



# 47. kggh

**47. MEĐUNARODNI  
KONGRES I IZLOŽBA  
O GREJANJU HLAĐENJU  
I KLIMATIZACIJI**

**47<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
CONGRESS & EXHIBITION  
ON HEATING, REFRIGERATION  
AND AIR CONDITIONING**

**Beograd, Sava centar,  
30. novembar – 2. decembar 2016.**

**Belgrade, Sava Center,  
30 November – 2 December 2016**

## ZBORNIK RADOVA

## PROCEEDINGS





# GREE



gree.rs | energynet.rs



# EMVS

Ekskluzivni zastupnik i uvoznik za Srbiju ENERGY NET D.O.O.



**ENERGYNET**

# ZBORNİK RADOVA

---

47. MEĐUNARODNI KONGRES O GREJANJU,  
HLAĐENJU I KLIMATIZACIJI



2016

**ZBORNİK RADOVA**  
**47. međunarodni kongres o grejanju,**  
**hlađenju i klimatizaciji**  
(Beograd, 30.11. – 2.12.2016)

IZDAVAČ

*Savez mašinskih i elektrotehničkih  
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)*  
– Društvo za grejanje, hlađenje i klimatizaciju (KGH) Srbije  
*Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd*  
*2016. god.*

UREDNIK

*Prof. dr Branislav Todorović, dipl. inž.*

RECENZENTI

*Branislav Todorović, Marija Todorović,  
Bratislav Blagojević, Aleksandar Anđelković,  
Slobodan Pejković, Živojin Perišić,  
Petar Vasiljević, Bojan Bogdanović*

TIRAŽ

ISBN 978-86-81505-82-3

TIRAŽ

*300 primeraka*

CD UMNOŽAVA

*SMEITS*

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

697(082)(0.034.2)  
628.8(082)(0.034.2)  
621.56/.59(082)(0.034.2)  
620.9(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНИ конгрес о грејању, хлађењу и климатизацији (47 ; 2016 ; Београд)

Zbornik radova [Elektronski izvor] = Proceedings / 47. međunarodni kongres i izložba o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 30. novembar - 2. decembar 2016. = 47th International Congress & Exhibition on Heating, Refrigeration and Air Conditioning, Belgrade, 30 November - 2 December 2016 ; [urednik Branislav Todorović]. - Beograd : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za grejanje, hlađenje i klimatizaciju (KGH) Srbije, 2016 (Beograd : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) : ilustr. ; 12 cm

Sistemski zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 300. - Bibliografija uz većinu radova.

ISBN 978-86-81505-82-3

a) Klimatizacija - Zbornici b) Rashladna tehnika - Zbornici  
c) Grejanje - Zbornici d) Energetski izvori - Zbornici

COBISS.SR-ID 227995148



# SADRŽAJ • CONTENTS

## 1. Plenarna predavanja • Keynote Lectures

1. VODA KAO RASHLADNI FLUID  
USE OF WATER AS REFRIGERANT  
*Alexander COHR PACHAI* . . . . . 13

## 2. Standardizacija • Standardization

2. EKSERGIJA KAO FIZIČKA MERA ODRŽIVOSTI ENERGETSKOG SISTEMA  
EXERGY AS PHYSICAL MEASURE OF SUSTAINABILITY OF ENERGY SYSTEM  
*Peter NOVAK* . . . . . 23
3. DOSTIZANJE CILJA PROTIV SIROMAŠTVA U SVETLU STRATEGIJA  
ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI  
MEETING THE ANTI-POVERTY TARGET IN THE LIGHT OF  
INCREASING ENERGY EFFICIENCY STRATEGIES  
*Livio de SANTOLI* . . . . . 41
4. STANDARDIZACIJA U PODRUČJU TERMALNE SREDINE  
STANDARDIZATION IN THE FIELD OF THE THERMAL ENVIRONMENT  
*Francesca Romana d'Ambrozio ALFANO* . . . . . 55
5. ISTRAŽIVANJE PERFORMANSI SISTEMA I OPTIMIZACIJA RETROFITA  
POSTOJEĆEG SISTEMA GSTP U OŠTRO HLADNOJ KLIMATSKOJ ZONI KINE  
SYSTEM PERFORMANCE INVESTIGATION AND OPTIMIZATION RETROFIT  
OF AN EXISTING GSHP SYSTEM IN THE SEVERE COLD ZONE IN CHINA  
*Ping CUI, Haipeng AN, Haiyang JIANG* . . . . . 67

## 3. Daljinsko grejanje i hlađenje • District Heating and Cooling

6. ULOGA DALJINSKOG GREJANJA U BUDUĆIM  
PAMETNIM ENERGETSKIM SISTEMIMA  
THE ROLE OF DISTRICT COOLING IN THE FUTURE SMART ENERGY SYSTEMS  
*Oddgeir GUDMUNDSSON, Jan Eric THORSEN, Marek BRAND* . . . . . 79
7. REŠENJA ZA NISKOTEMPERATURNO SNABDEVANJE  
TOPLOTNOM ENERGIJOM U ZGRADARSTVU  
BUILDING SOLUTIONS FOR LOW TEMPERATURE HEAT SUPPLY  
*Oddgeir GUDMUNDSSON, Jan Eric THORSEN, Marek BRAND* . . . . . 91

8.	POVEĆANJE STEPENA KORISNOSTI KOTLA I TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA UGRADNJE UTILIZATORA NA VRELOVODNOM KOTLU SNAGE 116 MW NA TOPLANI „KONJARNIK“ U BEOGRADU INCREASING THE BOILER COP AND TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF UTILIZATOR IMPLEMENTATION ON 116 MW HOT BOILER IN „KONJARNIK” HEATING PLANT IN BELGRADE <i>Vladimir TANASIĆ, Marko MLADENVIĆ</i> . . . . .	99
9.	POREĐENJE GUBITAKA VODE IZ TOPLOVODNE MREŽE U TOPLANAMA RAZLIČITIH RADNIH PARAMETARA COMPARISON OF WATER LOSSES FROM PIPELINE NETWORK IN HEATING PLANTS WITH DIFERENT OPERATION MODE <i>Nenad MILORADOVIĆ</i> . . . . .	109
10.	PREMOŠĆAVANJE RAZLIKE IZMEĐU STVARNE I PROJEKTOVANE POTROŠNJE ENERGIJE ZA GREJANJE PRILIKOM BOTTOM-UP MODELIRANJA STAMBENIH ZGRADA BRIDGING THE GAP OF ACTUAL AND CALCULATED HEATING ENERGY CONSUMPTION IN BOTTOM-UP RESIDENTIAL BUILDING STOCK MODELING <i>Constantinos A. BALARAS, Elena G. DASCALAKI, Kalliopi G. DROUTSA, Simon KONTOYANNIDIS</i> . . . . .	115
11.	PREDNOSTI GREJANJA JAVNIH I STAMBENIH OBJEKATA SISTEMOM TOPLOTNIH PUMPI (SMMS-e) ADVANTAGES OF HEATING AND HOUSING FACILITIES HEAT PUMPS SYSTEM (SMMS-e) <i>Dragan ŠOŠKIĆ</i> . . . . .	135
12.	MOGUĆNOSTI INDIVIDUALNOG ISKLJUČENJA SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA POSSIBILITIES OF INDIVIDUAL DISCONNECTION FROM THE DISTRICT HEATING SYSTEM <i>Milan MITRIĆ</i> . . . . .	147
13.	CFD MODELIRANJE HIDRODINAMIČKIH POJAVA I PRENOSA TOPLOTE U KANALIMA PLOČASTIH RAZMENJIVAČA TOPLOTE CFD MODELING OF HYDRODYNAMIC PHENOMENA AND HEAT TRANSFER IN CHANNELS OF PLATE HEAT EXCHANGERS <i>Dragan MANDIĆ</i> . . . . .	157
<b>4.</b>	<b>Forum: Poboljšanje energetske efikasnosti u novim tehnologijama hlađenja pogodnim za očuvanje klimatskih uslova i ozonskog omotača • Forum: Improving Energy Efficiency in Climate and Ozone Friendly Latest Refrigeration Technologies</b>	
14.	SISTEMI SA BUŠOTINAMA ILI TOPLOTNE PUMPE VAZDUH-VODA – KOJE REŠENJE KORISTITI I NA KOJOJ LOKACIJI BOREHOLE INSTALLATIONS OR AIR-TO-WATER HEAT PUMPS. WHAT TO USE AND WHERE? <i>Gert NIELSEN</i> . . . . .	167

