Aleksandar Bošković, Miroslav Radosavljev; DSO "EPS Distribucija" Ltd, Novi Sad, Serbia</i>
11:40 – 11:55	Coffee break
11:55 – 12:10	SUBOTICA: SUSTAINABLE ENERGY PLAN <i>Ilija Batas Bjelić; Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia</i>
12:10 – 12:25	CONVECTIVE DRYING OF WALNUTS USING SOLAR ENERGY - CASE STUDY FOR VOJVODINA REGION <i>Đorđije Doder, Damir Đaković; Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
12:25 – 12:40	COMPREHENSIVE MATHEMATICAL MODEL OF BUILDING THERMAL BEHAVIOR <i>Slađana Lazarević, Velimir Čongradac; Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia</i>
12:40 – 12:55	ENVIRONMENTAL IMPACT OF COST-OPTIMAL ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN RESIDENTIAL BUILDINGS <i>Mirko Stojiljković, Goran Vučković, Marko Ignjatović, Mladen Stojiljković; Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš, Niš, Serbia</i>
12:55 – 13:10	GAS RECIPROCATING ENGINES IN INDUSTRIAL CO-GENERATION PLANTS <i>Goran Jankes, Mirjana Stamenić, Nikola Tanasić, Tomislav Simonović; Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia</i>
13:10 – 13:25	Coffee break
FOURTH WORKING SESSION	
IEE GROUP – PRESENTATION OF TECHNICAL SOLUTIONS OF THE PROJECT IN BANJA LUKA	
13:25 – 14:25	<i>Presentations of the IEE Group</i>
FIFTH WORKING SESSION	
ENERGY TRANSITION OF THE REPUBLIC OF SERBIA	
14:25 – 15:10	<i>Ilija Batas Bjelić, SDEWES FOUNDATION and panel participants: Branka Gvozdenac-Urošević, Rade Ćirić, Milan Simurdić, Zvezdan Kalmar</i>
CLOSING OF THE XII FORUM	
15:10 – 15:30	<i>Proposals of the Conclusions of the XII Forum and the closing ceremony Tihomir Simić; Chairman of the Forum for Clean Energy Technologies, Novi Sad, Serbia</i>
15:30	<i>Cocktail</i>

**Urednici Zbornika proširenih apstrakata/
Editors of Extended Abstracts Proceedings:**



Vanr. prof. dr Damir Đaković
Assoc. Prof. Dr. Damir Đaković



Prof. dr Dušan Gvozdenac
Prof. Dr. Dušan Gvozdenac

**XII MEĐUNARODNI FORUM O ČISTIM ENERGETSKIM TEHNOLOGIJAMA
„ČISTA ENERGIJA ZA PAMETNU BUDUĆNOST“ 02-03.10.2018. Novi Sad
Zbornik proširenih apstrakata (CD)**

**XII INTERNATIONAL FORUM FOR CLEAN ENERGY TECHNOLOGIES
"CLEAN ENERGY FOR SMART FUTURE" 02-03 October, 2018; Novi Sad
Extended Abstracts Proceedings (CD)**

PROŠIRENI APSTRAKTI EXTENDED ABSTRACTS



PRIHOD OD ENERGETSKIH RESURSA I KVALITET ŽIVOTA GRAĐANA

Mirjana T. RADOVANOVIĆ, Bojana D. VASIĆ, Olga Y. MIRKOVIĆ-ISAIEVA*

Fakultet za studije bezbednosti, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica, SRBIJA

Upravljanje energetske resursima se često posmatra kao jasno definisan proces, a zemlje bogate energetske resursima imaju značajnu poziciju na svetskoj geopolitičkoj sceni. Osim kao element trgovine, energenti često služe kao podloga za sticanje određene pregovaračke pozicije u međunarodnim odnosima, uz nedvosmisleni pretpostavku da će se ovakav trend nastaviti u budućnosti. Mnogo manju pažnju svetske naučne i stručne javnosti zauzima pitanje uticaja bogatstva u energetske resursima na ekonomski razvoj zemlje koja ih poseduje, a pogotovo na socijalni položaj i kvalitet života građana u navedenim zemljama. Osnovni cilj ovog rada je analiza povezanosti bogatstva u energetske i mineralnim resursima i dobrobiti građana, pri čemu je kao osnovna varijabla korišćen Indeks humanog razvoja. Uzorak čini 36 zemalja, koje su podeljene u četiri grupe (u zavisnosti od stepena bogatstva u energetske resursima), uključujući i podatak u bogatstvu u retkim mineralnim resursima, koji služe ili će služiti kao sirovina u proizvodnji energetske efikasne tehnologije). Rezultati istraživanja pokazuju da ne postoji očekivana povezanost prihoda od resursa i kvaliteta života građana, čak i u slučajevima visokih prihoda od prodaje resursa.

Ključne reči: *energetsko bogatstvo; retki mineralni resursi; kvalitet života*

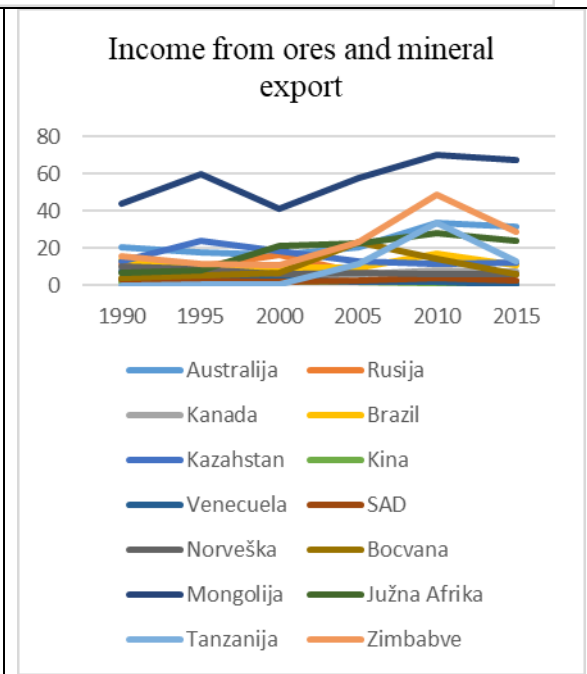
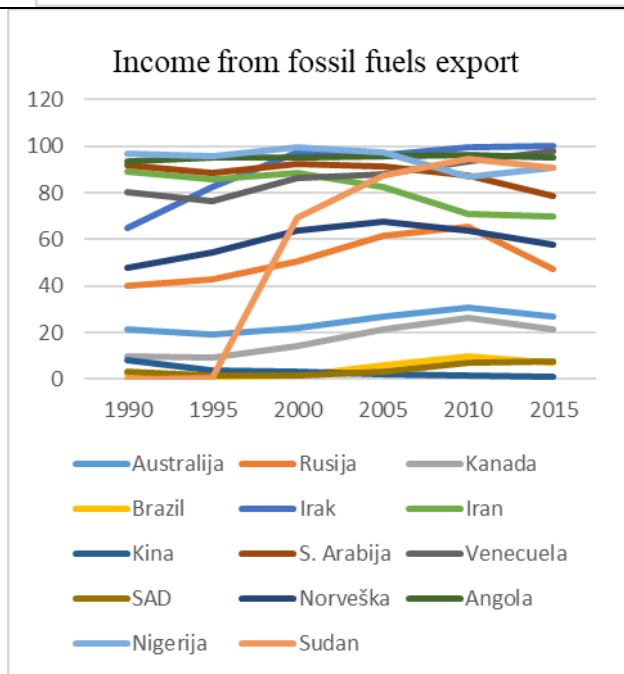
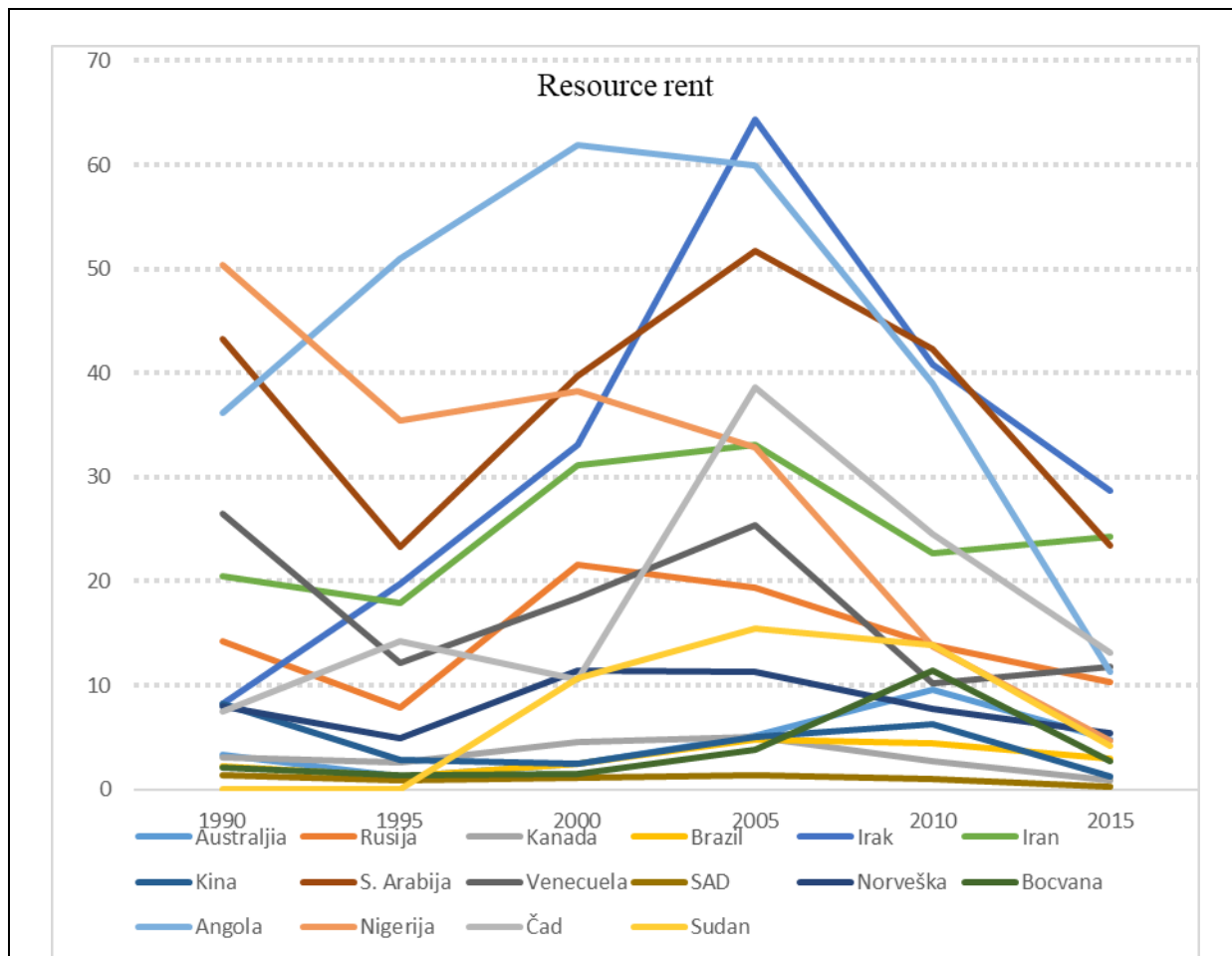
1. Uvod

Zemlje bogate energetske resursima su razvile sopstvene energetske politike, koje se često prepliću sa geopolitičkim kretanjima, pri čemu je kvalitet života građana u njima različit. Specifični fenomen resursnog prokletstva, koji pretpostavlja da zemlje bogate resursima nisu u stanju da implementiraju adekvatni ekonomski razvoj, a posledično, da obezbede proporcionalan kvalitet života svojih građana. Ovo istraživanje pokazuje da je navedeno tačno samo u slučaju zemalja u kojima je visok stepen korupcije i gde postoji snažan uticaj internacionalnih kompanija [Bulte i Damania, 2008; Auty, 1993]. Osim konvencionalnih energetske resursa (sirova nafta, prirodni gas i ugljen), rad uzima u obzir i bogatstvo u retkim mineralima [van der Ploeg, 2011].

2. ISTRAŽIVANJE I DISKUSIJA

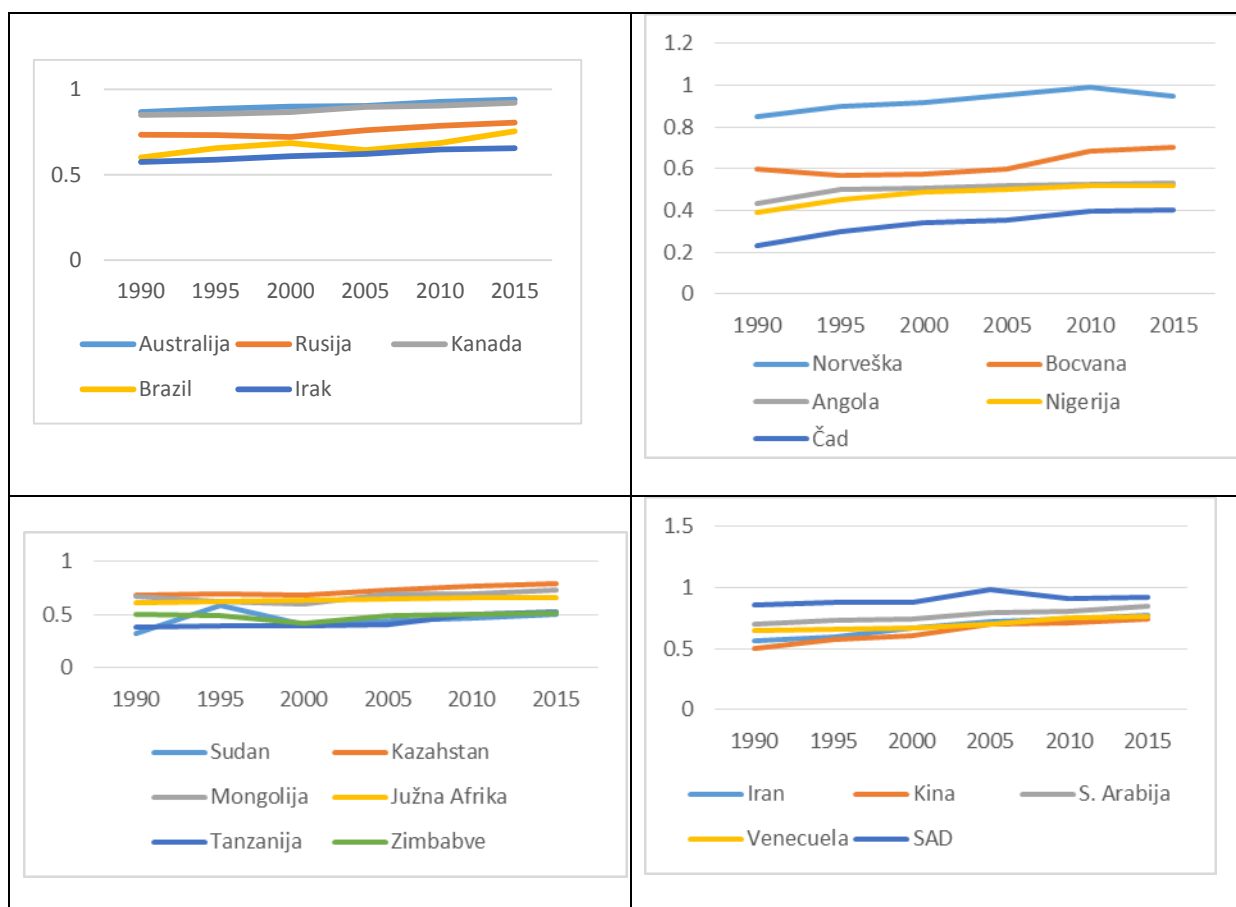
Prihod od bogatstva u prirodnim resursima, koji ulazi u sastav BDP može biti od 0 do 100 [Popova, 2015; Hodler, 2006; Frankel, 2012; Frankel 2010; Jensen i Wantchekon, 2004] – sl.1.

*Autor za korespondenciju, email: mirjana4444@gmail.com



Slika 1. Prihod od resurnog bogatstva [UNDP, Human Development Reports]

Postoje brojne metodologije za merenje kvaliteta života [Mlachila i Ouedraogo, 2017]. Za potrebe ovog rada, korišćen je Indeks humanog ravoja, čije vrednosti u odabranim zemljama u period od 1995 do 2015 su prikazane na sl. 2 [UNDP, Human Development Reports].



Slika 2. Human Development Index u odabranim zemljama (1995 – 2015). Izvor: Kalkulacija autora, zasnovana na UNDP podacima.

3. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja pokazuju da je najveći stepen neusklađenosti između bogatstva u resursima i kvaliteta života građana zabeležen u zemljama Subsaharske Afrike. Iraku, Iranu, Angoli i Venecueli. U većini zemalja nema značajne povezanosti između promena pokazatelja resursnog bogatstva sa promenom stepena kvaliteta života građana u periodu od 1995 do 2015 godine. Imajući u vidu navedeno, može se zaključiti da upravljanje energetske resursima nema za cilj unapređenje kvaliteta života građana, odnosno, navedeno je samo sporedna posledica, a u mnogim zemljama bogatim resursima građani žive na granici siromaštva. Upravljanje resursima je primarno sredstvo za sticanje bogatstva kompanija i geopolitičke moći.

Reference

- [1] Bulte, E., Damania, R., Resources for Sale: Corruption, Democracy and the Natural Resource Curse, *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 8(1), Published Online: 2008-02-13.
- [2] Auty, R., *Sustaining Development and Mineral Economies: The Resource Curse Thesis*, Oxford University Press, New York, 1993.
- [3] Van der Ploeg, F., Natural Resources: Curse or Blessing? *Journal of Economic Literature*, 49(2) (2011) , pp. 366-420
- [4] Popova, O.V. , Political aspects of the resources curse, *Proceedings of Saint Petersburg State University*, Russian Federation, 2015, 2, pp. 26-38
- [5] Hodler, R. , The curse of natural resources in fractionalized countries, *European Economic Review*, 50(6)(2006), pp. 1367–1386
- [6] Frankel, J.A. , The Natural Resource Curse: A Survey of Diagnoses and Some Prescriptions. HKS Faculty Research Working Paper Series RWP12-014, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 2012
- [7] Frankel, J.A. , The Natural Resource Curse: A Survey. NBER Working Paper No. 15836, USA), 2010
- [8] Jensen N, Wantchekon L., Resource Wealth and Political Regimes in Africa, *Comparative Political Studies* 37(9)(2004) pp. 816–841
- [9] Mlachila, M., Ouedraogo, R., Financial Resource Curse in Resource-Rich Countries, IMF Working paper No. WPIEA2017163. , 2017
- [10] UNDP, Human Development Reports, <https://www.worldbank.org/en/research>, (pristupljeno 18.05.2018.)
- [11] UNDP, Human Development Reports, <http://hdr.undp.org/en> (pristupljeno 18.05.2018.)

ENERGY SOURCES INCOME AND QUALITY OF LIFE OF CITIZENS

*Mirjana T. RADOVANOVIĆ**, *Bojana D. VASIĆ*, *Olga Y. MIRKOVIĆ-ISAIEVA*

Fakultet za studije bezbednosti, Univerzitet Educons, Sremska Kamenica, SRBIJA

Energy resources managements is often views as clearly defined process, while countries rich is energy sources has significant position at the global geopolitical scene. Besides as trading element, energy is often serving as a base for certain negotiation positions in the international relations, with undisputable precognition that this trend is going to proceed in the future. Significantly, lesser importance of global scientific scene and policy makers is given to the impact of richness in energy sources on economic development of certain country, which owns them, and especially on social status and quality of life of the citizens in named countries. The main objective of this paper is analysis of relationship between richness in energy and mineral resources and human wellbeing, while Human Development Index has been used as basic variable. Sample consists of 36 countries, divided in four groups (depends of level of richness in energy sources, including the data on richness in rare minerals, which are or will be used as raw material for production of energy efficient technologies). Results of the research showed that there is no expected relationship between given sources income and quality of life of the citizens, even in cases when income of resources trade is very high.

Keywords: *energy richness; rare mineral sources; quality of life*

1. Uvod

Energy rich countries are developed own energy policies, which are often connected with geopolitical issues, while quality of life of citizens in these countries varies. Specific phenomenon of resources curse, which assumes that countries rich in resources are not able to implement adequate economic development, and, consequently, to provide proportionally quality of life of its citizens. This research showed that this is correct only in case of the countries where high level of corruption is present, together with strong involvement of international companies [Bulte i Damania, 2008; Auty, 1993].

Besides conventional energy resources (crude oil, natural gas and coal), manuscript is taking in to account richness in rare minerals as well [van der Ploeg, 2011]. Namely, with emphasis given on energy efficiency, demand is rising for rare minerals, which are base for production of photovoltaics, wind energy magnets and generators, batteries and energy storages for electricity vehicles and LED.

2. RESEARCH AND DISCUSSION

Revenue from wealth in natural resources, which is a part of GDP, can be from 0 to 100 [Popova, 2015; Hodler, 2006; Frankel, 2012; Frankel, 2010; Jensen and Wantchekon, 2004] - Fig. 1.

