

Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора топлоте за одрживи развој енергетике градова; Researching the possibilities of using low-temperature heat sources for sustainable energy development of cities

Miodrag M. Grujić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора топлоте за одрживи развој енергетике градова; Researching the possibilities of using low-temperature heat sources for sustainable energy development of cities | Miodrag M. Grujić | Универзитет у Београду | 2014-06-04 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0004013>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Миодраг М. Грујић

**ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА
НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ
ЗА ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТИКЕ ГРАДОВА**

докторска дисертација

Београд, 2014

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Miodrag M. Grujić

**ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA
NISKOTEMPERATURNIH IZVORA TOPLOTE
ZA ODRŽIVI RAZVOJ ENERGETIKE GRADOVA**

doktorska disertacija

Beograd, 2014

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Miodrag M. Grujić

**RESEARCHING THE POSSIBILITIES OF USING
LOW-TEMPERATURE HEAT SOURCES FOR
SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT OF CITIES**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014

Ментор:

**Др Дејан Ивезић, ванредни професор, научна област: Рударско инжењерство,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд**

Чланови комисије:

- 1. Др Марија Живковић, доцент, научна област: Рударско инжењерство,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд**
- 2. Др Мирко Коматина, редовни професор, научна област: Термомеханика,
Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд**

Датум одбране:

ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ ЗА ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТИКЕ ГРАДОВА

РЕЗИМЕ

Одрживост је континуиран процес балансирања између животне средине, економске и социјалне димензије, који се односи на системска побољшања животног окружења. Енергија се налази међу покретачима одрживог развоја везано за потребу за повећање социјалног благостања, његову кључну улогу у економском развоју и утицај на животну средину. Урбане зоне, као центри потреба за енергијом и емисија угљеника, пружају значајне могућности за промоцију одрживости енергетског система заједнице.

Планирање нових енергетских капацитета, у складу са принципима одрживог развоја, обухвата спровођење политике повећања енергетске ефикасности и увођења обновљивих извора енергије. Дисертација ставља акценат на коришћење потенцијала дела обновљивих извора, односно нискотемпературних извора топлоте, тј. на првом месту геотермалне енергије подземних вода, стена, земље, затим ваздуха, воде и Сунца за добијање топлотне енергије. Ови извори обезбеђују нижу температуру него што се добија сагоревањем фосилних горива. Међутим, њиховом употребом могу се добити значајне количине енергије и у многим системима задовољити и комплетне потребе за топлотном енергијом. При томе, коришћењем нискотемпературних извора смањује се потрошња других облика енергије, трошкови горива, уз значајно смањен негативан утицај на животну средину.

До процена будуће потрошње енергије се долази узимајући у обзир низ енергетских, економских и других претпоставки. С обзиром да стратешко планирање узима у обзир релативно дуг временски период (10 – 20 година), па самим тим подразумева и значајан степен несигурности и неизвесности, неопходно је разморити различите сценарије у зависности од економског развоја, расположивости финансијских средстава, цена енергије итд. Међутим, ради једноставнијег приказивања резултата истраживања, пожељно је

направити сублимацију кроз реалан, оптимистичан и песимистичан сценарио. Реалан сценарио предвиђа солидан степен развоја енергетике, лимитиран степеном достигнутог економског развоја и расположивим финансијским средствима за инвестиције. Оптимистичан сценарио предвиђа експанзиван развој привреде, енергетике, инфраструктуре и индустријске производње, уз повећање стандарда становништва. Песимистичан - Business as usual (BAU) сценарио предвиђа наставак актуелног стања. Ови сценарији узимају у обзир низ претпоставки, као што су пројекције цена електричне енергије, губици у топлотној и електричној мрежи, удео обновљивих извора у производњи енергије, раст потрошње одређених енергената, раст индустријске и пољопривредне производње, степен повећања енергетске ефикасности итд. На тај начин се добијају процене о потрошњи финалне енергије према различитим сценаријима и разматрају се различите могућности за задовољење будућих потреба.

Коришћењем приступа “bottom-up” у дисертацији је постављен модел вишекритеријумског одлучивања у избору оптималне опције енергетског развоја, који третира 8 економских, енергетских и еколошких критеријума. Постављени модел не посматра избор оптималне опције само из перспективе инвеститора, при чему би финансијски критеријуми били практично једино важни, већ тежи да задовољи принципе одрживости, дајући сигурности снабдевања и еколошким факторима битну улогу, уз посебно истицање значаја употребе обновљивих извора енергије.

С обзиром на могућност коришћења нискотемпературних извора, у дисертацији је фокус на будућим потребама у систему централизованог снабдевања топлотном енергијом и предложени модел је примењен за избор оптималне опције за изградњу нових топлотних извора. Предложене опције су упоређене међусобно кроз сва три сценарија, према дефинисаним критеријумима којима се додељује одговарајући тежински коефицијент који одговара утицају одређеног критеријума на доношење одлуке о избору инвестиције. За решавање овако постављеног модела употребљена је метода вишекритеријумског одлучивања ELECTRE.

Пример престонице Србије је веома погодан за студију случаја због своје величине, комплексности енергетских система, незадовољавајуће енергетске ефикасности и велике потребе за дугорочним обезбеђењем сигурности снабдевања енергијом. Истраживање као базну узима 2010. годину. Постављени модел је искоришћен за избор оптималне опције за задовољење нових захтева за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања до 2030.г. У сва три сценарија процењена укупна потрошња финалне енергије у 2030. г. се мало разликује, тј. за мање од 10%, али уз знатно различит енергетски учинак. Понуђене опције садрже у себи традиционални концепт који се користи у даљинском грејању, али и комбинације различитих решења која до сада нису била заступљена, а третирају употребу нискотемпературних извора топлоте, конкретно геотермалне енергије, чији потенцијали у Београду су значајни, као и изградњу когенеративних (СНР) постројења. Производња електричне енергије у оквиру СНР постројења третирана је и као потенцијални извор остварења прихода.

Модел је показао да је опција која садржи комбинацију котлова на гас и централизовано снабдевање топлотном енергијом уз помоћ геотермалне енергије и топлотних пумпи оптималан избор у реалном и песимистичном сценарију. Опција која представља само наставак традиционалне употребе котлова на гас, није оптималан избор ни у једном сценарију. Опција која представља комбинацију когенеративног постројења и геотермалне енергије, је оптималан избор у оптимистичном сценарију и одсликава могућност коришћења когенеративних постројења у Београду, али и чињеницу да је за њену оправданост ипак потребан одређени развој догађаја који се односи на пораст цене електричне енергије, економски развој који треба да узрокује повећање изградње објеката, обезбеђење летњег конзума итд. Такође, и у овом случају је употреба обновљивих извора, кроз геотермалну енергију, представљена као развојно опредељење Града Београда. Генерални закључак је да развој економије, привреде и пораст стандарда становништва ствара потребне претпоставке за интензивну примену обновљивих извора енергије и високоефикасних технологија.

Методолошки приступ предложен у дисертацији, који обухвата дефинисање проблема и постављање модела који садржи низ критеријума са одговарајућим тежинским

коэффицијентима, предлагање различитих опција за решење дефинисаног проблема, дефинисање различитих сценарија, уз употребу метода вишекритеријумског одлучивања, представља принцип који може бити применљив у различитим областима. У области енергетике је посебно значајан јер представља путоказ за доношење одлука, уз сагледавање проблема из позиције шире друштвене заједнице. Одлука донета на овај начин обезбеђује корист за широк спектар заинтересованих страна и због тога обезбеђује генерални циљ, а то је одрживи развој енергетике градова.

Кључне речи: одрживи развој, даљинско грејање, модел, сценарио, вишекритеријумска анализа, нискотемпературни извори, ELECTRE, Београд

Научна област: Рударско инжењерство

Ужа научна област: Нафтно рударство, механизација и аутоматизација у рударству

УДК: 007.5:330.34

502.131.1:519.8:536.7

620.9:621.1:622:662.63:697/.34

(497.11)(043.3)

RESEARCHING THE POSSIBILITIES OF USING LOW-TEMPERATURE HEAT SOURCES FOR SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT OF CITIES

SUMMARY

Balancing of environmental, economic and social issues is the essence of sustainability. That is continuous process, related to our living environment and their systematic improvements. For sustainable development, energy is one of the most important drivers. Improving the social welfare, economic development, but also environmental impacts are closely related to energy development. Urban areas are the centers of energy demand and carbon emissions. For that reason, cities are the places where the actions for promoting the sustainability of energy systems should be initiated.

Planning new facilities, in accordance with the principles of sustainable development, involves a wide range of energy efficiency measures and the introduction of renewable energy sources. The thesis emphasizes the use of renewable resources, primarily low-temperature heat sources, i.e. first geothermal ground water, rocks, soil, air, water and sun to generate heat. These sources provide a lower temperature than is obtained by burning fossil fuels. However, their use can provide significant amounts of energy and satisfy the complete heat demands in many systems. In addition, using low temperature sources reduces the consumption of other forms of energy, fuel costs, and significantly reduced the negative impact on the environment.

Taking into account a range of energy, economic and other assumptions leads to the estimation of future energy consumption. Since strategic planning refers to a relatively long period (10 - 20 years), which implies a significant degree of uncertainty, it is necessary to consider different development scenarios depending on the economic development, the availability of financial resources, energy prices etc. However, it is desirable to make the sublimation through realistic, optimistic and pessimistic scenario in order to simplify presentation of the results of research. The realistic scenario predicts a solid level of energy development, a limited degree of achieved

economic development and available funds for investment. The optimistic scenario foresees an expansive economic development, energy, infrastructure and industrial production and increasing the living standard. Pessimistic - business as usual (BAU) scenario foresees a continuation of the current situation. These scenarios take into account a number of assumptions, such as projections of electricity prices, losses in district heating network and electricity grid, the share of renewable sources in energy production, increasing consumption of some energy sources, the growth of industrial and agricultural production, rate of increase of the energy efficiency and so on. This provides us with estimates of the final energy consumption under different scenarios, considering different options to meet future needs.

Using the “bottom-up” approach this dissertation sets the model of multi-criteria decision making for selection of the optimal option of energy development, which treats 8 economic, energy and environmental criteria. The proposed model does not consider the optimal choice of options only from the perspective of investors, whereby the financial criteria would be practically the only important. The model aims to satisfy the principles of sustainability, giving an important role to security of energy supply and environmental factors, with emphasis on the importance of renewable energy.

Due to the possibility of using low temperature sources, the dissertation's focus is on the future needs of the centralized heat supply system, so the proposed model is applied for selection the optimal option for the construction of the new heat source. The proposed options were compared with each other through all three scenarios, based on defined criteria and corresponding weight coefficients in accordance to its influence on decision making on the investment. The method of multi-criteria decision making ELECTRE is used for solving this model.

The example of the capital of Serbia is very suitable for the case study because of its size, complexity of energy systems, poor energy efficiency and high need for long-term security of energy supply. The base year for the research is 2010. The set model is used for selection of the optimal option to meet new heat requirements in a centralized supply system until 2030. In all three scenarios, the estimated total final energy consumptions in 2030 differ slightly, i.e. less than 10%, but with significantly different energy effects. The proposed options contain a

traditional concept used in district heating, as well as combinations of different solutions that have not been represented and treat use of the low-temperature heat sources, namely geothermal energy and the construction of cogeneration plants. The geothermal potentials of Belgrade are significant. The production of electricity within the CHP plant is also considered as a potential source of income.

The model showed that the option that contains a combination of gas boilers and centralized heat supply by geothermal energy and heat pumps is the optimal choice in the realistic and pessimistic scenario. The option which only represents a continuation of the traditional use of gas boilers is not an optimal choice in either scenario. The combination of cogeneration plants and geothermal energy is the optimal option in the optimistic scenario. This choice reflects the possibility for using energy produced in cogeneration plant (CHP) in Belgrade and the fact that it is necessary to provide increase of electricity prices, economic growth that should cause an increase in construction buildings and enough number of consumers of domestic hot water in the summer period in order to create conditions for building CHP. Also, in this case the use of renewable energy sources is presented through geothermal energy as a development commitment of the City of Belgrade. The general conclusion is that the economy development and increase of the living standard create the necessary prerequisites for intensive application of renewable energy sources and high-efficiency technologies.

The proposed methodological approach which includes defining problem and setting the model that contains a set of criteria with corresponding weights, proposing various options for solving defined problem, defining various scenarios, using a multi-criteria decision-making method, is a principle which can be applicable in various areas. This approach is especially important in the field of energy, as a roadmap for decision-making, looking at the problem from the wider community point of view. The decision taken in this way provides benefits for a wide range of stakeholders, and therefore provides a general goal, sustainable energy development of cities.

Key words: sustainable development, district heating, model, scenario, multi-criteria analysis, low-temperature sources, ELECTRE, Belgrade

Scientific field: Mining engineering

Special scientific field: Petroleum engineering, mechanization and mining automatization

UDC: 007.5:330.34

502.131.1:519.8:536.7

620.9:621.1:622:662.63:697/.34

(497.11)(043.3)

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТИКЕ У ГРАДОВИМА	8
3. ПРИМЕНА “ВОТТОМ-UP” ПРИСТУПА У МОДЕЛИРАЊУ ЕНЕРГЕТСКИХ ТОКОВА	16
4. НИСКОТЕМПЕРАТУРНИ ИЗВОРИ ТОПЛОТЕ	19
4.1. ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА	19
4.1.1. Енергија земље	21
4.2. ЕНЕРГИЈА ВАЗДУХА	22
4.3. ЕНЕРГИЈА МОРА, РЕКА, ЈЕЗЕРА И ОТПАДНИХ ВОДА	23
4.4. СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА	23
4.5. НАЧИНИ КОРИШЋЕЊА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ	24
4.5.1. Коришћење геотермалне енергије	24
4.5.1.1. Принцип рада топлотних пумпи	27
4.5.2. Коришћење соларне енергије	31
4.5.3. Хибридни соларни системи	32
5. ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ ОПЦИЈЕ ЗА ИНСТАЛИРАЊЕ КАПАЦИТЕТА ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ПОТРЕБА ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА	33
5.1. ДЕФИНИСАЊЕ КРИТЕРИЈУМА У ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКИМ АНАЛИЗАМА	34
5.2. ДЕФИНИСАЊЕ КРИТЕРИЈУМА ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ПОТРЕБА ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА	37

5.3. ПРИМЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ МЕТОДЕ ОДЛУЧИВАЊА ЕЛЕСТРЕ НА ПОСТАВЉЕНИ МОДЕЛ	41
6. ПЛАНИРАЊЕ ОДРЖИВОГ ЕНЕРГЕТСКОГ РАЗВОЈА ГРАДА – ПРИМЕР БЕОГРАДА	47
6.1. ЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА	47
6.1.1. Систем даљинског грејања	47
6.1.2. Снабдевање електричном енергијом	55
6.1.3. Употреба природног гаса	56
6.1.4. Снабдевање угљем и течним горивима	57
6.1.5. Коришћење обновљивих извора енергије	58
6.1.6. Енергетска ефикасност у Београду	66
6.2. ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ У БАЗНОЈ ГОДИНИ	73
6.3. ПРОЈЕКЦИЈЕ ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ДО 2030.Г.	92
6.3.1. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према реалном сценарију	94
6.3.2. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према оптимистичном сценарију	101
6.3.3. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према песимистичном (Business as usual-BAU) сценарију	105
6.3.4. Табеларни приказ пројекција потрошње финалне енергије по секторима и по сценаријима	109
7. ПРИМЕНА ПРЕДЛОЖЕНОГ МОДЕЛА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА ПРИ ИЗБОРУ ОПТИМАЛНЕ ОПЦИЈЕ РАЗВОЈА ЦЕНТРАЛИЗОВАНОГ СИСТЕМА СНАБДЕВАЊА ЕНЕРГИЈОМ У БЕОГРАДУ	122
7.1. НОВЕ ПОТРЕБЕ ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА	122
7.2. РАЗЛИЧИТЕ ОПЦИЈЕ ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ТОПЛОТНИХ ПОТРЕБА У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА	125

7.3. ПРИМЕНА ДЕФИНИСАНИХ КРИТЕРИЈУМА НА СЛУЧАЈ ГРАДА БЕОГРАДА	126
7.4. ПРИМЕНА МЕТОДЕ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА	137
7.5. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА	146
7.6. УЛОГА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ	148
8. ЗАКЉУЧАК	157
9. ЛИТЕРАТУРА	161
10. БИОГРАФИЈА АУТОРА	170

1. УВОД

Управљање енергетиком у великом граду захтева веома одговоран приступ, прилагођен многобројним карактеристикама Града. Комплексност енергетских система који се прожимају, садашње и будуће потребе за енергијом, економски развој, степен привредних активности, стандард и бројност становништва су најважнији фактори који диктирају развој енергетике. Неминовно повећање захтева за енергијом у смислу будуће потрошње, без обзира на све већу енергетску ефикасност, захтева и повећање производње енергије, доводи до исцрпљивања ресурса и до повећања утицаја на животну средину.