15. UPOTREBA GEOTERMALNE ENERGIJE U ORGANSKOM RANKINOVOM CIKLUSU (ORC)  
**USE OF GEOTHERMAL ENERGY IN ORGANIC RANKINE CYCLE**  
*Milena OTOVIĆ, Mirko KOMATINA, Nedžad RUDONJA, Uroš MILOVANČEVIĆ, Srđan OTOVIĆ, Snežana STEVANOVIĆ* . . . . . 183
16. ISPITIVANJE PERFORMANSI HLADNJAKA VAZDUHA SA OREBRENIM CEVIMA  
**PERFORMANCES INVESTIGATION OF FINNED TUBE AIR COOLER**  
*Uroš MILOVANČEVIĆ, Srbislav GENIĆ, Milena OTOVIĆ, Snežana STEVANOVIĆ* . . . . . 193
17. UPOTREBA R32 KAO RASHLADNOG FLUIDA U OPREMI ZA KGH  
**USE OF R32 REFRIGERANT IN HVAC-R EQUIPMENT**  
*Hrvoje KRAPANIĆ* . . . . . 205

## **5. Rashladne mašine i sistemi • Refrigeration machines and systems**

18. AMONIJAČNE UNUTRAŠNJE REVERZIBILNE TOPLOTNE PUMPE/ČILERI VAZDUH-VODA  
**INTERNAL REVERSIBLE AMMONIA AIR-TO-WATER HEAT PUMP/CHILLER**  
*Gert NIELSEN, Carl RASMUSSEN* . . . . . 211
19. SINTETIČKE ALTERNATIVE ZA RASHLADNO SREDSTVO R404A  
**SYNTHETIC ALTERNATIVES FOR REPLACEMENT OF R404A REFRIGERANT**  
*Milan STOJANOVIĆ, Uroš MILOVANČEVIĆ* . . . . . 219

## **6. Obnovljivi izvori energije • Solar and Other Renewables**

20. OSNOVNE POSTAVKE STANDARDA ZA OSTVARENJE KVALITETA ČVRSTIH BIOGORIVA IZ SEKUNDARNIH SIROVINA  
**BASIC QUALITY STANDARDS OF SOLID BIOFUELS FROM WOOD SECONDARY RAW MATERIALS**  
*Predrag PETROVIĆ, Marija PETROVIĆ* . . . . . 231
21. KONCENTRISANI SUNČEVI TOPLOTNI PRIJEMNICI ZA HLAĐENJE ZGRADA: PROCENE ZA GRČKU  
**CONCENTRATING SOLAR THERMAL COLLECTORS FOR COOLING OF BUILDINGS: AN ASSESSMENT FOR GREECE**  
*Vassiliki DROSOU, Elli KYRIAKI, Argiro DIMOUDI, Agis M. PAPADOPOULOS* . . . . . 243
22. EKSERGETSKA OPTIMIZACIJA ZGRADA RAZLIČITIM SOLARNIM SISTEMIMA  
**EXERGY OPTIMIZATION OF BUILDINGS WITH DIFFERENT SOLAR SYSTEMS**  
*Danijela NIKOLIĆ, Jasna RADULOVIĆ, Jasmina SKERLIĆ* . . . . . 261
23. OPTIMIZACIJA GEOMETRIJSKIH PARAMETARA SUNČEVIH PRIJEMNIKA POMOĆU HEURISTIČKIH METODA OPTIMIZACIJE  
**OPTIMIZATION OF SOLAR COLLECTOR GEOMETRIC PARAMETERS USING A HEURISTIC OPTIMIZATION METHODS**  
*Nenad KOSTIĆ, Miloš MATEJIĆ, Nenad PETROVIĆ, Mirko BLAGOJEVIĆ, Nenad MARJANOVIĆ* . . . . . 271

24.	MOGUĆNOSTI I NAČINI KORIŠĆENJA SUBGEOTERMALNE ENERGIJE U BEOGRADU POSSIBILITIES AND MANNERS OF USAGE OF THE SUBGEOHERMAL ENERGY IN BELGRADE <i>Ivan MATIĆ, Stevan ŠAMŠALOVIĆ, S. ĆURČIĆ, G. KOVAČEVIĆ, Z. MARKOVIĆ, I. TANASKOVIĆ</i> . . . . .	279
25.	ANALIZA I OCENA SOLARNIH SISTEMA BUDUĆNOSTI ANALYSIS AND ASSESSMENT OF SOLAR ENERGY SYSTEMS FOR A SUSTAINABLE FUTURE <i>Jasmina SKERLIĆ, Danijela NIKOLIĆ, Jasna RADULOVIĆ</i> . . . . .	297
<b>7. Projektovanje energetske efikasne i zdrave sistema za KGH</b>		
<b>• HVAC Systems Design for Energy Efficiency and Health</b>		
26.	ODRŽIVO PROJEKTOVANA KLIMATIZOVANA DŽAMIJA RADI TOPLOTNE UGODNOSTI SUSTAINABLE DESIGNED AIR-CONDITIONED MOSQUE FOR THERMAL COMFORT <i>Redhwan N. AL-GABRI, and Essam E. KHALIL</i> . . . . .	311
27.	HLAĐENJE OTVORENOG PROSTORA RADI POSTIZANJA TERMIČKE UGODNOSTI GLEDALACA U KLIMATIZOVANIM SPORTSKIM OBJEKTIMA OUTDOOR COOLING FOR THERMAL COMFORT AROUND SPECTATORS IN AIR CONDITIONED SPORT FACILITIES <i>Essam E. KHALIL</i> . . . . .	327
28.	EFIKASNI SISTEMI KGH U BOLNICAMA EFFICIENT HVAC SYSTEMS IN HOSPITALS <i>Egon VENKO, Damjan MAKUC</i> . . . . .	345
29.	ZIMSKI POVRAĆAJ TOPLOTE U VENTILACIONIM SISTEMIMA: POTENCIJALI I OGRANIČENJA OSETNE TOPLOTE I UKUPNI POVRAĆAJ U USLOVIMA EVROPSKIH KLIMA WINTER HEAT RECOVERY IN VENTILATION SYSTEMS: POTENTIAL AND LIMITATIONS OF SENSIBLE AND TOTAL RECOVERY IN THE EUROPEAN CLIMATES <i>Stefanie TAFELMEIER, Giacomo PERNIGOTTO, Giovanni PERNIGOTTO, Andrea GASPARELLA</i> . . . . .	357
30.	PROMJENA TERMIČKE UGODNOSTI U FAZI POTHLAĐIVANJA UNUTRAŠNOSTI VOZILA CHANGE OF THE THERMAL COMFORT IN THE COOLING PHASE OF A VEHICLE INTERIOR <i>Svetozar GRAHOVAC</i> . . . . .	369



