

Небојша Јуришевић*, Душан Гордић*, Владимир Вукашиновић*,
Ана Радојевић**, Гордана Стојановић**

* Факултет инжењерских наука, Крагујевац

** Градска управа за управљање пројектима, одрживи и равномерни развој,
Одељење за енергетску ефикасност, град Крагујевац

АНАЛИЗА СПЕЦИФИЧНИХ ПОТРОШЊИ ЕНЕРГИЈЕ У ЗДРАВСТВЕНИМ УСТАНОВАМА У ГРАДУ КРАГУЈЕВЦУ

САЖЕТАК

Здравствене установе су установе са посебном друштвеном улогом и њихова специфичне потрошња енергије захтева посебну пажњу. У овом раду су анализиране потрошње енергије здравствених установа са циљем одређивања специфичних параметара (специфичних потрошњи енергије по јединици површине, запосленом/лежају) као и како би се утврдила листа приоритета за будуће реконструкције. Анализиране зграде су разврстане у две групе: зграде примарне и терцијарне здравствене заштите тј. зграде амбуланти и зграде Клиничког центра у Крагујевцу. Подаци о потрошњи енергената су прикупљани током неколико година тј. грејних сезона како би се умањио и усредњио утицај климатских сезонских варијација. Како би тај утицај био што мањи, аутори су увели концепт нормализације специфичних потрошњи топлоте. У раду је анализиран случај догревања зграда на струју. Резултати су показали да је дотрајалост зграда узрок повишених специфичних потрошњи топлотне енергије у здравственим установама у граду Крагујевцу, а да је недовољан капацитет постојећих грејних система у зградама узрок повишене потрошње примарне енергије.

Кључне речи: здравствене установе, специфична потрошња енергије, енергетска ефикасност, грејање

ABSTRACT

Health care institutions are institutions with special social importance and their energy consumption requires particular attention. In this paper, consumptions of energy in health care institutions in the city of Kragujevac (Serbia) were analysed in order to determine quantities of their specific consumption (per heated floor area and per user/bed) and to list the priorities for refurbishment. Buildings were classified according to health care level as buildings of primary and tertiary health care i.e. ambulance building and buildings of Clinical Centre in Kragujevac. Data about heat energy consumption were collected during several heating seasons in order to minimize the influence of seasonal climate variations. In order to accomplish the tasks, authors introduced the concept of weather normalised specific heat consumption. In this paper electricity space reheating is analyzed also. Research shows that main reason of relatively high consumption of analyzed buildings is current stage of buildings deterioration and absence of refurbishment projects, while inadequate capacity of existing heating system influence on increased primary energy consumption.

Key words: Health care institutions, heating energy, energy performance, energy benchmarking, energy efficiency

1. УВОД

Највећи део потрошње финалне енергије на глобалном нивоу одлази на топлоту, чак 47%. [1]. У Републици Србији 57,6% тоталне потрошње енергије одлази на загревање простора [2]. Иако мања него у резиденталном сектору, потрошња топлоте у јавним зградама (9% глобалном новоу [1], 20,8% у ЕУ (3) и 11,5% укупне потрошње топлоте у Србији), представља значајан проблем енергетске ефикасности јер јавне зграде троше око 50% више енергије него оне из стамбеног сектора [4]. Услужни сектор у Европи (јавне и приватне зграде) бележи највећи раст у укупном потрошњи финалне енергије: 41% од 1990. до 2010. г. и 12,2% од 2005. до 2010. г. [5].

Термички комфор здравствених установа, као установа од посебног значаја захтева посебну пажњу. Може се рећи да је специфична потрошња енергије сваке здравствене установе различита, јер зависи од њеног капацитета, намене тј. опреме и процеса који постоје унутар самог објекта. Са тим у вези потребно је одвојено посматрати потрошњу финалне енергије здравствених установа различитих нивоа здравствене заштите.

У овом раду су анализирани специфичне потрошње енергије (параметри електричне и топлотне енергије) у зградама примарне и терцијарне здравствене заштите у граду Крагујевцу и то Клиничком центру, зградама дома здравља и амбуланти. Како би анализирани резултати били прецизни прикупљени су трогодишњи подаци потрошње енергената а у обзир је узет и климатски фактор који варира од једне грејне сезоне до друге.