Планирање нових енергетских капацитета, у складу са принципима одрживог развоја, треба да обухвати широки обим мера енергетске ефикасности, чији је циљ да се смање потребе за енергијом, а тиме и потрошња горива и утицај на животну средину. Зато се намеће као обавезно увођење обновљивих извора међу којима већина има мали негативан утицај на околину, а нема ни исцрпљивања ресурса.

Многи аутори су се у досадашњим истраживањима бавили проблематиком одрживог развоја енергетике. Креирани су енергетски модели који обухватају примену вишекритеријумских метода као помоћ за доношење одлука у циљу планирања развоја комплетне енергетике или неког њеног дела у некој земљи, граду или региону, уз задовољење захтева у погледу заштите животне средине. За обезбеђење одрживог развоја неопходно је знатно веће коришћење обновљивих извора енергије, али је неопходно радити и на смањењу потрошње енергије.

Због своје тесне везе са енергетиком, одрживи развој је неизоставни део енергетског планирања и као такав предмет многих истраживања, од којих су најзначајнија приказана у другом поглављу. Планирање одрживог развоја енергетике се одликује понекад веома дугим временским хоризонтом. Пројекције енергетског развоја се крећу чак до 2050. године, како у земљама у развоју, тако и у

неким од енергетски најразвијенијих земаља. [12,31,35,43,51,70,71] У овом поглављу је дата детаљна анализа еколошке, економске и социјалне компоненте одрживог развоја са посебним освртом на њихов значај за укупни и посебно енергетски развој градова.

Дисертација примењује приступ „bottom-up”, тј. одоздо-нагоре, који почиње са ситним детаљима чијом интеграцијом се постепено долази до највишег нивоа. У случају планирања сценарија развоја енергетике креће се од потреба за енергијом у финалној потрошњи у различитим секторима и агрегатно се долази до неопходних количина енергије и енергената за њихово задовољење, а потом и до различитих сценарија енергетског развоја који их обезбеђују. У трећем поглављу су укратко описане карактеристике овог приступа, његове предности и мане, као и примери његове примене у литератури.

Наредно, четврто поглавље, даје теоретске основе примене основних нискотемпературних извора топлоте, при чему се акценат ставља на употребу геотермалне енергије. Осим ње, третира се и употреба енергије, воде, ваздуха, земље и Сунца, а описан је и принцип рада топлотних пумпи. Ово поглавље представља теоретски увод у разраду предложеног модела за задовољење енергетских потреба.

Пето поглавље полази од потребе за дефинисањем више различитих критеријума у циљу доношења одлуке везане за енергетско планирање, уз приказ више примера примене вишекритеријумских метода одлучивања. Након тога се поставља модел вишекритеријумског одлучивања који третира 8 критеријума. Овај модел ће касније бити примењен за одлучивање о избору оптималне опције за инвестиције ради задовољења топлотних потреба у централизованом систему снабдевања, али се може применити и на друге проблеме у области енергетике. За решавање овако постављеног модела потребан је одговарајући алат. С обзиром да модел садржи више критеријума, неопходна је употреба неке од метода вишекритеријумског одлучивања. Метода ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) се, кроз

своје различите облике и модификације, користи деценијама за одлучивање у различитим гранама привреде, индустрије и посебно енергетике, где се показала прилично поузданом.

Решавање проблема будућег снабдевања енергијом у великим градовима је део стратешког планирања и бављења енергетиком, па почиње од дефинисања периода за који се врши планирање. Обично се узима период од 15-20 година, са благим освртом на време које ће доћи и по његовом истеку, како би се у планираном периоду створили основи и за дугорочнији развој енергетике. Узимајући у обзир читав низ енергетских, економских, друштвених и других претпоставки које се односе на процену будућих потреба за енергијом, долази се до мање или више прецизних процена будуће потрошње. С обзиром на низ непредвиђених околности које могу да се јаве у овом дугом периоду, могући су и различити сценарији догађаја, који зависе од економског развоја, расположивости финансијских средстава за инвестиције, цена на тржишту енергије и многих других међународних и домаћих фактора. Сагледавајући потенцијалне развоје догађаја, постоји велики број могућих сценарија. Међутим, ради једноставнијег приказивања резултата истраживања, пожељно је направити сублимацију у неколико базних сценарија, при чему је оптимално приказати реалан, оптимистичан и песимистичан.

Реалан сценарио предвиђа солидан степен развоја енергетике, који је ипак лимитиран степеном достигнутог економског развоја и расположивим финансијским средствима за инвестиције. Оптимистичан сценарио предвиђа експанзиван развој привреде, енергетике, инфраструктуре и индустријске производње, уз повећање стандарда становништва. Међутим, неизоставни део оваквог начина предвиђања је и песимистичан сценарио који предвиђа наставак актуелног стања, без озбиљнијих инвестиција, суштинских промена и повећања ефикасности, што у дужем периоду може довести и до поремећаја снабдевања енергијом. Због тога се овакав сценарио још назива и Business as usual (BAU), као наставак актуелног незадовољавајућег стања.

Након добијања процена о будућој потрошњи енергије према различитим сценаријима, потребно је размотрити различите могућности за задовољење будућих потреба. С обзиром на сложеност комплетне енергетике, ово истраживање се фокусира на будуће потребе у систему централизованог снабдевања топлотном енергијом и предлаже модел за избор оптималне опције за изградњу нових топлотних извора који би задовољили тражене потребе. Ове опције садрже различита постројења која користе различите изворе енергије и пореде се међусобно кроз сва три сценарија, према дефинисаним критеријумима. Скуп критеријума треба да обухвати финансијске, енергетске и еколошке факторе, а сваком од критеријума се додељује одговарајући тежински коефицијент који одговара његовом значају за доношење одлуке о избору и покретању инвестиције.

Метода ELECTRE која се користи у истраживању, успешно је коришћена за планирање и оцену регионалног енергетике региона, градова и острва, израду акционих планова, за израду енергетских стратегија, избор система грејања итд. [29,36,40,58,64] При томе су постављани бројни економски, политички, еколошки, социјални и други критеријуми као помоћ у доношењу одлука. Постоје десетине радова које се односе на употребу вишекритеријумских метода одлучивања у циљу планирања одрживог развоја енергетике. Неки аутори чак предлажу комбиновање метода одлучивања, а урађен је и водич за коришћење вишекритеријумских метода за одлучивање на пољу енергетике, водећи посебно рачуна о заштити животне средине.

Предложени модел разматра карактеристике било ког система за производњу топлотне енергије, али је њихова евалуација везана за специфичности развоја. Модел обухвата више критеријума за поређење и рангирање опција, али је поредак у складу са одабраним сценаријом економског и енергетског развоја. На овај начин, предложени модел својом комплексном и свеобухватном анализом опција за развој даљинског система грејања и избором оптималне опције пружа адекватну основу за одлучивање.

Дисертација има амбицију да понуђеним моделом, применљивим првенствено на градове, пружи допринос и предложи решења као правац у коме треба размишљати при планирању задовољења будућих енергетских потреба главног града Србије. Из тог разлога шесто поглавље, сагледава опште параметре и стање енергетике Београда, развијеност енергетских мрежа, снабдевање енергентима, стање енергетске ефикасности и потенцијале обновљивих извора енергије. На овај начин истраживање креће са применом постављеног модела на град Београд. Пример престонице Србије је веома погодан, готово идеалан избор за студију случаја. Стратешки положај Београда, стање енергетске ефикасности, недовољна диверсификација енергије, потреба за инвестицијама у циљу обезбеђења сигурности снабдевања, достигнути ниво економског развоја чине неопходним озбиљно стратешко планирање развоја енергетике и у том смислу израду модела за задовољење потреба за енергијом. Ово поглавље даје податке о актуелном стању и карактеристикама енергетског система, енергетској политици, потрошњи свих облика финалне енергије у базној 2010. години, као и збирни приказ потрошње финалне енергије у Београду, у складу са европским статистичким моделом EUROSTAT. Једна од главних карактеристика енергетског система Београда је да је око 50% домаћинстава прикључено на систем даљинског грејања. Ова чињеница чини оптимални развој система даљинског грејања у Београду једним од највиших приоритета развоја енергетике у свим сценаријима.

Шесто поглавље даје и пројекције потрошње финалне енергије у Београду, тј. свих енергената у свим секторима потрошње до 2030. године. Ове пројекције се разликују према реалном, оптимистичном и песимистичном сценарију.

Акцент у дисертацији је стављен на избор оптималне опције за задовољење нових захтева за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања до 2030.г. што је истовремено и период који се поклапа са Стратегијом развоја енергетике Београда [17] која је завршена 2008. године. Иако Стратегија предлаже различите и амбициозне мере за повећање енергетске ефикасности и смањење утицаја

енергетике на животну средину, она је урађена непосредно пре економске кризе и садржи прилично оптимистичне претпоставке економског развоја.

Дисертација разматра опције које садрже у себи традиционални концепт који се користи у даљинском грејању, али и комбинације различитих решења која до сада нису била заступљена. Ова решења третирају употребу нискотемпературних извора топлоте, као и изградњу когенеративних постројења која већ деценијама недостају Београду. Ово је уједно и тема седмог поглавља.

Након узимања у обзир свих карактеристика Београда, укључујући и податке о стању комплетне енергетике и потрошњи енергије у базној 2010.г, и прилагођавања постављеног универзалног модела граду Београду, истраживање има амбицију да дође до избора оптималне између неколико понуђених опција. С обзиром на могућност изградње СНР постројења, које би производило електричну енергију, ово истраживање нуди и опцију, која би у случају да се покаже као оправдана, представљала делимично решење и проблема сигурности снабдевања електричном енергијом у граду. Наравно, све понуђене опције треба да буду упоређене кроз различите дефинисане сценарије, тако да се очекује да у различитим могућим околностима и различита опција буде изабрана као оптимална.

Размотрена су 3 могућа сценарија развоја енергетике у Београду до 2030.г, реалан, оптимистичан и песимистичан (business as usual - BAU). Ови сценарији се одликују различитом потрошњом енергије, различитом доступношћу фондова за инвестирање у изградњу нових постројења, различитим ценама енергије, различитим нивоом примене мера енергетске ефикасности, смањења губитака енергије, супституције фосилних горива обновљивим изворима итд. У сваком случају, сваки разматрани сценарио идентификује потребу за даљи развој топлотних извора. Због тога се анализирају различите опције топлотних извора.

Применом модела који садржи дефинисане критеријуме, уз употребу одабране методе вишекритеријумског одлучивања ELECTRE, добијају се одабране

оптималне опције за сваки сценарио. На крају поглавља анализирају се добијени резултати истраживања. Дисертација идентификује значај и улогу нискотемпературних извора за одрживи развој енергетике градова. При томе, значај нискотемпературних извора се квантификује у односу на могућност њиховог учешћа у задовољењу топлотних потреба према различитим сценаријима развоја до 2030.г.

Предложени модел вишекритеријумског одлучивања који користи „bottom-up” принцип за разматрање и моделирање енергетског система у градовима садржи економске, енергетске, еколошке и социјалне критеријуме одрживости. Овакав метод планирања даје могућност интеграције различитих аспеката одрживог развоја, тако да одабрана опција представља оптимално решење које укључује широк спектар фактора у складу са њиховим значајем. С обзиром да модел генерише матрицу оцена различитих техничко-технолошких решења енергетског развоја за различите сценарије развоја, доносилац одлуке добија јасну слику о квалитету одабраног, али и осталих предложених решења.

2. ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ЕНЕРГЕТИКЕ У ГРАДОВИМА

Одрживи развој представља континуирани процес балансирања између животне средине, економске и социјалне димензије и њихова систематска побољшања. Енергија је кључна за одрживи развој ради задовољења потреба становништва и побољшања социјалног благостања, економског развоја и њеног утицаја на животну средину. Градска подручја, као центри потрошње енергије и емисије угљеника, пружају значајне могућности за унапређење одрживости заједнице и енергетског система.

Појам одрживог развоја је неодвојиви део енергетског планирања и означава такав развој енергетике који обезбеђује задовољење потреба људи, при чему не долази до угрожавања природе, природних ресурса, живог света и животне средине. Овакав глобалан приступ је уграђен у сваку стратегију везану за енергетско планирање у целом свету. Разлози за такав приступ леже у угрожености животне средине различитим антропогеним утицајима: повећаним емисијама угљендиоксида које доводе до израженијег ефекта стаклене баште и глобалног загревања, смањивања озонског омотача, киселих киша, изумирања одређених биљних и животињских врста, претварања плодног земљишта у пустиње, нестанка шума, итд.

Иако је јасно да појам одрживог развоја представља неку врсту баланса између трошења природних ресурса и обнављања природних система, не постоји јединствена дефиниција овог појма. Ипак, најчешће је коришћена дефиниција Светске комисије за животну средину и развој при Уједињеним нацијама из 1987.г. која гласи: «Одрживи развој је развој који задовољава потребе садашњице, не доводећи у питање способност будућих генерација да задовоље своје потребе».

Концепт одрживог развоја је најчешће подељен у три конститутивна дела:

- одрживост животне средине,
- економска одрживост и

- социјална одрживост.

У неким поделама постоји и четврти део који се односи на културну одрживост.

Сваки облик производње и потрошње енергије има мањи или већи, директни или индиректни, утицај на животну средину. Чињеница је да је утицај већи у случају употребе фосилних горива, како због већих емисија штетних материја при њиховом сагоревању, тако и због исцрпљивања њихових резерви. Са друге стране, обновљиви извори енергије такође имају, али у много мањој мери, утицај на животну средину. Тако, нпр. изградња ветрогенератора или употреба хидропотенцијала утичу на живи свет. Сагоревање биомасе доводи до емисије одређених количина штетних материја. Употреба геотермалне енергије помоћу топлотних пумпи захтева потрошњу електричне енергије која се добија из различитих извора енергије који такође у већини случајева емитују штетне материје. Ипак, по питању одрживости животне средине, употреба обновљивих извора свакако представља пожељнији избор.

Различитим степеном примене мера енергетске ефикасности такође се најдиректније утиче на одрживи развој. Сама чињеница да се смањењем потрошње енергије смањује потрошња енергената, негативан утицај на животну средину, али и трошкови за енергију, довољно јасно објашњава императив енергетске ефикасности у савременој енергетици.

При разматрању одрживог развоја са економског аспекта поставља се питање експлоатационих и инвестиционих трошкова. При томе, свакако да је употреба обновљивих извора пожељнија са становишта експлоатационих трошкова, али су инвестициони трошкови значајно виши, а у појединим случајевима се отвара и питање доступности технологије.

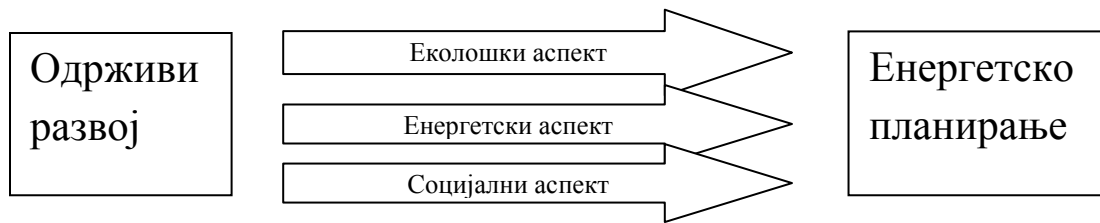
Многе локалне власти су развиле своје енергетске политике које обухватају повећање удела обновљивих извора, опорезивање емисије или трговину угљеником, коришћење отпада, тзв. зелене програме, повећање енергетске

ефикасности у зградама и саобраћају итд. Све ове политике имају за циљ смањење потрошње енергије и емисије штетних материја и гасова са ефектом стаклене баште, што су основни елементи одрживог развоја.