## 8. Predviđanje i validacija sistema za KGH

### • HVAC Systems Performance Prediction and Validation

31. POREĐENJE ENERGETSKIH PREGLEDA KOMERCIJALNIH OBJEKATA  
PO EU DIREKTIVI I ASHRAE METODOLOGIJI  
COMPARISON AND EXPERIENCE FROM ENERGY AUDITS ACCORDING TO EU  
DIRECTIVE AND ASHRAE METHODOLOGY WITH RECOMMENDATIONS FOR  
DEVELOPMENT OF SERBIAN METHODOLOGY OF ENERGY AUDITS  
*Rade ĐUKANOVIĆ, Milan ĐUKANOVIĆ . . . . . 379*
32. ENERGETSKI EFIKASNI PROJEKTI KGH – POTVRĐIVANJE UŠTEDA ENERGIJE –  
ISPLATIVI ARANŽMANI SUB-MERENJA  
HVAC ENERGY EFFICIENCY PROJECTS– VERIFICATION OF ENERGY SAVINGS –  
COST EFFECTIVE SUB-METERING ARRANGEMENTS  
*Aleksandar KONČAR . . . . . 387*
33. SAMOPODEŠAVANJE PID KONTROLERA POMOĆU VEŠTAČKE INTELIGENCIJE  
AUTO-TUNING OF PID CONTROLLER USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE  
*Velimir ČONGRADAC, Slađana LAZAREVIĆ, Dubravka BOJANIĆ . . . . . 393*
34. KVANTITATIVNE I KVALITATIVNE PROCENE TEMPERATURE I KVALITETA  
UNUTRAŠNJEG VAZDUHA U DVEMA KANCELARIJSKIM ZGRADAMA  
QUANTITATIVE AND QUALITATIVE EVALUATION OF INDOOR  
THERMAL AND AIR QUALITY IN TWO OFFICE BUILDINGS  
*Panagiota ANTONIADOU, Christina KONSTANTINIDOU,  
George MANTIKAS, Agis M. PAPADOPOULOS . . . . . 401*
35. POBOLJŠANJE PONAŠANJA ZGRADE OPTIMIZACIJOM  
KONTROLNE STRATEGIJE SISTEMA ZA KGH  
IMPROVEMENT OF BUILDING PERFORMANCE  
BY OPTIMIZATION OF HVAC CONTROL STRATEGY  
*Alojz TOVAROVIĆ, Dušan GOLUBOVIĆ . . . . . 415*

## 9. Približavanje zgradama i gradovima nulte emisije CO<sub>2</sub> – tehnologije i rizici • Approaching Zero CO<sub>2</sub> Emission Buildings and Cities – Technologies and Risks

36. METODOLOŠKI PRISTUP OPTIMIZACIJI OMOTAČA ZGRADE POMOĆU PCM  
METHODOLOGICAL APPROACH ON THE  
BUILDING ENVELOPE OPTIMIZATION USING PCM  
*Christina V. KONSTANTINIDOU, Werner LANG, Agis M. PAPADOPOULOS . . . . . 425*
37. STUDIJA SLUČAJA PRIMENE PRIRODNIH RASHLADNIH FLUIDA  
NATURAL REFRIGERANTS STUDY CASE APPLICATION  
*Gratiela-Maria TARLEA, Ana TARLEA, Mioara VINCERIUC, Ion ZABET . . . . . 439*
38. ANALIZA MERA ZA UŠTEDU ENERGIJE POTREBNE  
ZA ZAGREVANJE POSTOJEĆE STAMBENE ZGRADE  
ANALYSIS OF ENERGY SAVING MEASURES  
FOR AN EXISTING RESIDENTIAL BUILDING  
*Novak NIKOLIĆ, Nebojša LUKIĆ, Zoran KONČALOVIĆ . . . . . 445*

39. UTICAJ TROMBOVOG ZIDA NA POTROŠNJU ENERGIJE ZA GREJANJE I HLAĐENJE KUĆE NETO-NULTE POTROŠNJE ENERGIJE THE INFLUENCE OF THE TROMBE WALL ON ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING AND COOLING OF NET-ZERO ENERGY HOUSE <i>Jovan MALEŠEVIĆ, Dragan CVETKOVIĆ</i> . . . . .	459
 <b>10. Program za studente, mlade inženjere i profesionalni razvoj</b> <b>– kombinovano sa prezentacijama glavnih sponzora •</b> <b>Program for Students, Young Engineers &amp; Professional Development</b> <b>– Combined with Main Sponsors Companies Presentations</b> <b>– Internship and Employment Prospects</b>	
40. INTEGRALNI I ODRŽIVI PRISTUP PROJEKTOVANJU U ZGRADARSTVU – IDEJNO REŠENJE OBJEKTA JAVNE UPRAVE U PEKINGU INTEGRAL AND SUSTAINABLE BUILDING DESIGN – CONCEPTUAL SOLUTION OF A MUNICIPAL BUILDING IN BEIJING <i>Živanović VLADISLAV, Frančeško LUKA, Berec GABOR, Dragan BOTIĆ, Vladimir MUNČAN, Igor MUJAN, Aleksandar ANĐELKOVIĆ</i> . . . . .	471
41. BIOGORIVO LIGNOCELULOZNE SIROVINE BIOFUELS FROM LIGNOCELLULOSIS FEEDSTOCKS <i>Vladan MIČIĆ, Sabina BEGIĆ, Zoran PETROVIĆ, Darko MANJENČIĆ</i> . . . . .	493
42. PROBLEMI KONDENZACIJE VLAGE NA ZASTAKLJENJU BAZENSKIH OBJEKATA I LCCA RAZLIČITIH TIPOVA KLIMA KOMORA PROBLEMS OF MOISTURE CONDENSATION ON POOL FACILITIES GLAZING AND LCCA OF DIFFERENT TYPES OF HVAC CHAMBERS <i>Aleksandar PJEVIĆ</i> . . . . .	501
43. UNAPREĐENJE OBRAZOVANJA I ZAPOŠLJAVANJA STUDENATA INŽENJERSTVA U OBLASTI UPRAVLJANJA ODRŽIVOŠĆU ENERGIJE ENHANCE LEARNING AND EMPLOYABILITY OF ENGINEERING STUDENTS IN BUILDING SUSTAINABILITY/ENERGY MANAGEMENT AREA <i>Aleksandar KONČAR</i> . . . . .	517
44. ENERGETSKI ASPEKTI SUŠENJA DRVETA ENERGY ASPECTS OF WOOD DRYING <i>Vuk MAROVIĆ, Damir ĐAKOVIĆ</i> . . . . .	523
 <b>11. Optimizacija i predviđanje energetskeg ponašanja zgrada</b> <b>• Buildings Energy Performance Optimization And Predictions</b>	
45. BMS UPRAVLJANJE – POTENCIJALI ZA BOLJE KORIŠĆENJE EKONOMSKOG CIKLUSA U KLIMATIZOVANIM USLOVIMA – POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI SISTEMA ZA KGH I KVALITETA UNUTRAŠNJEG VAZDUHA BMS CONTROLS – POTENTIAL FOR ENHANCED USE OF ECONOMY CYCLE IN TEMPERATE CLIMATE CONDITIONS – IMPROVED ENERGY EFFICIENCY OF HVAC SYSTEMS AND (IEQ) INDOOR AIR QUALITY <i>Aleksandar KONČAR</i> . . . . .	535