Посматрани здравствени објекти се греју преко система градског даљинског грејања, или локалних грејних система на гас, чврсто гориво или струју. Специфична потрошња енергије анализираних објеката је представљена као однос средњих вредности укупне потрошње енергије за посматрани период (период без промене намене објекта, стања омотача зграде, грејане површине, начина грејања итд.) и површине објекта. Вредности индивидуалне потрошње енергије сваког од анализираних здравствених објеката за три године/грејне сезоне измерене су калориметрима или одређене на основу потрошње грејног енергента у зависности од начина грејања.

2. МЕТОДА

Како би се енергетски разред сваког од анализираних објеката одредио што прецизније тј. у што већој мери занемарио утицај разлике (стварног) броја степен дана посматраног периода у односу на (средњи) број степен дана за град Крагујевац усвојен Правилником о енергетској ефикасности зграда [6], специфична потрошња топлоте образовних установа у раду је одређивана према изразу 1.1 [7]:

$$SHC = \frac{1}{A} \cdot \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{HDD_i} \right] \cdot \frac{1}{n} \cdot HDD_a \cdot 10^3 \quad (1.1)$$

При чему је:

SHC [kWh/m²a] - специфичне потрошња топлоте

A [m²] - грејана површина објекта

n [-] - број i грејних сезона

Q_i [MWh] - потрошња топлотне енергије у току i -те грејне сезоне

HDD_i [°C day] - стваран (измерен) број степен-дана i -те грејне сезоне

HDD_a [°C day] - средњи број грејних степен-дана усвојен према правилнику [6]

Процентуални однос остварене (SHC) и максималне дозвољене специфичне потрошње (SHC_{max}) дефинисане правилником [6], одређује енергетски разред објекта. Класификација енергетских разреда са прописаним оквирима специфичних потрошњи топлоте за новоизграђене и постојеће зграде, према [6] приказана је у табели 2.

Максимална дозвољена годишња потреба финалне енергије за грејање новоизграђених објеката SHC_{max} (kWh/m²a) према [6] одговара енергетском разреду „C“. При анализи енергије потребне за грејање простора узета је у обзир и електрична енергија утрошена за догревање простора.

Зграде намењене здравству и социјалној заштити		нове	постојеће
Енергетски разред	SHC/SHC_{max} [%]	SHC [kWh/(m ² a)]	SHC [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 15	≤ 18
A	≤ 25	≤ 25	≤ 30
B	≤ 50	≤ 50	≤ 60
C	≤ 100	≤ 100	≤ 120
D	≤ 150	≤ 150	≤ 180
E	≤ 200	≤ 200	≤ 240
F	≤ 250	≤ 250	≤ 300
G	> 250	> 250	> 300

Табела 2. Енергетски разреди новоизграђених и постојећих зграда

3. ЗДРАВСТВЕНЕ УСТАНОВЕ

3.1. Клинички центар у Крагујевцу

Клинички центар у Крагујевцу је један од четири клиничка центра Републике Србије који пружа услуге терцијарног нивоа здравствене заштите. Са својих 15 клиника, десет центара и 13 стручних медицинских и немедицинских служби, са 1293 постеље и око 2200 запослених пружа здравствену заштиту становништву са ширег подручја централне Србије (шумадијски, поморавски, моравички, рашки, расински и златиборски округ), на којем живи преко два милиона становника. Унутар клиничког комплекса налази се укупно шеснаест објеката и одељења укупне површине 37 803 m² од чега се 35 575 m² греје. Готово сви објекти центра, од своје изградње - друге половине 20-ог века, нису значајније реновирани, бетонски зидови имају слабу термичку изолацију а столарија је дотрајала. У току целе године Клинички центар има потребе за топлотном енергијом у облику технолошке паре, која се у месецима грејне сезоне кроз оптимизоване процесе користи и за грејање простора. У месецима грејне сезоне, загревање објеката се врши топлем водом путем централног система грејања. Поред тога, установа има инсталиране климакомора укупне снага 730 kW, и преко 400 климауређаја (2.6 – 3.5 kW свака) који се користе за хлађење простора у летњим и догревање у месецима грејне сезоне, и чији се број из године у годину повећава, тако да се поред даљинског грејања клинички центар догрева на струју. Услугу централног грејања пружа ДОО „Енергетика“ Крагујевац, а снабдевање електричном енергијом електродистрибутивни систем „Електрошумадија“.