Промовисање одрживости енергетског система захтева системски приступ енергетици који подразумева знања из бројних области природних и друштвених наука. Због тога, енергетско планирање представља сложен процес који у доброј мери зависи и од локалних економских, политичких, климатских и друштвених специфичности. Планирање у области енергетике се може дефинисати као питање процене снабдевања и потражње за енергијом и покушаја да се избалансирају сада и у будућности. [27] Поступак енергетског планирања се састоји од постављања енергетских циљева и политике, прикупљања и вредновања информација, развијања алтернатива за будуће акције на основу оцене информација и предлагања оптималног енергетског плана.

Енергетски планови скицирају пут за токове енергије на нивоу држава или региона у оквиру дефинисаног временског оквира. Иако се поступак планирања разликује у зависности од економских, политичких, социјалних и еколошких локалних карактеристика, често се користи интегрални приступ који обухвата обезбеђивање енергената за задовољавање енергетских потреба и смањење потрошње енергије повећањем ефикасности.

Од када је одрживи развој постао глобални термин, енергија је постала кључни елемент за развој заједнице, везан за економију, животну средину и друштво. Адекватно и приступачно снабдевање енергијом игра важну улогу у економском развоју и транзицији ка модерним друштвима оријентисаним ка индустрији и услугама, ради побољшања стандарда становништва. Однос између енергије и заштите животне средине, социјалних, економских и институционалних принципа одрживог развоја је кључ енергетског планирања (Слика 1).



Слика 1. Концепт одрживог развоја

Одрживи развој се дефинише кроз различите аспекте. У енергетском инжењерству седам главних области за развој енергетике су енергетски ресурси и развој, процена ефикасности, технологије чистог ваздуха, информационе технологије, нови и обновљиви извори енергије, капацитет окружења и ублажавање опасности од нуклеарних електрана по околину [2] Одрживи развој енергетике захтева да се посебна пажња посвети развоју образовног система у циљу ширења знања о новим енергетским технологијама.

Употреба обновљивих извора енергије намеће се као оптимално решење и ослонац одрживог развоја. Стратешки приступ употреби различитих обновљивих извора енергије (ветар, Сунце, биомаса, таласи), у виду супституције фосилних горива и повећања ефикасности у производњи и потрошњи енергије је обавезан део планирања одрживог развоја. Постоје претпоставке које говоре у прилог томе да је у појединим система, као што је пример Данске [30-31], могуће у потпуности конвертовати енергетски систем у систем употребе обновљивих извора енергије, уз адекватан развој технологије. Главни стратешки планови зато морају укључити стратегије за интеграцију обновљивих извора у кохенертним енергетским системима, симултано са применом мера енергетске ефикасности. Практични примери примене обновљивих енергетских технологија који представљају потенцијална решења за климатске промене, угрожавање озонског омотача, проблем киселих киша и других еколошких проблема доказују блиску везу употребе обновљивих извора и одрживог развоја. [16]

Интересантно је истраживање две повезане тезе везане за улогу енергетике у економском развоју и потенцијално повећање ефикасности коришћења извора енергије уз смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште. Прва теза говори да, иако су смањене емисије гасова са ефектом стаклене баште суштински важне за дугорочну глобалну одрживост, политика увођења пореза на угљеник може бити релативно неефикасна под тренутним тржишним условима и имати негативан утицај на привредни раст. Друга теза је постојање краткорочне стратегије за смањење емисије гасова стаклене баште уз истовремено охрабривање технолошки погођеног економског раста. Ова стратегија не захтева радикално нове технологије већ побољшања електроенергетског сектора. [4]

Постоји велики број радова који анализирају применљивост различитих вишекритеријумских метода одлучивања за управљање одрживим развојем енергетике и као алат за одлучивање. [40] На примеру Јужне Кореје [65] предложене су и оцењене опције за одрживи енергетски микс са акцентом на супституцију производње електричне енергије на угаљ, при чему су императиви смањење емисија штетних гасова, енергетска сигурност итд. За разлику од примера Данске, у овој земљи није могуће постићи 100% употребе обновљивих извора енергије. Имајући у виду ово ограничење постављено је 7 сценарија: 1) наставак садашњег стања, 2) спровођење националног плана за електричну енергију, 3) употреба обновљиве енергије са фотонапонском технологијом и горивим ћелијама, 4) прављење резерви природног гаса, 5) комбиновање природног гаса и максималне употребе обновљивих извора, 6) максимална употреба нуклеарне енергије и 7) комбиновање нуклеарне енергије и природног гаса. Спроведена анализа је прилично неочекивано показала да ће сценарио са употребом нуклеарне енергије имати најмање, а примена горивих ћелија највише негативних утицаја. Иако ово представља супротан правац развоја енергетике од очекиваног и може се протумачити као лобирање за изградњу нуклеарних електрана, јасно указује да је одрживи развој енергетике комплексан проблем и да избор критеријума и ограничења која их прате кључно утиче на резултате коришћених метода. Одрживо енергетско планирање је примењено и на острво Крит [57] и обухвата

различите циљеве као одлучивање на основу анализе и управљање информацијама коју могу бити технолошке, економске, социјалне и еколошке.

Посебно је битно нагласити везу између развоја енергетике у градовима и одрживог развоја. По правилу, имајући у виду да се просечно 40% енергије троши у зградама, градови су места највеће потрошње енергије. Због тога, у њима се бележе и највећа загађења и остале врсте утицаја на животну средину. Са друге стране, велики градови представљају и највећи потенцијал за енергетску ефикасност. Самим тим, потреба за доношењем и спровођењем стратегија одрживог развоја у градовима се намеће као обавезна у савременом енергетском планирању.

Потрошња енергије у зградама на директан начин повезују енергију и енергетску ефикасност са аспектима одрживости везаним за економску повољност примењених технологија и социјалну прихватљивост коју дефинише комфо и квалитет живота њених становника. Учешће потрошње енергије у зградама је доминантно [37] имајући у виду чињеницу да се око 40% енергије троши у зградама на грејање, хлађење, климатизацију, осветљење и др. Због обима ове потрошње појачана је свест о потреби коришћења еколошки прихватљивих технологија грејања и хлађења. Поред тога, пожељно је смањити потрошњу енергије и тиме исцрпљивање резерви енергије чиме се смањује и загађење животне средине. Решење за све ове захтеве је пројектовање зграда са економичним коришћењем енергије за грејање, хлађење, вентилацију, санитарну топлу воду и осветљење, уз примену пасивних мера природне вентилације које би имале предност над климатизацијом и коришћење обновљивих извора енергије за потребе зграде ради смањења зависности од фосилних горива и емисије штетних материја.

Одрживи развој енергетике у Београду је већ разматран уз оцену 5 различитих сценарија развоја енергетике и уз помоћ метода вишекритеријумске анализе [24]. На основу предвиђања потреба за енергијом до 2020. године за 3 сектора потрошње, добијених уз помоћ симулационог модела, развијени су различити

сценарији одрживог развоја у овом периоду, при чему је за сваки сценарио одређен енергетски систем чији је циљ да задовољи предвиђене разлике у потрошњи енергије. Узимање у обзир економског, еколошког и социјалног аспекта обезбеђује оптималан избор у складу са императивом одрживог развоја у Београду. Избор и прорачун индикатора одрживог развоја у циљу утврђивања нивоа одрживог развоја је изражен кроз индекс одрживости стамбених објеката [8]. За одређивање одрживости различитих резиденцијалних објеката у Београду узимају се економски, еколошки и социјални аспекти, као и потрошња финалне енергије у објектима. Код различитих типова објеката и станова приоритет за обезбеђење одрживог развоја представљају различити аспекти. Интегрална оцена као Генерални индекс одрживости (GIS), који показује вредност, оправданост, одрживост и квалитет одговарајућег сценарија, процењује одрживост урбаних енергетских система на бази пројекција будућих потреба за енергијом по секторима потрошње, уз постављање различитих сценарија развоја енергетике и њихове оцене [24]. Оваква синтеза индикатора је релевантна за оцену одрживог развоја у градовима. Овакав приступ је коришћен да предвиди систем одрживог развоја енергетике у Београду. [23] На сличан начин се процењује одрживост енергетских система који користе гас, обновљиве изворе, као и комбинацију гаса и обновљивих извора за производњу санитарне топле воде на примеру Београда [25].

Наведена истраживања која третирају одрживи развој енергетике Београда углавном разматрају проблем у целини, па за истраживање и примену конкретних решења у случају Београда постоји значајан простор који треба попунити. Истраживање које је предмет тезе представља усмеравање тј. примену принципа одрживог развоја на конкретан проблем везан за планирање у централизованом систему снабдевања топлотном енергијом и могућност коришћења нискотемпературних извора за задовољење тих потреба.

Савремено планирање нових капацитета топлотне енергије је немогуће без уважавања захтева за заштитом животне средине и за рационалним управљањем свим токовима енергије. С обзиром на чињеницу да је централизовано снабдевање

топлотном енергијом у великој већини случајева одлика градова који представљају места највеће потрошње енергије и истовремено највећих императива за ефикасношћу, бављење овим конкретним питањем је само по себи бављење одрживим развојем градова и њихових енергетских система.

3. ПРИМЕНА “БОТТОМ-УП” ПРИСТУПА У МОДЕЛИРАЊУ ЕНЕРГЕТСКИХ ТОКОВА

У овом истраживању се примењује приступ „bottom-up”, тј. одоздо-нагоре. Овакав приступ почиње са ситним детаљима чијом интеграцијом се постепено долази до највишег нивоа. Ангажовањем и удруживањем више мањих делова система у целину се узрокује доношење заједничке одлуке. Практично, од улазних података који чине појединачне елементе формирају се већи подсистеми, а затим се од њих могу формирати комплексни системи највишег нивоа. Овакав приступ се често пореди са моделом семена где се од малих почетака долази растом до великог и комплексног резултата.

У случају планирања сценарија развоја енергетике креће се од потреба за енергијом у финалној потрошњи у различитим секторима и агрегатно се долази до неопходних количина енергије и енергената за њихово задовољење, а потом и до различитих сценарија енергетског развоја који их обезбеђују.

Основне предности оваквог приступа се огледају у високој покривености различитих делова система, могућности да се користи реализују у ранијим фазама, у већем утицају на организацију, високо квалитетан преглед и видљивост свих врста промена итд. Са друге стране, могуће су тешкоће у случају да нижи хијерархијски нивои треба да прихвате реформе које би биле наметнуте одозго. Због тога приступ одозго-нагоре омогућава више експериментисања и бољи осећај за оно што је потребно на нижим нивоима. Мане приступа су комплексност и трошење доста времена.

Одлуке донете коришћењем овог приступа припремају стручњаци у својим областима. У случају да они не могу да постигну компромис, проблем се премешта на следећи ниво који треба да донесе одлуку. На крају, одлуку може донети и највиша инстанца у систему, али несумњиво важну улогу имају стручњаци који се

баве одређеним конкретним проблемом, за разлику од другог приступа одозго-надоле где ниже инстанце само извршавају одлуке својих претпостављених.

У литератури постоји велики број радова и истраживања која користе овакав приступ. Овај модел је коришћен за процену побољшања енергетске ефикасности и смањења емисије CO₂ у кинеској индустрији гвожђа и челика [63] и при томе се препознаје велики број енергетски ефикасних технологија и мера које се могу применити. Осим тога, bottom-up модел је коришћен и за анализу употребе енергије у домаћинствима у земљама у развоју, описујући потребе за енергијом при крајњој употреби, а узимајући у обзир површину простора и степен-дане. Модел разликује урбана и рурална домаћинства, а примењен је на 5 светских региона у развоју: Кину, Индију, југоисточну Азију, Јужну Африку и Бразил. У овим земљама главне врсте крајње употребе енергије су кување, грејање, хлађење итд. Употреба горива се постепено помера ка модернијим горивима. Постављени модел је показао да климатска политика може смањити емисије, али и успорити супституцију традиционалних горива. [14]

Имајући у виду све наведене карактеристике, предности и мане приступа одоздо-нагоре, намеће се недвосмислен закључак да је он веома погодан за енергетско планирање у урбаним срединама које представљају сложен енергетски систем у коме се прожимају велике енергетске мреже, постоје велики број различитих извора енергије и значајни енергетски потенцијали.

Примена одабраног приступа у дисертацији подразумева сагледавање свих сегмената који се односе на одабрани енергетски систем, при чему се интеграцијом делова долази до заједничких глобалних енергетских потреба. Међутим, с обзиром да се ради о енергетском планирању у будућности, не може се са извесношћу предвидети различити општи и енергетски параметри који ће утицати на енергетске потребе. Због тога је потребно разрадити неколико основних сценарија који зависе од економског и политичког развоја што се рефлектује на енергетске токове.

Један од веома погодних алата за енергетско планирање уз помоћ различитих сценарија је LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) који је коришћен за разраду сценарија у овом истраживању. Његовом применом добијају се различите могућности пројектовања енергетских, економских, статистичких и осталих параметара на дужи временски период што омогућава испуњење захтеве савременог енергетског планирања у урбаним срединама.

4. НИСКОТЕМПЕРАТУРНИ ИЗВОРИ ТОПЛОТЕ

Када се говори о нискотемпературним изворима топлоте, на првом месту се мисли на воду, стене, земљу, ваздух и Сунце. Ови извори топлотне енергије, иако су ниже температуре од оне коју имају продукти сагоревања фосилних горива, треба да обезбеде довољну количину топлотне енергије, уз што мање трошкове и што мању потрошњу других облика енергије. Свакако највећи потенцијал представља геотермална енергија подземних вода и стена.

4.1. ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА

Геотермална енергија је топлота енергија акумулирана испод површине Земље. Настаје природним распадањем радиоактивних елемената (првенствено урана, торијума и калијума) у земљиној унутрашњости, због чега је, у суштини, фосилни облик енергије. Међутим, чешће се сврстава у обновљиве изворе, имајући у виду практично неисцрпне расположиве количине и потребе човечанства. Њен потенцијал је чини једним од најважнијих обновљивих извора енергије. Осим велике расположиве количине, топлоте, сталност температуре подземних вода чини је стабилним извором енергије.

Према средини у којој је акумулирана, геотермална енергија се дели на:

- хидрогеотермалну (у води),
- литогеотермалну (у чврстим стенским масама),
- магмотермалну (у магми) и
- пнеумотермалну (у топлим гасовима).