46. AKTIVNI PCM SISTEMI SKLADIŠTENJA TOPLOTNE ENERGIJE ZA „SLOBODNO” GREJANJE I HLAĐENJE ZGRADA ACTIVE PCM THERMAL STORAGE SYSTEMS FOR „FREE“ HEATING AND „FREE“ COOLING OF BUILDINGS <i>Uroš STRITIH, Vincenc BUTALA</i> . . . . .	541
47. OMOTAČ ZGRADE – KLJUČNI PARAMETAR ZA ODRŽIVE ZGRADE BUILDING ENVELOPE – A KEY ROLE PARAMETER FOR SUSTAINABLE BUILDINGS <i>Elli KYRIAKI, Effrosyni GIAMA, Agis M. PAPADOPOULOS</i> . . . . .	549
48. IZMEĐU TEORIJE I PRAKSE NA KONKRETNOM PRIMERU ENERGETSKE SANACIJE OBJEKTA BETWEEN THEORY AND PRACTICE – CASE STUDY ON ENERGY SANATION ON AN OBJECT <i>Marija ILIĆ, Aleksandar SAVIĆ</i> . . . . .	565
49. OBRAZUJTE SE – VIDETI ILI NE GET LEDUCATED – TO SEE OR NOT TO SEE <i>Aleksandar SAVIĆ, Marija ILIĆ</i> . . . . .	577
50. UTICAJ KOEFICIJENTA TRANSFORMACIJE PRIMARNE ENERGIJE NA NISKOTEMPERATURNE PANELNE SISTEME GREJANJA THE IMPACT OF PRIMARY ENERGY COEFFICIENT ON LOW TEMPERATURE PANEL HEATING SYSTEMS <i>Dragan CVETKOVIĆ, Aleksandar NEŠOVIĆ</i> . . . . .	585

## 12. Analytical and Experimental Methods Advances

51. INSTALACIJA ZA EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA PRIRODNE I PRIRODNO-PRINUDNE (MEŠOVITE) KONVEKCIJE DUŽ VERTIKALNE TERMO-AKTIVNE SOBNE POVRŠINE EXPERIMENTAL APPARATUS FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF NATURAL AND MIXED CONVECTION ALONG VERTICAL THERMO ACTIVE ROOM SURFACE <i>Samo VENKO, Erik PAVLOVIĆ, Ciril ARKAR, Sašo MEDVED</i> . . . . .	595
52. ZAPTIVENOSTI KANALSKIH MREŽA KGH TIGHTNESS CANAL NETWORK HVAC <i>Milovan ŽIVKOVIĆ, Miloš GOLUBOVIĆ</i> . . . . .	611
53. PRIMENA LINEARNE REGRESIONE ANALIZE U PRAKSI – POSTROJENJE ZA GREJANJE OBJEKATA TOPLOTNIM PUMPAMA, EFIKASNOST TOPLOTNIH PUMPI USAGE OF LINEAR REGRESSION ANALYSIS IN PRACTICE – PLANT FOR HEATING OBJECTS WITH HEAT PUMPS, EFFICIENCY OF HEAT PUMPS <i>Miroslav VULIĆ, Kristijan VUJIČIN</i> . . . . .	619

54. ODREĐIVANJE SADRŽAJA VLAGE U OTPADNOM GASU – EKSPERIMENTALNA I TEORIJSKA METODA DETERMINATION OF THE WATER VAPOR CONTENT IN FLUE GAS – STANDARD REFERENCE METHOD AND MATERIAL BALANCE METHOD <i>Marko PAVLOVIĆ, Sandra PETKOVIĆ, Milan GOJAK, Mihajlo GIGOV, Veselin ANĐELKOVIĆ, Lazar ANĐELIĆ</i> . . . . .	625
 <b>13. FORUM: Europe, Asia, Australia, Africa and America</b> <b>Harmonised Rurban Development Needs – HVAC &amp; Cold Chain, Healthy EnergyPlus Buildings, Smart Zero CO<sub>2</sub> Settlements, Sustainability, Security and Resilience • Towards 5 Continents Cooperation – Science, Research &amp; Development, Standardization, Certification, Education Engineering &amp; Manufacturing (KGH-SMEITS &amp; ECS, UNEP, UNDP, IIR, ASHRAE-Danube, REHVA, IBPSA- Danube, ABOK, Chinese and Australian Engineers)</b>	
55. ADAPT TODAY TO SHAPE TOMORROW <i>Tim WENTZ</i> . . . . .	635
56. IN SEARCH FOR URBAN RESILIENCE DESIGN PRINCIPLES <i>Eva VANISTA LAZAREVIC, Branislav ANTONIĆ</i> . . . . .	643
57. ADVANCES IN ENVIRONMENTAL PRESERVATION: THE ROLE OF SOLID WASTE MANAGEMENT <i>Doaa M. El-SHERIF</i> . . . . .	655
58. PROJECT ON DISTRICT ENERGY, DEEP IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY, UTILISATION OF RENEWABLE SOURCES AND DISTRIBUTED ENERGY GENERATION AS A STRATEGIC ANSWER OF BELGRADE AND UNEP ON CLIMATE CHANGES <i>Miodrag GRUJIĆ, Petar VASILJEVIĆ, Bojan BOGDANOVIĆ</i> . . . . .	667
59. THE ROLE OF FACADE ON FIRE SPREAD <i>Milovan VIDAKOVIĆ, Barbara VIDAKOVIĆ</i> . . . . .	675
60. DISASTER MANAGEMENT IN SMART SETTLEMENT – RESILIENCE APPROACH AND LAYERED APPROACH TO (DISASTER) RESILIENCE ANALYSIS OF URBAN SETTLEMENTS <i>Zoran KEKOVIĆ, Ozren DZIGURS, Vladimir NINKOVIĆ</i> . . . . .	687
61. SOME POWER QUALITY AND ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY ISSUES IN HVAC EQUIPMENT <i>Mircea Ion BUZDOGAN</i> . . . . .	699



# UTICAJ KOEFICIJENTA TRANSFORMACIJE PRIMARNE ENERGIJE NA NISKOTEMPERATURNE PANELNE SISTEME GREJANJA

## THE IMPACT OF PRIMARY ENERGY COEFFICIENT ON LOW TEMPERATURE PANEL HEATING SYSTEMS

**Dragan CVETKOVIĆ, Aleksandar NEŠOVIĆ**

Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu, Univerzitet u Kragujevcu  
dragan\_cw8202@yahoo.com

*U Srbiji je sve prisutnije korišćenje panelnih sistema grejanja. Iako je poznato da ovi sistemi mogu da rade pri znatno nižim temperaturskim izvorima, zbog visoke investicije kupci se opredeljuju za gas ili struju kao izvor toplote. Cilj ove studije je bio da se pokaže stvarne uštede uz pomoć GHSP i PV panela u sistemima panelnog grejanja. Analizirana kuća se nalazi u Kragujevcu, Srbija. Takođe, ovo istraživanje je u okviru projekta "Razvoj energetske neto-nultih kuća". Rad analiziranih panela je simuliran pomoću programa EnerdžiPlus koji je proizvod Berkli Laboratorije, SAD.*

**Ključne reči:** zračni paneli, toplotna puma, PV paneli, potrošnja energije, EnergyPlus.

*In Serbia is increasingly using of panel heating systems. Although it is well known that these systems can operate at much lower temperature heat source, due to the high investment customers are opting for gas or electricity as a heat source in these systems. The aim of this study is to demonstrate the actual savings using the GHSP and PV panels in panel heating systems. The analysed house is located in Kragujevac, Serbia. Also, this research is the part of the project "Development of a net-zero-energy house". The operation of these panels is simulated by software EnergyPlus that is product of Lawrence Berkley Laboratory in USA.*

**Key words:** radiant panel, heat pump, PV panels, energy consumption, EnergyPlus

## UVOD

Danas se u Srbiji sve više koriste panelni sistemi grejanja. Pristupačnija cena panela je razlog njihove sve veće. Međutim, kako panelni sistemi rade sa niskim temperaturama fluida postavljaju se zahtevi za pravilnim izborom generatora toplote. Zbog niske investicione cene danas se korisnici panelnih sistema uglavnom odlučuju za upotrebu gasnih kotlova. Sa druge strane, energetske edukovaniji korisnici bez razmišljanja se odlučuju za sistem sa toplotnim pumpama voda-voda koje kao toplotni izvor uglavnom koriste geotermalnu energiju zemlje.