*Corresponding authors, email: mirjana4444@gmail.com

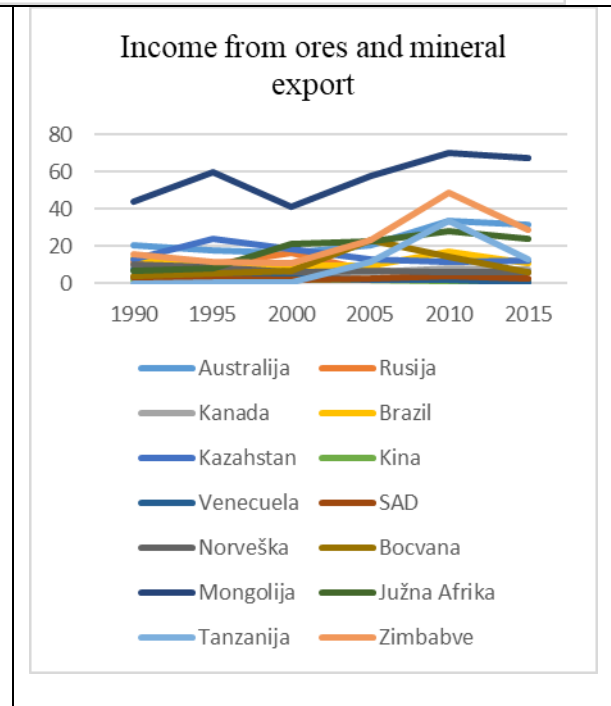
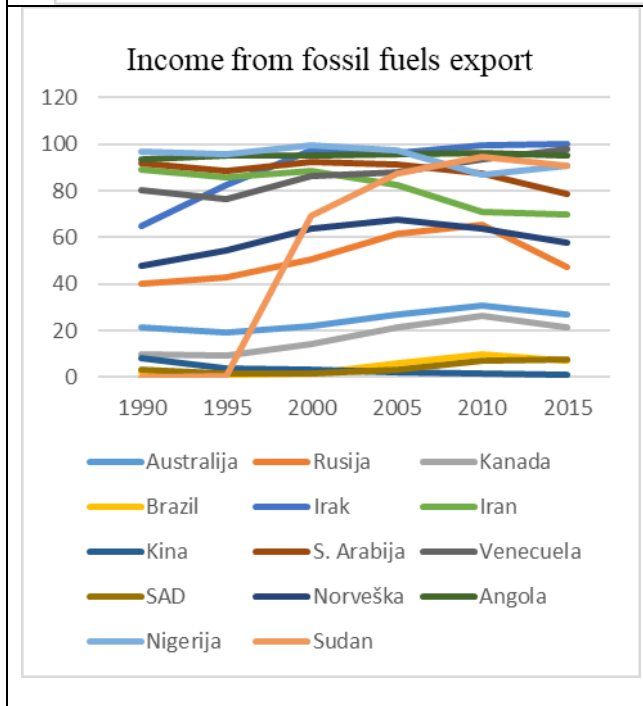
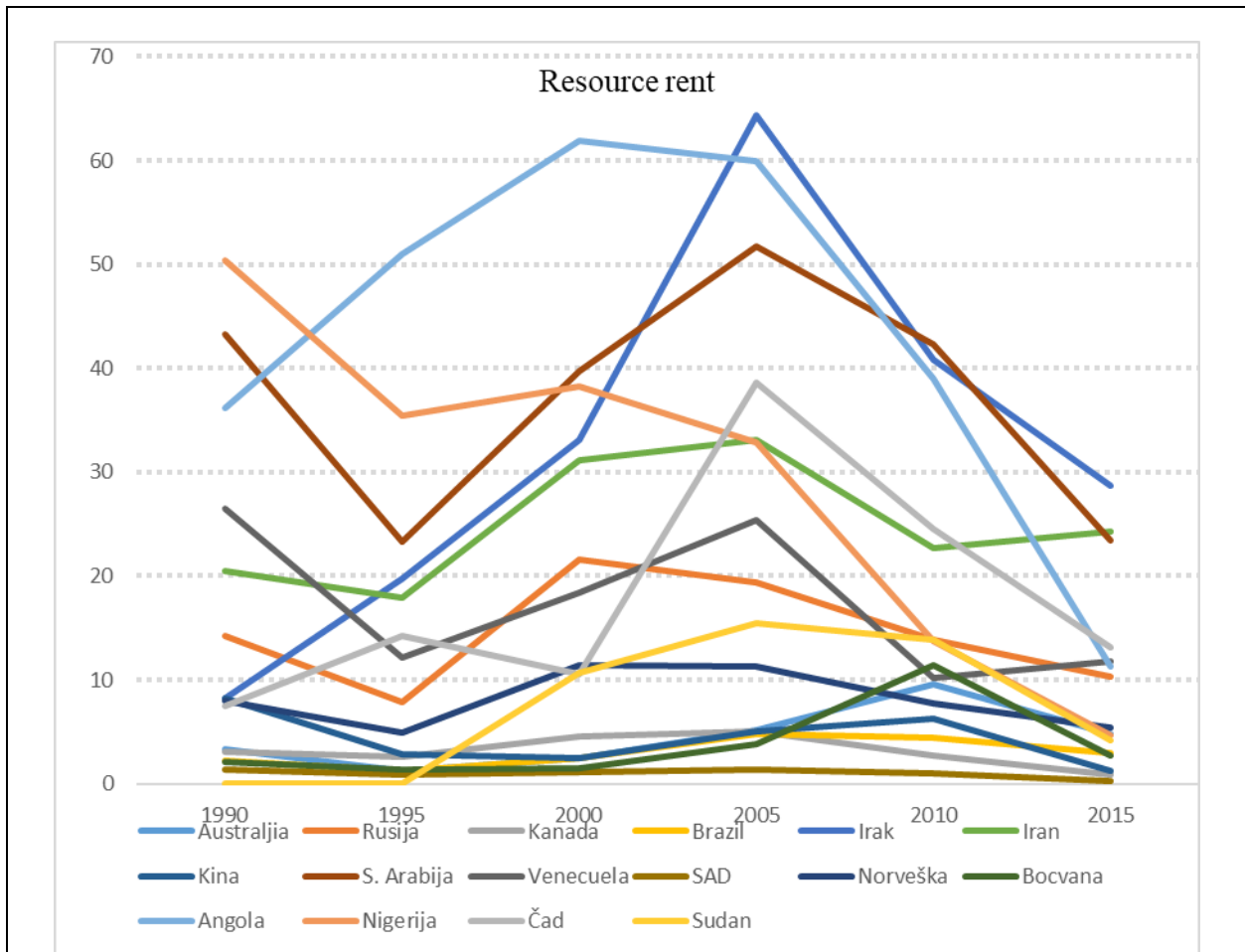


Figure 1. Income from resources wealth [UNDP, Human Development Reports]

There are numerous methodologies for quality of life measurement [Mlachila i Ouedraogo, 2017]). For the purpose of this research, *Human Development Index* has been used, whose values in chosen countries in period between 1995 and 2015 are shown in the Fig. 2.

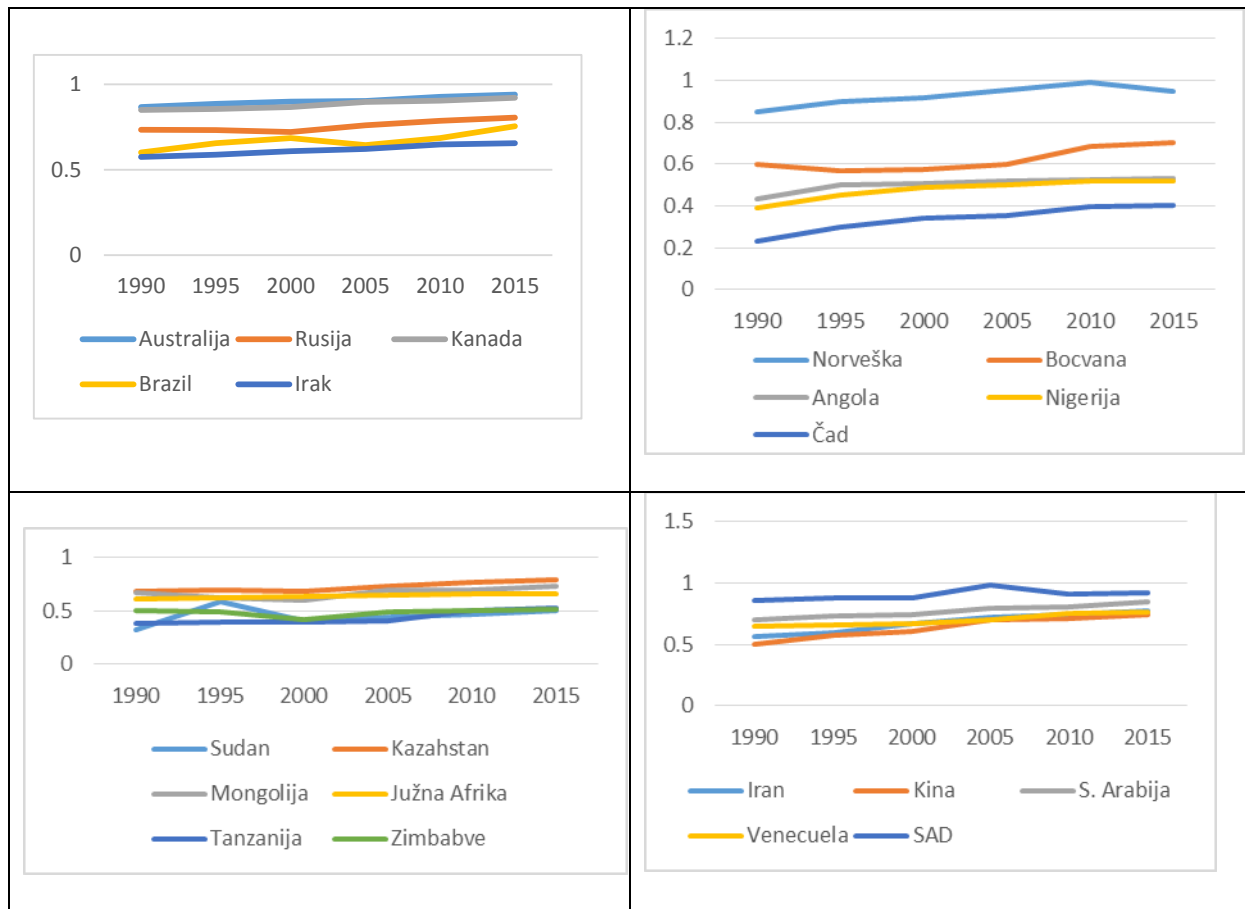


Figure 2. Human Development Index in chosen countries (1995 – 2015). Source: Authors' calculation, based on [UNDP, Human Development Reports]

3. CONCLUSIONS

Results of the research are showing that highest level of nonadjustments between richness in resources and quality of life of the citizens is noted on countries of Sub-Saharan Africa, Iraq, Iran Angola and Venezuela. In most of countries, there is no significant relationship between indicators of resources richness and change in quality of life in period between 1995 and 2015. Having that in mind, it can be concluded that management of energy resources has no primary goal in improvement of human wellbeing, moreover, it is only the casuality, while in some countries rich in resources citizens are living at the edge of povert. Resources management is primarilly mean for gaining profits for the companies and geopolitical power.

Reference

[1] Bulte, E., Damania, R. , Resources for Sale: Corruption, Democracy and the Natural Resource Curse, *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 8(1), Published Online: 2008-02-13.

- [2] Auty, R. , *Sustaining Development and Mineral Economies: The Resource Curse Thesis* (Oxford University Press, New York), 1993
- [3] Van der Ploeg, F. , Natural Resources: Curse or Blessing? *Journal of Economic Literature*, 49(2) (2011) pp. 366-420.
- [4] Popova, O.V. , Political aspects of the resources curse, *Proceedings of Saint Petersburg State University*, Russian Federation, 2015, 2, pp. 26-38
- [5] Hodler, R. , The curse of natural resources in fractionalized countries, *European Economic Review*, 50(6) , (2006), pp. 1367–1386
- [6] Frankel, J.A. , The Natural Resource Curse: A Survey of Diagnoses and Some Prescriptions. HKS Faculty Research Working Paper Series RWP12-014, John F. Kennedy School of Government, Harvard University, 2012
- [7] Frankel, J.A. , The Natural Resource Curse: A Survey. NBER Working Paper No. 15836, USA), 2010
- [8] Jensen N, Wantchekon L. , Resource Wealth and Political Regimes in Africa, *Comparative Political Studies* 37(9) (2004), pp. 816–841
- [9] Mlachila, M., Ouedraogo, R. , Financial Resource Curse in Resource-Rich Countries, IMF Working paper No. WPIEA2017163, 2017
- [10] World Bank, Reports, 1990 – 2015, <https://www.worldbank.org/en/research>, (accessed on 18.05.2018.)
- [11] UNDP, Human Development Reports, <http://hdr.undp.org/en> (accessed on 18.05.2018.)

UTICAJ DEMOGRAFSKIH PROCESA NA DUGOROČNU PROGNOZU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SRBIJI DO 2050. GODINE

Goran M. VASIĆ*

Garancijski fond AP Vojvodine, Novi Sad, Srbija

Mogućnost predviđanja budućih energetske potreba predstavlja esencijalni deo ukupnog nacionalnog planiranja. Sistemi koji obezbeđuju pouzdano i efikasno snabdevanje energijom obično zahtevaju velike kapitalne investicije i prati ih dugačko vreme pripreme, kompleksna realizacije, a nakon toga relativno dugačak vek eksploatacije. Društvo i ekonomija u Srbiji se nalaze pod uticajem velikih promena koje se reflektuju i na energetske planiranje. Demografski procesu u region ex-Jugoslavije ukazuju na očekivani veliki pad populacije sa 21,20 na 17,61 miliona stanovnika u vremenskom rasponu od 2015. do 2055. godine. Pored toga može se očekivati da će učešće populacije starije od 60 godina u prognoziranom periodu porasti sa 16,3% do 28,64%, što će predstavljati snažni limitirajući faktor za ekonomiju Srbije. Region Zapadnog Balkana je prošao kroz veoma dramatičan i traumatičan period dekompozicije Jugoslavije praćen ratnim dešavanjima. Ovi istorijski procesi koji su se odvijali tokom 1990-tih godina su se odrazili na obim i pouzdanost statističkih podataka. Ovaj rad ukazuje na izazove i ograničenja na koje je potrebno obratiti pažnju prilikom definisanja budućeg dugoročnog modela za prognozu potrošnje električne energije i prezentira prve rezultate sa vremenskim horizontom do 2055. godine.

Ključne reči: *energetsko planiranje; demografski proces; Srbija*

1. Uvod

Tradicionalno planiranje snabdevanja električnom energijom bazira se na proširenju proizvodnih kapaciteta kako bi se izašlo u susret pretpostavljenom rastu potreba, a da se u isto vreme vodi računa o minimizaciji pratećih troškova. Obezbeđivanje pouzdanog snabdevanja energijom i klimatske promene se svrstavaju u najveće izazove sa kojim se suočava savremeno društvo. Uobičajeni vremenski period koji se primenjuje u tradicionalnim modelima podrazumeva planiranje na bazi vremenske serije podataka sa horizontom od 10 do 40 godina [1]. Taj zahtev je teško ispuniti kada se posmatra u svetlu pouzdanih statističkih podataka koji su dostupni za prostor Srbije. Metodologija za pripremu energetske bilansa koja je sada u primeni usklađena je sa međunarodnim standardima IEA/OECD i Eurostat (Principles and methods of energy balance sheets – Series E: Methods – Catalogue No CA-49-87-785-EN-C). Energetski bilan za 2004. godinu (električna energija, toplotna energija i uglj) je prvi statistički dokument koji je pripremljen u skladu sa prethodno navedenim standardima. World Bank operiše sa podacima o potrošnji električne energije u Srbiji koji su datirani u nešto dužem vremenskom razmaku od 1990. do 2014. godine [2]. Može se zaključiti da su samim tim izazovi u selektovanju metodologije i profila modela za predviđanje veći jer je potrebno da on obezbedi izlazne podatke za veoma dugačak vremenski period od 2017. do 2055. godine.

*Autor za korespondenciju, email: goran.vasic@garfond.rs

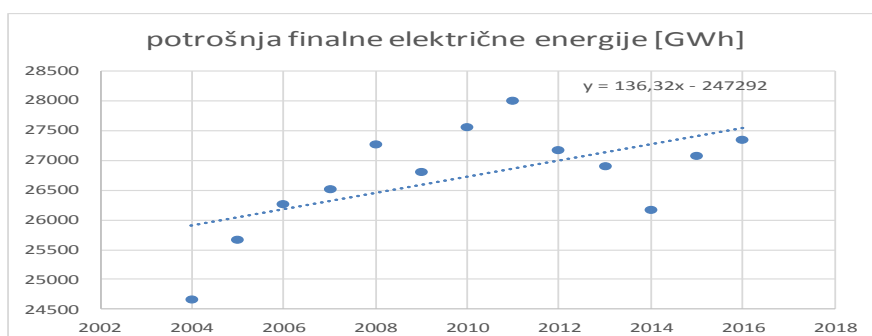
2. Demografski procesi u Srbiji do 2055. godine

Demografski procesi u regionu ex-Jugoslavije su predmet studije koja je prezentovana na Konferenciji EPIC 2016 – „Demografske promene i implikacija na politike“, koja je rezultat rada Instituta društvenih nauka iz Beograda [3]. Projekcioni model [4] koji je korišten u studiji je razvijen u odeljenju UN za populaciju i baziran je na poslednjim teoretskih dostignućima koja se bave demografskom tranzicijom. Rad ukazuje na različite dinamike demografskih procesa u subregionima koji se načelno poklapaju sa teritorijama država nastalih raspadom Jugoslavije. Prvu grupu čine subregioni koje karakteriše smanjenje populacije u umerenim okvirima gde spadaju: Slovenija (-1,5%), Makedoniji (-7,8%) i Crna Gora (-8,2%). Sa druge strane značajno opadanje broja stanovnika se očekuje u Vojvodini (-31,7%), Centralnoj Srbiji (-27,2%), Bosni i Hercegovini (-22,0%) i Hrvatskoj (-18,9%). Smanjenje populacije može voditi u poteškoće oko obezbeđivanja potrebnog kontingenta radne snage, što može biti jak limitirajući faktor za već poslovično slabu ekonomiju u Srbiji. Naročito zabrinjavaju očekivane strukturne promene u populaciji koje će se reflektovati na povećano učešće osoba starijih od 60 godina u ukupnom kontingentu sa 16,3% na 28,64% u prognoziranom periodu.

3. Procena potrošnje finalne električne energije u Srbiji do 2055. godine

Model za prognoziranje određenih procesa može se sastojati od projekcije ili predviđanja trendova ili može predstavljati kombinaciju ova dva pristupa. Projekcija je jednostavno ekstrapolacija prošlog trenda. Trend može biti linearan ili nelinearan, i može biti baziran na dugačkim ili kratkim vremenskim serijama veličina observiranih u prošlosti. U odabiru dužine vremenske serije suočavamo se sa različitim protivrečnostima. Jedna od njih je pojava da se sa odabirom što duže vremenske serije povećava verovatnoća da najranija opažanja, i od sadašnjeg trenutka najudaljenijač imaju velika odstupanja od osnovnih relacija koje proučavamo. Drugi paradoks se ogleda u činjenica da što je vremenska serija kraća proporcionalno se smanjuje statistička verovatnoća predviđanja ponašanja trenda.

Klasična reprezentacija finalne potrošnje električne energije jedne države predstavlja sumu četiri sektora (domaćinstvo, usluge, industrija i transport) [5]. Na osnovu dostupnih podataka objavljenih u energetske bilansima Srbije u periodu od 2004. do 2016. godine [6] moguće je metodom najmanjih kvadrata odrediti trend porasta finalne potrošnje električne energije kao što je prikazano (sl. 1).

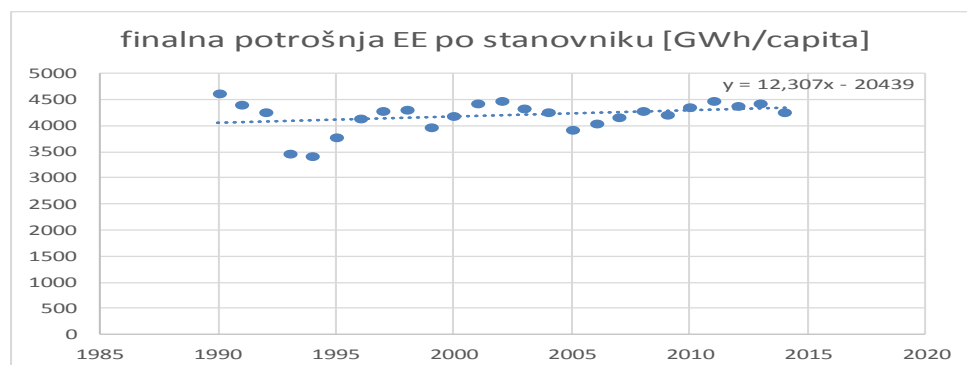


Slika 1. Potrošnja finalne električne energije u Srbiji od 2004. do 2016. godine

Na osnovu trenda koji je kalkulisan iz ove vremenske serije moguće je proračunati očekivani porast potrošnje električne energije u budućim vremenskim razmacima prikazanim u tabeli (tab 1.). Na osnovu ove linearne ekstrapolacije možemo pretpostaviti da će 2055. godine za potrebe stanovništva i normalno funkcionisanje privrede u Srbiji biti neophodno obezbediti 32.854,12 GWh električne energije, što predstavlja povećanje od 20,2% u odnosu na finalnu potrošnju zabeleženu 2016. godine.

Prikazani uticaj demografske dinamike jasno ukazuje na očekivano smanjenje stanovništva Srbije i zahteva opservaciju ovog fenomena u svetlu finalne potrošnje električne energije po stanovniku. Ovaj

pristup obezbeđuje realnije progniziranje ukupnih budućih potreba za električnom energijom. Na osnovu podataka World bank moguće je uočiti odgovarajući trend primenom identičnog metoda regresione analize – odnosno metodom najmanjih kvadrata (sl. 2). Pod pretpostavkom da će buduća potrošnja električne energije po stanovniku imati konstantan umereni linearni rast u skladu sa uočenim trendom (sl. 2) možemo očekivati da će na kraju posmatranog perioda 2055. godine ona iznositi 4.852,06 GWh godišnje što predstavlja povećanje od 13,58% u odnosu na 2014. godinu kada je iznosila 4.271,74 GWh.



Slika 2. Finalna potrošnja električne energije po stanovniku – Srbija, 1990 – 2014. godina

Uporednom analizom ova dva pristupa, čiji rezultati su prikazani u tabeli (tab. 1). dolazimo do suprostavljenih zaključaka. Regresionom analizom statističkih podataka koji reprezentuju blago povećanje finalne potrošnje električne energije sa njihovom ekstrapolacijom na budući period do 2055. godine možemo prognozirati potrebu za povećanjem postojećih kapaciteta elektro – energetskog sistema za obezbeđivanje dodatne finalne električne energije od 20,2%, koji su prikazani u koloni finalna EE_{trend} .

Tabela 1. Uporedni prikaz finalne potrošnje električne energije u Srbiji za period 2020-2055. godina

godina	finalna EE_{trend} [GWh]	EE_{trend}/EE_{2016}	finalna EE_{capita} [GWh]	br.stan. – trend [milioni]	finalna EE_{kalkul} [GWh]	EE_{kalk}/EE_{2016}
2020	28082,780	1,027	4421,310	6,71735	29699,484	1,087
2025	28764,401	1,052	4482,845	6,35246	28477,092	1,042
2030	29446,022	1,077	4544,380	6,04257	27459,735	1,005
2035	30127,643	1,102	4605,915	5,77465	26597,549	0,973
2040	30809,264	1,127	4667,451	5,54180	25866,077	0,946
2045	31490,885	1,152	4728,986	5,33638	25235,665	0,923
2050	32172,505	1,177	4790,521	5,16432	24739,783	0,905
2055	32854,126	1,202	4852,056	5,00084	24264,357	0,888

Pristup koji uvažava demografsku dinamiku i prognozirano konstantno smanjenje stanovništva u Srbiji u posmatranom periodu predviđa da će se broj krajnjih korisnika smanjiti za približno 1,7 miliona stanovnika. Uticaj ove promenljive je značajan i veći od očekivanog rasta potrošnje finalne električne energije po stanovniku na osnovu opserviranog trenda u periodu od 1990. do 2014. godine. Krajnji rezultat je kalkulisana ukupna finalna potrošnja električne energije za koju se prognozira da će 2055. godine biti za 11,2% manja od one zabeležene 2016. godine, što je prikazano u koloni finalna EE_{kalkul} .

4. Zaključak

Strategijsko planiranje budućeg razvoja elektro-energetskog sistema počinje od predviđanja budućih potreba stanovništva i privrede. Još je na snazi vladajuća paradigma da će svake naredne godine na određenoj teritoriji živeti za neki procenat više stanovnika, koji će proizvoditi više dobara i međusobno razmenjivati usluge i da će transportni sektor biti pred zadatkom da preveze više ljudi i roba. Srbija kao i ukupni region Zapadnog Balkana pogođena je snažnim procesima depopulacije. Ova činjenica zahteva da se preispitaju dosadašnji modeli i prognoze koji predstavljaju osnovu za planiranje razvoja energetskog sektora.