С обзиром да се најчешће користи хидрогеотермална енергија, даље се може говорити о њеној подели на хидрогеотермалну енергију:

- ниске енталпије – температура нижа од 100 °С,

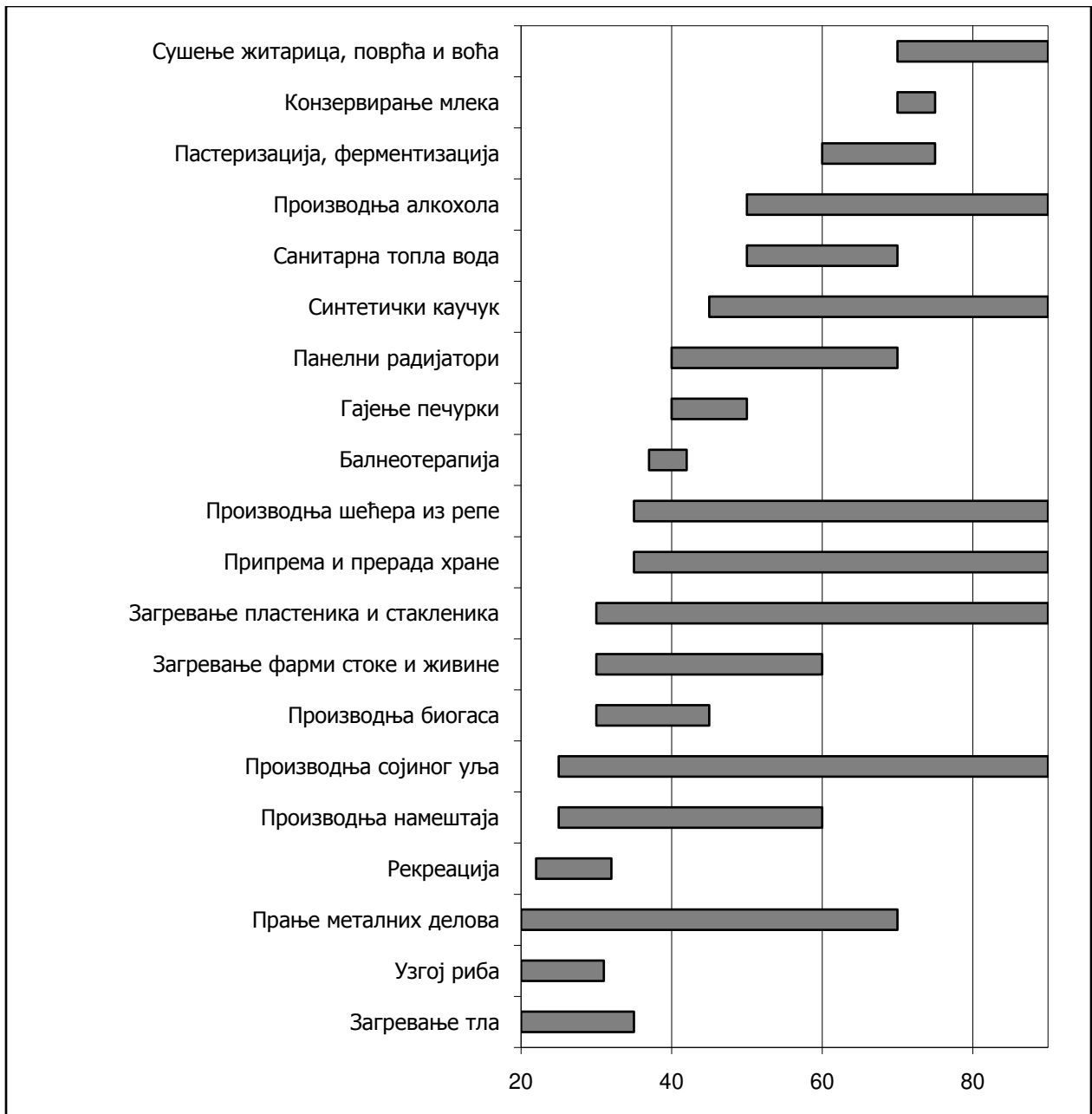
- ниске до средње енталпије – температура 100-150 °C,
- средње енталпије – температура 150-250 °C и
- високе енталпије – температура виша од 250 °C.

Хидрогеотермална енергија ниске енталпије се на основу температуре воде дели на геотермалну енергију у ужем смислу (30-100°C) и субгеотермалну енергију (до 30°C).

Геотермалне енергија се може користити за грејање стамбених и пословних објеката, пластеника, стакленика, за балнеолошке и рекреативне потребе, технолошке процесе, и за производњу електричне енергије. Ова врста енергије не може задовољити потребе високотемпературних процеса, али може да задовољи до 80% укупних топлотних потреба.

Најважније ограничење у коришћењу геотермалне енергије се односи на економску исплативост. За разлику трошкова коришћења већине других енергената и система грејања, у овом случају су експлоатациони трошкови знатно мањи од инвестиционих трошкова изградње бушотина, мреже и инсталација код потрошача.

Бројне су могућности примене геотермалне енергије, што приказује Линдалов дијаграм који третира задовољење топлотних потреба у распону од 20-200 °C (Слика 2). Овај дијаграм показује да је могуће користити сваки геотермални извор топлоте, за различиту намену. Највећа ефикасност, тј. искоришћење се постиже каскадним коришћењем.



Слика 2. Линдалов дијаграм [61]

4.1.1. Енергија земље

Земља акумулира топлотну енергију. У горњем слоју до дубине од 2 метра, енергија земље се регенерише услед апсорбције топлоте која долази до тла сунчевим зрацим (радијацијом), кишом, росом и преносом топлоте из околине. На дубини до 2 метра је температура прилично уједначена па у просеку износи 7-13

°C. [56] Способност акумулирања топлоте и њеног одвођења је већа уколико се земља садржи већу количину воде, минералних састојака а има мању порозност. Температура земље зависи од количине пренесене топлоте радијацијом, конвекцијом, кондукцијом, испаравањем, кондензацијом итд.

Основне предности земље као извора енергије су доступност, ефикасност у раду топлотних пумпи и релативно висока просечна средња годишња температура. Топлотни капацитет земље зависи од влажности и других климатских карактеристика. Постоји зона у земљи у којој се температура током године практично непроменљива неутрални температурни слој. Овакав сталан ниво температуре представља важан податак при пројектовању топлотне пумпе. Са повећањем дубине, од овог слоја, температура земље расте, тј. повећава се за 1 °C просечно на сваких 32 m. [56]

4.2. ЕНЕРГИЈА ВАЗДУХА

Ваздух се сврстава у нискотемпературне изворе топлоте. За добијање топлотне енергије најчешће се користи, ваздух из околине и отпадни ваздух. Енегија ваздуха из околине се најчешће користи за грејање топлотним пумпама. Погодност коришћења ваздуха се огледа у доступности. Са друге стране, температура ваздуха варира, па се њеним смањењем смањује и учинак топлотне пумпе. Генерално, учинак је мањи него при коришћењу воде као изора топоте, због великих температурских разлика, што утиче на повећање потребне енергије за функционисање система.

Отпадни ваздух из вентилације се користи као извор топлоте за топлотне пумпе у пословним и стамбеним зградама. Могуће је и комбиновано коришћење отпадног и околног ваздуха.

4.3. ЕНЕРГИЈА МОРА, РЕКА, ЈЕЗЕРА И ОТПАДНИХ ВОДА

Енергија мора се може користити као извор топлоте за топлотне пумпе веће снаге јер је на дубини од 25-50 метара температура воде константна, тј. износи око 5-8 °С. [56] Треба предвидети употребу опреме од нерђајућих елемената ради трајности опреме и заштите чистоће воде.

Ниске зимске температуре језера и река представљају отежавајућу околност јер могу довести до замрзавања испарача пумпе. Осим тога, исплативост коришћења језера као извора је могућа само ако се потрошачи налазе у близини језера. Ако се изузме зимски период, у осталим деловима године реке и језера могу бити сасвим солидни извори топлотне енергије.

Отпадне воде садрже значајну количину топлотне енергије. Коришћење ове топлоте индустријским топлотним пумпама омогућује знатне уштеде енергије. При задовољењу топлотних потреба стамбених и пословних објеката ограничење може представљати удаљеност из корисника.

4.4. СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА

Соларна енергија је представља енергију зрачења Сунца, које је и највећи извор енергије на Земљи. У језгру Сунца се одвија нуклеарна фузија, као у фузионом реактору. Током претварања водоника у хелијум се ослободи $3,86 \cdot 10^{20}$ MJ/s. Од Сунца се на Земљу годишње дозрачи око 25 пута више енергије од резерви свих фосилних горива. Сунце својим зрачењем загрева површину Земље, утиче на стварање ветра, обнављање таласа, морских струја, ствара климатске услове итд. Сва фосилна горива су облик енергије Сунца, која је акумулирана испод површине Земље у облику гаса, нафте и угља.

Соларна енергија је обновљиви извор енергије који се може користити за добијање топлотне, електричне, механичке и хемијске енергије. Бесплатан је и еколошки повољан извор енергије, који све више долази до изражаја због цена фосилних горива и њиховог утицаја на животну средину. Мана енергије Сунца је што није доступна у довољним количинама током целе године, па њено коришћење подразумева најчешће и коришћење неког другог извора енергије.

Сунчева енергија се најчешће користи за задовољење нискотемпературних потреба уз помоћ соларних колектора. На овај начин може се добити топла вода или ваздух који могу грејати топлу воду за домаћинства, базене итд. Соларни колектори се могу лако интегрисати у било који постојећи систем грејања. Соларна енергија се може користити и за хлађење.

Соларни системи за загревање воде у половини године од пролећа до јесени (у нашој климатској зони) могу у потпуности обезбедити потребе за потрошном топлом водом и грејањем када је то потребно. У Србији се ове потребе за топлом водом могу задовољити и у периоду од преко 8 месеци годишње. У хладнијим деловима године, топла вода се обезбеђује коришћењем алтернативних извора енергије. Генерално, у нашем на територији Србије, чак до 85% годишњих потреба за топлом водом у домаћинству се може обезбедити из ове врсте енергије или чак до 100% у комбинацији са геотермалном енергијом. Са друге стране, пасивне куће задовољавају 50-100% укупне потребне енергије, претежно из соларне енергије. [67,68]

4.5. НАЧИНИ КОРИШЋЕЊА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ

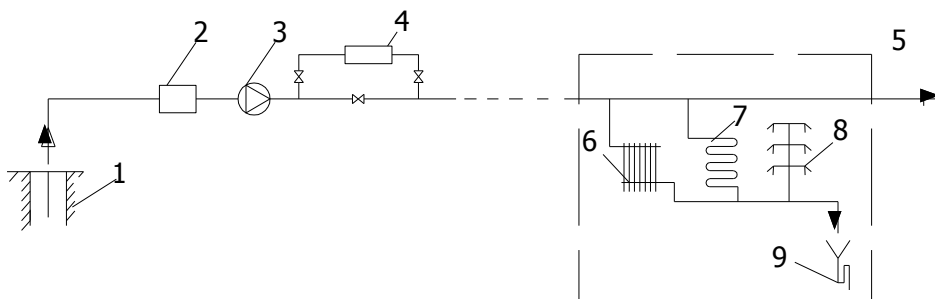
4.5.1. Коришћење геотермалне енергије

Постоје три основне шеме коришћења хидрогеотермалне енергије за грејање, директна, индиректна - са измењивачем топлоте и коришћењем топлотне пумпе. Директни систем је једноставнији и исплативији, али могућ само у случају када се

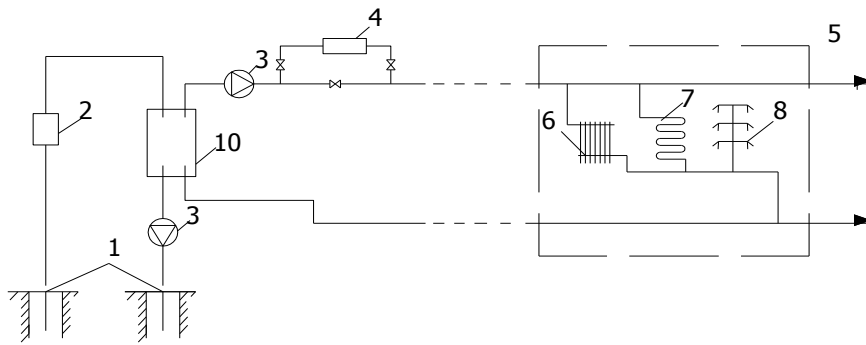
термална вода одликује повољним физичко-хемијским карактеристикама и високом температуром. Поред тога, употреба овог система је ограничена и раздаљином која не сме прећи неколико километара. На слици 3 представљена је шема директног коришћења термалних вода.

Имајући у виду да су ретки случајеви када су испуњени наведени услови за примену директног система, у пракси је много чешћа примена индиректног система, која је у тим случајевима једино могућа. Овакав начин примене приказан је на слици 4 и подразумева употребу измењивања топлоте. Ова варијанта захтева веће инвестиционе и експлоатационе трошкове, али реинјектира искоришћену термалну воду чиме се омогућава заштита животне средине.

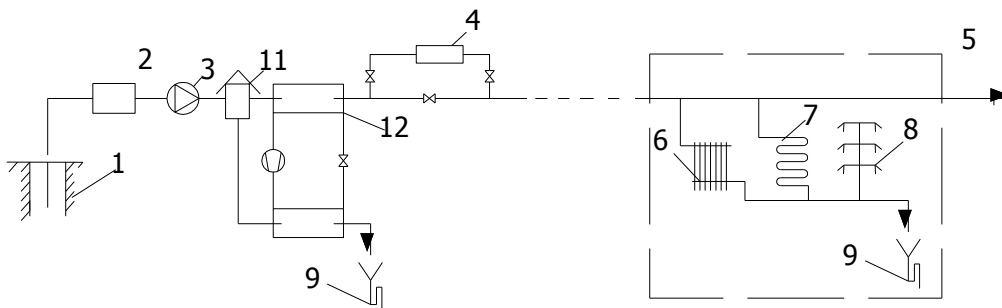
Највећу примену за обезбеђење топлотне енергије имају инсталације са топлотном пумпом чиме се омогућава коришћење геотермалне енергије ниже температуре. На слици 5 је приказана шема директног коришћења термалних вода са топлотном пумпом. Избор директног или индиректног система је условљен на првом месту температуром термалне воде и хемијским саставом, односно могућностима одстрањивања штетних примеса. Потребна количина топлоте за грејање неког објекта и температура извора дефинишу потребу за употребом топлотне пумпе и додатног извора топлоте.



Слика 3. Директна употреба термалних вода: 1 – геотермална бушотина; 2 – припрема термалне воде; 3 – пумпа; 4 – допунски топлотни извор; 5 – кућна инсталација; 6 – радијаторски систем грејања; 7 – панелни систем грејања; 8 – инсталација потрошне топле воде; 9 – канализација.



Слика 4. Индиректна употреба термалних вода: 1 – геотермална бушотина; 2 – припрема термалне воде; 3 – пумпа; 4 – допунски топлотни извор; 5 – кућна инсталација; 6 – радијаторски систем грејања; 7 – панелни систем грејања; 8 – инсталација потрошне топле воде; 10 – измењивач топлоте.



Слика 5. Директна употреба термалних вода са топлотном пумпом: 1 – геотермална бушотина; 2 – припрема термалне воде; 3 – пумпа; 4 – допунски топлотни извор; 5 – кућна инсталација; 6 – радијаторски систем грејања; 7 – панелни систем грејања; 8 – инсталација потрошне топле воде; 9 – канализација; 11 – акумулатор топлоте; 12 – топлотна пумпа.

Пошто допунски извор повећава трошкове, потребно је при пројектовању пронаћи оптимално решење.

Ради бољег искоришћења расположиве енергије и смањења потрошње термалне воде (у случају коришћења хидрогеотермалне енергије), грејна тела која се користе имају већу површину од класичних радијатора и са нижим температурним

режимом. У инсталацијама грејања се користи вода до температуре 40-50 °C, што одговара температури потрошне топле воде. Најчешћа је примена подног, зидног и плафонског грејања, њихових комбинација, као и fan coil-a.

У земљама где су развијене напредне технологије даљинског грејања (као нпр. Данска која се одликује највишим достигнућима у овој области), потрошачи се стимулишу да снижавају температуру повратне воде у инсталацијама да би се снижењем температурског режима омогућило коришћење нискотемпературних извора топлоте.

Осим за потребе грејања, геотермалана енергија се може користити у летњем периоду за потребе хлађења и климатизације. Топлотна пума се тада користи као расхладни уређај, променом тока радног флуида, док се током целе године може користити за припрему потрошне топле воде.

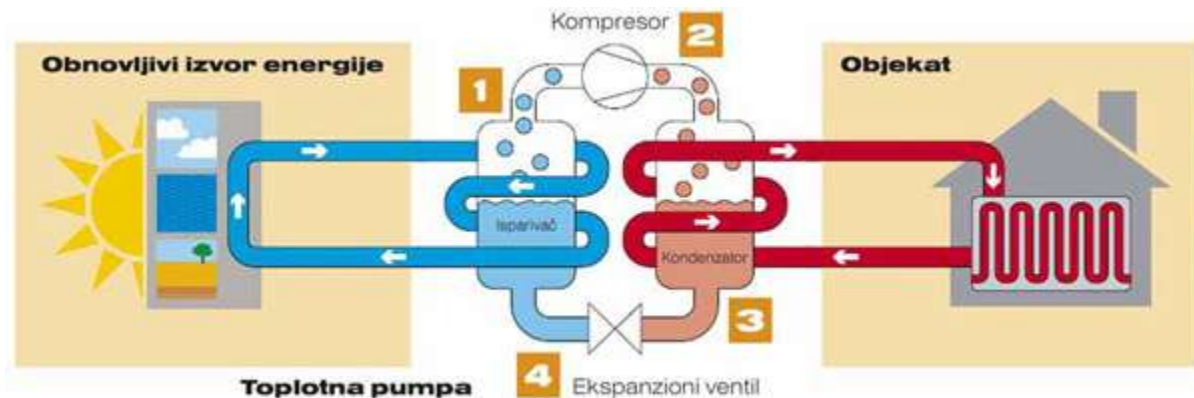
4.5.1.1. Принцип рада топлотних пумпи

Топлотне пумпе су термотехнички уређаји који омогућавају размену топлоте, односно одузимање топлоте од топлотног резервоара ниже температуре и предају је топлотном резервару више температуре. Енергија потребна да се пренесе топлота из једне средине у другу је неколико пута мања од пренете енергије. Зависно од средине из које се преузима топлотна енергија и средине у коју се она преноси, топлотне пумпе се могу поделити на топлотне пумпе вода-вода, ваздух-вода и земља-вода.