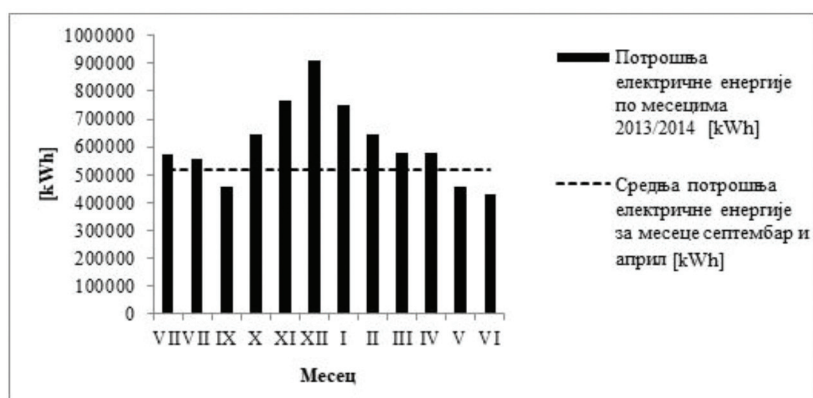
Док је потрошњу топлотне енергије дистрибуиране градским системом даљинског грејања било релативно лако одредити читавањем са калориметара (табела 2), део електричне енергије утрошене за грејање није. На слици

1 је приказана потрошња електричне енергије Клиничког центра по месецима, почевши од јула а закључно са јуном наредне године. Примећује се значајно већа потрошња у зимском периоду. На слици је такође приказана средња месечна потрошња електричне енергије за месеце април и септембар (519262 kWh). За средњу месечну вредност потрошње електричне енергије, без потреба за грејањем у зимским и хлађењем у летњим месецима, узета је баш ова вредност. Годишња потрошња електричне енергије утрошене за грејање је израчуната као разлика укупне потрошње енергије у грејној сезони (месеци I-III и XI-XII) и шестомесечне потрошње усредњене на описан начин.

Истом методом је одређена потрошња електричне енергије за грејне сезоне 2012/13 и 2014/15. Укупна потрошња топлотне и електричне енергије утрошене за грејање одређене на горе наведен начин, приказани су у табели 3.

Потрошња топлотне енергије (процесна пара и грејање) и електричне енергије, као и њихов удео у укупној енергетској потрошњи Клиничког центра и зависност од броја степен дана у Крагујевцу за три грејне сезоне приказан је на слици 2.

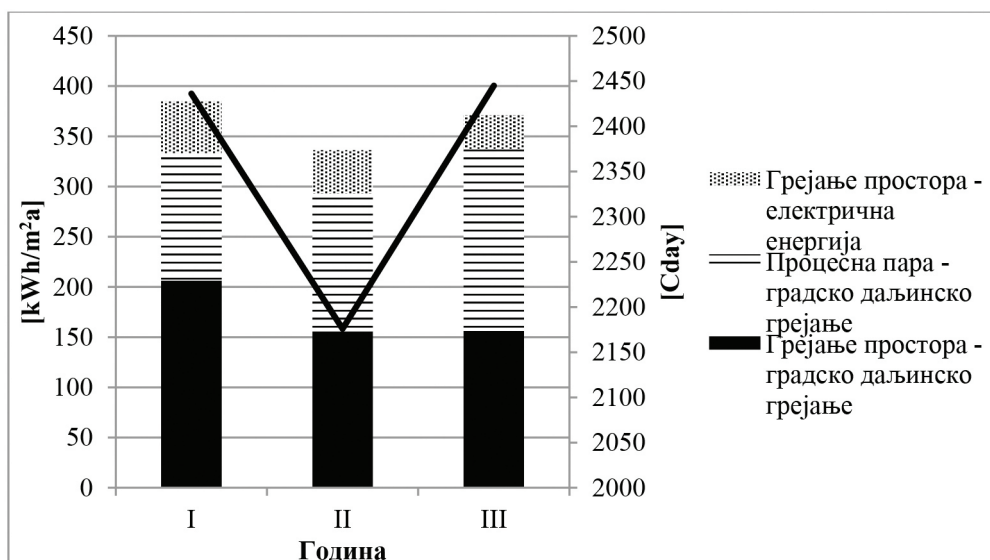
Са слике 2 се види зависност броја степен-дана и топлотне потрошње објекта. За анализиране године тј. грејне сезоне потрошња електричне енергије за потребе грејања чини од 9% (II) до 13.4% (I) укупне грејне потрошње. Преостали део утрошене топлотне енергије се у зависности од начина организације грејања, расподељује на процесну пару тј. парно и топловодно грејање. Нормализована потрошња топлотне енергије према 1.1 за посматрани период од три године тј. три грејне сезоне је била 364.14 kWh/m²a. Интересантан је податак да Немачке болнице које имају мању специфичну потрошњу топлотне енергије (око 300 kWh/m²a [8] у просеку са 3244 степен-дана [9]) од Клиничког центра у Крагујевцу троше готово три пута више топлотне енергије по лежају годишње 24.670 kWh [10], (8,84 kWh/