Pored populacione dinamike i očekivane potrošnje finalne električne energije po stanovniku koji su razmatrani u ovom radu potrebno je u buduća razmatranja uključiti i druge kriterijume i varijable za koje je u brojnim već objavljenim radovima pokazano da imaju značajan uticaj na finalnu ukupnu potrošnju električne energije. U literaturi dominiraju radovi koji se bave očekivanim rastom GDP, stanju ekonomije i njenoj strukturi i tranzicionim procesima koji su značajni za post-komunističke države. Pitanja koja se odnose na stanje socijalnog položaja stanovništva i eventualne očekivane promene u njihovoj strukturi, primanjima i životnom standardu mogu značajno uticati na njihove buduće navike i energetske potrebe. U ovom momentu oko 25% stanovništva Srbije se nalazi ispod granice siromaštva sa minimalnim potrebama i mogućnostima za potrošnju električne energije. Sa očekivnim uspesima u borbi protiv siromaštva i poboljšanja prosečnog životnog standarda možemo očekivati i povećanje potreba za električnom energijom. Cena električne energije u Srbije je daleko ispod proseka u državama EU. Veliki deo socijalne politike se vodi preko niske cene električne energije što unosi različite poremećaje i prepreke u razvoju elektro-energetskog sistema. Očekivana je i od Međunarodnog monetarnog fonda najavljena cenovna reforma. Promene u regulativi i cenovnim politikama imaće svoj refleks i na tražnju za električnom energijom. Svedoci smo burnih promena koje se dešavaju u transportnom sektoru i povećanje učešća električnih vozila u transportu ljudi i roba. Ovaj tranzicioni proces je zahvatio prvo najbogatije države ali će svakako dopreti i do Srbije. Niska kupovna moć stanovništva i velika prosečna starost će dodatno usporiti ovaj tranzicioni proces ali će se on u daljoj budućnosti reflektovati i na finalnu potrošnju električne energije.

Sve prethodno upućuje na to da će za izradu budućih uspešnih modela za prognozu finalne potrošnje električne energije biti potrebno obezbediti multidisciplinarni pristup koji će uključiti pored inženjerskih znanja i naučne doprinose ekonomije i drugih društvenih nauka.

Reference

- [1] Hobbs, B. „Optimization methods for electric utility resource planning,“ *European Journal of Operational Research*, t. 83, pp. 1-20, 1995.
- [2] The World Bank, "Electric power consumption (kWh per capita)," <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>. [Pristupljeno 17.08.2018].
- [3] Nikitovic, V. "The Impact of Migration on Demographic Processes in the Region of Former Yugoslavia," 5. 9. 2017. https://www.researchgate.net/publication/319482706_The_Impact_of_Migration_on_Demographic_Processes_in_the_Region_of_Former_Yugoslavia. [Pristupljeno 28.03.2018].
- [4] United Nations, "World Population Prospects - The 2015 Revision. Methodology of the United Nations Population Estimates and projections," United Nations - Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.
- [5] Codina Girones, V, et al., „Strategic energy planning for large-scale energy systems: A modelling framework to aid decision-making,“ *Energy*, pp. 1-14, 2015.
- [6] Statistical Office of the Republic of Serbia, „Energy,“ <http://www.stat.gov.rs/en-US/oblasti/energetika>. [Pristupljeno 21. 08. 2018.]

INFLUENCE OF DEMOGRAPHIC PROCESS ON LONG-TERM FORECAST ELECTRICITY CONSUMPTION IN SERBIA BY 2050

*Goran M. VASIĆ**

Guarantee Fund of AP Vojvodina, Novi Sad, Serbia

The ability to predict future energy needs is an essential part of overall national planning. Systems that provide reliable and efficient energy supplies usually require large capital investments and followed by a long preparation time, complex implementation, and thereafter a relatively long service life. Society and economy in Serbia are under the influence of intensive changes that reflect on energy planning. The demographic process in the ex-Yugoslavia region indicates the expected high decline in population from 21.20 to 17.61 million inhabitants in the time range from 2015 to 2055. In addition, it can be expected that the participation of the population over 60 years in the forecast period will increase from 16.3% to 28.64%, which will be a powerful limiting factor for Serbia's economy. The region of the Western Balkans has undergone a very dramatic and traumatic period of Yugoslavia's decomposition followed by war events. These historical processes that took place during the 1990s reflected the scope and reliability of statistical data. This paper highlights the challenges and constraints that need to be addressed when defining a future long-term model for the forecast of electricity consumption and presenting the first results with a time horizon by 2055.

Keywords: *energy planning; demographic process; Serbia*

1. Introduction

Traditional electricity supply planning is based on the expansion of capacity products in order to meet the assumed growth in demand, while at the same time considering the minimization of the accompanying costs. Ensuring reliable supply of energy and climate change are classified as the biggest challenges facing today's society. The usual time period used in traditional models involves planning based on a time series of data with a horizon of 10 to 40 years [1]. This requirement is difficult to fulfill when viewed in the light of reliable statistical data available for the territory of Serbia. The methodology for preparing energy balances now in use is in line with international standards IEA / OECD and Eurostat (Series E: Methods - Catalog No. CA-49-87-785-EN-C). The Energy Balance for 2004 (electricity, heat and coal) is the first statistical document prepared in accordance with the aforementioned standards. The World Bank operates with data on electricity consumption in Serbia that are dated somewhat longer from 1990 to 2014 [2]. It can be concluded that the challenges themselves in selecting the methodology and the forecasting model are higher because it needs to provide output data for a very long time period from 2017 to 2055.

2. Demographic process in Serbia by 2055

Demographic processes in the ex-Yugoslavia region are the subject of the study presented at the EPIC 2016 Conference "Demographic Change and Policy Implications", which is the result of the work of the Institute of Social Sciences from Belgrade [3]. The projection model [4] used in the study was developed in the UN Department for Population and is based on the latest theoretical achievements dealing with demographic transition. The paper points to different dynamics of demographic processes in subregions that coincide in principle with the territories of the states formed by the decomposition of Yugoslavia. The first group consists of subregions that reduce the population decline in moderate frameworks: Slovenia (-1.5%), Macedonia (-7.8%) and Montenegro (-8.2%). On the other hand, a significant decline in the number of inhabitants is expected in Vojvodina (-31.7%), Central Serbia (-

*Corresponding author, email: goran.vasic@garfond.rs

27.2%), Bosnia and Herzegovina (-22.0%) and Croatia (-18.9%). Reducing the population can lead to difficulties in securing the necessary labor contingency, which can be a strong limiting factor for the already failing economy in Serbia. Particularly worrying are the expected structural changes in the population, which will reflect the increased participation of people over 60 years of age in the overall contour from 16.3% to 28.64% in the forecast period.

3. Estimation of final consumption of electricity in Serbia by 2055

A model for forecasting certain processes can consist of projection or trend prediction or can be a combination of these two approaches. The projection is simply an extrapolation of the previous trend. The trend can be linear or non-linear, and can be based on long or short time series of the sizes observed in the past. In selecting the length of the time series, we are confronted with different contradictions. One of them is the phenomenon that with the selection of a longer time series increases the likelihood that the earliest observations, and from the present moment the most distant, have great deviations from the basic relationships we are studying. The second paradox is reflected in the fact that when the time series is shorter, the statistical probability of predicting trend behavior decreases proportionately. The classic representation of the final consumption of a country's electricity represents a sum of four sectors (household, services, industry and transport) [5]. Based on the available data published in the energy balance sheets of Serbia in the period from 2004 to 2016, it is possible, by the method of least squares, to determine the trend of increasing the final consumption of electricity (Fig.1).

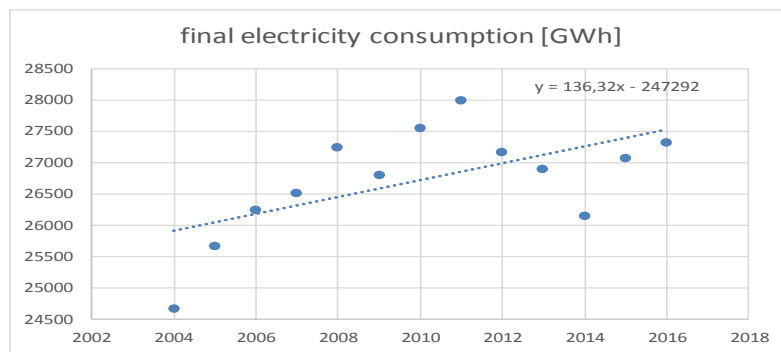


Figure 1. Consumption of final electricity in Serbia from 2004 to 2016

Based on the trend calculated from this time series, it is possible to calculate the expected increase in the consumption of electricity in the future time intervals (Tab. 1). Based on this linear extrapolation we can assume that in 2055 for the needs of the population and the normal functioning of the economy in Serbia it will be necessary to provide 32,854.12 GWh of electricity, which is an increase of 20.2% in relation to the final consumption recorded in 2016. The demonstrated influence of demographic dynamics clearly indicates the expected decrease in the population of Serbia and requires the observation of this phenomenon in the light of the final consumption of electricity per capita. This approach provides a more realistic forecast of the overall future needs for electricity. Based on the World Bank data, it is possible to notice the appropriate trend using an identical method of regression analysis - least squares (Fig. 2). Assuming that future power consumption per capita will have constant moderate linear growth in line with the observed trend (Figure 2), we can expect that at the end of the observed period in 2055, it will amount to 4,852.06 GWh per year, an increase of 13.58 % compared to 2014 when it was 4,271.74 GWh.

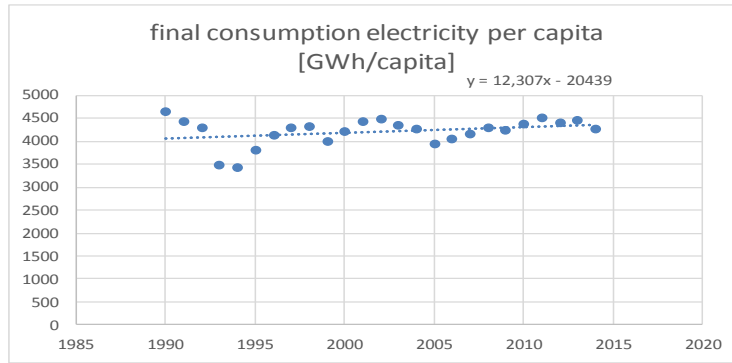


Figure 2. Final consumption of electricity per capita - Serbia, 1990 - 2014

A comparative analysis of these two approaches, whose results are shown in the table (tab 1). we arrive at opposing conclusions. By the regression analysis of statistical data representing a slight increase in the final consumption of electricity with their extrapolation for the future period up to 2055, we can forecast the need to increase the existing capacities of the electric power system to provide additional final electricity of 20.2%, which are shown in the column final EE_{trend} .

Table 1. Final electricity consumption in Serbia for the period 2020-2055.

Year	final EE_{trend} [GWh]	EE_{trend}/EE_{2016}	final EE_{capita} [GWh]	residents – trend [million]	final EE_{calc} [GWh]	EE_{calc}/EE_{2016}
2020	28082,780	1,027	4421,310	6,71735	29699,484	1,087
2025	28764,401	1,052	4482,845	6,35246	28477,092	1,042
2030	29446,022	1,077	4544,380	6,04257	27459,735	1,005
2035	30127,643	1,102	4605,915	5,77465	26597,549	0,973
2040	30809,264	1,127	4667,451	5,54180	25866,077	0,946
2045	31490,885	1,152	4728,986	5,33638	25235,665	0,923
2050	32172,505	1,177	4790,521	5,16432	24739,783	0,905
2055	32854,126	1,202	4852,056	5,00084	24264,357	0,888

The approach that respects the demographic dynamics and the forecasted constant decrease in the population in Serbia in the observed period predicts that the number of end users will decrease by approximately 1.7 million inhabitants. The impact of this variable is significant and higher than the expected increase in consumption of final electricity per capita on the basis of the observed trend in the period from 1990 to 2014. The final result is the total final consumption of electricity that is predicted to be 11.2% lower than the one recorded in 2016, which is shown in the final EE_{calc} column in 2055.

4. Conclusion

Strategic planning of the future development of the electro-energy system begins with the prediction of the future needs of the population and the economy. It is still a dominant paradigm that every next year in a certain territory will live for a percentage of more inhabitants who will produce more goods and exchange services and that the transport sector will be tasked with transporting more people and goods. Serbia as well as the overall region of the Western Balkans has been affected by the strong processes of depopulation. This fact requires re-examining the models and forecasts that are the basis for planning the development of the energy sector.

In addition to the population dynamics and the expected consumption of final electricity per capita discussed in this paper, it is necessary to include in the future considerations other criteria and variables for which it has been shown in numerous published works that they have a

significant impact on the final total consumption of electricity. The literature is dominated by works dealing with the expected GDP growth, the state of the economy and its structure, and the transitional processes that are significant for the post-communist countries. Issues related to the state of the social position of the population and possible expected changes in their structure, income and living standards can significantly affect their future habits and energy needs. At this moment, about 25% of Serbia's population is below the poverty line with minimum needs and possibilities for electricity consumption. With the expected successes in the fight against poverty and improvement of the average living standard, we can expect an increase in the demand for electricity. Electricity prices in Serbia are far below the average in the EU countries. A large part of social policy is guided by low electricity prices, bringing in various disruptions and obstacles in the development of the electro-energy system. Changes in regulation and pricing policies will have their reflex on the demand for electricity. We are witnessing the turbulent changes taking place in the transport sector and increasing the participation of electric vehicles in the transport of people and goods. This transition process has already affected the richest states, but it will definitely reach Serbia as well. The low purchasing power of the population and the high average age will further slow down this transition process, but will in the future also reflect on the final consumption of electricity.

It all suggests that for the development of future successful models for the forecast of final electricity consumption, it will be necessary to provide a multidisciplinary approach that will include in addition to engineering knowledge and scientific contributions to the economy and other social sciences.

References

- [1] Hobbs, B. „Optimization methods for electric utility resource planning,“ *European Journal of Operational Research*, t. 83, pp. 1-20, 1995.
- [2] The World Bank, "Electric power consumption (kWh per capita)," <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>. [Accessed 17 August 2018].
- [3] Nikitovic, V. "The Impact of Migration on Demographic Processes in the Region of Former Yugoslavia," 5 September 2017. https://www.researchgate.net/publication/319482706_The_Impact_of_Migration_on_Demographic_Processes_in_the_Region_of_Former_Yugoslavia. [Accessed 28 March 2018].
- [4] United Nations, "World Population Prospects - The 2015 Revision. Methodology of the United Nations Population Estimates and projections," United Nations - Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.
- [5] Codina Girones, V , et al., „Strategic energy planning for large-scale energy systems: A modelling framework to aid decision-making,“ *Energy*, pp. 1-14, 2015.
- [6] Statistical Office of the Republic of Serbia, „Energy,“ <http://www.stat.gov.rs/en-US/oblasti/energetika>. [Accessed 21 August 2018].

UTICAJ SISTEMA TEHNIČKE ZAŠTITE NA ENERGETSKU EFIKASNOST ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Slavko K. DUBAČKIĆ¹, Aleksandar M. BOŠKOVIĆ^{2}*

¹CIT, ODS „EPS Distribucija“, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Srbija

Razvoj sistema za distribuciju električne energije se ogleda u povećanju broja elektroenergetskih objekata, proširenju postojećih, funkcionalnom unapređenju, integraciji i centralizaciji sistema za automatizaciju distribucije. U takvom okruženju tehnička zaštita elektrodistributivnog sistema postaje sve značajnija pre svega u funkciji obezbeđenja kontinuiteta rada tehničkih sistema i drugih poslovnih procesa ali i u funkciji povećanja bezbednosti i zdravlja na radu.

U radu je dat pregled primenjenih sistema tehničke zaštite elektroenergetskih objekata kao što su: sistemi video nadzora, kontrole pristupa, protiv-provalni sistemi i drugi. Takođe se daju određene specifičnosti koje se odnose na ove sisteme u okviru elektroenergetskih objekata. Poseban aspekt rada je analiza uticaja implementacije tehničkih sistema zaštite na povećanje energetske efikasnosti. Kao ulazni parametri uzeti su: promena broja elektroenergetskih objekata u kojima su implementirani sistemi tehničke zaštite i njihova struktura i vrsta i njihov uticaj na energetska efikasnost praćenjem parametara kvaliteta isporuke električne energije

Ključne reči: sistem tehničke zaštite, energetska efikasnost, elektroenergetski sistem.

1. Uvod

Sistemi tehničke zaštite elektrodistributivnog sistema na konzumnom području Vojvodine su objedinjeni u integrisani bezbednosni sistem namenjen za daljinski nadzor elektroenergetskih objekata. Ovaj integrisani sistem tehničke zaštite objedinjuje funkcije:

- sistema kontrole pristupa, zasnovanog na beskontaktnim identifikacionim karticama,
- sistema protiv-provalnog nadzora, zasnovanog na dualnim sensorima za detekciju pokreta i
- sistema video nadzora, zasnovanog na IP kamerama sa internom memorijom.

Izgradnjom tehničkog sistema zaštite nad elektroenergetskim objektima za potrebe kontrole pristupa lica i alarmnog i video nadzora omogućena je bolja i efikasnija zaštita imovine, kao i nadzor i evidencija prisutnosti lica u objektima preduzeća. Osnovni ciljevi funkcionisanja ovog sistema su povećanje energetske efikasnosti i pouzdanosti rada elektroenergetskog sistema i bezbednost radnika i opreme angažovane na elektroenergetskim objektima. Takođe je cilj da se i sam sistem obezbedi tako da bude raspoloživ i obezbedi poverljivost i integritet informacija [6].

* Autor za korespondenciju, email: aboskov@uns.ac.rs

2. Primenjena rešenja

Uopšte, svi elektroenergetski objekti mogu biti pokriveni sistemima tehničke zaštite. Kriterijumi za izbor objekata su njihov značaj za elektroenergetski sistem i broj neovlašćenih ulazaka u objekat. Takođe, ekonomski faktor utiče kako na izbor objekata tako i na primenjena rešenja [1]. Usled značaja za elektroenergetski sistem izbor trafostanica 110/35/20kV se sam nameće. U vlasništvu elektrodistributivne kompanije na konzumnom području Vojvodine postoji 61 trafostanica 110/35/20kV. U više faza, ukupno su tehničkim sistemom zaštite pokrivena 53 ova objekta.

Obezbeđivanje samog tehničkog sistema zaštite od eventualnih narušavanja njegovih atributa sigurnosti ostvareno je na više načina [1-3]:

- na samim objektima ugrađena je visoko kvalitetna oprema, namenjena za rad u svim vremenskim i drugim uslovima karakterističnim za elektroenergetske objekte, smeštena u odgovarajuća kućišta ili ormane;
- postoji kontrola pristupa samim ormanima (tamperi);
- komunikacija od elektroenergetskih objekata do sedišta ogranaka, gde se nalaze serveri sistema, obezbeđena je kriptovanjem;
- obezbeđen je rad u režimu van mreže;
- sam koncept u kome se serveri ne smeštaju na svakom elektroenergetskom objektu, nego u sedištima ogranaka, što su omogućile kvalitetne telekomunikacione veze, podiže nivo bezbednosti kako operativnog rada, tako i analize arhiviranih podataka;
- restriktivan je odnos ka pravima pristupa sistemu kroz klijentske aplikacije.

3. Efekti rada sistema i analiza podataka

Implementirani sistemi tehničke zaštite imali su uticaj na organizaciju poslovnih procesa u distributivnoj kompaniji. Sistemi tehničke zaštite su prvi put uvedeni na sistematičan način i zahtevali su i određene promene u organizaciji rada pojedinih službi. U prethodnom periodu od sistema tehničke zaštite postojali su sistemi dojave požara i u pojedinačnim slučajevima sistemi video nadzora. Uvođenje novih sistema na većem broju lokacija zahtevalo je i promenu u načinu rada pojedinih službi. To se odnosi pre svega na rad: službe obezbeđenja i dispečerske službe u dispečerskim centrima. U redovnom radu ove službe su mogle pratiti stanje na EEO putem sistema video nadzora ukoliko je to potrebno. To se dešava u slučajevima redovnog rada na EEO, kada ekipe tehničara izvode određene radove a dispečeri u dispečerskim centrima imaju potrebu za nadzorom. U vanrednim uslovima, u slučajevima neovlašćenog ulaska u elektroenergetski objekat aktivira se: alarmna sirena (zvučna i svetlosna) na samom objektu i alarm u DC (zvučni i svetlosni na monitoru za nadzor). U ovim vanrednim situacijama dežurni dispečeri uz pomoć sistema video nadzora vrše nadzor predmetne TS, aktiviraju mobilne ekipe obezbeđenja i po potrebi vrše manipulaciju na EEO. Po okončanom incidentu, tokom istrage, se proveravaju snimci nadzornih kamera i zapisi alarmnog sistema. Uvođenje sistema tehničke zaštite imalo je značajan uticaj na energetska efikasnost u smislu smanjenja ispada sistema i smanjenju direktnih šteta koje nastaju usled neovlašćenog ulaska u EEO i nanošenja štete (krađa). Uticaj se ogledao i u doslednom poštovanju mera zaštite i bezbednosti na radu. Zaposleni, znajući da postoji sistem video nadzora, striktnije poštuju zacrtene mere.

Najbolje se to može pratiti kroz pokazatelje pouzdanosti isporuke električne energije [4-5]:

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) – prosečno vreme trajanja prekida napajanja po kupcu,
- SAIFI (System Average Interruption Frequency index) – prosečna učestanost prekida napajanja po kupcu,
- ENS (Energy Not Supplied) – neisporučena električna energija (MWh).

U tabeli 1 je dat pregled SAIFI pokazatelja po godinama i ograncima.

SAIFI							
Ogranak	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Novi Sad	2,61	3,22	2,78	3,47	1,82	2,28	2,64
Subotica	4,77	5,93	3,65	5,07	3,69	3,41	4,28
Pančevo	5,11	5,24	4,72	4,46	4,42	3,28	4,17
Zrenjanin	7,45	7,11	7,19	6,69	6,43	5,24	4,78
Sombor	5,41	6,42	3,86	3,74	3,09	3,08	4,47
Ruma	7,64	6,78	4,69	4,35	3,22	2,90	2,08
Sr. Mitrovica	6,32	3,12	4,44	4,98	3,99	2,37	2,17
DP Novi Sad	4,96	5,17	4,16	4,46	3,46	3,13	3,52

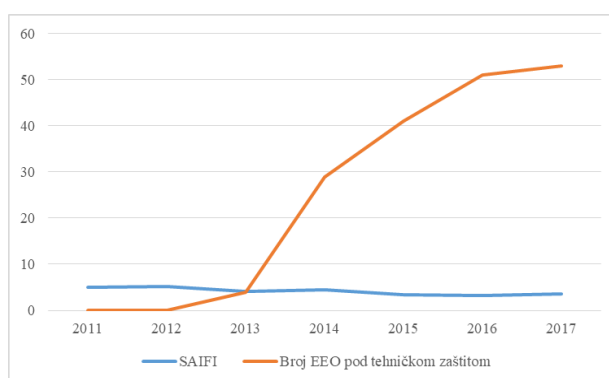
Tabela 1. SAIFI pokazatelj pouzdanosti po godinama i ograncima

U tabeli 2. je dat pregled SAIFI, SAIDI i ENS pokazatelja u odnosu na broj EEO pod tehničkom zaštitom za prethodnih sedam godina po ograncima.