При коришћењу топлотних пумпи које користе ваздух постоји ограничење услед чињенице да је зими ваздух често хладнији од флуида у испаривачу. Топлотне пумпе које као извор топлоте користе подземне воде или земљу (изворе уједначене температуре) су поузданије са становишта задовољења топлотних потреба у што дужем временском интервалу.

Систем за грејање, који топлотну енергију обезбеђује топлотном пумпом, се састоји од извора топлотне енергије, топлотне пумпе и система за дистрибуирање и складиштење топлотне енергије.

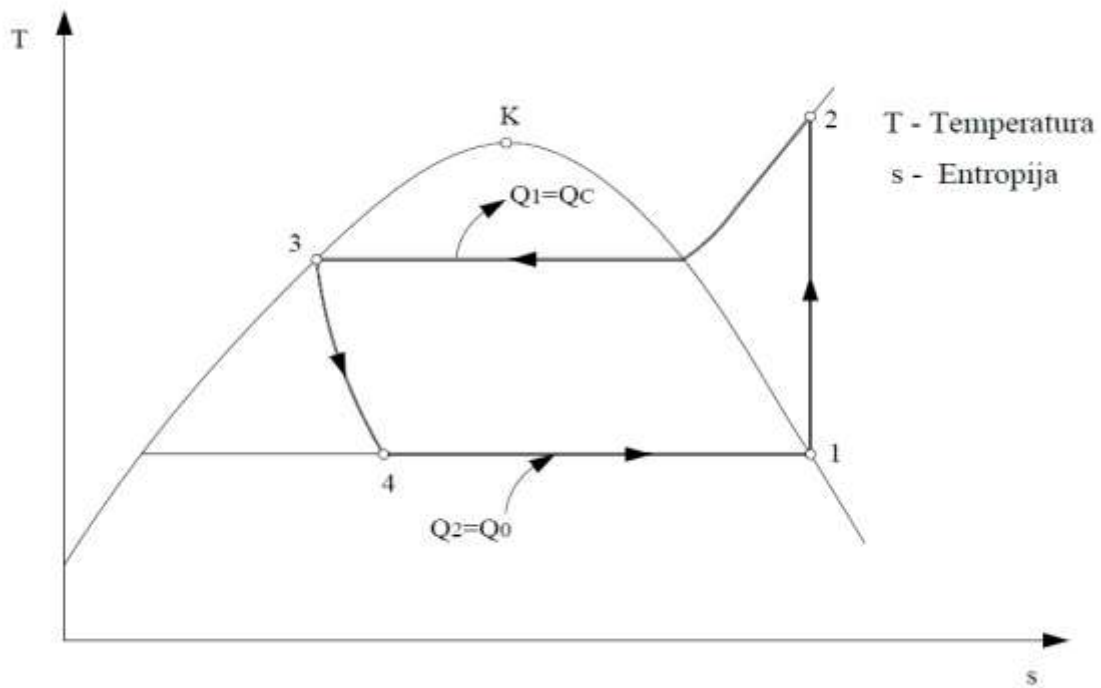
Топлотна пумпа ради по левокретном кружном циклусу и користи расхладни флуид као радни медијум (слика 6). Процес рада топлотне пумпе се може представити у четири корака. Најпре се у испаривачу радном медијуму доводи топлота подземне воде, ваздуха или земље, због чега се радни медијум загрева и прелази из течног у гасовито стање. У другом кораку, радни медијум се помоћу компресора компримује на виши притисак при чему расте и његова температура. У трећем кораку топлота у облику прегрејане паре, добијена компримовањем радног медијума одлази до кондензатора, где се радни медијум хлади и кондензује услед циркулације воде. Том приликом се предаје топлота другом флуиду, тј. у овом случају води из система за грејање, која се греје. У четвртном кораку радни медијум се декомпримује у експанзионом вентилу, услед наглог пада притиска. Одатле потхлађени радни медијум одлази у испаривач, где испарава услед довођења топлоте, одведене од подземне воде, ваздуха или земље. Тако почиње нови циклус.



Слика 6. Принцип рада топлотних пумпи

(Извор: <http://www.ukerc.ac.uk/support/CHP>)

Идеализовани термодинамички процес у компресорској пумпи је приказан на слици 7 у T-s дијаграму.



Слика 7. Идеални термодинамички процес у компресорској топлотној пумпи

Геотермални топлотни системи који користе топлотне пумпе могу бити отворени и затворени. Затворен систем се састоји од топлотне пумпе на површини терена и пластичних цеви испод површине које су повезане са топлотном пумпом. Рад овог система се заснива на непрекидној циркулацији течности (вода или антифриз) кроз пластичне цеви. Вода одређене температуре из топлотне пумпе кроз први крак цеви улази у земљу, струји и прима додатну топлотну енергију акумулирану у земљи. Вода повишене температуре кроз други крак цеви улази у топлотну пумпу, предаје додатну количину енергије, хлади се и одлази у први крак цеви, што значи нови почетак циклуса. Овај систем је реверзибилан, што значи да се у летњем периоду процес одвија у супротном смеру, тј. акумулирана топлота на површини терена се предаје земљи системом цеви. Полагање пластичних цеви у земљу може бити вертикално (на дубини од 50-250 m), хоризонтално (на дубини од 1-2 m), у виду хоризонталних намотаја и намотаја у оквиру површинске акумулације. [32]

Отворен систем се састоји од топлотне пумпе на површини терена и експлоатационог бунара. Подземна вода из бунара долази до топлотне пумпе где се врши размена топлоте, док се охлађена бунарска вода враћа под земљу кроз упојни бунар или се пушта да слободно отиче. Овде топлотна пумпа у режиму грејања на примарној страни хлади бунарску воду која је доведена до ње, док на секундарној страни греје воду у грејном систему објекта. Важно је напоменути да је за овакав процес грејања неопходно имати довољну количину воде из бунара и одговарајућу температуру бунарске воде.. Топлотне пумпе вода-вода које су везане за бунар могу се користити у реверзибилном режиму за хлађење у летњем периоду. Сталним развојем технологије топлотних пумпи, могуће је на излазу из пумпи добити и температуру од 60-65 °C. [32]

За погон топлотних пумпи се углавном користи електрична енергија, док се учинак топлотне пумпе изражава различитим коефицијентима, од којих је најчешћи коефицијент ефикасности - COP (Coefficient of performance) који представља однос добијене топлотне и ангазоване електричне енергије. То је коефицијент који изражава меру енергетске ефикасности топлотне пумпе.

Вредност COP највише зависи од карактеристика топлотне пумпе и расхладног флуида. С обзиром на то да учинак зависи од врсте топлотног извора и снаге пумпе, COP варира у току године. Вредност COP је код топлотних пумпи вода-вода највећа и најчешће се креће од 3 до 3,6, што значи да се за 1 kWh електричне енергије која се уложи, добије 3,6 kWh топлотне енергије. Постоји и сезонски COP који представља средњу вредност коефицијента ефикасности система топлотне пумпе током грејне сезоне.

Најбољи енергетски ефекат се постиже у комбинацији топлотне пумпе везане за бунар и подних или зидних панела који представљају секундарне инсталације, а иначе су веома погодни за примену нискотемпературних извора топлоте. Тако се може постићи значајна уштеда у односу на класично грејање, што омогућава повраћај инвестиције у року од неколико година.

Коефицијент ефикасности топлотне пумпе (COP) опада са повећањем излазне температуре воде на секундару, тј. у грејним инсталацијама, као и са смањењем излазне температуре бунарске воде на примарном делу. Са друге стране, COP расте са повећањем температуре воде из бунара и са повећањем издашности извора. Већа издашност бунара повећава и снагу потапајуће бунарске пумпе, што значи и већу потрошњу електричне енергије. Најбољи резултати се добијају применом топлотне пумпе са двостепеном компресијом, спољашњим међухлађењем и једностепеном експанзијом.

Примена топлотних пумпи је доживела експанзију последњих година, при чему је 2005. година била практично преломна за њихов развој у свету, од када су инсталирани капацитети вишеструко повећани. Највећи инсталирани капацитети се бележе у земљама са најразвијенијим економијама. На првом месту је Шведска, САД, Кина, Данска, Француска, Немачка, Финска, Канада итд. Током 2010.г. укупни инсталирани капацитет у земљама чланицама Европске уније је износио 12.611 MW. [32]

Овакав тренд је делимично испраћен и у Београду где је од 2010. до 2012. капацитет дуплиран, али је и даље удео топлотних пумпи у обезбеђењу топлотне енергије веома мали. [33]

4.5.2. Коришћење соларне енергије

Соларни енергетски систем за загревање воде у домаћинствима се састоји од колектора, соларног резервоара, бојлера, соларне станице и потрошача (туш, славина). Постоје различите врсте колектора, као нпр. незастакљен пластични апсорбер, колектор са равном плочом, ваздушни колектор, вакумски цевни колектор.

Соларни колектор се поставља на кров објекта где за време сунчаних сати апсорбује топлоту коју радни флуид (мешавина воде и антифриза, чист антифриз или течност развијена за коришћење у соларном колектору) уз помоћ пумпе, која се укључује када температура пређе задату вредност, преноси и складишти у великом акумулационом соларном бојлеру. Загрејан радни флуид циркулише кроз цевну инсталацију у размењивачки цевни сноп соларног бојлера и при томе предаје топлоту систему за грејање и потрошну топлу воду, за грејање базена и др. С обзиром да сунчево зрачење готово никад не може задовољити све топлотне потребе објекта, соларни систем се може користити у комбинацији са котлом на гас, електричну енергију, чврсто или течено гориво.

4.5.3. Хибридни соларни системи

С обзиром да соларна енергија на територији Републике Србије углавном не може да задовољи топлотне потребе у току целе године, могуће је комбиновање соларних система са другим изворима.

Комбиновање соларних колектора и топлотне пумпе обезбеђује оптималну количину енергије, при чему је могуће уградити и додатне електричне грејаче или котао као додатне изворе енергије.

5. ИЗБОР ОПТИМАЛНЕ ОПЦИЈЕ ЗА ИНСТАЛИРАЊЕ КАПАЦИТЕТА ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ПОТРЕБА ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА

При енергетском планирању потребно је сагледати и предложити различите опције како би се међу њима изабрала оптимална. Избором најповољније опције уз коришћење више различитих и међусобно независних критеријума отклања се сумња у исправност избора.

Када се говори о енергетском планирању, оно се може односити на доношење енергетских стратегија, акционих планова, одлука о конкретним инвестицијама за задовољење неке енергетске потребе итд. У суштини, најчешће се ради о изградњи нових капацитета и коришћењу нових енергетских извора. При томе, савремено енергетско планирање захтева примену савремених технологија и што већу употребу обновљивих извора енергије.

Примена нискотемпературних извора енергије представља поуздан показатељ одговорног планирања и рационалног коришћења расположивих ресурса одређеног енергетског система. Због тога употреба ових извора представља неизоставни део савременог енергетског планирања. С обзиром да дисертација предлаже модел за задовољење нових потреба за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања, употреба нискотемпературних извора за задовољење ових потреба представља део савременог концепта планирања енергетског развоја у урбаним срединама.

5.1. ДЕФИНИСАЊЕ КРИТЕРИЈУМА У ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКИМ АНАЛИЗАМА

Вишекритеријумска анализа је примењена на бројним примерима у области енергетике при избору оптималне опције за решавање одређеног проблема или доношење планова развоја и др. Самим тим, у литератури су заступљени различити модели, односно критеријуми помоћу којих се врши поређење предложених опција.

У циљу доношења одлука за одржив развој енергетике најчешће су постављени технички, економски, еколошки и социјални критеријуми. [3,74] Инвестициони трошкови и емисија CO₂ представљају два најважнија критеријума. Ту су још и експлоатациони трошкови горива и одржавања, емисије штетних материја, период отплате инвестиције, радни век, поузданост, сигурност, упошљавање радне снаге, социјална прихватљивост и бенефити итд.

Бројни су примери доношења енергетских стратегија, акционих планова и одлука коришћењем вишекритеријумске анализе на различитим нивоима – од нивоа града, региона (посебно изолованих енергетских система каква су острва), па до нивоа држава и шире. За коришћење различитих облика обновљивих извора енергије, дефинисани су енергетски, еколошки и економски критеријуми [54]. Енергетски подкритеријуми су стабилност цена и производње енергије, сигурност снабдевања енергијом и висина цена енергије, а еколошки емисија штетних материја, одрживост животне средине и обим заузимања земљишта. Економски подкритеријуми су локални развој економије, техничка зрелост, величина тржишта, потенцијал за комерцијализацију и разумност инвестиционих трошкова. Акциони план за ширење технологија обновљивих извора на регионалном нивоу [5] је оцењен кроз три сценарија који представљају повезан скуп акција. Овде постоје три групе критеријума: 1. Технолошки (уштеда примарне енергије и њен трошак, техничка зрелост, поузданост, усклађеност захтева за инсталирањем и одржавањем са локалним нивоом знања, континуитет и предвидљивост извршења); 2. Енергетски и еколошки (одрживост везана за емисије штетних материја и остале

утицаје на животну средину, захтеви за земљиштем); 3. Социјални и економски критеријуми (зрелост тржишта, компатибилност са политичким, законским и административним стањем). За одрживо енергетско планирање помоћу примене различитих обновљивих извора енергије се могу применити и економски, технички, социјални и еколошки критеријуми помоћу којих се пореде понуђене алтернативе [57]. Постављени критеријуми у овом случају су: трошкови (инвестициони, оперативни и за одржавање), уштеда горива и смањење емисије штетних материја употребом обновљивих извора, зрелост технологије, сигурност снабдевања, допринос локалном развоју и добробити и социјална прихватљивост. За рангирање различитих шема субвенционисања промоције PV (фотонапонских) технологија може се поставити пет критеријума на које су примењене поменуте методе вишекритеријумског одлучивања [58]. Ови критеријуми су зрелост технологије, почетни инвестициони трошкови, ефикасност, локални потенцијали за примену технологије и прихватљивост од стране становника. Сценарији за задовољење потреба за електричном енергијом представљају и различите погледе на производњу електричне енергије [15]. Економски критеријуми који се првенствено односе на трошкове, технички на доступност енергије и сигурност снабдевања и еколошки на емисију штетних материја представљају основ за одабир оптималне опције.

За ово истраживање интересантан је осврт на примену вишекритеријумске анализе у системима грејања у градским подручјима. Употреба расположивих извора енергије у даљинском грејању у Ванкуверу, као што су природни гас, пелети, отпадна топлота и геотермалана енергија се оцењује и рангира на основу више критеријума и гледишта различитих заинтересованих страна [13]. Постављени критеријуми обухватају трошкове као економски фактор, емисију гасова са ефектом стаклене баште и осталих штетних материја што представља еколошке факторе, зрелост технологије, оптерећења саобраћаја и локалне изворе. За избор система ваздушног грејања у индустријским зградама коришћено је 9 критеријума: поузданост, време за поправку, време потребно за инсталирање и почетак рада система, флексибилност извора и система, економска неизвесност, комфор,

оперативни и капитални трошкови. Најважнији критеријум за индустрију су инвестициони трошкови, док су за стамбене објекте то експлоатациони трошкови и квалитативне особине [72]. Помоћу критеријума који обухватају емисију штетних материја, сигурност снабдевања, трошкове енергије и радна места оцењују се мере и сценарији који се односе на грејање у зградама или домаћу потрошњу електричне енергије у ирским градовима. [6]

Оцена инструмената политике ублажавања климатских промена садржи сет еколошких, политичких критеријума, као и критеријума који се односе на изводљивост примене. који третирају финансијску и административну изводљивост и капацитет за примену. Еколошки критеријуми се деле на директно смањење емисије штетних материја и индиректне еколошке ефекте. Добијени закључци варирају од земље до земље Европске уније где је анализа примењивана [28].