Postoji dosta radova objavljenih na temu primene GSHP (*eng.* ground source heat pump) uređaja. Piechowski [1] je proučavao relativno novi pristup optimizacije geotermalnog razmenjivača toplote (GHE), na osnovu drugog zakona termodinamike i usvojen je test za optimalne kombinacije protoka vode i prečnika cevi. Hepbasli i Akdemir [2] su opisali energetske i eksergetske analize GSHP sistema. Prenos eksergije između komponenti i potrošnja svake od komponenti GSHP sistema su definisane za izmerene prosečne parametre dobijene eksperimentalnim merenjima. Lohani i Schmidt [3] su uporedili različite generatore toplote sa aspekta energetske i eksergetske analize. Oni su zaključili da geotermalna toplotna pumpa je bolja od vazdušnih toplotnih pumpi ili od klasičnih grejnih sistema. Hepbasli [4] je sproveo termodinamičku analizu GSHP sistema za daljinsko grejanje u smislu energetske i eksergetske analize, koja je imala za cilj da unapredi efikasnost procesa. Kharseh i ostali [5] su istraživali efekat globalnog zagrevanja na performanse GSHP sistema. Oni su pokazali da neprestane globalne promene imaju značajan uticaj na GSHP sisteme.

Neke studije su posvećene istraživanju karakteristika panelnih sistema unutar zgrada. Kilkis B [6] je pokazao da optimalan proces zračećih panelnih sistema povezanih sa geotermalnim toplotnim pumpama vođenim pomoću obnovljivih energetskih izvora unapređuje eksergetske efikasnost i odnos primarne energije. Kosir M. i ostali [7] su primenili niskotemperaturske zračeće sisteme u kombinaciji sa lokalnom automatizovanom ventilacijom u muzeju u Ljubljni, Slovenija. Korišćenjem ove solucije sa sistem menadžmentom zgrade, potreba za energijom je smanjena za grejanje i hlađenje za 60.5%. Bojic i ostali [8] su uporedili zidne panela i radijatore povezane na klasični gasni kotao.

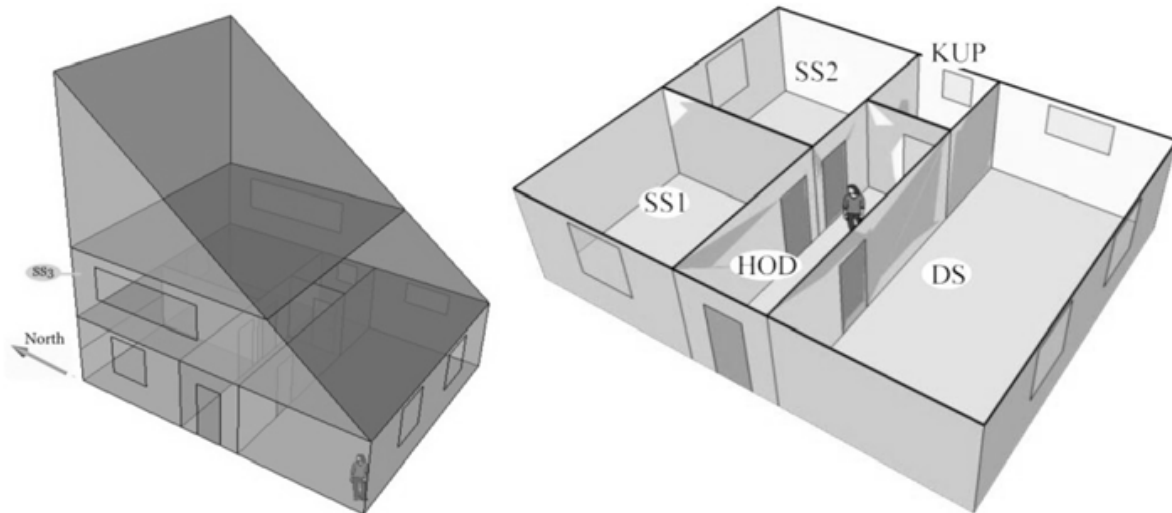
Takođe, ova studija je nastavak prethodnih istraživanja Bojića i ostalih [9]. Oni su uporedili četiri različita panelna sistema (podno, zidno, plafonsko i podno-plafonsko grejanje) povezanih na kotao na prirodni gas.

Cilj ovog rada je da se ispita mogućnost poboljšanja energetske efikasnosti panelnih sistema grejanja koristeći nisko temperaturske izvore. Najčešće korišćen sistem sa gasnim kotlom je upoređen sa sistemom sa toplotnom pumpom. Kao izvor toplote toplotna pumpa koristi geotermalnu energiju (GSHP). U cilju smanjenja primarne potrošnje energije GSHP istraživana je sprega između GSHP i PV ćelija.

## MATEMATIČKI MODEL

### 2.1 Opis kuće

Analizirana kuća je porodična stambena kuća prikazana na slici 1. Kuća je projektovana za stanovanje jedne porodice i ima ukupno površinu za stanovanje od 190 m<sup>2</sup>. Omotač kuće je napravljen od šuplje opeke debljine 190 mm, termoizolacionog sloja debljine 50 mm i krečnog maltera debljine 20 mm. U-koeficijent omotača kuće je oko 0,57W/(m<sup>2</sup>K). Prozori su dvostruko zastakljeni sa vrednošću U-koeficijent od 2.72 W/(m<sup>2</sup>K). Ukupan odnos staklenih površina i omotača je oko 7.32%, gde je ukupna površina omotača oko 264 m<sup>2</sup> a površina prozora oko 19 m<sup>2</sup>.



*Slika 1 Analizirana kuća  
gde je, DS – dnevna soba, HOD – hodnik, KUP – kupatilo,  
SS1 – spavaća soba, SS2 – spavaća soba, SS3 – spavaća soba.*

Analizirana kuća se nalazi u Kragujevcu, Srbija. Nadmorska visina je oko 209 m, i geografska širina i dužina su 44°S i 20°55 I. Grad ima umerenu temperaturnu klimu sa četiri godišnja doba (leto, jesen, zima i proleće). Kao deo programskog paketa EnerdžiPlasa korišćen je vremenski fajl sa podacima za Kragujevac, a prethodno je generisan pomoću programa Meteonorm [10]. Grejna sezona za grad Kragujevac traje od 15 Oktobra do 15 Aprila [11].