Godina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SAIFI	4,96	5,17	4,16	4,46	3,46	3,13	3,52
SAIDI	264	282	239	293	197	170	226
ENS	3752	4321	3366	4048	3150	2574	3852
Broj EEO pod tehničkom zaštitom	0	0	4	29	41	51	53

Tabela 2. Pokazatelji pouzdanosti u odnosu na broj EEO pod sistemom tehničke zaštite

Na slici 1. su prikazani SAIFI parametar i broj EEO sa implementiranim sistemom tehničke zaštite za DP Novi Sad u prethodnih sedam godina.



Slika 1. SAIFI i broj elektroenergetskih objekata sa implementiranim sistemom tehničke zaštite

4. Zaključak

Realizacijom sistema tehničke zaštite elektroenergetskih objekata u DP Novi Sad EPS Distribucije, kao integrisanog bezbednosnog sistema kontrole pristupa i alarmnog i video nadzora, omogućena je bolja i efikasnija zaštita imovine preduzeća kroz smanjenje krađa na elektroenergetskim objektima, a postignut je i veći stepen bezbednosti na radu kroz nadzor i evidenciju prisutnosti lica na elektroenergetskim objektima.

Sistem u punoj meri ispunjava svoju ulogu u odvratanju nepozvanih lica od potencijalnog neovlašćenog pristupa, sprečavanju neadekvatnog i nebezbednog rada na objektima, identifikaciji lica i drugih uzročnika alarmnih situacija, detekciji kretanja i ostalih incidentnih situacija u objektu i prepoznavanja osoba u objektu. Implementirani su mehanizmi kontinuiranog nadzora, arhiviranja podataka i reakcije na incidentne situacije.

Tehničkim sistemom zaštite obezbeđeno je kvalitetnije i efikasne funkcionisanje samih elektroenergetskih objekata, pouzdaniji rad celokupnog elektroenergetskog sistema i kvalitetnija uslugu napajanja potrošača električnom energijom. Stoga je od izuzetnog značaja funkcionisanje tehničkog sistema zaštite elektroenergetskih objekata, kao i zaštita ovog sistema od visokotehnološkog kriminala.

Prikazanim tabelama i grafikonima vidi se trendovi pokazatelja pouzdanosti EES koji su svakako rezultat primene različitih mera za njihovo poboljšanje, gde svakako značajno mesto zauzimaju i tehnički sistemi zaštite.

5. Literatura

- [1] Idejni projekat sistema nadzora i kontrole pristupa u poslovnim i elektroenergetskim objektima na području „Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Sveske 1-8, Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Institut za bezbednost i sigurnost na radu Novi Sad, 2009.
- [2] Idejno rešenje integrisanog bezbednosnog sistema za daljinski nadzor Vesta ID, Solutis.
- [3] Projekat izvedenog objekta sistema video nadzora u EEO na konzumnom području Elektrovojvodine, Sveske 1-49, Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Solutis d.o.o. Beograd, 2013-2015.
- [4] Energetski podaci za 2014. godinu, Elektrovojvodina, Novi Sad, 2015.
- [5] Odabrani energetski podaci za 2017. godinu, EPS Distribucija, Beograd, 2017.
- [6] SONA promises advanced next-generation networks, BS 25999-2:2007 Business continuity management. Specification, British Standard, 2007.

IMPACT OF TECHNICAL PROTECTION SYSTEM ON ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC POWER SYSTEM

Slavko K. DUBAČKIĆ¹, Aleksandar M. BOŠKOVIC^{2}*

¹CIT, ODS „EPS Distribucija“, Belgrade, Serbia

² University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia

The development of the power distribution system is reflected in the installation of new and enhancement of existing power facilities, as well as functional improvement, integration and centralization of the distribution automation system. In such an environment, the technical protection of the power distribution system becomes more important, primarily in the function of ensuring the continuity of the operation of technical systems and other business processes, but also in the function of increasing safety and health at work.

The paper presents an overview of the applied systems of technical protection of power facilities such as video surveillance system, access control system, anti-burglary system and others. Also, the specifics of these systems within the power facilities are given in the paper. A special aspect in the paper is the analysis of the impact of the implementation of technical protection systems on increasing energy efficiency. The following parameters are taken into account: number of power facilities in which technical protection systems are implemented, their structure and type and their impact on energy efficiency by monitoring the parameters of the power supply quality.

Keywords: *technical protection system, energy efficiency, power system.*

1. Introduction

The technical protection systems of the power distribution system in the consuming area of Vojvodina are integrated into an integrated protection system intended for remote monitoring of power facilities.

This integrated technical protection system combines following functions:

- Access control system, based on contactless identification cards,
- Anti-Burglary Surveillance System, based on Dual Motion Detection Sensors and
- Video surveillance system, based on IP cameras with internal memory.

The technical protection system of the power facilities for the access control and alarm and video surveillance has enabled better and more efficient protection of the property, as well as monitoring and recording the presence of the person in the company facilities. The main objectives of this system are to increase the energy efficiency and reliability of the power system and the safety of workers and equipment engaged in electricity facilities. Also, the goal is to protect the system itself so that it is available and ensure the information confidentiality and integrity [6].

* Corresponding author, email: aboskov@uns.ac.rs

2. Applied solutions

Generally, all electricity facilities can be covered by technical protection systems. Criteria for the selection of objects are their importance for the power system and the number of unauthorized entries in the facility. Also, the economic factor influences both the choice of objects and the applied solutions [1]. Due to the importance for the electric power system, the selection of substations 110/35 / 20kV is obvious. There are 61 substations 110/35/20kV owned by the power distribution company in the consuming area of Vojvodina. In several phases, a total of 53 facilities were covered by a technical protection system.

Security of the technical protection system itself against possible violations of its security attributes has been achieved in several ways [1-3]:

- high quality equipment is installed on the buildings, designed for operation in all weather conditions typical for power facilities, placed in appropriate enclosures or cabinets;
- there is access control on cabinets (tamper);
- communication from the electricity facilities to the centers of the company's branches, where the system's servers are located, is secured by encryption;
- off-line mode is provided;
- installation of servers in the centers of company's branches instead in the energy facilities, enabled by high quality telecommunication connections, raising the level of security of operational work, as well as analysis of archived data;
- permissions to system access through client applications are restrictive.

3. System performance and data analysis

Implemented technical protection systems had an impact on the business processes organization in the distribution company. Technical protection systems were introduced in a systematic manner and demanded certain changes in the work organization of individual departments. Prior to the integrated technical protection system, there were fire alarm systems and, in individual cases, video surveillance systems. Installation of new systems in a number of locations also required a change in the way the individual departments work. This relates primarily to the work of security department and operating staff in control centers. In regular conditions, these departments monitor the situation on the power facilities through the video surveillance system. This is necessary in cases of regular work on power facilities, when maintenance crews perform certain works and operators in control centers have a need for supervision. In emergency conditions, in cases of unauthorized entry into the power facility, an alarm siren on the object itself and an alarm in the control center at the monitoring monitor are activated. In these emergency situations, the duty operators, with the help of video surveillance systems, supervise the power facilities, activate mobile security crews and, if necessary, manipulate equipment on power facility. After the incident, during the investigation, the surveillance camera recordings and alarm system records are checked. The installation of the technical protection system had a significant impact on energy efficiency in terms of reducing system failures and reducing direct damages due to unauthorized entry into the power facilities and theft.

The impact is reflected in the consistent respect of measures of protection and safety. Employees, knowing that there is a system of video surveillance, stricter respect outlining measures.

This is best illustrated by the reliability indicators of power supply [4-5]:

- SAIDI – System Average Interruption Duration Index,
- SAIFI – System Average Interruption Frequency Index,
- ENS – Energy Not Supplied (MWh).

Table 1 summarizes the SAIFI indicators by years and branches.

SAIFI							
Ogranak	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Novi Sad	2,61	3,22	2,78	3,47	1,82	2,28	2,64
Subotica	4,77	5,93	3,65	5,07	3,69	3,41	4,28
Pančevo	5,11	5,24	4,72	4,46	4,42	3,28	4,17
Zrenjanin	7,45	7,11	7,19	6,69	6,43	5,24	4,78
Sombor	5,41	6,42	3,86	3,74	3,09	3,08	4,47
Ruma	7,64	6,78	4,69	4,35	3,22	2,90	2,08
Sr. Mitrovica	6,32	3,12	4,44	4,98	3,99	2,37	2,17
DP Novi Sad	4,96	5,17	4,16	4,46	3,46	3,13	3,52

Table 1. SAIFI indicators by years and branches.

Table 2 gives an overview of the SAIFI, SAIDI and ENS indicators in relation to the number of power facilities under technical protection system for the previous seven years.

Godina	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SAIFI	4,96	5,17	4,16	4,46	3,46	3,13	3,52
SAIDI	264	282	239	293	197	170	226
ENS	3752	4321	3366	4048	3150	2574	3852
Broj EEO pod tehničkom zaštitom	0	0	4	29	41	51	53

Table 2. Reliability indicators in relation to the number of power facilities under the technical protection system

Figure 1 shows the SAIFI indicator and the number of power facilities with the implemented technical protection system in the past seven years.

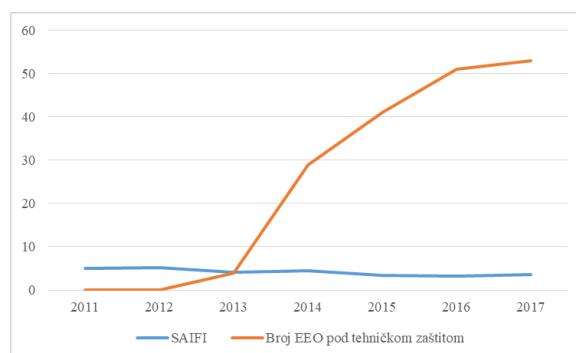


Figure 1. SAIFI and number of power facilities under technical protection system

4. Conclusion

Realization of the technical protection system of power facilities in the power distribution company on consuming area of Vojvodina, as an integrated protection system for access control and alarm and video surveillance, enabled better and more efficient protection of the company's assets through reduction of thefts in power facilities, and a higher level of work safety was achieved through monitoring and recording of the presence of a person on power facilities.

The system completely fulfills its role in discouraging uninvited persons from potentially unauthorized access, preventing inadequate and unsafe work on objects, identifying faces and other causes of alarm situations, detecting movements and other incidental situations in the facility, and identifying persons in the facility. Mechanisms of continuous monitoring, data archiving and reaction to incident situations have been implemented.

The technical protection system has ensured better and efficient operation of the power facilities itself, more reliable operation of the entire power distribution system and a better power supply to consumers. Therefore, the functioning of a technical protection system of power facilities, as well as the protection of this system against high-tech crime, is of highest importance.

The tables and pictures in the paper illustrate the trends of the reliability indicators for the power system that are the result of the application of various measures for their improvement, where technical protection systems take a significant place as well.

5. References

- [1] Idejni projekat sistema nadzora i kontrole pristupa u poslovnim i elektroenergetskim objektima na području „Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Sveske 1-8, Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Institut za bezbednost i sigurnost na radu Novi Sad, 2009.
- [2] Idejno rešenje integrisanog bezbednosnog sistema za daljinski nadzor Vesta ID, Solutis.
- [3] Projekat izvedenog objekta sistema video nadzora u EEO na konzumnom području Elektrovojvodine, Sveske 1-49, Elektrovojvodina d.o.o. Novi Sad, Solutis d.o.o. Beograd, 2013-2015.
- [4] Energetski podaci za 2014. godinu, Elektrovojvodina, Novi Sad, 2015.
- [5] Odabrani energetski podaci za 2017. godinu, EPS Distribucija, Beograd, 2017.
- [6] SONA promises advanced next-generation networks, URL: [4] BS 25999-2:2007 Business continuity management. Specification, British Standard, 2007.

SMANJENJE ODAVANJA UGLJEN-DIOKSIDA U DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ratko S. ROGAN, Milica M. POROBIĆ, Aleksandar M. BOŠKOVIĆ,
Miroslav Ž. RADOSAVLJEV*

CIT, ODS „EPS Distribucija“, Novi Sad, Serbia

Energetska budućnost planete Zemlje neraskidivo je povezana sa njenom klimatskom budućnošću. Ova dva procesa vezana su sagorevanjem fosilnih goriva, emisijom CO₂ kao i drugih gasova sa efektom staklene bašte. Zbog ograničenih rezervi i resursa fosilnih goriva, kao i povećane svesnosti o uticaju gasova sa efektom staklene bašte, sledi period velikih ulaganja u obnovljive izvore energije i povećanje energetske efikasnosti. Sve ovo, kao i stalni porast potreba za energijom donosi velike izazove pred distributivni elektroenergetski sistem na koje se mora odgovoriti, a da se pri tome radi u korist održivosti sistema i interesa njegovih korisnika. Povećanje nivoa energetske efikasnosti i svako smanjenje gubitaka električne energije neposredno dovodi do manjeg angažovanja proizvodnih kapaciteta, u najvećem delu to su termo blokovi, što posredno znači manju emisiju CO₂ u atmosferu.

Ključne reči: *smanjenje gubitaka, emisija ugljen-dioksida , ADMS, SCADA, energetska efikasnost, karbonski otisak*

1. Uvod

Elektrodistributivna kompanija na konzumnom području Vojvodine je pokrenula nekoliko projekata i aktivnosti po pitanju smanjenja gubitaka električne energije. Najznačajniji je automatizacija srednjenaponske mreže. Posredno za aktivnosti manipulacija u distributivnoj mreži ne angažuju se ljudi i vozila što za rezultat ima smanjenje emisije CO₂. Uveden je ADMS softver i SCADA funkcionalnosti kroz automatizaciju distributivne mreže. U situacijama kvarova brža je lokalizacija kvara, manje je angažovanje ljudstva i vozila što je pozitivna stavka projekta.

Kroz DMS funkcionalnosti koristi se funkcija optimizacija uklopnog stanja sa kriterijumom minimalnih gubitaka aktivne snage. Kroz funkciju koja se koristi u DMS softveru, minimizacija gubitaka se odnosi na tehničke gubitke koji su po prirodi stalni, te ih nije moguće eliminisati, već samo minimizirati. Pored tehničkih gubitaka u distributivnoj mreži postoji i druga neželjena kategorija, komercijalnih odnosno netehničkih gubitaka. Sprovode se akcije analize konzuma po pitanju veličine gubitaka, lokalizacije mesta sa povećanim gubicima kao i akcije na njihovom smanjenju.

U radu se navode akcije i primeri koje su sprovedeni po pitanju neposrednog smanjenja CO₂, odnosno gasova sa efektom staklene bašte.

2. Povećanje pouzdanosti automatizacijom distributivne mreže

Osnovna funkcija operatora distributivnog elektroenergetskog sistema je da obezbedi pouzdano, sigurno i ekonomično snabdevanje kupaca električnom energijom propisanog kvaliteta. Pouzdanost se

* Autor za korespondenciju, email: aleksandar.boskovic@epsdistribucija.rs

definiše kao sposobnost sistema da obavlja predviđenu funkciju tokom određenog vremenskog perioda, u zadatim uslovima. Sistem se smatra pouzdanim ako mu karakteristični pokazatelji u obavljanju određene funkcije imaju vrednosti koje nisu gore od zahtevanih. Nivo pouzdanosti se ocenjuje na osnovu potreba korisnika funkcija koje sistem obavlja, što znači da sa gledišta nekih korisnika sistem može biti pouzdan, a drugih, koji imaju veće zahteve, nepouzdan. Jedan sistem može biti pouzdan u obavljanju jednih, a nepouzdan u obavljanju drugih funkcija. Sistemi bez mogućnosti otkaza ne postoje.

Pouzdanost se može povećati dodatnom izgradnjom sistema, primenom automatike i daljinskog upravljanja, ugradnjom kvalitetnije opreme i dr. Sve prethodno navedene promene zahtevaju određena finansijska sredstva, tako da se tehnički racionalna rešenja moraju tražiti na osnovu tehničko-ekonomskih analiza koje uzimaju u obzir navedene troškove kao i troškove korisnika usluga.

Odabir elemenata DM za daljinski nadzor, kontrolu i upravljanje je planiran tako da nakon nekoliko faza postignemo optimalan broj od dva do tri upravljiva objekta po izvodu u cilju povećanja pouzdanosti napajanja kupaca električne energije. Jedan od kriterijuma za izbor upravljivih elemenata u mreži su:

- udaljeni objekti sa otežanim pristupom,
- značajan objekat koji napaja osetljive kupce,
- uspostavljanje veza između izvoda sa različitih napojnih TS. Na ovaj način se omogućava preuzimanje dela konzuma jedne TS sa drugom u slučajevima kvarova ili planiranih radova, brža lokalizacija kvara i brža restauracija napajanja, kao i eliminacija prolaznih kvarova reklozerima.

Obrađeni su podaci o pokazateljima pouzdanosti isporuke električne energije u vremenskom periodu jedne godine za prethodnih sedam godina:

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) - prosečno vreme trajanja prekida napajanja po kupcu,
- SAIFI (System Average Interruption Frequency index) - prosečna učestanost prekida napajanja po kupcu,
- ENS (Energy Not Supplied) - neisporučena električna energija (MWh).

U tabeli 1 je dat pregled ovih pokazatelja tokom poslednjih 7 godina.

Tabela 1. Pokazatelji pouzdanosti

Pokazatelj	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SAIFI	4,96	5,17	4,16	4,46	3,46	3,13	3,52
SAIDI	264	282	239	293	197	170	226
ENSI	3.752	4.321	3.366	4.048	3.150	2.574	3.852

Pouzdanost elektrodistributivne mreže DP Novi Sad je značajno unapređena tokom poslednjih sedam godina. Tokom ovog perioda u DP Novi Sad se intenzivno ulagalo u automatizaciju sredjenaponske distributivne mreže, tako da je automatizovano 144 distributivnih transformatorskih stanica, instalisano 118 reklozera, 50 sekcionera i 70 indikatora kvara, što čini upravljivim ukupno oko 382 tačaka sistema. Automatizacijom distributivne mreže aktivnosti manipulacija rasklopnom opremom kako u situacijama planiranih radova, tako i u situacijama lokalizacije kvara i rekonfiguracije elektroenergetskog sistema u redovnim i havarijskim stanjima rezultuju manje angažovanje ljudi i

vozila što za rezultat neposredno ima smanjenje emisije CO₂. Pored manipulacija u planskim ili havarijskim stanjima akvizicija podataka, statusi opreme i vrednosti merenih veličina iz distributivne mreže prenose se u dispečerski centar. Bez automatizacije uvid u stanja opreme i merenih veličina zahteva takođe angažovanje ljudi i vozila. Navedeni primer je još jedan od vidova smanjenja upotrebe vozila u poslovima operatora distributivnog sistema.

3. Gubici električne energije

U procesu prenosa i distribucije električne energije u svim elementima mreže od izvoda do krajnjeg korisnika, na svim naponskim nivoima neizbežno se javljaju gubici.

U elektroprivrednim preduzećima gubici električne energije se računaju kao razlika između raspoložive i prodane električne energije. Gubici određeni na ovaj način se mogu podeliti u dve kategorije, tehničke i netehničke (komercijalne) gubitke.

Osnovna podela tehničkih gubitaka je na:

- fiksne gubitke koji postoje nezavisno od veličine opterećenja distributivne mreže i
- gubitke zavisne od opterećenja distributivne mreže (varijabilni gubici).

Fiksni gubici su posledica održavanja distributivne mreže u pogonskom stanju pripravnosti za snabdevanje kupaca električnom energijom, te nastaju celo vreme dok je mreža u pogonu.

U tu grupu spadaju:

- gubici u magnetnim kolima transformatora,
- gubici zbog korone i struja odvoda preko izolatora kod dalekovoda,
- dielektrični gubici kod kablova i kondenzatora,
- gubici u naponskim kalemovima brojila električne energije itd.

Smanjenje tehničkih gubitaka sprovodi se kroz planiranje elektrodistributivne mreže, investiranje u elektroenergetske objekte, održavanje i upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Prilikom planiranja izgradnje mreže i određivanja prioriteta izgradnje novih objekata obavezno je sagledati njihov uticaj na smanjenje tehničkih gubitaka u isporuci električne energije. Smanjenje tehničkih gubitaka kroz održavanje i rekonstrukcije je stalan prioritet. Može se sprovesti tako što se prilikom popravki, remonata i rekonstrukcije mreže identifikuju mesta i daju tehnička rešenja koja, između ostalog deluju na smanjenje ovih gubitaka.

Netehničke gubitke nije moguće jednoznačno odrediti nijednom metodom, već samo indirektno kao razliku poznatih ukupnih i tehničkih (procenjenih) gubitaka.

Netehnički gubici nastaju zbog neovlašćene potrošnje električne energije, odnosno krađe u slučajevima:

- tehničkih neispravnosti na mernim mestima, odnosno mernim uređajima;
- izostanaka detaljne kontrole strujnih i naponskih transformatora na terenu;
- nedefinisane tehnologije očitavanja i grešaka prouzrokovanih složenim poslovnim procesom očitavanja i obračuna potrošnje električne energije.

Smanjenje netehničkih, (takozvanih komercijalnih), gubitaka je prioritet pošto se smanjenjem tih gubitaka postižu najbrži i najbolji efekti (u odnosu na ulaganje) i pošto postoji najveći prostor za smanjenje ukupnih gubitaka u distribuciji i isporuci el. energije. Aktivnosti na smanjenju

komercijalnih gubitaka uz korišćenje iskustava zaposlenih i primene tehničkih mera za detekciju neovlašćenog korišćenja električne energije najbrže će delovati na smanjenje ukupnih gubitaka.

4. Zaključak

Automatizacijom distributivne mreže aktivnosti manipulacija rasklopnom opremom kako u situacijama planiranih radova, tako i u situacijama lokalizacije kvara i rekonfiguracije elektroenergetskog sistema u redovnim i havarijskim stanjima rezultuju manje angažovanje ljudi i vozila što za rezultat neposredno ima smanjenje emisije CO₂. Brža lokalizacija kvara, odnosno manji broj uključenja na kvar takođe smanjuje gubitak snage u distributivnoj mreži što neposredno utiče na manje angažovanje proizvodnih kapaciteta koji su kod nas većinski termo blokovi. Potreba automatizacije uz kroz koncept pametnih mreža svakako neposredno utiče na smanjenje emitovanja CO₂. Smanjenje tehničkih gubitaka sprovodi se kroz planiranje elektrodistributivne mreže, investiranje u elektroenergetske objekte, održavanje i upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Smanjenjem gubitaka za 1% u atmosferu oslobodi 81.000 tona CO₂ manje. Mere za smanjenje emisije CO₂, koje su kako se može videti veoma širokog spektra, je potrebno sprovoditi tako da se pre svega ne naruši pouzdano, sigurno i ekonomično snabdevanje kupaca električnom energijom. Da bi se ovo postiglo potrebno je imati iskusne zaposlene koji će primenom novih tehnologija i tehničkih mera delovati na smanjenje ukupnih gubitaka ali pre svega na smanjenje netehničkih gubitaka. Smanjenje netehničkih gubitaka je prioritet pošto se smanjenjem tih gubitaka postižu najbrži i najbolji efekti.