Истраживања која се баве одрживим развојем енергетских система на територији Београда разматрају употребу гаса, обновљивих извора или њихову комбинацију за производњу санитарне топле воде [24,25], као и употребу различитих облика енергије у стамбеном сектору [8]. Ова истраживања садрже економске, социјалне и еколошке индикаторе, тј. критеријуме, при чему сви они имају своје подкритеријуме, зависне од конкретног проблема. Економски индикатори су трошкови енергије, висина инвестиције, ефикасност постројења, као и интензитет енергетских активности. Социјални индикатори се односе на употребу енергије по домаћинству, удео трошкова за енергију у приходима домаћинства и број радних сати и повреда по произведеној енергији. Еколошки индикатори су емисије штетних материја. У обзир су узети објекти грађени у различитим периодима и грејани различитим енергентима.

Имајући у виду постављене критеријуме у наведеним радовима, изводи се закључак да је за доношење одлуке везане за енергетско планирање потребно сагледати проблем са техничког (енергетског), економског и еколошког аспекта, при чему неки аутори укључују и социјални аспект. Енергетски критеријуми су

најпре сигурност снабдевања, уштеде горива, зрелост технологије итд, док се економски на првом месту односе на различите трошкове, а еколошки на емисије штетних материја и у неким истраживањима на заузимање земљишта.

5.2. ДЕФИНИСАЊЕ КРИТЕРИЈУМА ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ПОТРЕБА ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА

Инвестиције у изградњу нових постројења су често веома велике. Одлука о томе мора бити добро одмерена и донета на бази чињеница и квалитетне процене. Због тога је неопходно креирати одговарајући модел за оцену различитих опција који узима у обзир све релевантне критеријуме и интегрише их у јединствену целину. Пошто немају сви критеријуми једнаку важност, сваки од њих добија свој тежински коефицијент у складу са својим значајем.

После формирања модела, коришћење неке од метода вишекритеријумске анализе доводи до поузданог избора оптималне опције. У дисертацији је изабрана метода ELECTRE. Ова метода се у својим различитим облицима већ деценијама примењује као помоћ у одлучивању у различитим областима, а честа је и њена примена управо у енергетици.

Постављени метод вишекритеријумске анализе не разматра одлуке само из перспективе инвеститора, То значи да профитабилност јесте круцијална, али уз задовољење интереса шире заједнице која вреднује и потребу за сигурношћу снабдевања, употребу обновљивих извора енергије и еколошки аспект предложених опција.

Ради поређења различитих опција које се односе на изградњу нових енергетских постројења, свеобухватан приступ овом истраживању подразумева укључивање осам критеријума који ће бити елаборирани. Слично цитираним радовима, у овом

случају постоје финансијски критеријуми који третирају различите врсте трошкова, еколошки који се односе на емисију штетних материја и енергетски који се односе на сигурност снабдевања енергијом и употребу обновљивих извора енергије.

На првом месту су финансијски критеријуми који имају највећи утицај на одлуку о покретању инвестиције. Пракса у великим градовима показује да трошкови горива и одржавања имају знатно већи утицај на профитабилност постројења него инвестициони трошкови. Ниски експлоатациони трошкови могу допринети отплати релативно скупе инвестиције за неколико година. С обзиром на пројектовани радни век постројења од 25 до 40 година, из перспективе градске владе или власника постројења, годишњи експлоатациони трошкови су кључни за одлучивање. Тако, постоје два финансијска критеријума:

1. Инвестициони трошкови су један од кључних критеријума за инвеститора. Инвестициони трошкови изградње нових капацитета у централизованом систему снабдевања топлотном енергијом се састоје од неколико компоненти:
 - трошкови топлотних извора,
 - трошкови дистрибутивне мреже,
 - трошкови прикључка – укључују прикључење, монтажу топлотне подстанице са размењивачем топлоте, трошкове пројектовања, техничке документације, дозвола и сагласности,
 - трошкови кућних грејних инсталација у објекту, са уградњом – укључење ових трошкова потврђује да се посматра комплетна инвестиција, а не само део који занима инвеститора изградње постројења.

2. Експлоатациони трошкови су најважнији критеријум са највећим тежинским коефицијентом јер трошкови рада постројења за време његовог радног века имају доминантан утицај на избор оптималне опције. Овај критеријум је важнији од инвестиционих трошкова јер

велики инвестициони трошкови могу бити отплаћени после неколико година, пре или касније, ако су експлоатациони трошкови повољни. У супротном, високи експлоатациони трошкови не могу бити компензовани нижом инвестицијом. У овом случају, експлоатациони трошкови се састоје од:

- трошкова одржавања – укључују трошкове радне снаге, трошкове амортизације, трошкове воде, електричне енергије итд. и обично се процењују по 1 kW инсталисаног капацитета годишње,
- трошкова горива – они су доминантан део експлоатационих трошкова; осим тога, њихов значај лежи у чињеници да замена горива у потпуности мења висину експлоатационих трошкова који имају главни утицај на профитабилност постројења.

Свеукупни утицај еколошких критеријума на одлуку је врло значајан. Свакако да у густо насељеним урбаним подручјима значај ових критеријума може бити и доминантан уколико се инсистира на елиминацији еколошки најнеповољнијих фосилних горива (угаљ, мазут и сл.). Временом, значај еколошких критеријума расте. Они на првом месту укључују емисије штетних материја које се најчешће срећу у енергетским постројењима, као и емисију гасова са ефектом стаклене баште - CO₂:

3. Емисија угљен-диоксида - CO₂ – ако не постоји специфичан податак за одговарајуће постројење, онда се емисија CO₂ по јединици енергије процењује на основу стандарда; узимајући у обзир количину потребне енергије, можемо добити количину емитованог CO₂; значај овог критеријума је већи од значаја осталих еколошких критеријума.
4. Емисија азотних оксида - NO_x – постоји огромна разлика у емисијама штетних материја између постројења која примењују мере за смањење емисија ових материја и оних који то не раде; примена модерних технологија може готово у потпуности елиминисати емисије NO_x.

5. Емисије сумпор-диоксида - SO₂ – у зависности од горива, постоји велика разлика у емисијама SO₂; нпр. природни гас не садржи сумпор, па нема ни емисија SO₂.
6. Емисија прашкастих материја – постоји такође велика разлика у емисијама зависно од коришћеног погонског горива; за природни гас она је веома мала, па практично може бити игнорисана.

Последња два критеријума се односе на одрживост постројења која је директно зависна од доступности енергије. То су:

7. Сигурност снабдевања енергијом – она не може бити израчуната, али може бити процењена помоћу оцена од 0 до 10 на основу доступности и расположивости ресурса, нпр. горива, искуства са ранијим кризама у снабдевању и предвиђања трендова у радном веку постројења. На пример, у случају увоза енергента, оцена за сигурност снабдевања треба да буде мања него у случају примене домаћег енергента. Ова чињеница је заснована на искуству са кризом у снабдевању гасом насталом услед међународних неспоразума. Са друге стране, изградња складишта гаса и пратеће инфраструктуре може повећати и сигурност снабдевања увозним енергентима. Када се користе обновљиви извори, поготово у случају коришћења на локацији извора, сигурност снабдевања је велика јер нема трошења резерви или проблема са увозом горива. Једини негативан утицај на сигурност снабдевања може бити хаварија или квар у постројењу или ако обновљиви извор није увек доступан, као што је случај са соларном енергијом или ветром. Употребом когенеративног постројења, ризик везан за профитабилност има негативан утицај на сигурност снабдевања. Тај утицај се може појавити у случају неповољног односа цена горива и продајне цене електричне енергије. Ако је разматрана опција комбинација различитих извора енергије,

просечна оцена узима у обзир удео сваког горива у укупном капацитету за разматрану опцију.

8. Коришћење обновљивих извора енергије – коришћење обновљивих извора енергије се такође оцењује оценама од 0 до 10 које су овде експлицитне, јер удео обновљивих извора у производњи енергије може бити изражен директно користећи бројеве. Ако нека опција садржи комбинацију различитих извора енергије, укупан резултат се добија када се удео обновљивих извора представи користећи скалу од 0 до 10. У случају да мора да се користи неки други облик енергије, као нпр. електрична и геотермална енергија за добијање топлотне енергије употребом топлотних пумпи, удео обновљивих извора у утрошеној електричној енергији мора бити израчунат.

После формирања осам критеријума, неопходно је одредити њихове тежинске коефицијенте, ради дефинисања значаја сваког од њих. Доминантан утицај на доношење одлуке имају финансијски, нарочито експлоатациони трошкови. Значајан утицај има и група еколошких критеријума, али у последње време сигурност снабдевања и употреба обновљивих извора све више добијају на значају.

5.3. ПРИМЕНА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ МЕТОДЕ ОДЛУЧИВАЊА ELECTRE НА ПОСТАВЉЕНИ МОДЕЛ

Модел анализира све предложене опције за сваки сценарио и критеријум ради добијања квалитетног резултата, тј. избора оптималне опције за реалан, оптимистичан и песимистичан (BAU) сценарио. Као алат за доношење одлуке потребно је користити неку од метода вишекритеријумског одлучивања, при чему су најпознатије:

- метода ELECTRE,
- метода PROMETHEE,

- метода аналитичко хијерархијских процеса (АНП),
- метода TOPSIS,
- метода вишекритеријумског компромисног рангирања (VIKOR) и
- квалитативни модел избора новог производа (KM).

Најбољи резултати и искуства бележи примена метода ELECTRE и PROMETHEE. Ове две методе су сличне по прецизности добијених резултата, али је метода ELECTRE одабрана као нешто практичнија и једноставнија за примену у конкретном случају.

Метода ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalite) је уствари скуп метода усмерених на решавање проблема одлучивања, где се евалуација алтернативних одлука врши компарацијом релевантних атрибута који карактеришу те одлуке. Од 60-тих година 20. века до данас развијено је неколико верзија ове методе. Првобитни алгоритам садржан у верзији методе ELECTRE I је саставни део свих каснијих верзија, при чему се разлике између верзија огледају у степену којим се уређује скуп алтернатива, затим у природи информација које се користе, начину сагледавања критеријума и њихове важности, као и у увођењу неких нових параметара. Касније верзије су настајале касније када се јавила потреба за решавањем конкретних питања при градњи метроа, аутопутева или за потребе маркетинга.

Ово је једна од најчешће примењиваних метода тзв. вишег ранга која је широко применљива и са великим практичним значајем. Њена применљивост је посебно изражена када постоји више често конфликтних критеријума и када није могуће одредити стриктну математичку доминацију једне алтернативе над другом. У тим ситуацијама се јавља потреба за увођењем веза вишег реда, односно за дефинисањем критеријума за механичко додељивање ранга.

Примена ове методе пружа могућност доносиоцу одлуке да сам вреднује тежине критеријума. Она упоређује акције у паровима и тражи степен сагласности између

тежина преференција и упарених веза доминације између појединих акција. Затим се испитује степен несагласности који представља разлику у оценама тежина појединих акција. Због тога се ова метода понекад зове и анализом сагласности.

Код рангирања суштина је добити поредак алтернатива од најбоље према најлошијој. Поступак примене методе је итеративан и састоји се од 9 корака. Почетна матрица одлучивања (O) се састоји од атрибута x_{ij} који зависе од j -тог критеријума и i -те алтернативе. Ради преласка на конкретне кораке потребно је извршити квантификацију квалитативних атрибута матрице. [9,73]

У **првом кораку** се израчунава нормализована матрица одлучивања (N). Векторском нормализацијом се врши уједначавање вредности атрибута, тако што се сваки атрибут подели својом нормом, тј. квадратним кореном збира квадрата по свакој колони (критеријуму) матрице одлучивања:

$$norma a_j = \sqrt{\sum_{r=1}^m x_{rj}^2}$$

где је x_{ij} вредност j -тог атрибута по i -тој алтернативи.

Након тога се рачунају нормализовани елементи матрице одлучивања тако што се сваки елемент вектора критеријума подели нормом тог критеријума (вектора):

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$$

То је практично линеаризација, односно свођење вредности атрибута на интервал (0,1). Након векторске нормализације сви елементи се представљају у нормализованој матрици одлучивања.

У **другом кораку** се израчунава тежинска нормализована матрица одлучивања (TN). Овим кораком се дефинишу преференце, тј. тежине према критеријумима након чега се израчунава тежински нормализована матрица одлучивања. Збир елемената вектора (матрице) изабраних тежинских коефицијената (Т) је једнак 1. На основу матрице тежинских коефицијената (Т) и нормализоване матрице одлучивања (N), тежинска нормализована матрица одлучивања (TN) се израчунава њиховим множењем $TN=N*T$.

У **трећем кораку** се одређују скупови сагласности (S) и несагласности (NS). Овај корак упоређује парове акција. Прво се формира скуп сагласности за 2 акције који се састоји од свих критеријума за које је једна акција пожељнија од друге. За критеријум типа максимизације важи:

$$S_{pr} = (j|x_{pj} \geq x_{rj})$$

док је за критеријум типа минимизације супротан знак (\leq). Онда се формира комплементаран скуп, тј. скуп несагласности, који за критеријум типа максимизације има следећи изглед:

$$NS_{pr} = (j|x_{pj} < x_{rj})$$

Док је за критеријум типа минимизације супротан знак ($>$). Овакав скуп несагласности је комплементаран скупу сагласности, тј. $NS_{pr} = J - S_{pr}$.

У **четвртном кораку** се одређује матрица сагласности (MS) на основу скупа сагласности чија се вредност рачуна као сума преференција (тежинских коефицијената) које одговарају припадајућим елементима скупова сагласности:

$$MS_{pr} = \sum_{j \in S_{pr}} t_j.$$

У **петом кораку** се формира матрица несагласности (MNS) тако што се израчунава индекс несагласности и попуњава у матрицу несагласности. За израчунавање индекса несагласности се користи релација:

$$MNS_{pr} = \frac{\max |tn_{pj} - tn_{rj}| \text{ за } j \in NS_{pr}}{\max |tn_{pj} - tn_{rj}| \text{ за } j \in J}$$

У **шестом кораку** се одређује матрица сагласне доминације (MSD) која се попуњава тако што се прво израчуна вредност прага индекса сагласности (PIS), а затим се формира матрица MSD на основу критеријума:

$$msd_{pr} = 1 \text{ за } MS_{pr} \geq PIS$$

$$msd_{pr} = 0 \text{ за } MS_{pr} < PIS.$$

У **седмом кораку** се израчунава матрица несагласне доминације (MNSD) аналогно са матрицом сагласне доминације. Прво се израчунава просечан индекс несагласности (PINS), па се матрица MNSD формира на основу критеријума:

$$MNSD_{pr} = 1 \text{ за } MNS_{pr} \leq PINS$$

$$MNSD_{pr} = 0 \text{ за } MNS_{pr} > PINS.$$

У **осмом кораку** се добија матрица агрегатне доминације (MAD) производом елемената на истим позицијама у матрицама MSD и MNSD, тј:

$$MAD_{pr} = MSD_{pr} * MNSD_{pr}.$$

Деветим кораком се елиминишу мање пожељне акције. Њиме се успоставља однос доминације једне акције (алтернативе) над другом тако што је акција са највише доминација најбоља и најприхватљивија за реализацију. Након

спроведених свих девет корака доносилац одлуке добија јасну слику којим редоследом треба да предузима одређене акције.

Код примене методе ELECTRE вредности за различите опције се пореде у истим јединицама унутар једног критеријума. У конкретном случају на који се односи истраживање ове јединице могу бити у опсегу од 0 до 10, а могу бити и представљени и у својим јединицама као трошкови за финансијске критеријуме или као количине емитованих штетних материја за еколошке критеријуме. Важно је напоменути да су веће вредности пожељне код неких критеријума, док су код других критеријума пожељније ниже вредности.