Слика 1. Потрошња електричне енергије Клиничког центра по месецима (2013/2014)

Грејна сезона	I год.	II год.	III год.
Потрошња топлотне енергије (MWh)	11856	10425	12008
Потрошња електричне енергија (MWh)	1836	1540	1198

Табела 3. Потрошњи електричне енергије за грејање и топлотне енергије Клиничког центра у Крагујевцу



Слика 2. Потрошња топлотне и електричне енергије у зависности од броја степен дана у Клиничком центру у Крагујевцу

лежају – у Крагујевцу, 2610 степен-дана [6]), што поред тога што говори о разлици у енергетској ефикасности болничких објеката говори и о разлици у квалитету смештаја тј. о недостатку смештајног простора као једног од главних проблема којим су Клинички центри у Србији оптерећени.

3.2. Домови здравља и амбуланте

Дом здравља Крагујевац, здравствена установа примарне здравствене заштите на подручју града Крагујевца, са укупно 638 запослених, покрива простор од 835 km² и пружа здравствену заштиту за 153.629 осигураника са територије Града Крагујевца. У обављању здравствене делатности, на примарном нивоу Дом здравља промовише здравље и пружа превентивне, дијагностичке, терапијске и рехабилитационе здравствене услуге за све категорије становника у складу са законом. Сви објекти и огранци Дома здравља Крагујевац су у власништву државе. Радно време амбуланти и огранака Дома здравља на територији градских општина је од 7 до 20 часова. Здравствене амбуланте у појединим сеоским општинама раде један или два дана недељно од 7 до 19 часова.

Анализирани објекти Дома здравља се греју путем система градског даљинског грејања, локалним системом грејања на гас, дрва или струју. При прорачунима усвојена доња топлотна моћ гаса је 34000 kJ/m³, а огревног дрва 9,5 MJ/m³, при чему је ефикасност котлова $\eta_g=0,9$ и $\eta_x=0,75$, респективно.

Подаци о анализираним објектима примарне здравствене заштите приказани су у табели 1.

Специфична потрошња финалне енергије сваке од наведених установа приказана је на упоредном графику (слика 3).

Од 26 анализираних амбуланти 12 зграда је прикључено на систем градског даљинског грејања (од чега се за 10 зграда потрошња топлоте мери калориметрима, а за две

(A4 и A15) тошкови за грејање се плаћају паушално на основу грејне површине, тј. грејне запремине објеката. Осам зграда се греје локалним системима на струју, док се 3 зграда греју локалним системима на гас. Амбуланте у селима и приградским насељима раде један 1 (A11) или 2 (A1, A17, A20). Уколико се из анализе искључе зграде без мерења потрошње енергената средња вредност специфичне потрошње финалне енергије зграда примарне здравствене заштите на територији града Крагујевца је 194.93 kWh/m²a. Најнижу специфичну потрошњу финалне енергије бележе установе у сесоким и приградским насељима са најмањим бројем радних дана у недељи A11 (43,7 kWh/m²a) и A20 (84,8 kWh/m²a), док највишу потрошњу бележи амбуланта A13 од 333,7 kWh/m²a.

Потрошња електричне енергије већег дела анализираних установа је бележила више вредности у месецима грејне сезоне него у месецима без већих потреба за грејањем и хлађењем априлу и септембру. На основу истоветне методе (слика 1) одређена је количина електричне енергије утрошене на загревање негрејаног или догревање грејаног простора посматраних установа. На слици 4 је приказана разлика потрошњи електричне енергије у месецима грејне и ван грејне сезоне у укупном уделу потрошње електричне енергије.