5. Literatura

- [1] A. Bošković, B. Radmilović, „Uticaj automatizacije elektrodistributivne mreže na povećanje njene pouzdanosti na konzumnom području Vojvodine”, Vrnjačka Banja, CIRED 2016.
- [1] M. Porobić, S. Milivojević, Ž. Tanjga, J. Vuković, "Unapređeni DMS softver u distributivnoj mreži ED Novi Sad", Vrnjačka banja, CIRED 2014.
- [2] M. Porobić, G. Jovanović, B. Bogdanović, Ž. Tanjga, S. Mandić, "ADMS u funkciji upravljanja distributivnom mrežom u okviru projekta Smart City Novi Sad", Vrnjačka banja, CIRED 2016.
- [3] Energetski podaci, Operator distributivnog sistema "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o. Beograd, 2017.
- [4] Operativni plan za smanjenje gubitaka električne energije, Operator distributivnog sistema "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o. Beograd, 2017.
- [5] V. Milisavljević, V. Čokorilo, D. Zlatanović, J. Milenković, „Potrošnja uglja u Srbiji i emisija CO₂ nastala njegovim sagorevanjem“, Sokobanja, Simpozijum termičara Srbije, 2009.
- [6] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678
- [7] https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en
- [8] Change Partnership i CEE Bankwatch Network: Klimatske promene: vreme je da Energetska zajednica preduzme mere, mart 2015, <http://bankwatch.org/publications/climate-change-time-energy-community-take-action>,
- [9] <https://www.sunearthtools.com/tools/CO2-emissions-calculator.php>

SUBOTICA: ENERGETSKI PLAN ODRŽIVE ENERGETIKE

*Ilija R. BATAS BJELIC**

Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

Sa ciljem razvoja i promocije održivih energetske strategija koje smanjuju energetska siromaštvo kroz pokretanje poslova u lokalnoj zajednici ali i siromaštva uopšte stvaranjem dodatnog proizvoda u lokalnoj zajednici, strategija koje su podržane od strane organizacija civilnog društva radi uticaja na zvanične energetske strategije i planove. Njihov uticaj se ostvaruje na lokalnom ili na nacionalnom nivou.

Ključne reči: *energetsko planiranje; HOMER; energetska strategija grada*

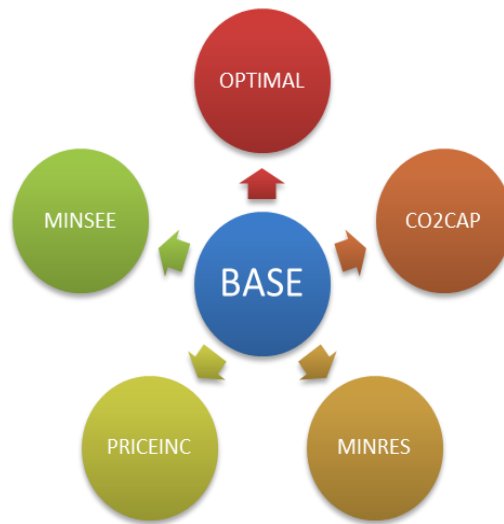
1. Uvod

Dokument je izrađen na osnovu energetske bilansa javne potrošnje električne energije i snabdevanja toplotnom energijom iz gradske toplane [1]. Pretpostavke proizvodnje iz varijabilnih obnovljivih izvorima energije dobijene su korišćenjem modela na osnovu dostupnih satelitskih merenja. Usvojeni investicioni troškovi opreme odgovaraju vrednostima koje su postojale 2016 [2]. Za izradu baznog i pratećih scenarija korišćen je alat za optimalno planiranje energetske sistema na osnovu simulacija HOMER [3]. Više detalja o ovom alatu dostupno [4].

2. Pregled scenarija

U radu će pored izrade baznog scenarija biti razmotreno još pet scenarija kao što je predstavljeno na Slici 1.

*Autor za korespondenciju, email: batas@etf.rs



Slika 1. Pregled scenarija

Scenari koji odgovara sadašnjem stanju energetskog sistema nazivamo BASE. Scenario koji ima najmanje troškove nazivamo Ekonomski optimalni scenario OPTIMAL. Scenariju sa ograničenjem maksimalnih godišnjih emisija nazivamo CO2CAP. Scenario sa porastom cene iz nacionalne elektroenergetske mreže nazivamo PRICEINC. Scenario sa ograničenjem minimalnog udela obnovljivih izvora energije nazivamo MINRES. MINEE je scenario sa ograničenjem minimalnih ušteda primarne energije.

2. Rezultati

2.1 Bazni scenario i kalibracija modela (BASE)

Za izradu baznog scenarija i kalibraciju modela energetike Subotice u alatu HOMER korišćen je "Program energetske efikasnosti grada Subotice" [1].

2.2 Ekonomski optimalni scenario (OPTIMAL)

Imajući u vidu sadašnje ekonomske prilike tj. cene energenata, opreme i mogućnost investicije, bazni scenario nije ekonomski optimalan tj. postoji scenario koji ima manje troškove. Taj scenario nazivamo Ekonomski optimalni scenario (OPTMAL).

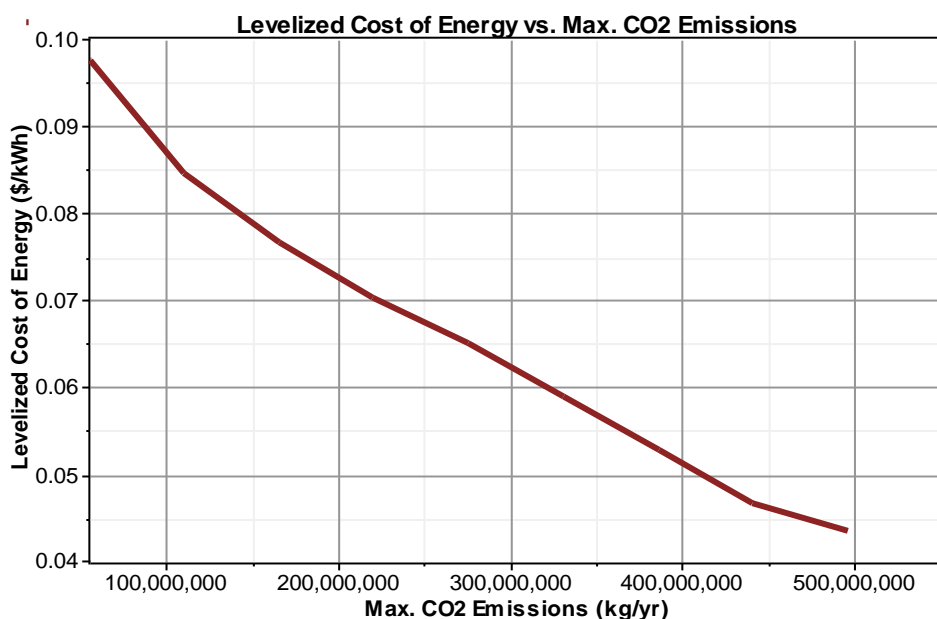
2.3 Scenario sa ograničenjem emisije (CO2CAP)

Do sada prikazani scenariji energetike nisu imali za cilj održivost tako da je emisija CO2 bila slobodna promenljiva podređena drugim planerskim kriterijumima. Za razliku od njih u scenariju sa ograničenjem emisije postavlja se za planerski kriterijum i minimalno smanjenja emisije u odnosu na bazni scenario odnosno maksimalna godišnja emisija (Batas Bjelic and Ciric 2014). Moguće je kao kriterijum zadati različite ciljeve smanjenja 10-100% u zavisnosti od potrebe što je prikazano u Tabeli 3.

Tabela 1 Kriterijumi ograničenja emisija i odgovarajuće procentualno smanjenje

Maksimalna emisija [tCO ₂ /god.]	Smanjenje emisije CO ₂ [%]
551,513,088	0
496,361,779	10
441,210,470	20
386,059,162	30
330,907,853	40
275,756,544	50
220,605,235	60
165,453,926	70
110,302,618	80
55,151,309	90
-	100

Uvođenjem ograničenja na godišnje emisije utiče se na energetske plan u smislu da se biraju samo oni izvori energije koji zadovoljavaju ograničenja bez obzira na cenu pa može doći do povećanja ukupnih troškova. Tehničko-ekonomskom optimizacijom izvori se biraju tako da ukupno povećanje troškova bude minimalno uz zadovoljenje zadatih ograničenja. Prema Povelji gradonačelnika (Covenant of Mayors) zahtevano je da godišnje emisije budu smanjene za 40%. Na Slici 8 dat je dijagram zavisnosti specifičnih troškova električne energije u zavisnosti od kriterijuma ograničenja emisija.



Slika 1 Specifični troškovi električne energije u zavisnosti od maksimalne dozvoljene emisije CO₂.

2.4 Scenario porasta cene električne energije (PRICEINC)

U prethodnim scenarijima pretpostavljeno je da se cena električne energije iz nacionalne elektroenergetske mreže neće povećavati tokom planerskog perioda što nije realno. U scenariju porasta cene električne energije pretpostavljeno je značajno povećanje u oba tarifna stava prema Tabeli 4.

Tabela 2 Scenario porasta cene električne energije iz nacionalne elektroenergetske mreže

Porast [c€/kWh]	od	do	[%]
Tarifni stav 1	5.5	12	118%
Tarifni stav 2	2	4	100%

2.5 Scenario sa minimalnim udelom obnovljivih izvora energije (MINRES)

Dosadašnji scenariji nisu imali zadat minimalni nivo udela obnovljivih izvora energije, iako je u nekima postojao značajan udeo kao rezultat različitih kriterijuma. U Scenariju sa minimalnim udelom obnovljivih izvora energije postoji kriterijum po kome planira lokalni energetska sistem tako da 0-70% proizvedene energije bude iz obnovljivih izvora energije. Za razliku od Scenarija sa porastom cene električne energije, prelazak na ove izvore nije posledica ekonomskih signala, već ciljne energetske politike. Rezultat koji se dobija je energetska sistem koji zadovoljava ciljeve energetske politike sa minimalnim specifičnim troškovima. Pošto je promena strukture energetskeg sistema i prelazak na održivi energetska sistem sa proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora moguća samo investicijama, očekivano je da u tom slučaju specifična cena električne energije raste.

2.6 Scenario sa minimalnim uštedama primarne energije (MINEE)

Pored tehničkih mera uvođenja obnovljivih izvora energije u održivim energetskeg sistemima, uvode se i tehničke mere energetske efikasnosti kojima se ostvaruju uštede potrošnje primarne energije. U Scenariju sa minimalnim uštedama primarne energije uvodi se kriterijum da minimalne uštede iznose 0-9%. Uštede primarne energije odnose se na električnu i toplotnu energiju pa je potrebno uvesti referentne vrednosti za efikasnost u proizvodnji i to 40% za električnu i 75% za toplotnu. U odnosu na ove referentne vrednosti računaju se uštede.

3. Zaključak

Prikazani scenariji imaju za cilj da predstave mogućnosti softverskeg simulacionog alata HOMER za planiranje održivih lokalnih energetskeg sistema, sa namerom donošenja održivih energetskeg strategija gradova u Srbiji.

4. Zahvalnost

Autor se zahvaljuje organizaciji CEKOR iz Subotice koja je podržala ovo istraživanje kroz projekat: "Jačanje civilnog društva za zagovaranje održive energetske tranzicije", koji se pod vođstvom danske organizacije „VedvarendeEnergi“ sprovodi u Jermeniji, Belaruisiji, Makedoniji, Srbiji, Ukrajini i Danskoj.

Reference

- [1] ***, "PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI GRADA SUBOTICE," 2016.
- [2] IRENA, "Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe," 2017.
- [3] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower System Modeling with Homer," in *Integration of Alternative Sources of Energy*, ed: John Wiley & Sons, Inc., 2006, pp. 379-418.
- [4] E. Smajlović, "HOMER SOFTVER - OPTIMIZACIJA MIKROENERGETSKIH SISTEMA SA OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE," Tuzla 2009.

SUBOTICA: SUSTAINABLE ENERGY PLAN

*Ilija R. BATAS BJELIC**

University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia

With the aim of development and promotion of sustainable energy strategies, strategies to decrease the energy poverty by the new job openings in the local communities but poverty in general by the adding the value to the local community product, strategies which are supported by civil society towards advocacy on the official energy strategies at national and local levels.

Keywords: *energy planning; HOMER; city energy strategy*

1. Introduction

This document has been based on the energy balances of public electricity consumption and heat supply from the district heating plant in Serbian city of Subotica [1]. The assumptions about energy production from variable renewable energy sources are obtained from the available satellite measurements. The investment cost of used technologies are from the year [2]. For the base and other scenarios the tool for optimal energy systems planning based on simulations HOMER [3] has been used. More information about tool is available [4].

2. Scenario overview

In this article, besides the base scenario, five (5) scenarios will be elaborated, as shown at Fig. 1.

The scenario which depicts the present state of city energy system has been named BASE. The scenario which is economically optimal, or has minimal total costs, has been named OPTIMAL. The scenario with, CO₂ emission cap, or yearly CO₂ emissions are constrained, has been CO2CAP. The scenario with national grid electricity price increase, has been named PRICEINC. The scenario with minimal renewable energy sources share target (as a constraint), has been named MINRES. The scenario with minimal primary energy savings target (as a constraint), has been named MINEE.

*Corresponding author, email: batas@etf.rs

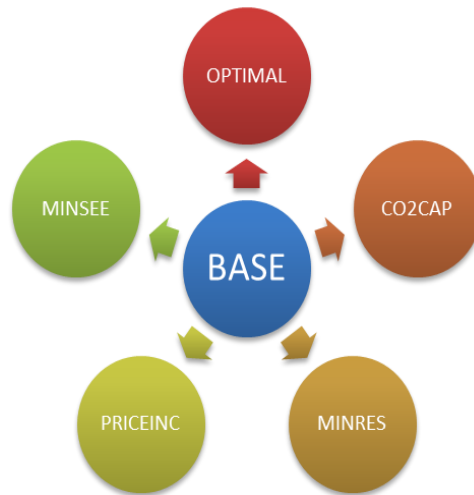


Figure 1 Scenario overview

2. Results

2.1 Base scenario and the scenario calibration (BASE)

For the purpose of base scenario and its calibration in HOMER the energy plan for city of Subotica [1] has been used.

2.2 Economically optimal scenario (OPTIMAL)

Having in mind all possibilities in current economic environment (energy prices, available technology investment costs...) the BASE scenario is not optimal because there are scenario which have lower total costs. From those scenarios the one with minimal total costs has been named Economically optimal scenario (OPTIMAL).

2.3 Scenario with CO₂ emission cap (CO2CAP)

Presented scenarios doesn't have sustainability dimension as a goal, and therefore the CO₂ emission has been a loose variable which has been accommodated towards other planning criteria. Contrary to this situation, in the scenario with CO₂ emission cap, emission reduction has been set as a constraint to the planning criteria. The minimal yearly CO₂ emission reduction or maximal yearly emission from the city of Subotica has been obtained using similar methodology (Batas Bjelic and Ciric 2014). Therefore, it is possible to us emission reduction goals 10-100% as the constraint as shown in Table 1.

Table 1 Emission constraints and percentage of emission reductions

Maximal CO ₂ emission [tCO ₂ /a]	CO ₂ emission reduction [%]
551,513,088	0
496,361,779	10
441,210,470	20
386,059,162	30
330,907,853	40
275,756,544	50
220,605,235	60
165,453,926	70
110,302,618	80
55,151,309	90
-	100

Putting the constraints to the yearly emission, the energy plan has been influenced toward renewable energy sources disregarding total costs. But using economic optimization with these constraints, the sources are selected in the way of ensuring the minimal total cost increase. According to the Covenant of Mayors the emission decrease for 40% has been declared. The Fig. 2 shows the minimal specific electricity costs as a function of CO2 emission cap.

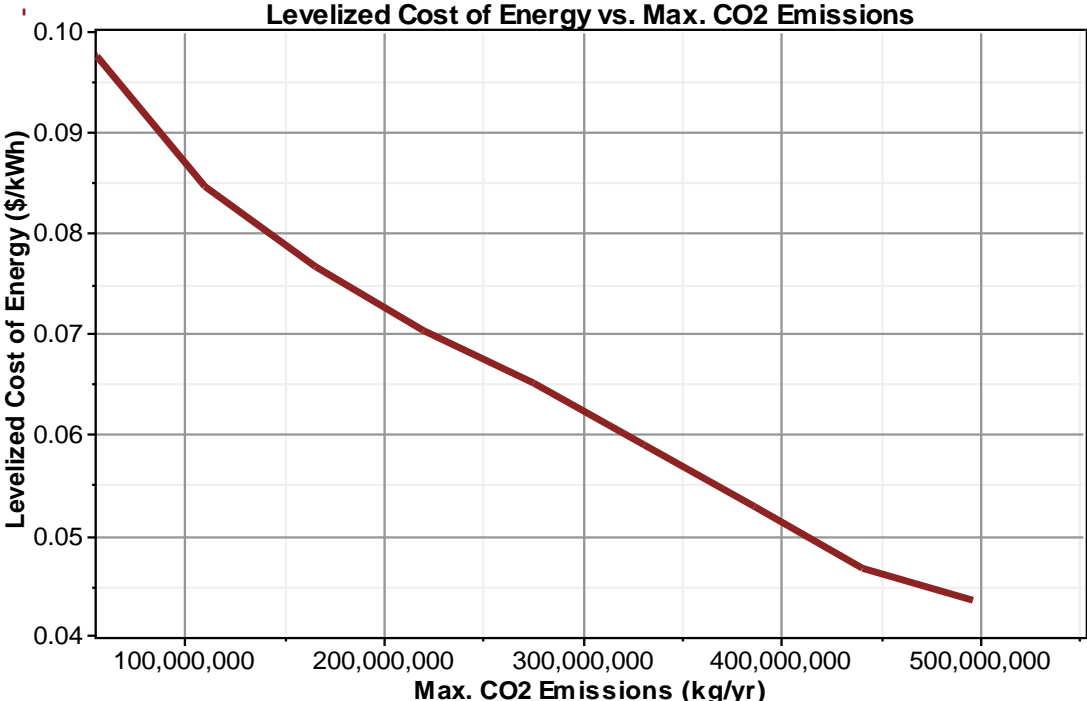


Figure 2 Specific electricity costs as a function of CO2 emission cap

2.4 Scenario with electricity price increase (PRICEINC)

As an assumption in previous scenarios electricity price from the national grid has been constant during the planning horizon of 30 years which is not realistic. In order to illustrate what is the effect of electricity price increase it has been assumed that significant price increase will be occurred in both tariffs according to Table 2.

Table 2 Scenario with significant price increase in both tariffs

Increase [c€/kWh]	from	to	[%]
Tariff 1	5.5	12	118%
Tariff 2	2	4	100%

2.5 Scenario with minimal renewable energy share target (MINRES)

Previous scenarios doesn't have a target for minimal renewable energy share in total energy supply, although some of them have significant share as a result of other criteria. In the Scenario with minimal renewable energy share target, this share is a constraint for planning the energy system to include 0-70% of renewable energy sources. Contrary to the previously shown scenario PRICEINC, the transition to renewable energy sources is not a consequence of economic signal, but consequence of targeted energy policy. The result is a structure of energy system which satisfies the energy policy targets at minimal costs. Since, the change of the structure of energy system is possible only with investments, it has been expected in this case that specific electricity cost will be increased.

2.6 Scenario with minimal primary energy savings target (MINEE)

Besides the technical measures at generation side of the sustainable energy system, technical energy efficiency measures are introduced at the consumer side also to ensure savings in the primary energy. In scenario with minimal primary energy savings, the savings are targeted to 0-9%. The primary energy savings are referenced to the efficiency in the electricity production of 40% and heat production of 75%. The savings are then calculated in comparison to these reference values.

3. Conclusion

The scenarios presented above have purpose of illustration the capabilities of simulation tool for optimal planning of sustainable local energy systems, HOMER with aim of producing and institutionalization of the sustainable energy plans for cities in Serbia.

4. Acknowledgement

The author acknowledges the support from civil society organization CEKOR from Subotica trough the project: „VedvarendeEnergi“ which has been implemented in Armenia, Belarus, Macedonia, Serbia, Ukraine and Denmark.

References

- [1] ***, "PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI GRADA SUBOTICE," 2016.
- [2] IRENA, "Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe," 2017.
- [3] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower System Modeling with Homer," in *Integration of Alternative Sources of Energy*, ed: John Wiley & Sons, Inc., 2006, pp. 379-418.
- [4] E. Smajlović, "HOMER SOFTVER - OPTIMIZACIJA MIKROENERGETSKIH SISTEMA SA OBNOVIVIM IZVORIMA ENERGIJE," Tuzla 2009.

KONVEKTIVNO SUŠENJE ORAHA KORIŠĆENJEM SOLARNE ENERGIJE – STUDIJA SLUČAJA ZA REGION VOJVODINE

*Đorđije D. DODER**, *Damir D. ĐAKOVIĆ*

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

U ovom radu izložen je eksperimentalni postupak sušenja oraha u tankom sloju, a poseban akcenat je na mogućnosti primene solarne energije u date svrhe. Orasi su sušeni konvektivno, u tankom nepokretnom sloju, sa električnim grejačem kao izvorom toplote. Postupak je ponovljen više puta, sa različitim brzinama i temperaturama vazduha. Orasi su sušeni u ljusci, a pored toga sušenju su izlagane i posebno jezgra i ljuska. Kao rezultat, dobijene su krive sušenja iz kojih postupkom linearne regresije mogu da se izvuku neophodne konstante za modelovanje procesa. Ovi rezultati iskorišćeni su za studiju slučaja upotrebe solarnog toplotnog kolektora kao zamene za električni grejač koji je korišćen u eksperimentu, a koja je zasnovana na postojećim meteorološkim podacima za autonomnu pokrajinu Vojvodinu.

Ključne reči: *Orasi, konvektivno sušenje, solarna sušara*

1. Uvod

Proces sušenja je veoma energetski intenzivan i potrebno je što više ulagati u obnovljive izvore kao zamenu za fosilna goriva, koja se u nekim slučajevima koriste potpuno neopravdano. Jedan od takvih slučajeva je i sušenje jezgrastog voća, koje u Srbiji ima proizvodni potencijal koji nije zanemarljiv [1]. U ovom radu analiziran je slučaj sušenja oraha. S obzirom da je uzgoj oraha delatnost koja je svojstvena ruralnim područjima, solarno sušenje predstavlja razumnu alternativu (ponekad teško dostupnim) konvencionalnim gorivima. Posebna potreba za analizom ovakve teme uočava se kada se ima u vidu činjenica da orasi moraju da se suše umerenim temperaturama (do 40°C) [2], kao i da se njihovo sušenje obavlja u septembru i oktobru, mesecima kada intenzitet sunčevog zračenja značajno opada.

Brojni su načini klasifikacije solarnih sušara [3]. U ovom slučaju, radi se o indirektnom (distribuiranom) sušenju u tzv. aktivnoj sušari.