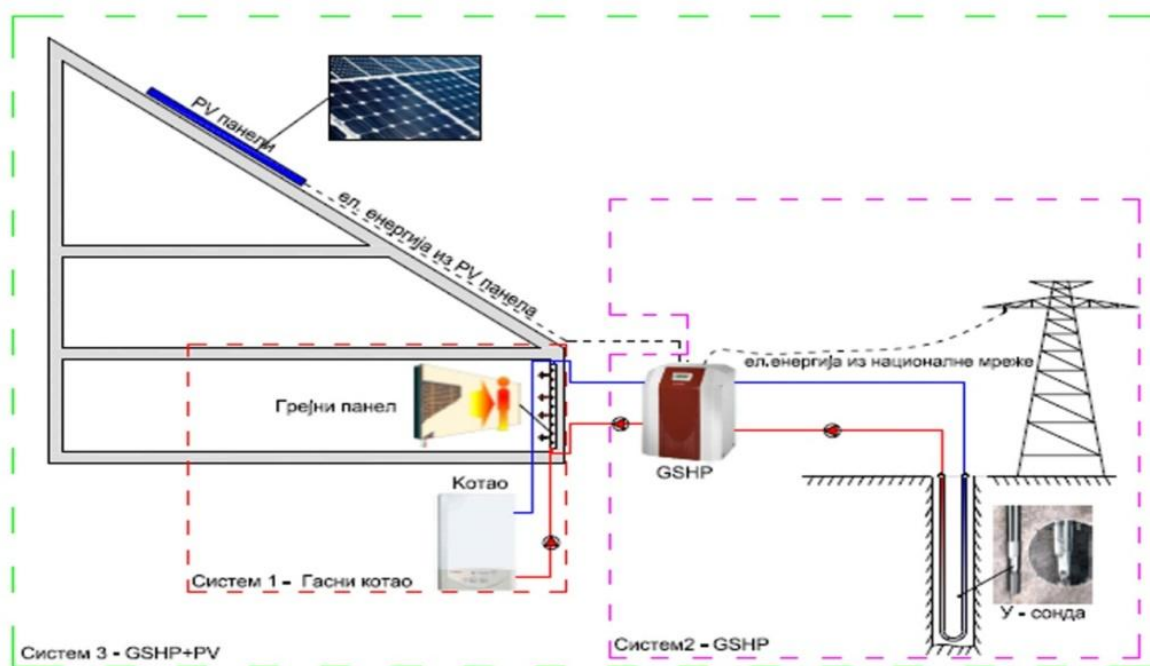
## 2.2 Opis grejnih sistema

Korišćeni grejni sistemi se sastoje od niskotemperaturnih grejnih panela i generatora toplote. Četiri tipa grejnih panela su istraživana. Prvi je podno grejanje, drugi je zidno grejanje, treći je plafonsko grejanje i četvrti sistem predstavlja podno-plafonsko grejanje. Površina podnih panela je oko 190 m<sup>2</sup>. Zidni paneli su postavljeni na sve spoljašnje zidove unutar grejnih prostorija. Njihova površina je oko 210 m<sup>2</sup>. Plafonski paneli su postavljeni na plafonu prvog i drugog sprata. Njihova površina je oko 190 m<sup>2</sup>. Podno-plafonski grejni panel funkcioniše kao plafonsko grejanje za nižu etažu i istovremeno kao podno grejanje za višu etažu. Ukupna površina ovih panela je oko 95 m<sup>2</sup>.

Glavne komponente grejnih panela su cevi kroz koje protiče topla voda. Temperatura tople vode na ulazu u panel je ista za sva četiri sistema i iznosi oko 37°C. Cirkulaciona pumpa koristi struju za svoj rad. Takođe, potrošnja struje je uzeta u obzir kod proračunavanja potrošnje energije.

Kao generator toplote korišćeni su kotao na prirodni gas i geotermalna toplotna pumpa (GSHP). Za sva četiri sistema instalisana snaga kotla je oko 24 kW. Nominalna električna snaga toplotne pumpe je oko 4 kW. Takođe, dužina geotermalne sonde sa dve U-cevi je oko 76m.

U ovom istraživanju ispitivana su tri načina generisanja toplote (slika 2). Prvi sistem je slučaj kada se panelni sistemi povezani na kotao na prirodni gas, drugi slučaj je kada su panelni sistemi povezani na geotermalnu toplotnu pumpu tipa voda-voda (GSHP) i treći slučaj je kada su panelni sistemi povezani na geotermalnu toplotnu pumpu tipa voda-voda koja deo električne energije za pogon kompresora koristi iz fotonaponskih panela (GSHP+PV). U svim sistemima grejanja postoji cirkulaciona pumpa koja koristi električnu energiju za svoje funkcionisanje. Takođe sistemi sa geotermalnom toplotnom pumpom imaju i cirkulacione pumpe na strani isparivača. Potrošnja električne energije cirkulacionih pumpi je uzeta u obzir pri izračunavanju potrošnji energija od strane sistema grejanja.



Slika 2 Sistemi generisanja toplote

## Potrošnja primarne energije za grejanje

Potrošnja primarne energije u toku grejne sezone se izračunava korišćenjem sledeće jednačine:

$$E_{\text{pry}} = E_{\text{ng}} + R E_{\text{el}} \quad (1)$$

ili

$$E_{\text{pry}} = R E_{\text{el}} \quad (2)$$

Jednačina (1) se odnosi na panelne sisteme kada su povezani na gasni kotao a jednačina (2) se odnosi na panelne sisteme povezane na geotermalnu toplotnu pumpu.

Gde:  $E_{\text{ng}}$  predstavlja potrošnju prirodnog gasa za grejanje u toku grejne sezone,  $E_{\text{el}}$  predstavlja potrošnju struje za grejanje u toku grejne sezone i  $R$  predstavlja



faktor transformacije primarne energije. Ovaj koeficijent je definisan kao odnos ukupne ulazne energije sadržane u energetsom resursu (hidro, ugalj, nafta i prirodni gas) i proizvedene finalne električne energije. Vrednost ovog faktora sa Srpski energetski miks koji se koristi za proizvodnju električne energije je  $R = 3.01$  [12].

– Potrošnja totalne energije

Totalna energija predstavlja zbir primarnih energija utrošenih za rad sistema za grejanje i ugrađene energije u sistem grejanja. Totalna energija se izračunava po sledećem obrascu:

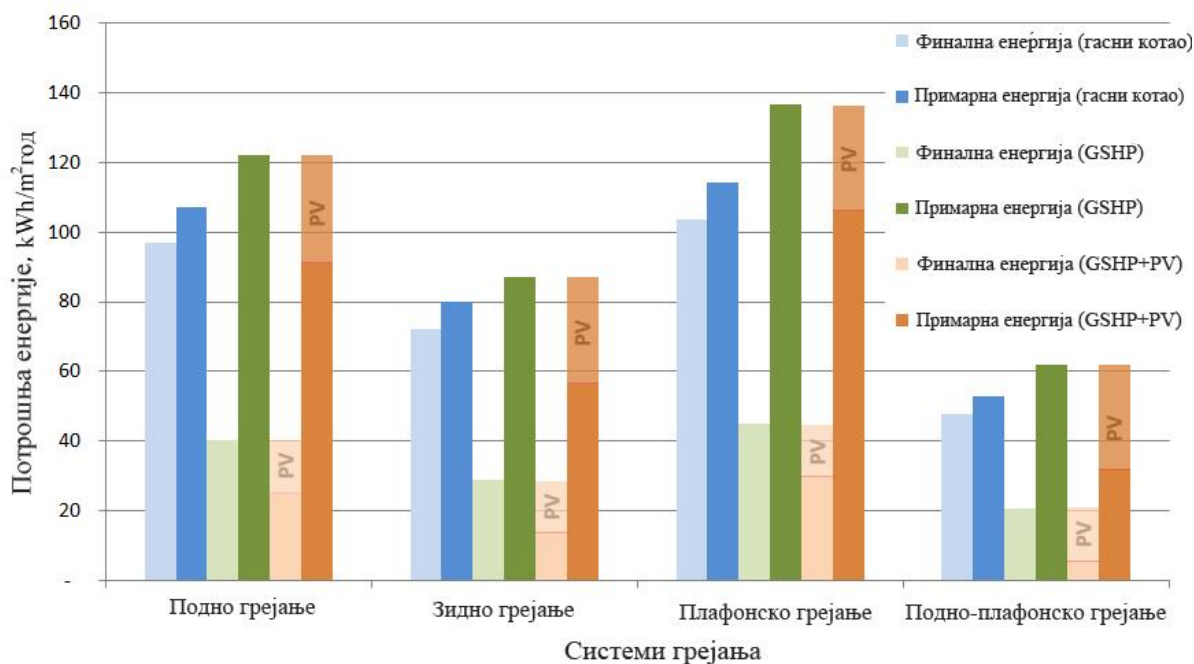
$$E_{\text{tot}} = E_{\text{pry}} + E_{\text{emb}} \quad (3)$$

gde je  $E_{\text{emb}}$  ugrađena energija sistema ili komponente grejanja.