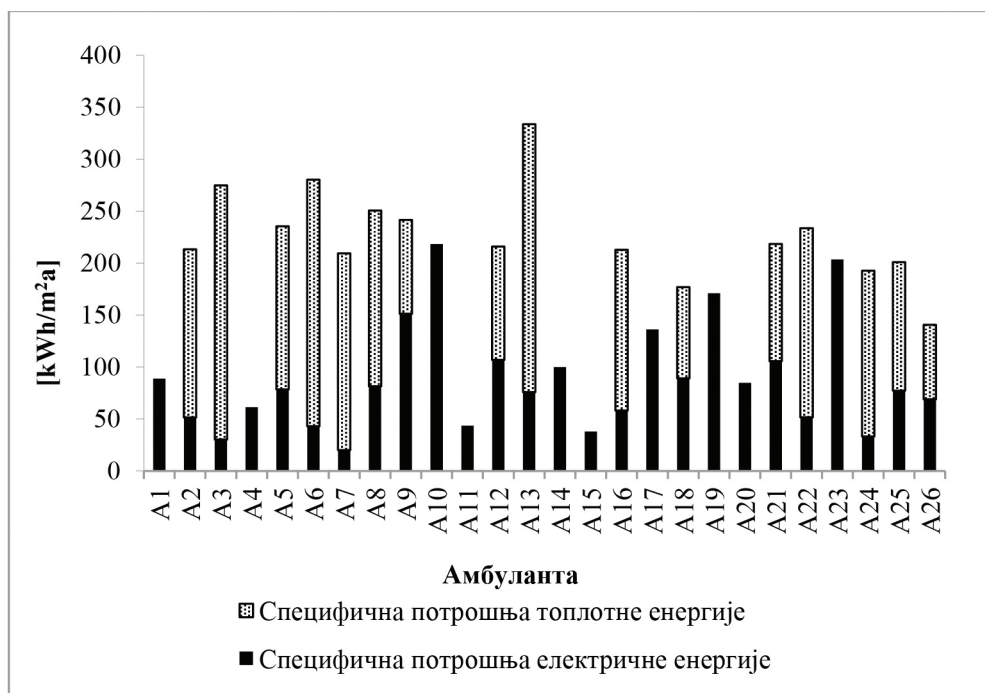
Највишу потрошњу електричне енергије за грејање у укупном уделу потрошње електричне енергије бележе зграде које се греју локалним системом грејања на струју A14 (60,38%), A17 (59,7%), A23 (44,28%), али и завод за стоматологију A12 (66%) док најмању удео у потрошњи бележе установе прикључене на систем градског даљинског грејања A2 (6,5%) и A18 (5,8%).

Разлика електричне енергије у месецима ван грејне сезоне и у грејној сезони, нормализована према 1.1 приказана је на слици 5 у укупном уделу топлотне енергије коју анализиране зграде потроше у току грејне сезоне.

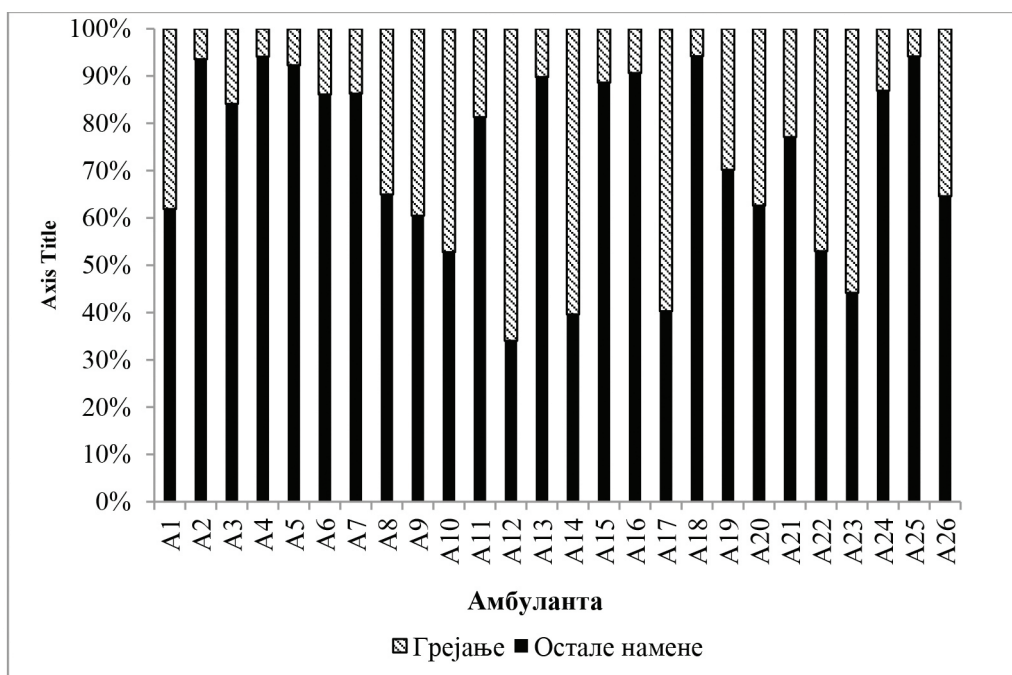
На графику су јасно виде установе које се у потпуности греју на струју, као и оне које су прикључене