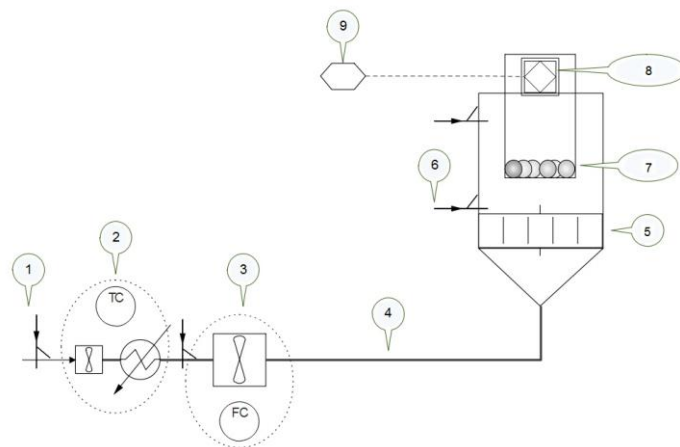
2. Metodologija i rezultati

2.1. Eksperimentalni postupak

Za sušenje je korišćena sorta "Novosadski kasni". Eksperimentalna mjerenja obavljena su na Fakultetu tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad, u laboratoriji za Toplotnu i procesnu tehniku. Pomoćna mjerenja koja se odnose na određivanje početnog sadržaja vlage materijala koji je upotrebljavan prilikom ispitivanja, obavljena su na Poljoprivrednom fakultetu, Univerzitet Novi Sad, u laboratoriji za poljoprivrednu tehniku. Na sl. 1 prikazano je eksperimentalno postrojenje: 1-ulaz vazduha, merenje temperature, merenje relativne vlažnosti; 2-jedinica za kontrolu temperature; 3-jedinica za kontrolu

*Autor za korespondenciju, email: dj.doder@uns.ac.rs

protokama; 4 - glavna cev; 5-ujednačavanje profila brzine vazduha; 6- merenje brzine i temperature vazduha ispred sloja materijala; 7- materijal za sušenje; 8-vaga sa data logerom, izlaz vazduha ; 9- računarska jedinica, skladištenje i obrada podataka



Slika 1: Šema postrojenja

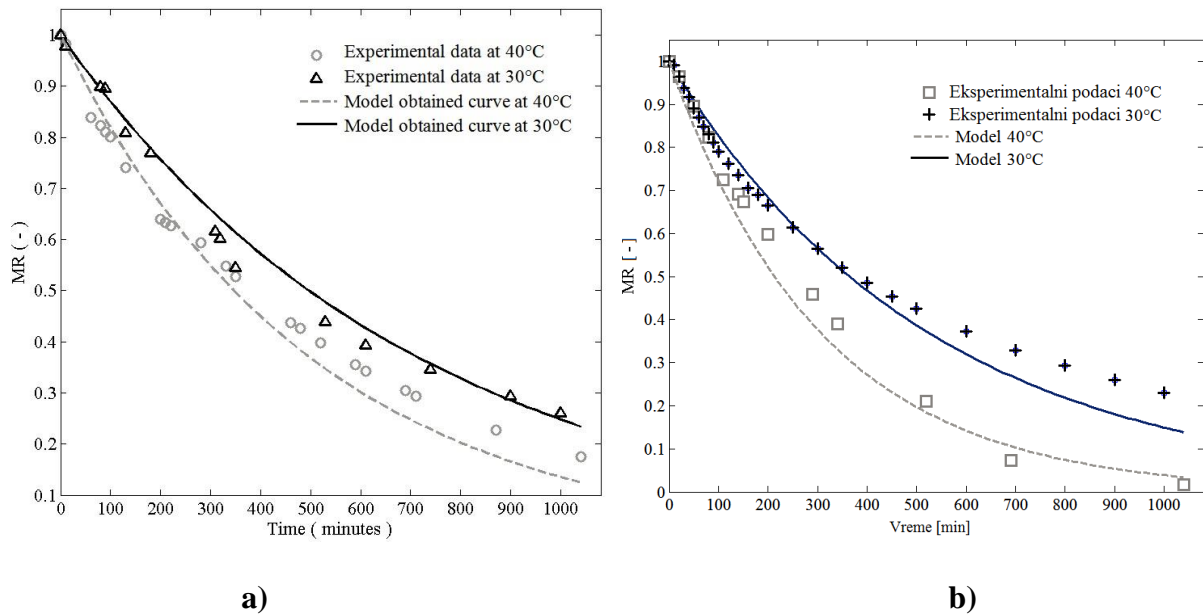
Kriva sušenja modelovana je tzv. Njutnovom jednačinom sušenja u tankom sloju [4]:

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \exp(-k \cdot t) \quad (1)$$

pri čemu član k predstavlja kinetički koeficijent sušenja, M je trenutni sadržaj vlage u materijalu, M_e ravnotežni sadržaj vlage, M_i početni sadržaj vlage, a sa MR je kroz dati odnos veličina izražen bezdimenzijski sadržaj vlage. U tab. 1, prikazani su identifikovani parametri, kao i relevantna statistička analiza [5], a eksperimentalni podaci i kriva sušenja koja je dobijena "fitovanjem" funkcije prema tim podacima za brzine vazduha od 1 m/s i 3 m/s, prikazani su na sl. 2a) i 2b) respektivno.

Tabela 1: Podaci za obavljene eksperimente

Eksp. br.	M_i [%d.b.]	r [mm]	v [m/s]	T [°C]	k [1/min]	D_{eff} [m ² /min]	R^2	RMSE	χ^2
1	34	13,9	1	30	0,00143	$2,80 \cdot 10^{-8}$	0,9920	0,0246	0,0006
2	34	14,0	3	30	0,00190	$3,77 \cdot 10^{-8}$	0,9929	0,0371	0,0014
3	34	14,5	1	40	0,00203	$4,33 \cdot 10^{-8}$	0,9947	0,0394	0,0016
4	34	13,9	3	40	0,00325	$6,36 \cdot 10^{-8}$	0,9903	0,0423	0,0024



Slika 2: Kriva sušenja za brzinu od: a) 1m/s; b) 3m/s

2.2 Dimenzionisanje i proračun kolektora

U daljoj analizi, pretpostavlja se korišćenje solarnog kolektora kao izvora toplote. Eksperimenti sa solarnim kolektorom u ovom istraživanju nisu rađeni, pa su umesto toga upotrebljeni postojeći podaci iz “Studije o proceni solarnog potencijala u Vojvodini” [6]. Prema ovoj studiji, srednja dnevna dozračena energija u Vojvodini iznosi 4,41 kWh/m² za septembar i 2,99 kWh/m² za oktobar. Uz upotrebu optimalnog ugla kolektora, može se smatrati da su ove vrednosti uvećane za 12%. Uz pretpostavku efikasnosti kolektora od 45% (srednja vrednost iz opsega preporučenih), može se jednostavnim proračunom doći do raspoložive snage kolektora po m²: 411,6 W za septembar i 278,2 W za oktobar.

Ako se korisna snaga kolektora s druge strane predstavi kao:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

pri čemu \dot{m} predstavlja maseni protok vazduha, C_p specifičnu toplotu vazduha, a T_1 i T_2 temperaturu vazduha ispred i iza kolektora, za potrebno povećanje temperature od 25°C (koliko je u ovom slučaju bilo neophodno), potrebno je imati na raspolaganju toplotnu snagu od 25 kW po kilogramu protoka vazduha. Na primer, ako je protok vazduha 0,1 kg/s, to zahteva snagu kolektora od 2,5 kW, što u septembarskim uslovima znači 6,07 m² površine solarnog kolektora, a u oktobarskim 8,98 m².

3. Zaključci

Iako tzv. Njutnova jednačina sušenja u tankom sloju predstavlja najjednostavniji oblik ovog modela, u ovom slučaju je dala zadovoljavajuće rezultate i nije bilo potrebe za korišćenjem kompleksnijih modela. Ovo značajno pojednostavljuje proceduru identifikacije parametara, a pogotovo kasnijeg modelovanja sličnih procesa. Proces ovako može da se modeluje za bilo koju temperaturu, pa tako i za noćno sušenje kada nema sunčevog zračenja.

Pošto je brzina sušenja tokom procesa u opadanju, to će se najviše toplote po 1 kg izdvojene vlage trošiti u početnom periodu sušenja, zato je potrebno obezbediti shodnu površinu solarnog kolektora.

Najveća brzina sušenja registrovana je kod veće brzine strujanja i temperature vazduha, što je i očekivano. Pri ovakvim uslovima, potrebno je oko 700 minuta da se postigne ravnotežni sadržaj vlage, što otvara mogućnost da se i ne ulazi u noćni period.

Investicija u ovakav sistem mogla bi da se odvede u pitanje zbog kratkog vremenskog perioda korišćenja u toku godine, ali njena višegodišnja upotreba daje pozitivne ekonomske efekte.

4. Reference

- [1] ***, Moć Prirode, Edicija Priroda i zdravlje – Jezgrasto voće, Gajenje i upotreba, "Potez" Novi Beograd, No. 63, , pp. 14-27, 2006.
- [2] Rumsey T., Thompson J., Ambient Air Drying of English Walnuts, *Transactions of ASAE*, Vol 27, No.3, pp. 942-945, 1984.
- [3] Sharma A., *et al.*, Solar-energy drying systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2009) pp.1185–1210
- [4] Wang D., Development of a Visual Method to Test the Range of Applicability of Thin Layer Drying Equations Using MATLAB Tools, *Drying Technology* Vol. 22, No. 8, pp. 1921–1948, 2004.
- [5] Hassan-Beygi S. R., *et al.*, Drying Characteristics of Walnut (*Juglans Regia* L.) During Convection Drying, *International Agrophysics*, Vol 23, pp 129-135, 2009.
- [6] ***, Studija o proceni ukupnog solarnog potencijala - solarni atlas i mogućnosti "proizvodnje" i korišćenja solarne energije na teritoriji AP Vojvodine, Novi Sad, 2011, <http://www.psemr.vojvodina.gov.rs>, (pristupljeno 16.07.2018.)

CONVECTIVE DRYING OF WALNUTS USING SOLAR ENERGY – CASE STUDY FOR VOJVODINA REGION

*Đorđije D. DODER**, *Damir D. ĐAKOVIĆ*

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

In this paper, the experimental procedure of thin-layer walnuts drying is presented. The possibility solar energy usage is especially emphasized. The walnuts were dried by convection, in fixed bed, using the electrical heater as a heat source. The procedure was repeated multiple times, using different drying air temperatures and velocities. As a result, drying curves were obtained, which serve as a basis for the linear regression procedure, where the relevant parameters for process modeling were indentified. These results and the meteorological data are used for the case study of solar collector usage. The solar collector has been analyzed as a sustainable substitution for the electrical heater that is used in the experiment.

Key words: *Walnuts; Convective drying; Solar dryer*

1. Introduction

As a drying process is very energy intensive, it is recommended to invest in the renewables as much as possible, in order to substitute the conventional fuels. Nuts drying process is especially suitable for such a decision, considering the fact that nut drying is usually done in rural areas, where fossil fuels are not easily accessible. Also, Serbia has a potential for the nuts production, which is not negligible [1]. This research is focused on walnuts drying, as a case where drying process takes place only in September and October (where the sunshine intensity is already decreased in comparison with summer months), and where the drying temperature should not exceed 40°C [2], because of the walnuts physical properties. There are numerous ways to classify solar dryers [3]. In this particular case, the indirect (distributed), active dryer in the focus.

2. Methodology and the results

2.1. Experimental procedure

For the experimental research, "Novosadski kasni" walnut variety was used. The main drying experiments were conducted in the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, while the previous determination of initial moisture content was conducted at Faculty of Agriculture, University of Novi Sad. The experimental facility scheme is presented at fig. 1, where is: 1-air inlet, temperature measuring, air relative humidity measuring; 2-temperature control unit (heater with small fan); 3-flow control unit (main air fan with fan power regulation); 4-main air flow pipeline; 5-flow equalizer;

*Corresponding author, email: dj.doder@uns.ac.rs

6- temperature and air velocity measuring in front of material layer; 7- material layer; 8-balance with data logger and air exhaust ; 9-computer unit, data storing and processing.

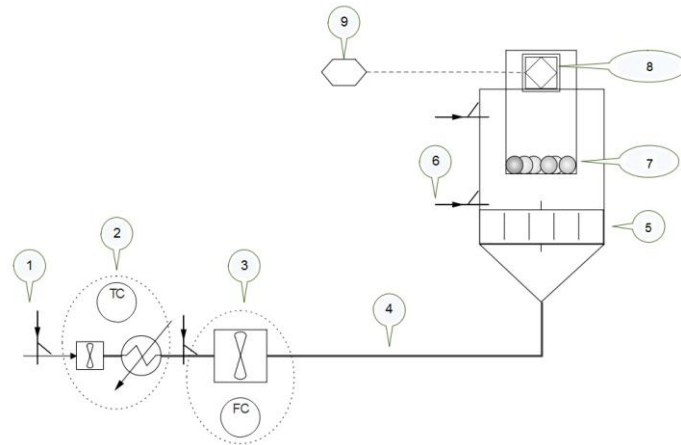


Figure 1: Facility scheme

The drying curve is modeled by using so-called Newton's thin-layer drying equation [4].

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} = \exp(-k \cdot t) \quad (1)$$

where, MR is non-dimensional moisture content, M_i is the initial moisture content, M_e is the equilibrium moisture content, and k is the drying constant. Tab. 1 shows the identified parameters, as well as the relevant statistical analysis [5]. Fig. 2a) fig. 2b) illustrate the experimental data and the fitted curve for the air velocities of 1 m/s and 3 m/s, respectively.

Table 1: Experimental data

Exp. no.	M_i [% d.b.]	r [mm]	v [m/s]	T [°C]	k [1/min]	D_{eff} [m ² /min]	R^2	$RMSE$	χ^2
1	34	13.9	1	30	0.00143	$2.80 \cdot 10^{-8}$	0.9920	0.0246	0.0006
2	34	14.0	3	30	0.00190	$3.77 \cdot 10^{-8}$	0.9929	0.0371	0.0014
3	34	14.5	1	40	0.00203	$4.33 \cdot 10^{-8}$	0.9947	0.0394	0.0016
4	34	13.9	3	40	0.00325	$6.36 \cdot 10^{-8}$	0.9903	0.0423	0.0024

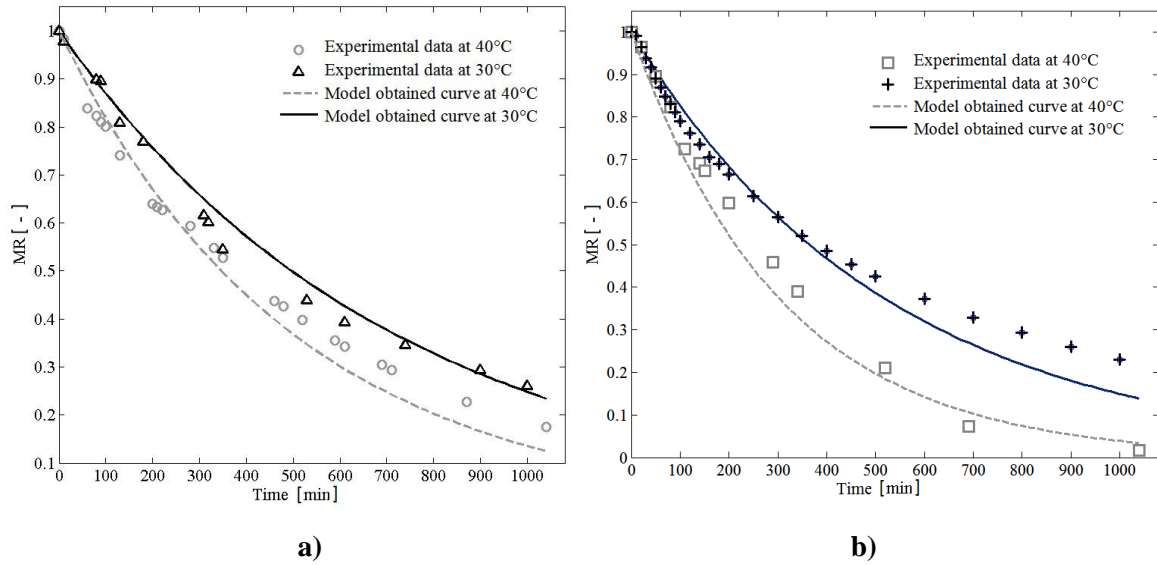


Figure 2: Drying curves for the air velocities: a) 1m/s; b) 3m/s

2.2. Collector parameters calculation and dimensioning

During the later analysis, it is assumed that the solar collector is used as the heat source, although the experiments for such a solution were not done during this experimental investigation. Instead, the “Study on the estimation of overall solar potential of AP Vojvodina” data were used [6], where it is claimed that the average daily irradiation in Vojvodina is 4.41 kWh/m² during September and 2.99 kWh/m² during October. With the application of optimal angle of collector, these values could be increased by 12%. With the assumption that the collector efficiency is 45% (which is the mean value from the recommended range), the available solar power per 1 m² of collector surface can be estimated by simple calculations - the obtained results are 411.6 W for September and 278.2 W for October.

If the useful collector power is expressed as:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

where \dot{m} term represents the air mass flow, C_p the specific heat of air, and T_1 i T_2 are the temperatures of air at collector inlet and exit, for the necessary temperature increment of 25°C (which is needed in this case), the heat power of 25 kW per 1 kg/s of air flow rate must be achieved. For example, if the needed air flow rate is 0.1 kg/s, at least 2.5 kW of collector heat power is required. During the September days, it requires the collector surface area of 6.07 m², while in October this surface area must be 8.98 m².

3. Conclusions

Although the Newton’s thin-layer drying equation represents the simplest form of this kind of model, for this particular case it gave the satisfactory results and there was no need for the usage of more complex models. This approach simplifies the procedure of parameters identification, as well as the

later modelling of similar processes. Thus, the process can be modelled for any temperature, including the night low temperatures when the sunshine disappears.

Considering the fact that the drying rate in process decreases, the highest amount of energy per 1 kg of evaporated moisture is spent in the initial drying period, so the appropriate surface area of collector must be provided. The shortest total drying time occurs at higher velocities and temperatures, as expected. Under these conditions, 700 min is enough time to achieve the equilibrium moisture content, which leaves the possibility to finish the process during the daylight.

Investments reliability in such a system could be questioned due to the short annual usage of the dryer. Its longer exploitation should give the positive economic effects though.

4. References

- [1] ***, Moć Prirode, Edicija Priroda i zdravlje – Jezgrasto voće, Gajenje i upotreba, “Potez” Novi Beograd, No. 63, , pp. 14-27, 2006.
- [2] Rumsey T., Thompson J., Ambient Air Drying of English Walnuts, *Transactions of ASAE*, Vol 27, No.3, pp. 942-945, 1984.
- [3] Sharma A., *et al.*, Solar-energy drying systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2009) pp.1185–1210
- [4] Wang D., Development of a Visual Method to Test the Range of Applicability of Thin Layer Drying Equations Using MATLAB Tools, *Drying Technology* Vol. 22, No. 8, pp. 1921–1948, 2004.
- [5] Hassan-Beygi S. R., *et al.*, Drying Characteristics of Walnut (*Juglans Regia* L.) During Convection Drying, *International Agrophysics*, Vol 23, pp 129-135, 2009.
- [6] ***, Study on the Estimation of Overall Solar Potential - Solar Atlas and the Possibility of "Production" and Use of Solar Energy on the Territory of AP Vojvodina, Novi Sad, 2011, <http://www.psemr.vojvodina.gov.rs>, (Accessed on 16.07.2018.)

UOPŠTENI MATEMATIČKI MODEL TOPLOTNOG PONAŠANJA ZGRADE

Sladjana L. LAZAREVIĆ, Velimir D. ČONGRADAC*

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

U ovom radu je predstavljen kompleksan matematički model toplotnog ponašanja zgrade. Svaka prostorija se posmatra kao termalna zona, a toplotno ponašanje je opisano sa više različitih toplotnih dobitaka i gubitaka, kao što su toplotni dobitci od spoljašnjeg zida, unutrašnjeg zida, podova, plafona i neizbežni toplotni gubici usled infiltracije. Model ne uzima u obzir toplotne dobitke sistema grejanja. Simulacioni rezultati su upoređeni sa OpenStudio platformom.

Ključne reči: modelovanje zgrade, toplotno ponašanje, solarni dobitci

1. Uvod

S obzirom na to da je sistem klimatizacije, grejanja i hlađenja primarni potrošač energije u zgradi, neophodan je razvoj i primena naprednih upravljačkih algoritama u cilju povećanja energetske efikasnosti. U prethodnim istraživanjima je pokazano da sa odgovarajućim odabirom upravljačkih strategija mogu dostići uštede i do 25%. [1]

Ipak, unapređenje već poznatih upravljačkih metoda je isključivo moguće ukoliko se ispravno modeluje sistem od interesa. Tehnike modelovanja se mogu klasifikovati u tri kategorije: bela kutija, crna kutija i siva kutija. [2] S druge strane, svi ovi modeli mogu biti linearni, nelinearni, statički, dinamički, diskretni, kontinualni, deterministički, probabilistički itd. Strategija bele kutije se bazira na osnovnim zakonima fizike o energiji: održanju mase i prenosu toplote. Strategija crne kutije se oslanja na podatke prikupljene sa realnog sistema kako bi se odredila veze između ulaza i izlaza sistema. Strategija sive kutije predstavlja kombinaciju prethodne dve, gde je model u osnovi zasnovan na fizičkim zakonima, a parametri modela se estimiraju pomoću podataka prikupljenih sa realnog sistema. Termalna zona je osnovna jedinica u modelovanju zgrade i predstavlja prostoriju ili grupu prostorija sa sličnim toplotnim zahtevima (npr. željene vrednosti za grejanje/hlađenje). Zakon toplotnog balansa se najčešće koristi za modelovanje termalne zone. [3] Matematički model predstavljen u ovom radu se, takođe, oslanja na ovu metodu, ali obuhvata i temeljno modelovanje solarnih toplotnih dobitaka.