### Rezultati i diskusija

Slika 3 prikazuje potrošnju finalne i primarne energije za četiri različite vrste panelnih sistema grejanja koji su se koristili kao generatori toplote (gasni kotao, GSHP ili GSHP+PV). Ukoliko bi se međusobno poredile performanse panelnih sistema grejanja, najmanju potrošnju energije ima podno-plafonsko grejanje, a najveću plafonsko grejanje. Ukoliko bi se poredile performanse korišćenih generatora toplote, panelni sistem (važi za sva četiri slučaja) povezan na kotao na prirodni gas troši veću količinu finalne energije, nego sistem sa geotermalnom toplotnom pumpom (GSHP). Međutim, sistem sa geotermalnom toplotnom pumpom (GSHP) troši veću količinu primarne energije, nego sistem sa gasnim kotlom. Razlog ove pojave je u tome što je koeficijent transformacije primarne energije za električnu energiju ( $R=3.01$ ) znatno viši od koeficijent transformacije primarne energije za prirodni gas ( $R=1.1$ ). Tako je potrošnja finalne i primarne energije kod podno-plafonskih panela povezanih na kotao na prirodni gas 48 kWh/m<sup>2</sup>god i 53 kWh/m<sup>2</sup>god, respektivno. Odnosno, potrošnja finalne i primarne energije kod podno-plafonskih panela povezanih na geotermalnu toplotnu pumpu 20 kWh/m<sup>2</sup>god i 62 kWh/m<sup>2</sup>god, respektivno.

Ovi rezultati dovode do zaključka da su panelni sistemi povezani na geotermalne toplotne pumpe, usled visoke vrednosti koeficijenta transformacije primarne energije, nepovoljnije rešenje u odnosu na panelne sisteme povezane na gasni kotao. Naravno, ovo važi za Srbiju kao i za zemlje sa sličnim vrednostima koeficijenta transformacije primarne energije. Zbog toga se pribeglo rešavanju problema primenom fotonaponskih panela. Proizvedena električna energija iz fotonaponskih panela će smanjiti količinu električne energije iz nacionalne mreže, koja ima visoku vrednost koeficijenta transformacije primarne energije. Tako da će se potrošnja finalne i primarne energije redukovati sa 20 kWh/m<sup>2</sup>god i 62 kWh/m<sup>2</sup>god na 6 kWh/m<sup>2</sup>god i 32 kWh/m<sup>2</sup>god, respektivno. Naravno, toplotna pumpa će povlačiti istu količinu finalne energije, ali će udeo primarne energije iz fotonaponskih panela, koja ima faktor transformacije primarne energije blizak jedinici, smanjiti ukupnu količinu primarne energije potrebne za rad panelnih sistema u odnosu na slučaj kada se sva količina električne energije koristi iz nacionalne mreže.

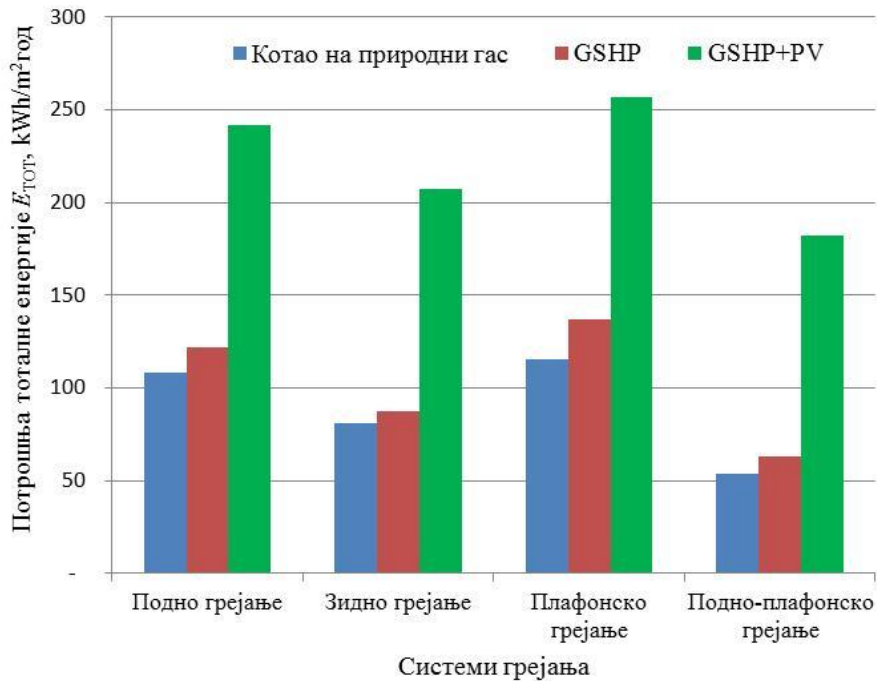


*Slika 3 Potrošnja finalne i primarne energije panelnih sistema grejanja povezanih na različite izvore toplote*

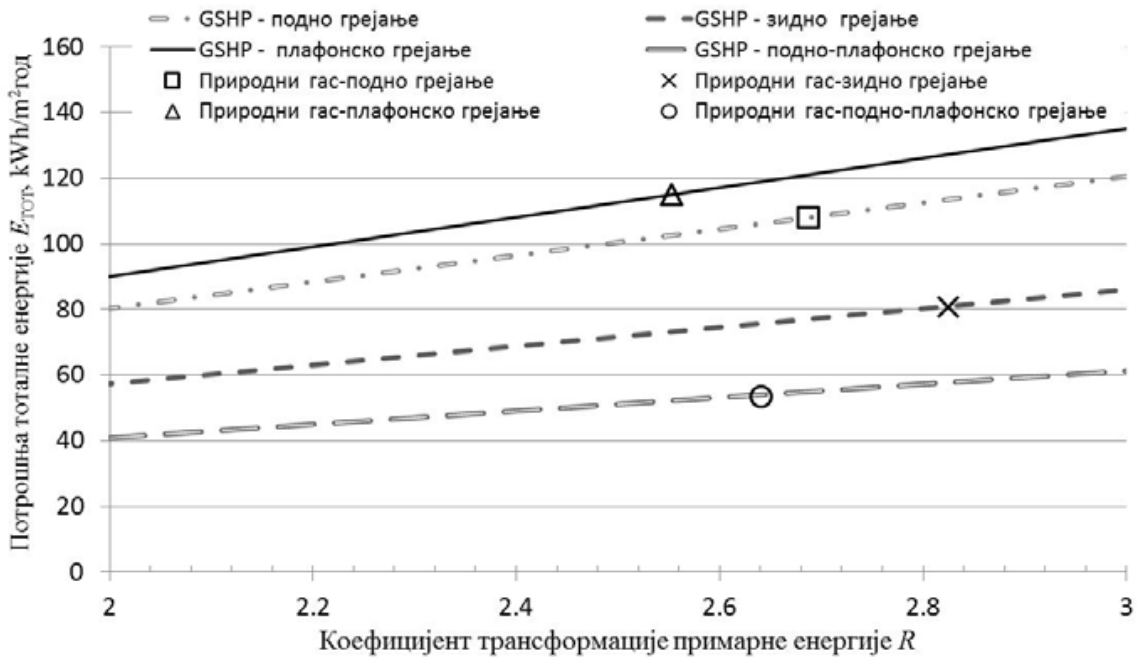
Na slici 4 prikazana je potrošnja totalne energije analiziranih panelnih sistema, koji su za generatore toplote imali kotao na prirodni gas, geotermalnu toplotnu pumpu (GSHP) i geotermalnu toplotnu pumpu povezanu sa fotonaponskim panelima (GSHP+PV). Totalna energija je zapravo suma utrošene primarne energije od sistema grejanja i utrošene ugrađene energije u primenjeni sistem grejanja. Najnižu potrošnju totalne energije ima podno-plafonsko grejanje, koje koristi kotao na prirodni gas kao izvor toplote (54 kWh/m<sup>2</sup>god). A najvišu potrošnju totalne energije ima plafonsko grejanje koje koristi sistem GSHP+PV kao generator toplote (257 kWh/m<sup>2</sup>god). Visoka vrednost ugrađene energije za proizvodnju fotonaponskih panela (videti tabelu 5.7) je razlog što sistem sa GSHP+PV ima značajno višu potrošnju totalne energije u odnosi na panelne sisteme koji su povezani na neki od preostala dva sistema.