#	Назив	Адреса	Струја	Грејање - начин	Енергент	Година изградње	Укупна површина зграде	Грејана површина зграде
A1	Амбуланта Драгобраћа	Драгобраћа	Широка потрошња са двотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1952	200	200
A2	Здравствена станица бр.2	Ратинчева 2	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско са мерењем	1955	1084	680
A3	Дечји диспанзер	Змај Јовина	Широка потрошња са двотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско са мерењем	1958	446	446
A4	Здравствена станица бр.1	Радоја Домановића 4	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско без мерења	1960	246	234
A5	Здравствена станица бр.3	Цара Душана 16	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	Гас	1960	306	306
A6	Здравствена станица бр.5	Даничићева/ Чиче од Романије	Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско са мерењем	1960	689	588
A7	АТД, Спец. Служба	Змај Јовина	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско са мерењем	1960	1724	1724
A8	Амбуланта у Чумићу	Чумић	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	дрво	1965	104	104
A9	Амбуланта у Лужницама	Лужнице	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	дрво	1965	65	65
A10	Амбуланта у Реснику	Ресник	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1965	71	71
A11	Амбуланта у Грошници	Грошница	Широка потрошња са двотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1965	65	65
A12	Завод за стоматологију	Змај Јовина 30	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско са мерењем	1965	1390	1390
A13	Диспанзер за жене	С. Марковића 21	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Даљинско	Даљинско са мерењем	1970	217	217
A14	ЗЗЗЗР - амбуланта Звезда	Милице Миљојковић 66	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1972	150	120
A15	Д.П.С. Аеродром Блок III	Светогорска 5	Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско без мерења	1975	504	504
A16	Д.П.С. Аеродром Блок IV	Светогорска 7	Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско са мерењем	1975	665	585
A17	Амбуланта у Угљаревац	Угљаревац	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1975	215	215
A18	Д.П.С. Станово	Краља Милутина	Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско са мерењем	1980	2814	2814
A19	ЗЗЗЗР - амбуланта Ф.Кљајић	Драгослава Срејовића 56	Потрошња на ниском напону	Локално	електрична енергија	1981	494	480
A20	Амбуланта у Г.Сабанти	Г.Сабанта	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	електрична енергија	1981	154	154
A21	Амбуланта у В.Пчелицама	В. Пчелице	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	дрво	1981	52	52
A22	ЗЗЗЗР - матична локација	Косовска 4	Широка потрошња са једнотарифним мерењем	Локално	Гас	1981	6336	6000
A23	Здравствена станица бр.6	Страгари	Потрошња на ниском напону	Локално	електрична енергија	1983	712	712
A24	Д.П.С. Бресница	Чегарска	Потрошња на ниском напону	Локално	Гас	1987	2486	2486
A25	Здравствена станица бр.4-школски	С. Марковића бр.23	Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско са мерењем	2013	1020	1020
A26	Завод за хитну медицинску помоћ		Потрошња на ниском напону	Даљинско	Даљинско са мерењем	2014	1870	1870