6. ПЛАНИРАЊЕ ОДРЖИВОГ ЕНЕРГЕТСКОГ РАЗВОЈА ГРАДА – ПРИМЕР БЕОГРАДА

Београд је, као главни град у Србији, али и највећи град у региону Западног Балкана, доминантан центар према економском и политичком значају, али и, логично, према потрошњи енергије. Подаци везани за енергетске, али и за економске параметре, потврђују изузетан значај и снагу Београда као ресурса и конзума у исто време.

Ради прецизности података, као територија Србије узима се њена територија без АП Косово и Метохија, јер је то територија под међународним протекторатом на којој се тренутно не спроводе закони Републике Србије и са које Влада Србије не може користити ресурсе ни обезбедити многе податке. Имајући у виду ову претпоставку, учешће српске престонице у укупном броју становника остатка Србије износи око 21%. Међутим, њено учешће у укупној радној снази је око 30%, а у бруто друштвеном производу чак око 40%. Број становника Београда у 2010.г. је износио 1.639.120, док је бруто национални доходак био 728.000 динара. [41]

У потрошњи финалне енергије у Србији, учешће Београда износи око 30%, а у производњи електричне енергије чак до 50%, имајући у виду да се највеће термоелектране у земљи ТЕНТ А и ТЕНТ Б, као и Рударски басен Колубара, налазе на територији главног града.

6.1. ЕНЕРГЕТСКА ИНФРАСТРУКТУРА

6.1.1. Систем даљинског грејања

Имајући у виду да се тежиште ове тезе односи на даљинско грејање, логично је и да се највећа пажња посвети стању система даљинског грејања у Београду. Систем

даљинског грејања у Београду представља, уз онај у Софији, највећи систем на Балкану. Имајући у виду само ову чињеницу, јасно је да се ради о изузетно озбиљном и сложенем енергетском субјекту, који захтева одговорно управљање и планирање. То потврђују и бројне чињенице и подаци који се односе на параметре везане за производњу енергије, дистрибуцију и потрошаче. До сада се производња и дистрибуција топлотне енергије одвија кроз Јавно комунално предузеће Београдске електране.

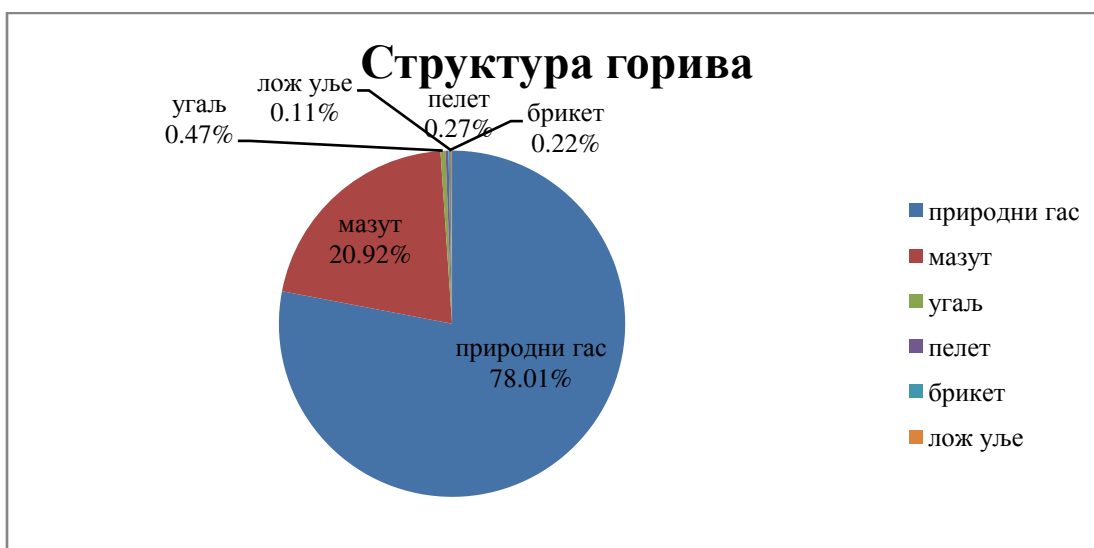
Као референтна година, као и за комплетно истраживање, узета је 2010. година. Подаци из те године говоре да ЈКП Београдске електране снабдевају топлотном енергијом стамбени простор укупне површине 16.347.991 м², као и пословни простор укупног инсталисаног капацитета 685.744 KW, што преведено у условну површину простора износи 4.285.900 м². Укупни активни конзум за стамбени и пословни простор је у 2010. износио 20.633.891 м² (условних). У тренутку писања овог рада укупна површина простора која се греје помоћу система даљинског грејања у Београду је прешла 21.000.000 м², док је број прикључених стамбених јединица пришао близу 300.000, што чини 50% свих стамбених јединица у граду. Ипак, за анализу ће се користити подаци из 2010. јер је то референтна година и за све остале податке. Што се тиче производње, годишње се произведе до 3,5 TWh топлотне енергије. [20-22]

Систем даљинског грејања је подељен у 5 грејних подручја, према највећим топланама које се у њима налазе: Нови Београд, Дунав, Коњарник, Вождовац и Церак. Укупна дужина топоводне трасе износи око 600 km, док је, логично, дужина топоводних цеви око 1.200 km. Укупан инсталисани капацитет у систему даљинског грејања износи око 2.850 MW, док је капацитет на страни потрошача 3.043 MW. Овај капацитет је смештен у чак 60 топлотних извора од којих 4 нису у власништву ЈКП Београдске електране, па из њих ова компанија врши преузимање и дистрибуцију топлотне енергије. Наведени број топлотних извора се сваке године смањује, јер постоји програм гашења котларница који има за циљ да се прикључењем на мрежу даљинског грејања повезану са великим топланама, смањи

број мањих топлотних извора, који углавном користе еколошки неповољна течна и чврста горива.

Структура горива у систему даљинског грејања

По питању структуре горива у топлотним изворима, изражена је доминација природног гаса. Његово учешће у произведеној топлотној енергији износи око 78%. Значајно је учешће и мазута чије учешће износи око 20-21%, при чему веома мале варијације зависе од грејне сезоне. Све топлане које користе гас имају и опрему која омогућава сагоревање мазута, што је опција којој се прибегава у одређеним ситуацијама, нпр. у зимским шпичевима, када постоји проблем са ограничењем испоруке природног гаса. Остали енергенти, као пелети и брикети, угаљ и лож уље су присутни у занемарљивом проценту, те сви они заједно учествују са око 1 % у производњи топлотне енергије. Пелети и брикети су присутни последњих неколико година, након преправљања котлова који су се раније користили за сагоревање угља. Њихов укупни инсталирани капацитет је око 27 MW, што у апсолутним вредностима представља значајан капацитет, док као учешће у произведеној топлотној енергији на нивоу целог система даљинског грејања чини свега око 0,6 %. На слици 8 представљена је структура горива у систему даљинског грејања у Београду у 2010.г. [20-22]



Слика 8. Структура горива у систему даљинског грејања у Београду у 2010.г.

Губици у топловодној мрежи

Губици у топловодној мрежи представљају дугогодишњи проблем и значајно смањују показатеље енергетске ефикасности целокупног енергетског система Београда. С обзиром на скромни обим доступних података тешко их је егзактно израчунати. Постоје официјелне процене које кажу да они износе око 15%, мада постоје и процене да повремено ови губици износе и 17%, па чак и више. У добро уређеним системима даљинског грејања они износе око 4-5%, док би у систему какав је у Београду, прихватљив ниво губитака износио око 10-12% [20-22].

Разлози за велике губитке леже у неколико фактора, а један од главних је дотрајалост дела топловода. После 2000.г. спровођени су програми замене топловода на одређеним деоницама, мада је у последње време динамика замене тесно повезана са расположивошћу финансијских средстава. Осим тога, при изградњи нових топловода, такође после 2000.г. монтирају се искључиво предизоловане цеви са знатно бољом изолацијом и опремом за детекцију цурења. Поред ових мера, мреже на највећим грејним подручјима снабдевене су системом за управљање контролу и надзор SCADA који омогућава праћење дистрибуције топлотне енергије, брзу детекцију и реакцију у случају цурења, пуцања топловода и сл. На тај начин је заустављен раст губитака, међутим за њихово значајније смањивање је неопходно покренути више инвестиција за замену топловода.

Поред проблема у дотрајалости топловода, до губитака у мрежи долази и због ранијег начина пројектовања преградних вентила, који је захтевао да се, у случају интервенције у топловодној мрежи или у кућним грејним инсталацијама, празни већи део мреже него што је то логично. У таквим околностима, долазило је до ситуације да на грејном подручју Нови Београд годишње дође до чак 18 замена комплетне воде у систему, што је 4-5 пута веће од нормалног броја. Оволики број пражњења термички и хемијски припремљене воде, осим енергетских губитака, ствара и велике финансијске губитке. Иако се ради на поправљању ове ситуације, за значајније резултате је потребно више инвестиција.

Ефикасност топлотних извора

Котлови у систему ЈКП Београдске електране су стари у просеку око 25 година. Последњих година, инсталирани су велики котлови у топланама Нови Београд, Вождовац, Миљаковац итд. Ефикасност свих ових котлова је различита за различите енергенте, тако да за котлове на гас коефицијент искоришћења горива износи у просеку око 92%, а за котлове на мазут нешто мање, тј. 85-87% итд. Иако су ово прихватљиве вредности, постоји простор за даље побољшање ефикасности, што подразумева и уградњу економајзера, кондензатора димних гасова итд.

Потрошна топла вода (ПТВ)

Снабдевање потрошном топлом водом (ПТВ) у Београду се одвија из 11 топлотних извора. Укупан инсталирани капацитет за ПТВ износи око 55 MW у топлотним изворима, односно преко 65 MW код потрошача. Ову услугу користи око 30.000 домаћинстава у Београду, што представља само око 10% укупног броја корисника даљинског грејања. Потрошна топла вода учествује са око 2% у укупно произведеној и утрошеној тоplotној енергији. [20-22]

Иако постоје резерве у појединим топлотним изворима који производе и потрошну топлу воду, до повећања броја потрошача није дошло. Неке прилике су пропуштене, мада и даље постоје реалне и значајне могућности. Приликом пројектовања нових насеља у зони топлана, било би енергетски оправдано најпре размотрити снабдевање ПТВ-ом. Постоји предлог да се уведе обавеза прикључења нових насеља на ПТВ у зонама града где је то оправдано. За почетак, то би могло да важи бар за насеља која граде Град, Република и остале државне институције и установе. Бенефити од овога би били вишеструки. Као прво, не би дошло до беспотребног оптерећења електроенергетског система коришћењем електричних бојлера. Осим тога, овим би се створио основ за будућу изградњу когенеративних

постројења, јер би се створили потрошачи енергије у летњем периоду, што би повећало исплативост и оправданост рада оваквог постројења.

Систем наплате топлотне енергије

Велики ограничавајући фактор за ширу примену мера енергетске ефикасности представља чињеница да се и даље за стамбени простор у Београду топлотна енергија плаћа паушално, тј. према површини стана, иако постоји тарифни систем и иако је у око 95% од преко 7.000 подстанца уведена мерно-регулациона опрема за централизовано мерење топлотне енергије. Од готово 300.000 станова, нешто преко 8.000 станова, тј. око 3% плаћа топлотну енергију према утрошку. То су нови објекти који су изграђени у последње 3 године, па су, према актуелним техничким условима њихови инвеститори у обавези да уграде опрему за појединачно мерење топлотне енергије и да према утрошку и наплаћују чак и на нивоу стана.

Иако је већ неколико градова у Србији прешло на наплату према утрошку, као Суботица, Бечеј, Ужице итд, њихови системи даљинског грејања су вишеструко мањи и једноставнији него београдски. Међутим, то није оправдање за чињеницу да и даље у Београду доминира паушална наплата, која дестимулише енергетску ефикасност, повећава потрошњу горива и загађење животне средине.

Процењени потенцијал за уштеду енергије преласком на наплату према утрошку је око 15%, што преведено у новац износи 20-ак милиона евра годишње. Комплетна инвестиција уградње делитеља трошкова топлоте, термостатских вентила и остале опреме. кошта просечан стан 250-300 евра и имајући у виду број станова, инвестиција за цео посао износи око 80 милиона евра. Простом рачуницом дође се до закључка да се за 4 године отплати комплетна инвестиција, што отвара могућност за разне програме субвенционисања или кредитирања грађана. Осим тог, наплата по утрошку даје смисао комплетном сређивању објекта, замени столарије, сређивању фасаде и др. што може представљати замајац за привреду земље.

Чињеница је да би преласком на наплату по утрошку око трећина потрошача плаћала веће рачуне. Међутим, и тај проблем је решив увођењем прелазних периода од неколико година, субвенционисањем разлике у рачунима у том периоду, као и подстицајним мерама за сређивање објеката са циљем смањивања топлотних губитака.

С обзиром на то да је свака од наведених препрека решива, прави разлог за останак паушалних тарифа до даљег лежи у сложености њиховог решавања, питањима везаним за социјалну политику према грађанима, разноликости решавања бројних појединачних случајева итд. Док коначно не започне процес преласка на наплату по утрошку, енергетика Београда ће трпети значајну неефикасност, што би, мерено у новцу, за неколико година могло уштедети нови котао, а за 10-ак година и ново велико когенеративно постројење. У табели 1 су актуелне цене за топлотну енергију од 01.01.2014.г.

Табела 1. Цене топлотне енергије у Београду према потрошачима у 2014.г.

Категорија потрошача	За загревање просторија					Припрема потрошне топле воде (ПТВ) дин/м ³
	Према загреваној површини дин/м ² годишње	Према инсталисаној снази дин/kW годишње	По мерилу количине топлотне енергије		Утрошена енергија дин/ kWh	
			За инсталисану снагу			
	дин/ kW годишње	дин/м ² годишње	дин/ kWh	дин/ kWh		
Стамбени простор	1.243,62		2.834,58	445,86	6,20	164,32
ПДВ 10%	123,46		283,46	44,59	0,62	16,43
Продајна цена	1.367,98		3.118,04	490,45	6,82	180,75
Остали потрошачи		9.651,74	2.834,58		7,58	289,27
ПДВ 10%		965,17	283,46		0,76	28,93
Продајна цена		10.616,91	3.118,04		8,34	318,20

Табела са ценама показује да тарифни систем за топлотну енергију у Београду постоји, али се, осим за пословни простор, примењује само на наведених око 8.000 станова. Што се тиче висина цена, без обзира на начин обрачуна, оне су формиране према актуелном стању ефикасности у систему даљинског грејања, од извора до потрошача. Имајући у виду значајан ниво неефикасности у разним деловима система, намеће се закључак да се више не може говорити о неекономским ценама топлотне енергије, већ напротив да у овом тренутку потрошачи у одређеној мери плаћају неефикасност система. Овај недостатак се мора исправити у процесу комплетног преласка потрошача на наплату према утрошку и применом закона који ограничавају максимално дозвољене губитке, као и доношењем подзаконских аката на нивоу Града који представља регулаторно тело за топлотну енергију на својој територији.

Комбинована производња електричне и топлотне енергије (когенерација)

Средином 60-тих година у ЈКП Београдске електране пуштено је у рад постројење за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије са 3 гасне турбине капацитета 3x35 MWe. Ово постројење је користило сирови бензин као гориво и повремено је радило, у условима када је потребно обезбедити додатне количине електричне енергије, у случају рестрикција, криза са снабдевањем гаса и сл. Пошто је употреба овог горива била веома скупа, а опрема застарела, постројење је после 2000.г. демонтирано. У употреби су остали котлови утилизатори стари скоро 50 година, чија је замена у скоријој будућности неминовна.

Имајући у виду императив за сигурношћу снабдевања, ефикасном производњом енергије и заштитом животне средине, постоји потреба да се у Београду изгради једно или више когенеративних постројења. Досадашње анализе разматрале су неколико локација, али се као најповољнија намеће локација топлане Нови Београд због најбоље постојеће инфраструктуре. И ту постоје две опције, тј. прва изградња постројења у објекту где је некада било когенеративно постројење, уз нове котлове и осталу пратећу опрему и друга која предвиђа изградњу потпуно новог објекта.