2. Matematički model

Toplotno ponašanje zgrade je opisano matematičkim modelom gde se temperatura unutrašnjeg vazduha vezuje za razmenu toplote:

$$T_{ai} = \frac{1}{\rho c_p} \int_0^t \dot{Q} dt \quad (1)$$

gde je ρ gustina vazduha, C_p toplotni kapacitet vazduha. Uopšteni simulacioni model zgrade, mora uzeti u obzir raznovrsne toplotne dobitke i gubitke \dot{Q} . U ovom radu, model je razložen na nekoliko jedinica koje predstavljaju strukturu zgrade, a razmena toplote je data kao:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{ext} + \dot{Q}_{int} + \dot{Q}_{floor} + \dot{Q}_{ceil} - \dot{Q}_{inf} \quad (2)$$

Prvi sabirak je toplotni dobitak od spoljašnjeg zida koji može a i ne mora imati prozor. Ova komponenta obuhvata i solarne dobitke na spoljašnjem zidu i/ili prozoru. Stoga, jedan od najvažnijih ulaznih parametara, pored dimenzija zida i prozora, je orijentacija. Naime, model razmatra osam različitih slučajeva (SE, S, SW, W, NW, N, NE i E) koji su dati u stepenima, gde je jug uzet za

* Autor za korespondenciju, email: sladjana.lazarevic@uns.ac.rs

referentnu orijentaciju specificiranu kao ugao od -22.5° do 22.5° (svaki slučaj pokriva opseg od 45°). Solarni toplotni dobitci na zidovima se računaju na osnovu solarne apsorpcije materijala od kojih je zid napravljen. Ako je T_{ao} temperatura spoljašnjeg vazduha, važi:

$$\dot{Q}_{ext} = U_{ext}A_{ext}(T_{ao} - T_{ai}) + \underbrace{\dot{Q}_{sWall} + \dot{Q}_{sWin}}_{\dot{Q}_{solar}} \quad (3)$$

gde su U_{ext} i A_{ext} koeficijent ukupnog prenosa toplote i površina spoljašnjeg zida, a dve komponente u \dot{Q}_{solar} su solarni toplotni dobitci na zidu i prozoru. Dobici od unutrašnjeg zida zavise od susedne prostorije:

$$\dot{Q}_{int} = U_{int}A_{int}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (4)$$

gde su U_{int} i A_{int} koeficijent ukupnog prenosa toplote i površina unutrašnjeg zida, a T_{ao} je temperatura unutrašnjeg vazduha u susednoj prostoriji.

Za pod je od izuzetnog značaja ispravno razumevanje kako se u toku godine menja temperatura tla ispod zgrade. Kako je objašnjeno u [4] temperatura zemljišta je data kao funkcija prvog harmonika definisana osobinama usrednjene amplitude (pristrasnost) i faznog kašnjenja. Pod pretpostavkom da svi podovi u zgradi imaju slično toplotno ponašanje, prenos toplote od nižih ka višim spratovima zgrade je dato kroz modifikaciju temperature unutrašnjeg vazduha funkcijom prvog harmonika. Spoljašnji i unutrašnji podovi su napravljeni od različitih materijala, tako da se U-vrednosti značajno razlikuju. Za spoljašnji pod T_{ao} je temperatura zemljišta, a za unutrašnji pod je to temperatura vazduha u prostoriji ispod:

$$\dot{Q}_{floor} = U_{floor}A_{floor}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (5)$$

gde su U_{floor} i A_{floor} koeficijent ukupnog prenosa toplote i površina poda. Ako je plafon unutrašnji, onda ima istu U-vrednost kao i pod u prostoriji iznad (T_{ao} je temperatura vazduha u prostoriji iznad). Za krov zgrade T_{ao} je temperatura spoljašnjeg vazduha:

$$\dot{Q}_{ceil} = U_{ceil}A_{ceil}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (6)$$

U svakoj zgradi postoje toplotni gubici usled curenja vazduha kroz male pukotine u omotaču zgrade, okvire prozora/vrata itd. Ovo curenje vazduha je poznato kao infiltracija:

$$\dot{Q}_{inf} = h_{inf}V(T_{ao} - T_{ai}) \quad (7)$$

gde je h_{inf} koeficijent toplotnog prenosa za infiltraciju, V je zapremina prostorije, T_{ao} je temperatura spoljašnjeg vazduha.

2. Solarni dobitci na zidovima i prozorima

Modelovanje solarnih dobitaka koristi osnovne geografske informacije (geografka širina L , geografska dužina LT , jednačina vremena ET , lokalno vreme t i vremenska zona TZ). Upadni ugao sunčevih zraka na vertikalnu površinu zida ili prozora je dat kao ugao između sunčevih zraka i ravni normalne u odnosu na površinu zemlje:

$$\theta = \cos^{-1}((\cos(\alpha) \cos(|\gamma|) + |\cos(\alpha) \cos(|\gamma|)|)/2) \quad (8)$$

gde je α visina sunca predstavljena kao ugaona visina sunca u odnosu na horizont i geografsku širinu L , a γ je azimut vertikalne površine koji je razlika njene orijentacije φ i solarnog azimuta ψ , $\gamma = \varphi - \psi$. Solarni azimut je zamišljena putanja sunca na nebu:

$$\varphi = \cos^{-1}((\sin(\alpha) \sin(L) - \sin(\delta))/(\cos(\alpha) \cos(L)))H/|H| \quad (9)$$

Jednačina iz koje se računa solarno odstupanje δ je data kao funkcija dana u godini n , dok se ugao sata H oslanja na već pomenute osnovne geografske informacije:

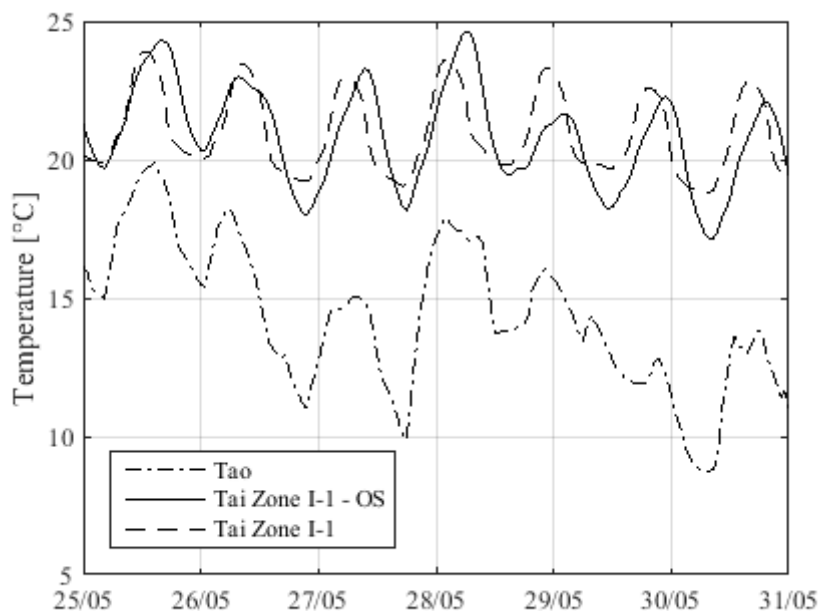
$$\delta = 23.45^\circ \sin(360(284 + n)/365) \quad (10)$$

$$H = ((t + ET + (TZ - LT)/15^\circ) - 12)15^\circ \quad (11)$$

Kada je poznat upadni ugao sunčevih zraka, moguće je izraziti količinu sunčevog zračenja koja dostiže do vertikalne površine kao direktnu, difuznu i reflektovanu komponentu. Model uzima u obzir solarne toplotne dobitke za oblačne i sunčane dane. Više detalja se može pronaći u [5] i [6].

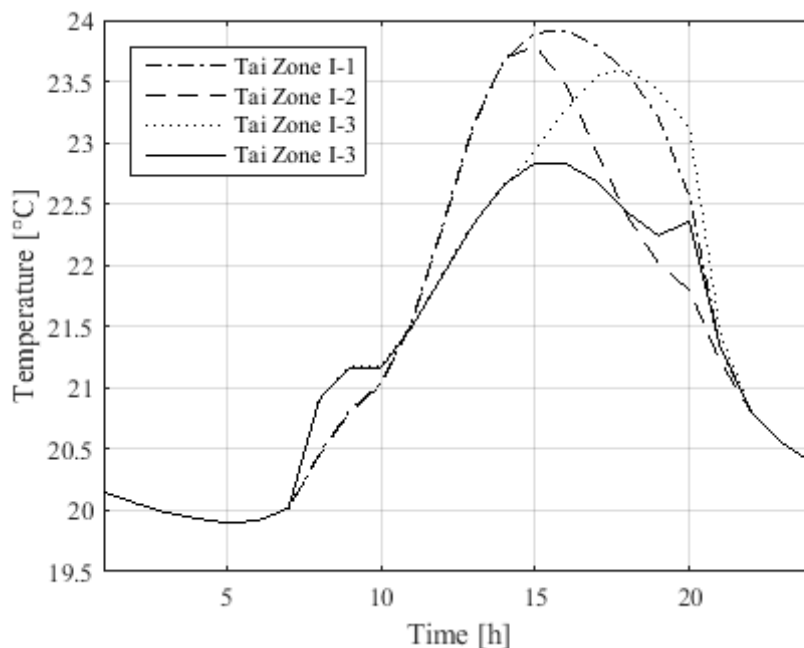
3. Simulacija bazirana na modelu i rezultati

Simulacija bazirana na modelu je izvršena za trospratnu zgradu u Novom Sadu, Srbija (45.78°, 20.79°, meridijan zone 15°). Na svakom spratu se nalaze četiri prostorije sa dva unutrašnja zida (5 × 3 m) i dva spoljašnja zida (4 × 3 m). Spoljašnji zidovi koji su okrenuti ka severu i jugu imaju po jedan prozor (2 × 1 m). Omotač zgrade je napravljen od nekoliko slojeva različitih materijala, tako da je koeficijent prenosa toplote dat kao U-vrednost izračunat na osnovu toplotne provodljivosti i debljine materijala.



Slika 2. Poređenje rezultata simulacije sa OpenStudio platformom

Za potvrdu tačnosti modela, simulacioni rezultati su upoređeni sa rezultatima generisanim u *OpenStudio* platformi. Rezultati su upoređeni sa poslednjih sedam dana u maju 2018. Podaci o temperaturi spoljašnjeg vazduha su preuzeti iz *EnergyPlus* baze podataka. Na sl. 1 su prikazani upoređeni rezultati za termalnu zonu u prizemlju sa prozorom okrenutim ka jugu i drugim spoljašnjim zidom okrenutim ka zapadu. Slika 2 prikazuje kako solarni toplotni dobici utiču na promenu temperature vazduha u svim termalnim zonama u prizemlju tokom sunčanog dana, 25. maja. Temperatura vazduha u zonama sa prozorima okrenutim ka jugu (I-1 i I-2) dostiže veće maksimalne vrednosti, ali je u poslpodnevним satima opadanje vrednosti temperature uslovljeno solarnim dobicima na drugom spoljašnjem zidu (I-1 – spoljašnji zid okrenut ka zapadu, I-2 – spoljašnji zid okrenut ka istoku). Sličan zaključak se može izvesti i za zone sa prozorima okrenutim ka severu (I-3 – spoljašnji zid okrenut ka zapadu, I-4 – spoljašnji zid okrenut ka istoku).



Slika 3. Temperatura vazduha u zonama u prizemlju za 25. Maj

4. Zaključak

Matematički modeli značajno pomažu u analizi ponašanja sistema. Toplotno ponašanje zgrade koje je posmatrano u ovom radu je dato kao kombinacija različitih faktora. Svaki od ovih faktora je modelovan pojedinačno, gde je najveća pažnja bila usmerena na solarne toplotne dobitke. Krajnji simulacioni rezultati su upoređeni i potvrđeni kroz *OpenStudio* platformu.

5. Reference

- [1] Fasiuddin, M., Budaiwi, I., HVAC system strategies for energy conservation in commercial buildings in Saudi Arabia, *Energy and Buildings*, 43 (2011), 12, pp. 3457-3466
- [2] Afroz, Z., et al., Modeling techniques used in building HVAC control system: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 83 (2018), pp. 64-84
- [3] Mossolly, M., et al., Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm, *Energy*, 34 (2009), pp. 58-66
- [4] Krarti, M., et al., Analytical model to predict annual soil surface temperature variation, *Journal of Solar Energy Engineering*, 117 (1995), pp. 91-99
- [5] Čongradac, V., et al., Algorithm for blinds control based on the optimization of blind tilt angle using genetic algorithm and fuzzy logic, *Solar Energy*, 83 (2012), 9, pp. 2762-2770
- [6] Athienitis, A. K., Tzempelikos, A., A methodology for simulation of daylight room illuminance distribution and light dimming for a room with controlled shading device, *Solar Energy*, 72 (2002), 4, pp. 271-281

COMPREHENSIVE MATHEMATICAL MODEL OF BUILDING THERMAL BEHAVIOR

Slađana L. LAZAREVIĆ, Velimir D. ČONGRADAC*

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

This paper presents a complex mathematical model of building thermal behavior. Each room of the building is considering to be a thermal zone, and the thermal behavior is represented through various heat gains and losses, such as heat gains of an external wall, internal wall, floors, ceilings and inevitable heat losses due to infiltration. The model does not consider heat gained from heating systems. Simulation results were compared with OpenStudio platform.

Key words: building modelling; thermal behavior; solar gains

1. Introduction

Since heating, ventilation and air-conditioning system is the primary energy consumer in a building, development and application of advanced control techniques is crucial for the purposes of energy efficiency. In previous researches it has been shown that with appropriate selection of control strategies energy savings up to 25% can be achieved. [1]

However, improvement of already known control methods is merely possible with accurate modeling of the system. Modeling techniques can be classified in three categories: white box, black box and grey box modeling. [2] On the other hand, all these models can be linear, nonlinear, static, dynamic, discrete, continuous, deterministic, probabilistic etc. White box models are based on fundamental physics laws of energy: mass balance and heat transfers. Black box models are data driven, where the data collected from a real system is used to determine the input-output dependencies. Grey box models are a mixture of white and black box models, where basis of the model are physical equations and the model parameters are estimated from real data.

A thermal zone is a basic thermal unit in modeling the building and it represents a room or group of rooms with similar thermal requirements (i.e. heating/cooling setpoints). Heat balance method is most commonly used to model a thermal zone. [3] Mathematical model presented in this paper is also based on this method, but it embraces thorough modeling of solar heat gains.

2. Mathematical model

Thermal behavior of a building is described as a mathematical model focused on the temperature of the inside air and heat exchanges:

$$T_{ai} = \frac{1}{\rho c_p} \int_0^t \dot{Q} dt \quad (12)$$

Where ρ is air density, c_p is air mass heat capacity. The comprehensive simulation model of a building

* Corresponding author, email: sladjana.lazarevic@uns.ac.rs

must consider a variety of thermal heat gains and losses \dot{Q} . In this paper, the model is decomposed into several units based on building structure, and heat exchanges are given by:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{ext} + \dot{Q}_{int} + \dot{Q}_{floor} + \dot{Q}_{ceil} - \dot{Q}_{inf} \quad (13)$$

First component is the heat gain for external wall which can be with or without windows. This component also considers solar gains on the external wall and/or window. Therefore, one of the most important input parameters, besides the dimensions of the wall and window, is the orientation. Namely, model considers eight different options (SE, S, SW, W, NW, N, NE and E) given in degrees, where South is the reference orientation that is specified within an angle from -22.5° to 22.5° (each option covers the range of 45°). Solar heat gains on the walls consider solar absorbance of the construction material as an input parameter for the calculation. If T_{ao} is the temperature of the outside air, it holds:

$$\dot{Q}_{ext} = U_{ext}A_{ext}(T_{ao} - T_{ai}) + \underbrace{\dot{Q}_{sWall} + \dot{Q}_{sWin}}_{\dot{Q}_{solar}} \quad (14)$$

Where U_{ext} and A_{ext} are overall heat transfer coefficient and surface area of the external wall and two components of \dot{Q}_{solar} consider solar gains from wall and window. Internal wall gain depends on the separation from the adjacent room:

$$\dot{Q}_{int} = U_{int}A_{int}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (15)$$

Where U_{int} and A_{int} are overall heat transfer coefficient and surface area of the internal wall and T_{ao} in this case is the temperature of the inside air of the adjacent room.

For the floor it is important to properly understand how the temperature of the ground bellow the building is changing during the year. As it was explained in [4] soil surface temperature is given as a first harmonic function characterized by an average (i.e. bias) amplitude and phase lag. Under the assumption that all floors have similar thermal behavior, the heat transfer from lower to upper building floors is given as a first harmonic modification of the internal temperature. External and internal floors are made of different materials so with the respect to the upper and lower building levels, U-value varies significantly. For the external floor T_{ao} is the temperature of the ground, and for internal floor it is the temperature of the inside air of the room below:

$$\dot{Q}_{floor} = U_{floor}A_{floor}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (16)$$

Where U_{floor} and A_{floor} are overall heat transfer coefficient and surface area of the floor. If the ceiling is internal, then it has the same U-value as the floor in the rooms above (T_{ao} is the temperature of the inside air of the room above). For external ceiling, i.e. the roof of the building T_{ao} is the outside air temperature:

$$\dot{Q}_{ceil} = U_{ceil}A_{ceil}(T_{ao} - T_{ai}) \quad (17)$$

In every building there are losses due to non-deliberate air leakages through small cracks in the envelope, door/window frames etc. These air leakages are known as infiltration:

$$\dot{Q}_{inf} = h_{inf}V(T_{ao} - T_{ai}) \quad (18)$$

Where h_{inf} is heat transfer coefficient for infiltration, V is room volume, T_{ao} is outside air temperature.

2.1 Solar heat gains on walls and windows

Modelling of solar heat gains takes advantage of basic geographical information (latitude L , longitude LT , equation of time ET , local time t and time zone TZ). The incidence angle of solar rays on the vertical surface of the wall/window is given as the angle between solar rays and plane perpendicular to

Earth surface:

$$\theta = \cos^{-1}((\cos(\alpha) \cos(|\gamma|) + |\cos(\alpha) \cos(|\gamma|)|)/2) \quad (19)$$

Where α is the altitude of the Sun representing the angular height if the Sun respective to the horizon and latitude L , and γ is the azimuth of the vertical surface obtained as the difference of its orientation φ and the solar azimuth ψ , $\gamma = \varphi - \psi$. The solar azimuth is the imaginary path of the Sun across the sky:

$$\varphi = \cos^{-1}((\sin(\alpha) \sin(L) - \sin(\delta))/(\cos(\alpha) \cos(L))) H/|H| \quad (20)$$

The equation for solar declination δ is constructed as a function of day of the year n , while the angle of the hour H leans on the basic geographical information mentioned above:

$$\delta = 23.45^\circ \sin(360(284 + n)/365) \quad (21)$$

$$H = ((t + ET + (TZ - LT)/15^\circ) - 12)15^\circ \quad (22)$$

Once the incidence angle of solar rays is known, it is possible to derive the amount of solar radiation that reaches the vertical surface by means of direct, diffuse and reflected components. The model considers solar heat gain both for cloudy and clear sky days. More details can be found in [5] and [6].

3. Model-based simulation and findings

The model-based simulation was performed for a three-floor building at a specific location in Novi Sad, Serbia (45.78°, 20.79°, zone meridian 15°). On each floor there are four rooms with two internal (5 × 3 m) and two external walls (4 × 3 m). External walls facing north and south have a window (2 × 1 m). The building envelope is made of several layers of different materials, so heat transfer coefficient is given by the U-value based on thermal conductivity and thickness of the materials in the structure.

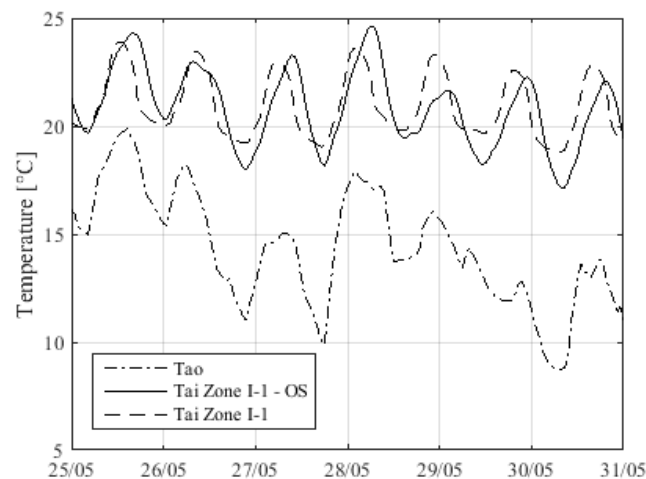


Figure 3. Comparison of the simulation results with OpenStudio platform

For the verification of model accuracy, simulation results are compared with the results generated in OpenStudio platform. The results are compared for the last seven days of May 2018. The data for outside air temperature were obtained from EnergyPlus database. Figure 1 presents the comparison results for a thermal zone on ground floor with a window facing south and the external wall facing west. Figure 2 shows how solar heat gains affect the inside air temperature for the ground floor

thermal zones during a sunny day, May 25th. Inside air temperature in zones with a window facing south (I-1 and I-2) reach higher peak values, but further decrease in the temperature is influenced by the solar gains on the other external wall (I-1 – external wall on the west, I-2 – external wall on the east). Similar conclusion can be drawn for the zones with a window facing north (I-3 – external wall on the west, I-4 – external wall on the east).

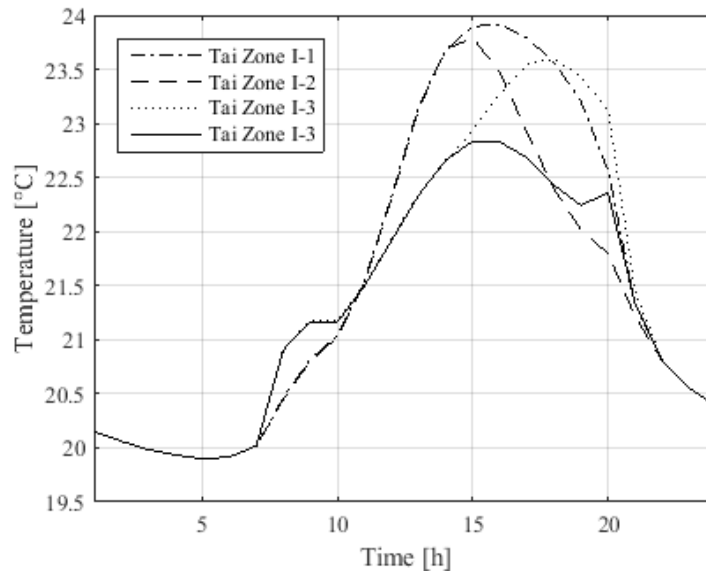


Figure 4. Inside air temperature in ground floor zones for May 25th

4. Conclusion

Mathematical models can provide significant insight of system's behavior. Thermal behavior of a building which was observed in this paper, is a combination of multiple factors. Each of these factors were modeled separately, where the mayor importance was given to solar gains. Final simulation results were compared and verified with OpenStudio platform.

5. References

- [1] Fasiuddin, M., Budaiwi, I., HVAC system strategies for energy conservation in commercial buildings in Saudi Arabia, *Energy and Buildings*, 43 (2011), 12, pp. 3457-3466
- [2] Afroz, Z., et al., Modeling techniques used in building HVAC control system: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 83 (2018), pp. 64-84
- [3] Mossolly, M., et al., Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm, *Energy*, 34 (2009), pp. 58-66
- [4] Krarti, M., et al., Analytical model to predict annual soil surface temperature variation, *Journal of Solar Energy Engineering*, 117 (1995), pp. 91-99
- [5] Čongradac, V., et al., Algorithm for blinds control based on the optimization of blind tilt angle using genetic algorithm and fuzzy logic, *Solar Energy*, 83 (2012), 9, pp. 2762-2770
- [6] Athienitis, A. K., Tzempelikos, A., A methodology for simulation of daylight room illuminance distribution and light dimming for a room with controlled shading device, *Solar Energy*, 72 (2002), 4, pp. 271-281

UTICAJ TROŠKOVNO-OPTIMALNIH MERA ENERGETSKE EFIKASNOSTI STAMBENIH OBJEKATA NA ŽIVOTNU SREDINU

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

Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu, Srbija

Ovaj rad razmatra mogućnost smanjenja emisije CO₂ za tri stambena objekta, pod pretpostavkom izbora finansijski najpovoljnijih mera energetske efikasnosti. Analiziraju se i efekti troškovno optimalnih mera u uslovima ograničenih investicija. U radu je formulisana kombinatorički optimizacioni problem i matematički model. Moguće smanjenje emisije CO₂ za razmatrane mere je 69-75%, a za troškovno optimalne: 26-75%, zavisno od scenarija.