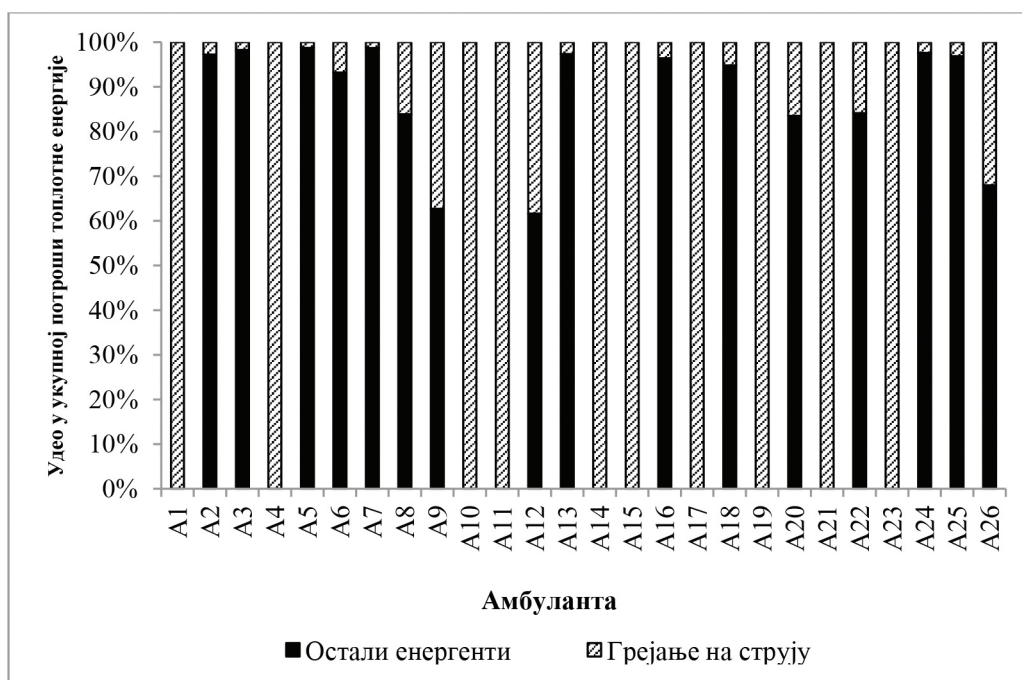
Табела 1. Установе примарне здравствене заштите на територији града Крагујевца



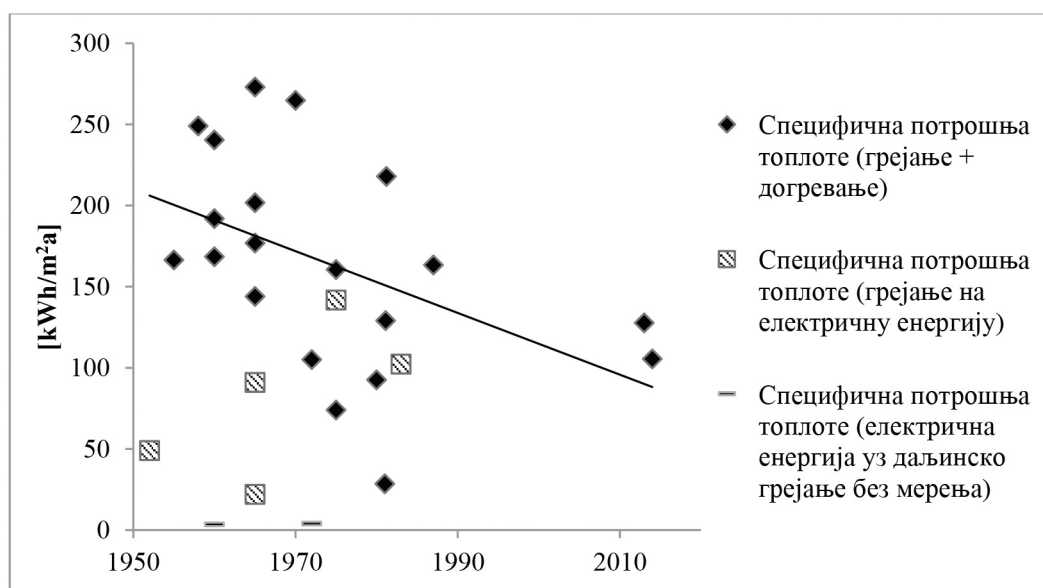
Слика 3. Финална потрошња енергије у установама Дома здравља Крагујевац



Слика 4. Удео у потрошњи електричне енергије који на годишњем нивоу одлази на грејање и остале намене



Слика 5. Удео електричне енергије утрошене на грејање у укупном уделу енергије утрошене за грејање



Слика 6. Специфична потрошња топлоте према години изградње објекта

на систем градског даљинског грејања без мерења (A4 и A15). Највећи удео у укупном топлотном конзуму који долази из електричне енергије има амбуланта A12, прикључена на систем градског даљинског грејања (38%) и сеоска амбуланта A9, која се греје и локалним системо грејања на дрва (36%).