Na slici 5 prikazane su relacije između potrošnje totalne energije ETOT i koeficijenta transformacije primarne energije R. Takođe, sa slike 5 zaključeno je da zbog visoke vrednosti koeficijenta transformacije primarne energije R=3.01, geotermalna toplotna pumpa ima veću potrošnju primarne energije nego sistem sa gasnim kotlom. Iz tog razloga, prikazane su potrošnje totalne energije za panelne sisteme povezane na geotermalnu toplotnu pumpu pri nižim vrednostima R i naznačene su vrednosti koeficijenta transformacije primarne energije R, pri kojima panelni sistemi povezani na kotao na prirodni gas imaju istu potrošnju totalne energije kao i panelni sistemi povezani na geotermalnu toplotnu pumpu. Naravno, neka realnost je da će se u skorijoj budućnosti težiti nižim vrednostima od R=3.01, ali je realnost i da se teško može ići na vrednosti ispod R = 2, pa je iz tog razloga ova vrednost usvojena kao donja granica. Sa slike 5 može se zaključiti da će panelni sistemi povezani na

geotermalnu toplotnu pumpu imati nižu potrošnju totalne energije u odnosu na panelne sisteme povezane na gasni kotao kada je  $R < 2.81$  za zidno grejanje,  $R < 2.68$  za podno grejanje,  $R < 2.62$  za podno-plafonsko grejanje i  $R < 2.54$  za plafonsko grejanje.



Slika 4 Potrošnja totalne energije panelnih sistema grejanja povezanih na različite izvore toplote



Slika 5 Odnos između potrošnje totalne energije GSHP sistema i koeficijenta transformacije primarne energije R.

## Zaključci

U ovom istraživanju prikazana je analiza panelnih sistema povezanih na različite vrste izvora toplote. Ako se razmatraju toplotni izvori, situacija se razlikuje u zavisnosti da li se analiza posmatra sa nivoa krajnjeg korisnika kuće ili sa globalnog stanovišta. Rezultati pokazuju da je potrošnja finalne energije kod panelnih sistema povezanih na geotermalnu toplotnu pumpu manja u odnosu na panelne sisteme povezane na gasni kotao. Ali, usled znatno više vrednosti koeficijenta transformacije primarne energije za električnu energiju u odnosu na prirodni gas, potrošnja primarne energije se dijametralno razlikuje i sada je viša kod sistema sa geotermalnom toplotnom pumpom. Iz ovog razloga, istraživanje je uključilo i fotonaponske panele, kako bi se razblažila vrednost koeficijenta transformacije primarne energije.

Zaključeno je da je količina finalne energije koja se povlači iz mreže najniža za sistem sa geotermalnom toplotnom pumpom i fotonaponskim panelima (GSHP+PV). Takođe, upotreba fotonaponskih panela smanjuje i potrošnju primarne energije iz mreže. Naravno, troškovi grejanja su niži za ovaj slučaj. Međutim, posmatrajući ove rezultate na globalnom nivou, moraju se uzeti u obzir i količine energije utrošene pri proizvodnji generatora toplote, sistema grejanja kao i količina ugljen-dioksida koja se emituje pri proizvodnji istih (ugrađena energija i ugrađeni CO<sub>2</sub>). Takođe, uzeta je u obzir vrednosti investicija u posmatrane sistem. Tako da sa globalnog aspekta ovi sistemi (GSHP+PV) predstavljaju najlošije rešenje. Naravno, ovi rezultati su dobijeni za uslove koji vladaju u Srbiji (visoke vrednosti koeficijenta transformacije primarne energije i malo sunčanih dana tokom zime).

U budućnosti, u svetu a i u Srbiji, intenzivno se očekuje upotreba obnovljivih izvora energije u energetsom miksu (pri proizvodnji električne energije). Tada će se energetska miks kretati ka smanjenju koeficijenta transformacije primarne energije. U nekom trenutku, panelni sistemi povezani na geotermalnu toplotnu pumpu će trošiti manje energije od panelnih sistema povezanih na gasni kotao.

ZAHVALNICA: Ovaj rezultat dva istraživanja: (1) projekat TR33015 Tehnološkog razvoja Republike Srbije, i (2) projekat III 42006 Integralna i interdisciplinarna istraživanja Republike Srbije. Prvi projekat je pod nazivom "Istraživanje i razvoj Srpske kuće nulte neto postrošnje energije", i drugi projekat je pod nazivom "Istraživanje i razvoj energijski i ekološki visoko efikasnih sistema poligeneracije zasnovanoj na obnovljivim energijskim izvorima. Želimo da se zahvalimo Ministarstvu obrazovanja i nauke Republike Srbije na njihovj finansijskoj podršci tokom ovih istraživanja.

## Literatura

- [1] **Kosir, M., A. Krainer, M. Dovjak, R. Perdan, Z. Kristl**, *Alternative to the Conventional Heating and Cooling Systems in Public Buildings*, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering* 56 (2010) 575-583.
- [2] **Milorad Bojić, Dragan Cvetković, Marko Miletić, Jovan Malešević, Harry Boyer**, *Energy, cost, and CO<sub>2</sub> emission comparison between radiant wall panel*



- systems and radiator systems*, Energy and Buildings, Volume 54, November 2012, Pages 496-502
- [3] **Hepbasli A.** *Thermodynamics analysis of a ground source heat pump system for district heating*. International Journal of Energy Research 2005;29:671–87.
- [4] **Sankaranarayanan KP.** *Modeling, verification and optimization of hybrid ground source heat pump systems in ENEGYPLUS*. Master thesis, Oklahoma State University, USA; 2005.
- [5] **Salsbury T., Diamond R.** *Performance validation and energy analysis of HVAC system using simulation*. Energy and Buildings 2000;32:5–17.
- [6] **Mohamad Kharseh, Lobna Altorkmany, Bo Nordell,** *Global warming's impact on the performance of GSHP*, Renewable Energy, Volume 36, Issue 5, May 2011, Pages 1485-1491
- [7] **Bojić, Milorad, Dragan Cvetković, Vesna Marjanović, Mirko Blagojević, Zorica Djordjević,** *Performances of low temperature radiant heating systems*, Energy and Buildings, Volume 61, June 2013, Pages 233-238
- [8] Meteonorm, Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education: <http://www.meteonorm.com>, Retrieved May 2011.
- [9] **Bogner, M.,** *Technical regulations about heating, cooling and air conditioning (in Serbian)*, SMEITS, Belgrade (2002).
- [10]\*\*\* The energy balance, <http://www.scribd.com/doc/12836648/Energetski-Bilans-Plan-Za-2008>, Retrieved, May 5, 2011.
- [11] Interklima, The method of calculation, [http://www.interklima.rs/01\\_14nacin\\_obracuna.html](http://www.interklima.rs/01_14nacin_obracuna.html), Retrieved May 5, 2011
- [12] **J. Monahan, J.C. Powell,** *A comparison of the energy and carbon implications of new systems of energy provision in new build housing in the UK*, Energy Policy, Volume 39, Issue 1, January 2011, Pages 290-298