Ključne reči: emisija gasova sa efektom staklene bašte, energetska efikasnost zgrada, optimizacija, troškovna optimalnost

1. Uvod

Zgrade su, na globalnom nivou, značajni potrošači energije. Mogućnosti uštede energije i smanjenja emisije CO₂ i uopšte gasova sa efektom staklene bašte su kod njih značajne, pa su uključene u razmatranje prilikom formulisane energetske politika i strategija, kao i definisanja njihovih instrumenata. Važan uticaj na proces donošenja odluka, kako prilikom definisanja strateških dokumenata, tako i tokom razmatranja mera uštede energije konkretnih zgrada, imaju tzv. troškovno optimalni paketi mera energetske efikasnosti. Njih čine mere koje zajedno predstavljaju finansijski najpovoljniju opciju za investiranje u energetska efikasnost.

Evropska unija zahteva od zemalja članica da definišu minimalne zahteve kada su u pitanju energetska poboljšanja postojećih zgrada [1], a oni se definišu na osnovu troškovno optimalnih opcija [2, 3]. Kriterijumi za utvrđivanje troškovne optimalnosti su uglavnom globalni trošak [4] i potrošnja primarne energije [5], ali i emisija CO₂ [5-8], kao i toplotni komfor [9-10].

Ovaj rad razmatra mogućnost smanjenja emisije CO₂ za tri izabrana stambena objekta koji se nalaze u Srbiji, pod pretpostavkom izbora finansijski najpovoljnijih mera energetske efikasnosti.

2. Formulacija problema

U ovom radu su određene troškovno optimalne mere energetske efikasnosti za tri stambena objekta: (1) jednorodničku kuću, (2) malu stambenu zgradu i (3) veliku stambenu zgradu. Izabrane stambene zgrade su povezane na sisteme daljinskog grejanja, a pretpostavka istraživanja jeste da će one nastaviti da se na isti način snabdevaju toplotnom energijom. Ovaj slučaj je razmatran zbog važnosti daljinskog grejanja u Republici Srbiji i njene strateške orijentacije ka povećanju broja stambenih objekata priključenih na ove sisteme [11]. Sve zgrade se nalaze u Nišu.

* Autor za korespondenciju, email: mirko.stojiljkovic@masfak.ni.ac.rs

Analizirane su sledeće mere energetske efikasnosti: izolacija spoljašnjih zidova, izolacija unutrašnjih zidova prema negrejanim prostorima, izolacija podova prema negrejanim podrumima, izolacija tavanica prema negrejanom potkrovlju ili izolacija ravnih krovova i zamena stolarije. Razmatrani izolacioni materijali su: kamena mineralna vuna, ekspanzirani polistiren, poboljšani ekspanzirani polistiren i ekstrudirani polistiren. Što se tiče stolarije, uzeto je u obzir 19 kombinacija dvostrukih ili trostrukih stakala i ramova od polivinil hlorida, drva, aluminijuma i kombinacije aluminijum-drvo.

Rad istražuje tri scenarija: (1) realistički, (2) optimistički, koji pretpostavlja povoljne uslove za investicije u energetska efikasnost (niske investicije, visoke stope porasta cena energenata i nisku diskontnu stopu) i (3) pesimistički scenario, u kome su pretpostavljeni nepovoljni uslovi za ulaganje u projekte energetske efikasnosti.

3. Metodologija

U radu je formulisan kombinatorički optimizacioni problem i definisan adekvatan matematički model. Korišćena je metoda iscrpnog pretraživanja. Pet analiziranih mera energetske efikasnosti je definisano koristeći pet odgovarajućih diskretnih nezavisno promenljivih veličina. Glavna funkcija cilja je minimalan globalni trošak. Za određivanje ukupnog potencijala smanjenja emisije CO₂, rešavan je identičan optimizacioni problem sa minimalnom emisijom CO₂ kao funkcijom cilja.

4. Rezultati i diskusija

U odsustvu mera energetske efikasnosti, globalni troškovi su, zavisno od scenarija: 178.20-492.87, 187.96- 525.94 i 122.55-349.29 EUR/m², a emisije CO₂: 117.10, 127.81 i 70.18 kg CO_{2e}/m², redom za zgrade A, B i C. Ostali rezultati su prikazani u tabeli 1. Slike 1 i 2 prikazuju zavisnost globalnog troška i emisije CO₂ od visine investicije, odnosno Pareto optimalna rešenja za zgradu A.

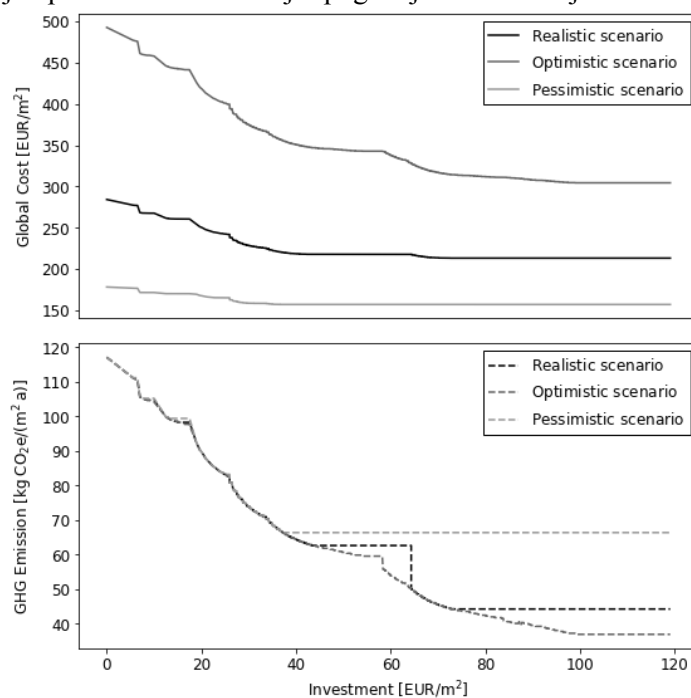
Troškovno optimalne mere smanjuju globalni trošak 8-12% u pesimističkom i 27-43% u optimističkom scenariju. Mere kojima se minimizira emisija nisu isplative u pesimističkom scenariju.

Tabela 1. Rezime globalnih troškova i emisija CO₂ za optimalna rešenja

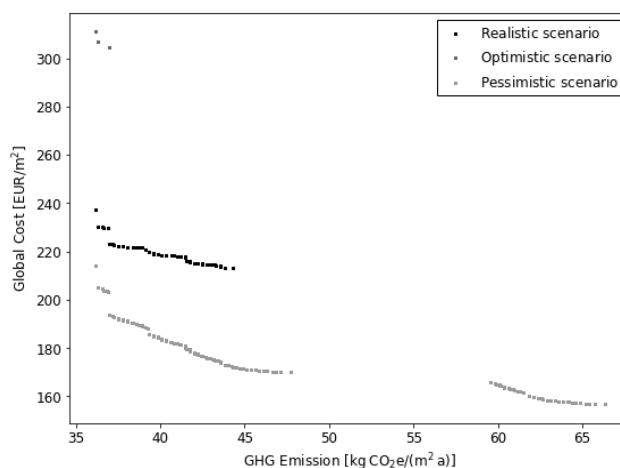
Zgrada	Scenario	Funkcija cilja	Globalni trošak [EUR m ⁻²]	Smanjenje globalnog troška	Emisija CO ₂ [kg CO _{2e} m ⁻²]	Smanjenje emisije CO ₂
A	Realistički	min Z_G	213.21	25.01%	44.27	62.19%
		min E	237.35	16.52%	36.15	69.13%
	Optimistički	min Z_G	304.50	38.22%	36.94	68.45%
		min E	311.07	36.89%	36.15	69.13%
	Pesimistički	min Z_G	157.01	11.89%	66.38	43.31%
		min E	213.96	-20.07%	36.15	69.13%
B	Realistički	min Z_G	218.50	27.46%	41.40	67.61%
		min E	247.89	17.71%	31.41	75.42%
	Optimistički	min Z_G	302.18	42.54%	32.73	74.39%
		min E	310.40	40.98%	31.41	75.42%
	Pesimistički	min Z_G	171.86	8.57%	92.35	27.74%

C	Realistički	min E	232.75	-23.83%	31.41	75.42%
		min Z_G	171.61	13.25%	48.60	30.75%
	Optimistički	min E	201.71	-1.97%	20.85	70.29%
		min Z_G	253.70	27.37%	22.72	67.63%
	Pesimistički	min E	260.29	25.48%	20.85	70.29%
		min Z_G	112.73	8.01%	51.47	26.66%
		min E	184.44	-50.50%	20.85	70.29%

Moguće smanjenje emisije CO₂ za razmatrane mere je 69-75%. Za troškovno optimalne mere smanjenje je: 26-44% za pesimistički, 30-68% za realistički i 68-75% za optimistički scenario. Najveći smanjenje daje optimistički scenario jer pogoduje merama kojima se štedi više energije.



Slika 1. Zavisnost globalnog troška i emisije CO₂ od investicije za zgradu A



Slika 2. Pareto optimalna rešenja za zgradu A

5. Zaključci

U ovom radu je analiziran potencijal smanjenja emisije CO₂ za tri stambene zgrade prikuljučene na sisteme daljinskog grejanja, kao posledica implementacije troškovno optimalnih mera energetske efikasnosti. Takođe je razmatrana i zavisnost globalnog troška i emisije CO₂ od ograničenih mogućnosti investiranja. Moguće smanjenje emisije CO₂ za razmatrane mere je 69-75%, dok za troškovno optimalne mere smanjenje može biti značajno slabije: 26-75%, zavisno od scenarija. Najveći smanjenje daje optimistički scenario jer pogoduje merama kojima se štedi više energije.

Reference

- [1] ****, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), *Official Journal of the European Union*, L 153 (2010), pp. 13-35
- [2] ****, Cost Optimality. Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive, Buildings Performance Institute Europe, 2010
- [3] ****, Implementing the Cost-Optimal Methodology in EU Countries. Lessons Learned from Three Case Studies, Buildings Performance Institute Europe, 2013
- [4] ****, Serbian Standard SRPS EN 15459-1:2017, Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings - Part 1: Calculation procedures, Module M1-14, Institute for Standardization of Serbia, 2017
- [5] ****, Rulebook on energy efficiency of buildings, *Official Gazette of the Republic of Serbia*, 61 (2011) (In Serbian)
- [6] Almeida, M., Ferreira, M., Cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (Annex 56), *Energy and Buildings*, 152 (2017), pp. 718-738, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.07.050
- [7] Congedo, P.M. *et al.*, Cost-optimal design for nearly zero energy office buildings located in warm climates, *Energy*, 91 (2015), pp. 967-982, doi: 10.1016/j.energy.2015.08.078
- [8] Niemelä, T. *et al.*, Energy performance and environmental impact analysis of cost-optimal renovation solutions of large panel apartment buildings in Finland, *Sustainable Cities and Society*, 32 (2017), pp. 9-30, doi: 10.1016/j.scs.2017.02.017
- [9] Ascione, F. *et al.*, CASA, cost-optimal analysis by multi-objective optimisation and artificial neural networks: A new framework for the robust assessment of cost-optimal energy retrofit, feasible for any building, *Energy and Buildings*, 146 (2017), pp. 200-219, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.04.069
- [10] Ortiz, J. *et al.*, Cost-effective analysis for selecting energy efficiency measures for refurbishment of residential buildings in Catalonia, *Energy and Buildings*, 128 (2016), pp. 442-457, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.059
- [11] ****, Energy Sector Development Strategy of the Republic of Serbia for the period by 2025 with projections by 2030, Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia, 2016

ENVIRONMENTAL IMPACT OF COST-OPTIMAL ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN RESIDENTIAL BUILDINGS

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

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

This paper considers the possibility of CO₂ emission reduction in three residential objects, under the assumption of the implementation of cost-optimal energy efficiency measures. It analyses the effects of the cost-optimal measures when constrained with the investments level, as well. The paper formulates the combinatorial optimization problem and mathematical model. Potential CO₂ emission reduction for considered measures is 69-75%, while for the cost-optimal ones is: 26-75%, depending on scenarios.

Keywords: *greenhouse gases emission, energy efficiency of buildings, optimization, cost optimality*

1. Introduction

On the global level, buildings are significant consumers of energy. The possibilities of energy savings and the reduction of CO₂ and generally greenhouse gases emission (GHGE) are significant. Therefore, the buildings sector is important when formulating energy policies and strategies, as well as defining their instruments. Cost-optimal (CO) packages of measures have important influence on decision making processes — both when defining strategical documents and considering energy saving measures (ESM) of particular buildings. These CO packages of ESM are composed of the measures that jointly represent financially the most attractive energy efficiency investment option.

European Union demands its member states to define minimal requirements regarding the energy efficiency of the existing buildings [1]. These requirements are formulated after careful considerations of CO options [2, 3]. The criteria for cost optimality are mostly global cost (GC) [4] and primary energy consumption [5], but also GHGE [5-8], as well as thermal comfort [9-10].

This paper considers the potential of GHGE reduction (GHGER) for three residential objects located in Serbia, under the assumption of the implementation of CO ESM.

2. Problem formulation

This paper determines CO ESM for three residential objects: (a) a single-family house, (2) a small residential building, and (3) a large residential building. The buildings are connected to district heating systems (DHS) and the assumptions is that they are going to keep this mode of heat supply. The rationale is the importance of DHS in the Republic of Serbia and its strategic orientation towards the increase of the number of buildings connected to DHS [11]. All buildings are located in Niš.

The following ESM are analyzed: the insulation of the exterior walls, the insulation of the interior walls towards unconditioned spaces, the insulation of the floors towards unconditioned

* Corresponding author, email: mirko.stojiljkovic@masfak.ni.ac.rs

basements, the insulation of ceilings towards unconditioned attics or the insulation of flat roofs, as well as the replacement of fenestration. Considered insulation materials are: stone mineral wool, expanded polystyrene (EPS), improved EPS and extruded polystyrene. When examining fenestration improvements, 19 combinations of double and triple glazing with the frames made of polyvinyl chloride, wood, aluminum and aluminum-wood combination are taken into account.

The paper considers three scenarios: (1) realistic (RS), (2) optimistic (OS), and (3) pessimistic (PS). OS presumes the conditions favoring investments in ESM (e.g. low investment costs, high increase rates of energy commodities prices and low discount rate). Contrary, PS analyzes the conditions that are not preferable from the point of ESM investing.

3. Methodology

The paper formulates the combinatorial optimization problem and defines appropriate mathematical model. It uses the exhaustive search. Five analyzed ESM is considered through five corresponding discrete decision variables. The main objective function is minimal GC. Total GHGER potential is determined by solving almost identical problem, with minimal GHGE as the objective.

4. Results and discussion

In the absence of ESM, GCs are, depending on scenario: 178.20- 492.87, 187.96- 525.94 and 122.55-349.29 EUR/m², while GHGEs have the values of: 117.10, 127.81 and 70.18 kg CO₂e/m², respectively for the buildings A, B and C. Other results are shown in Table 1. Figures 1 and 2 illustrate the functions of GC and CO₂ emission on the investment and the Pareto optimal solutions for the building A.

CO ESM reduce GCs by 8-12% in PS and 27-43% in OS. ESM that minimize GHGE are not financially attractive in PS.

Table 1. Summary of global costs and CO₂ emissions for the optimal solutions

Building	Scenario	Objective function	Global cost [EUR m ⁻²]	Global cost reduction	CO ₂ emission [kg CO ₂ e m ⁻²]	CO ₂ emission reduction
A	Realistic	min Z_G	213.21	25.01%	44.27	62.19%
		min E	237.35	16.52%	36.15	69.13%
	Optimistic	min Z_G	304.50	38.22%	36.94	68.45%
		min E	311.07	36.89%	36.15	69.13%
	Pessimistic	min Z_G	157.01	11.89%	66.38	43.31%
		min E	213.96	-20.07%	36.15	69.13%
B	Realistic	min Z_G	218.50	27.46%	41.40	67.61%
		min E	247.89	17.71%	31.41	75.42%
	Optimistic	min Z_G	302.18	42.54%	32.73	74.39%
		min E	310.40	40.98%	31.41	75.42%
	Pessimistic	min Z_G	171.86	8.57%	92.35	27.74%
		min E				

C	Realistic	min E	232.75	-23.83%	31.41	75.42%
		min Z_G	171.61	13.25%	48.60	30.75%
	Optimistic	min E	201.71	-1.97%	20.85	70.29%
		min Z_G	253.70	27.37%	22.72	67.63%
	Pessimistic	min E	260.29	25.48%	20.85	70.29%
		min Z_G	112.73	8.01%	51.47	26.66%
		min E	184.44	-50.50%	20.85	70.29%

Total GHGER potential for the considered measures is 69-75%. For CO₂ ESM, GHGER is: 26-44% in PS, 30-68% in RS and 68-75% in OS. The highest GHGER corresponds to OS since it motivates more expensive and effective ESM.

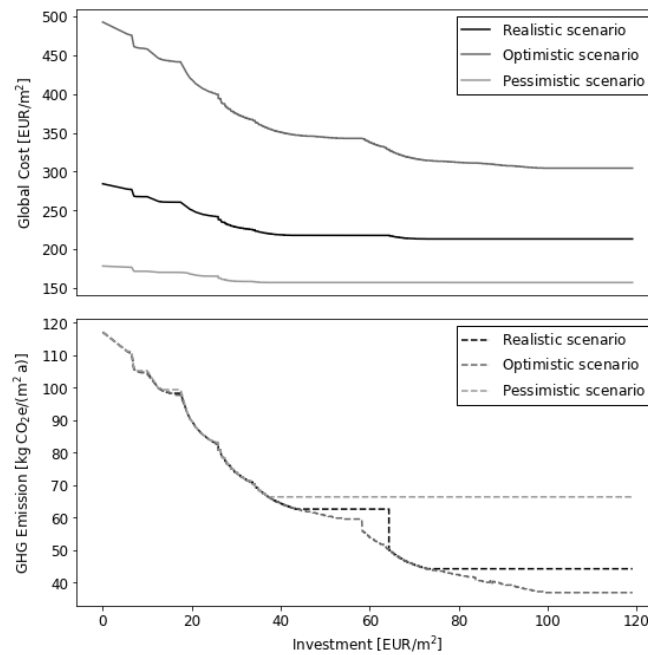


Figure 1. Dependence of the global cost and CO₂ emission on the investment for the building A

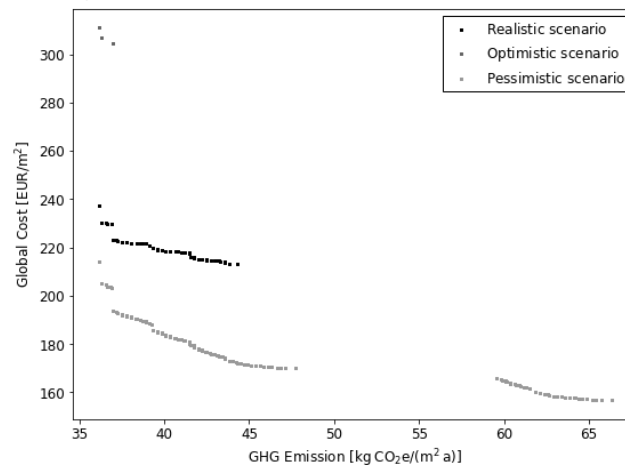


Figure 2. Pareto optimal solutions for the building A

5. Conclusions

This paper analyzes the greenhouse gases reduction potential of cost-optimal energy saving measures applied to three residential buildings connected to district heating systems. It considers the dependence of global cost and greenhouse gases emission on the limits of the possibilities for investment. Total greenhouse gases reduction potential for the considered measures is 69-75%, while cost-optimal measures yield 26-75%, depending on the scenario. The highest reduction correlates with the optimistic scenario that favors more expensive and effective energy efficiency measures.

References

- [1] ****, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), *Official Journal of the European Union*, L 153 (2010), pp. 13-35
- [2] ****, Cost Optimality. Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive, Buildings Performance Institute Europe, 2010
- [3] ****, Implementing the Cost-Optimal Methodology in EU Countries. Lessons Learned from Three Case Studies, Buildings Performance Institute Europe, 2013
- [4] ****, Serbian Standard SRPS EN 15459-1:2017, Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings - Part 1: Calculation procedures, Module M1-14, Institute for Standardization of Serbia, 2017
- [5] ****, Rulebook on energy efficiency of buildings, *Official Gazette of the Republic of Serbia*, 61 (2011) (In Serbian)
- [6] Almeida, M., Ferreira, M., Cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (Annex 56), *Energy and Buildings*, 152 (2017), pp. 718-738, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.07.050
- [7] Congedo, P.M. *et al.*, Cost-optimal design for nearly zero energy office buildings located in warm climates, *Energy*, 91 (2015), pp. 967-982, doi: 10.1016/j.energy.2015.08.078
- [8] Niemelä, T. *et al.*, Energy performance and environmental impact analysis of cost-optimal renovation solutions of large panel apartment buildings in Finland, *Sustainable Cities and Society*, 32 (2017), pp. 9-30, doi: 10.1016/j.scs.2017.02.017
- [9] Ascione, F. *et al.*, CASA, cost-optimal analysis by multi-objective optimisation and artificial neural networks: A new framework for the robust assessment of cost-optimal energy retrofit, feasible for any building, *Energy and Buildings*, 146 (2017), pp. 200-219, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.04.069
- [10] Ortiz, J. *et al.*, Cost-effective analysis for selecting energy efficiency measures for refurbishment of residential buildings in Catalonia, *Energy and Buildings*, 128 (2016), pp. 442-457, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.06.059
- [11] ****, Energy Sector Development Strategy of the Republic of Serbia for the period by 2025 with projections by 2030, Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia, 2016



Tel: +381 21 485 2400
Fax: +381 21 63 50 775
www.dept.uns.ac.rs



dept
Departman za energetiku
i procesnu tehniku



CIP - Каталогизacija у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

620.9(048.3)

МЕЂУНАРОДНИ форум о чистим енергетским технологијама "Чиста енергија за паметну будућност" (12 ; 2018 ; Нови Сад)

Zbornik proširenih apstrakata [Elektronski izvor] = Proceedings of the extended abstracts / XII međunarodni forum o čistim energetske tehnologijama "Čista energija za pametnu budućnost", 2-3. 10. 2018, Novi Sad = XII International Forum For Clean Energy Technologies "Clean Energy for Smart Future" ; [urednici Damir Đaković, Dušan Gvozdenac]. - Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, 2018

Način dostupa (URL): www.dept.uns.ac.rs. - Zapis zasnovan na stanju na dan 25.9.2018. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Uporedo srp. tekst i engl. prevod. - Bibliografija uz svaki apstrakt.

ISBN 978-86-6022-097-6

а) Енергетске технологије - Апстракти
COBISS.SR-ID 325584391



9 788660 220976 >