Специфична топлота анализираних амбуланти добијена из свих извора, нормализована према 1.1, приказана је слици 6.

Са слике 6 се види да је највећи део зграда амбуланти изграђен у периоду од 1960. до 1980. г. Средња специфична нормализована потрошња топлоте свих амбуланти са мереном потрошњом је 141,5 kWh/m²a. На нешто нижу потрошњу од реално очекиване утичу амбуланта са једним тј. два радна дана у недељи које се јасно виде у доњем делу графика.

Највишу специфичну потрошњу бележи амбуланта A13 (264,8 kWh/m²a), док најнижу бележе сеоске амбуланта A11 (22 kWh/m²a) и A20 (28 kWh/m²a).

4. ЗАКЉУЧАК

Пројекти реконструкције зграда спороведени у оквиру Српског пројекта енергетске ефикасности 1 (SEEP1) [3] показали су да су спроведене мере за повећање енергетске ефикасности резултовале уштедама енергије од 40% у просеку. На основу остварених уштеда и циљева Националних акционих планова у области енергетске ефикасности могу се очекивати све већа улагања у зграде. Иако цена енергената значајно варира, не може се уочити разлика у потрошњи енергије анализираних објеката везано за енергент. Девет анализираних зграда (35%) налази се у „D” енергетском разреду, 15% у „E” а 8% у „F” енергетском разреду. Истраживање је показало да се зграде у месецима грејне сезоне, и поред локалних система грејања на чврсто гориво и система градског даљинског грејања догревају на струју. Овај случај је поготову изражен у сеоским амбулантама са локалним системима на чврсто гориво и амбулантама у граду са великом површином, чији се поједини делови простора слабо греју постојећим грејним системом или се уопште не греју. Мере за повећање ефикасности у анализираним зградама могу се поделити у три групе. Прва је правилно димензионисање постојећих система за грејање. Друга је учлагање у бољу термоизолацију објеката и замену фасадне столарије. Трећа је аутоматска контрола у подстаницама система градског даљинског грејања. Предложена мере могу бити брзо реализоване у случају улагања ESCO или EPC уговора.

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је настао као резултат истраживања на пројекту „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења (III 42013)“ које је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Elzinga, L. Fulton, S. Heinen, O. Wasilic, Advantage energy – emerging economies, developing countries and the private–public sector interface, International Energy Agency, 2011
- [2] Енергетски биланси – Биланс топлоте 2014, Републички завод за статистику <http://beta.stat.gov.rs/media/1779/bilans-toplotne-energije-2014.pdf> (приступљено новембра 2017. г.)
- [3] Eurostat, electricity and heat statistics 2016, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_and_heat_statistics, (приступљено новембра 2017. г.)
- [4] Sanja Petrović Bećirović, Mileva Vasić, Methodology and results of Serbian energy–efficiency refurbishment project, Energy and Buildings, (62) 258–267, 2013.
- [5] Eurostat, Final energy consumption by Sector 2016, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tsdpc320>, (приступљено новембра 2017. г.)
- [6] Правилник о условима садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени гласник Републике Србије, бр. 61/11
- [7] Н. Јуришевић, М. Јосијевић, Н. Ракић, А. Миловановић, Специфична потрошња финалне енергије у предшколским установама у Крагујевцу, Енергија Економија Екологија, Vol.17, No.1-2, pp. 390 - 396, ISSN 0354-8651, 2016
- [8] More energy efficiency and more comfort in hospitals - Answers for infrastructure, Siemens Switzerland Ltd, Building Technologies Division, International Headquarters Gubelstrasse 22 CH-6301 Zug
- [9] Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Countries and EEA Countries Final Report for the European Commission Directorate-General Energy and Transport, EC Service Contract Number TREN/D1/239-2006/S07.66640, ENERDATA (Grenoble, France) Institute of Studies for the Integration of Systems ISIS (Rome, Italy) Technical University (Vienna, Austria) Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy WI (Wuppertal, Germany) Karlsruhe/Grenoble/Rome/Vienna/Wuppertal, 15. March 2009
- [10] Climate projects in German hospitals - BUND Berlin e.V., Annegret Dickhoff (M.Sc.), Health Care Without Harm Europe: Cleaner Energy Strategies in Hospitals Webinar 17th December 2014