Досадашње анализе разматрале су и различите капацитете, од 3x32 MWe до постројења од око 400 MWe електричне и 250 MWt топлотне енергије. Међутим, проблем представља однос цена улазног енергента, при чему је углавном разматран природни гас, и добијене електричне енергије. У условима непостојања потрошача у летњем периоду, овај однос се показао као неповољан, а изградња когенеративног постројења недовољно оправдана. Једна од будућих активности треба да буде увођење ПТВ у новим насељима на грејном подручју топлане Нови Београд, што се може прописати и новим техничким условима. На одлуку о изградњи когенеративног постројења још утичу и доступност извора енергије, тарифе, задовољство потрошача и позиционирање на тржишту. [44] Друга активност је поново разматрање изградње топлодалековода из Обреновца, у дужини од око 28 km како би се искористила отпадна топлота добијена у термоелектрани.

6.1.2. Снабдевање електричном енергијом

Београд је део електроенергетског система Србије. То значи да се сви потрошачи снабдевају из тог система и да се сва производња електричне енергије на територији Београда пласира у тај систем. Готово половина произведене електричне енергије у Србији се производи у термоелектранама на територији Београда које користе лигнит из Колубарско-тамнавског басена. То су ТЕНТ А, ТЕНТ Б и Колубара А. Дистрибуција електричне енергије на територији 17 градских општина се одвија кроз 2 компаније које су делови ЈП Електропривреда Србије (ЕПС), а то су ПД Електродистрибуција Београд (ЕДБ) за 16 градских општина и ПД Електросрбија – Краљево за општину Лазаревац. Термоелектрана-топлана (ТЕ-ТО) Нови Београд је престала са радом пре 10-ак година.

Београд се снабдева електричном енергијом из преносне мреже ЈП Електромреже Србије (ЕМС) 400 kV и 220 kV, посредством трансформаторских станица. Реке Сава и Дунав деле конзумно подручје Београда на 3 целине повезане 110 kV и 35

kV кабловима. Максимално оптерећење у ингеренцији ЈП ЕДБ се последњих година примакло цифри од 1.700 MW, што се наравно догађа у зимском периоду, мада се и током лета бележе све веће вредности, због интензивније употребе климатизационих уређаја. Захтеви сигурности снабдевања електричном енергијом се могу описати кроз тзв. “n-1” концепт, што значи да пројектовани систем мора функционисати и када је у квару 1 од n елемената система, а елементи су генераторске јединице, водови и трансформатори. Ради обезбеђења поузданости електромереже и сигурнијег снабдевања неопходне су инвестиције, на првом месту изградња трафо станице Београд 20. Губици у електромережи су на нивоу од неприхватљивих 15%, што је податак који забрињава и који мора бити смањен наредних година. Осим значајне реактивне енергије коју треба компензовати, велики проблем представљају и тзв. комерцијални губици тј. крађа електричне енергије. Растерећење електроенергетског система коришћењем других начина за добијање топлотне енергије осим употребом електричне као економски исплативе због социјалне политике цена, је још један императив енергетике Београда. [17]

6.1.3. Употреба природног гаса

У Београду постоје 2 система гасовода, систем за транспорт и систем за дистрибуцију гаса. Први систем за транспорт, са двоструким челичним гасоводним прстеном и радним притиском од 50 bara има функцију транспорта гаса за подручје Београда, јужног Баната, централне Србије и Босне и Херцеговине. Дистрибутивни гасовод је изграђен са радним притиском од 6 bara, са могућношћу повећања до 12 bara, као и са полиетиленском мрежом од 4 bara за широку потрошњу. [17]

Гасоводна мрежа на територији Београда је делимично изграђена. Процењени потенцијал само у резиденцијалном сектору износи око 200.000 домаћинстава, а према подацима из 2010.г. број прикључених домаћинстава у Београду износи преко 26.000. Велика већина ових објеката је и прикључена у периоду од 2000. до 2010.г, али је темпо гасификације успорен због економске кризе и трошкова прикључка, а поготово цене гаса.

С обзиром на чињеницу да је гас доминантно увозни енергент, повремене кризе снабдевања имају потенцијалан негативан утицај на одлуку власника објекта о избору енергента. Имајући у виду солидну распрострањеност система даљинског грејања у градској зони, логично је да се даља гасификација очекује углавном у приградским насељима. Власници приватних кућа имају избор између грејања на разне облике биомасе, гас уколико у њиховом насељу постоји гасоводна мрежа, неки од обновљивих извора или на течна горива или угаљ. С обзиром да употреба ова два последња избора негативно утиче на комфор и животну средину, а да је за употребу обновљивих извора потребна већа инвестиција, прави избор се поставља између гаса и биомасе. Ако говоримо о пелету тренутни однос цена чини разлику минималном, тј. од само неколико процената у корист пелета. Међутим, та разлика је веома мала да би утицала на избор. Много већи утицај има сигурност снабдевања. Са једне стране, пелет је домаћи обновљиви извор, а гас је увозни енергент. Изградњом гасовода Јужни ток и складишта гаса по Србији, сигурност снабдевања природним гасом биће подигнута на знатно виши ниво, а резерви ће бити довољно и у случајевима дуготрајних гасних криза. Пошто се овде ради о планираним и прилично извесним пројектима, њихов завршетак ће у наредних 10 година створити услове за интензивну гасификацију која ће ићи у правцу испуњења потенцијала на територији Београда.

6.1.4. Снабдевање угљем и течним горивима

На територији Београда, у Рударском басену Колубара, на територији општине Лазаревац, врши се производња великих количина лигнита за потребе термоелектрана које производе половину електричне енергије Србије, али и за широку потрошњу. Годишња производња лигнита у овом басену износи око 27-30 милиона тона годишње. Међутим, с обзиром на ниску калоричну вредност овог лигнита, на територији Града се користе и квалитетније врсте угљева, мрког и

каменог, који се производе у домаћим рудницима у Србији или се увозе из земаља у окружењу.

Течна горива се користе у саобраћају и у многим индустријским постројењима, топланама, за потребе грејања објеката. С обзиром да Београд нема изворе течних горива, за потребе енергетике снабдевање течним горивима се одвија углавном од увозне нафте, од које се деривати добијају у рафинеријама у Новом Саду и Панчеву. За потребе саобраћаја снабдевање обавља више великих и малих нафтних компанија. Приметан је тренд све веће употребе течног нафтног гаса у саобраћају. Употреба течних горива за енергетска и индустријска постројења је све мања, с обзиром на њихову еколошку неповољност. Ипак, велики број котларница ради и даље на мазут или лож уље, што се решава програмима гашења котларница и њиховим пребацивањем на даљинско грејање или супституцијом горива.

6.1.5. Коришћење обновљивих извора енергије

Учешће обновљивих извора енергије у енергетском билансу је готово занемарљиво, осим традиционалног и неефикасног грејања на дрва које је и даље веома присутно, нарочито у приградским насељима. Са друге стране, потенцијали обновљивих извора енергије у Србији, али у Београду су солидни, чак много већи него у многим европским земљама и градовима у којима се они много више користе и који су постали препознатљиви по њиховој примени. [18]

Постоји више разлога за овакво стање, али су међу најважнијима: традиционално ослањање на конвенционалне облике енергије, недостатак финансијских средстава за покретање инвестиција, недовољно субвенционисање употребе појединих недовољно финансијски исплативих енергената, недовољна информисаност итд.

Стратегија развоја енергетике Града Београда [17] до 2030.г. предвиђа да је могуће до 2030.г. учешће обновљивих извора у енергетском билансу Града од око 8%.

Новије процене показују да је, у случају развоја повољних околности, могуће и веће учешће.

Употреба биомасе у Београду

Потенцијали биомасе на територији Београда су веома значајни, па она представља, уз комунални отпад, најзначајнији обновљиви ресурс града. Међутим, нису сви облици биомасе погодни за коришћење. Осим тога, чињеница је и да се велика већина потреба задовољава биомасом произведеном ван територије Града.

Учешће дрвета у енергетском билансу града није мало, о чему ће бити речи касније. Према Стратегији, учешће различитих облика биомасе у ресурсима обновљивих извора износи око 45%. [17] Ипак, озбиљније учешће се може очекивати у случају садње брзо растућих шума и уз промену намене дела пољопривредног земљишта, што би значило смањење пољопривредне производње и повећање производње биомасе за потребе енергетике. Очигледно је да су ова два опредељења у колизији, па је потребно пажљиво стратешко планирање. Процењени ресурс отпадне биомасе ратарског порекла износи око 1.300 GWh/годишње и може бити у великој мери искоришћен само ако се уложи у развој технологије брикетања. Ипак, у сваком случају ће остати велика зависност Београда од снабдевања биомасом ван градске територије.

Међутим, сигурно је да је потребно покренути озбиљне пројекте употребе биомасе за потребе енергетике. Град Београд је, уз донацију Швајцарске владе, покренуо пројекат изградње когенеративног постројења на биомасу из Пољопривредне корпорације Београд (ПКБ) у Падинској скели, с обзиром да постоје знатне количине биомасе које се добијају у овој компанији. Произведена електрична енергија ће се слати у мрежу, док ће добијена топлотна енергија бити употребљена још и за грејање школе и болнице у Падинској скели.

Биогас постоји на фармама у Београду, али је његов потенцијал мали, па се може користити само за локалне потребе фарми и неколико околних објеката. На територији града се наменски не производе сировине за производњу биодизела. За то је потребно производити уљану репицу на великој површини од око 150 km² и изградити постројење за производњу 10.000 тона биодизела. [17] Имајући у виду обавезе Србије у процесу приступања ЕУ које се односе на учешће биодизела у саобраћају, неопходно је или производити биодизел на територији Града или га набављати са стране, што може бити знатно скупља варијанта.

Комунални отпад у Београду

Енергетски потенцијал комуналног отпада у Београду је изузетно велики, те се процењује на 2.000 GWh/годишње, док је процена да његово учешће у укупном билансу примарне енергије може износити 4%. [17] Оправданост његовог искоришћења се појачава имајући у виду еколошки фактор. Чињеница је да у Београду још увек нема значајнијег примера употребе отпада за добијање енергије, иако постоје многе депоније, од којих је највећа у Винчи. За његово коришћење потребно је у потпуности овладати системом управљања отпадом, уз улагања у заштиту животне средине.

Употреба геотермалне енергије у Београду

Под потенцијалима геотермалне енергије подразумевају се подземне воде и стене. Бројна истраживања су показала да на територији Београда геотермална енергија представља, после биомасе и комуналног отпада, највећи обновљиви ресурс. Може се рећи да су могућности за њену експлоатацију на овом подручју сасвим солидне, што је још увек у нескладу са обимом њеног коришћења.

Када се говори о примени геотермалне енергије може се говорити о дубоким бушотинама од по неколико хиљада метара и о плићим до 300 метара. Код дубоких се могу добити велике температуре, па се може говорити чак и о изградњи топлана

на геотермалну енергију. Међутим, за то је потребно имати температуру од најмање 120 °C. Врло је могуће да се та температура може добити, али је велико питање на којој дубини, што поставља и питање оправданости и исплативости топлане. Тренутно највећа температура подземних вода се добија у Младеновцу, тј. у бањи Селтерс и то 52 °C са дубине од око 1.150 m.

Много је јаснија ситуација око коришћења тзв. субгеотермалне енергије, тј. геотермалне енергије на мањим дубинама до око 200-300 m, која се може користити применом топлотних пумпи. Услов за њено коришћење је температура од 9-30 °C. Укупни хидрогеотермални потенцијал на ужој територији Београда износи око 1.200 MW, а у приградским општинама још око 1.100 MW. Од овог потенцијала искоришћено је свега око 1% [32].

Од 2009.г. покренут је низ пројеката који имају за циљ утврђивање геотермалних потенцијала на својој територији, могућност валоризације грађевинског земљишта у складу са тим и могућности примене у зградарству, а све у циљу стварања услова за све већу примену ове енергије. Осим тога, урађен је и катастар геотермалних извора на територији Београда. [33] Резултат свих ових активности је да је у периоду од 2010. до 2012.г. дуплиран број објеката који користе геотермалну енергију за задовољење топлотних потреба. Тренутно је познато преко 100 објеката, а незванично се процењује да има око 150 објеката на територији града који користе топлотне пумпе. Међу њима има и јавних објеката, као што су вртићи, али и великих пословних објеката, сервиса и значајан број приватних кућа. Посебно треба истаћи да се изградњом моста Земун-Борча, на левој обали Дунава у зони од моста до саобраћајница ка Зрењанину и Панчеву, планира интензивнија градња стамбено-пословних објеката. Имајући у виду чињеницу да је овај део града релативно богат геотермалним потенцијалима, планирана је употреба топлотних пумпи за та насеља, што може представљати позитиван пример интензивније примене обновљивих извора енергије у Граду.

Примена соларне енергије у Београду

Потенцијали соларне енергије у Србији су практично неисцрпни и веома добри, чак много бољи од европских земаља које су искористиле велики део својих потенцијала. Генерално, у Србији број сунчаних сати годишње износи између 1.500 и 2.200, а просечна вредност енергије глобалног зрачења се креће у распону од 1.200 до 1.550 kWh/m² годишње, при чему је просечна вредност око 1.400 kWh/m² годишње. О потенцијалима соларне енергије у Србији говори и податак да у Немачкој, као водећој земљи у искоришћењу соларне енергије ова вредност износи око 1.040 kWh/m² годишње.

Град Београд се налази у повољној зони са солидним бројем сунчаних дана. За потребе грејања у Граду соларна енергија се може користити 8-9 месеци годишње. Број сунчаних сати у Београду износи 2.000-2.100. У табели 2 дато је просечно трајање дневног сијања Сунца и релативно трајање сијања Сунца у процентима у часовима за град Београд. Релативно трајање сијања Сунца је однос стварног и могућег трајања Сунца, при чему могуће (потенцијално) трајање сијања Сунца представља укупан број часова у којима се Сунце у току дана налази изнад хоризонта, тј. период од његовог изласка до заласка. [55]

Табела 2. Часови и проценти сијања Сунца у Београду

Месец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Часови (h)	2,4	3,4	4,9	6,5	7,8	9,0	10,1	9,2	7,7	5,4	2,8	2,1
Релативно сијање (%)	26	33	41	48	52	58	66	66	61	49	30	23

Постоје десетине примера, тј. уграђених соларних колектора за топлотне потребе објеката у Београду, а међу њима и за грејање базена итд. Осим тога, постоје и примери употребе фотонапонских панела за добијање електричне енергије, као нпр. за осветљење шеталишта на Ади Хуји или испред јавних објеката социјалне заштите итд. Ипак, примера употребе соларне енергије у Београду има веома мало

и њихов утицај на енергетски биланс је занемарљив. Ово стање се може променити већом применом подстицајних feed-in тарифа за добијање електричне из соларне енергије, али и доношењем градских аката који субвенционишу добијање топлотне енергије из соларне.

Енергија ветра у Београду

Потенцијали ветра у Београду постоје у одређеној мери, али су ипак ограничени расположивом енергијом и просторним могућностима за постављање фарми ветроелектрана. Постоје процене да је могуће производити максимално 60 GWh/годишње [17] електричне енергије из ветра на територији Београда, што би и у укупној производњи електричне енергије значило учешће од мање од 1%. Познато је да је за коришћење енергије ветра потребно имати неопходну брзину ветра у значајнијем делу године, а Београд, иако спада у кошавско подручје, не може се похвалити претераним потенцијалима. Много значајније потенцијале у Србији имају јужни Банат где је у току изградња фарме ветрогенератора капацитета 100 MW, затим Пештерска висораван, Копаоник итд. Град Београд је 2010.г. израдио Атлас потенцијала ветра на својој територији, при чему су анализирани 3 потенцијалне локације на којима се показало да постоји одређени потенцијал. [60] Ипак, за евентуалну реализацију пројеката је потребно урадити анализу оправданости, узимајући у обзир различите техно-економске критеријуме.

Хидропотенцијал у Београду

Београд се налази на две велике међународне реке, чиме се може похвалити мали број градова. Међутим, пошто се у овом делу њиховог тока ради о равничарским рекама, подручје Београда практично и не располаже енергетски искористивим потенцијалом.

Уредба о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче електричне енергије
- Feed-in тарифе

Крајем 2012. Влада Републике Србије је донела нову Уредбу о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче електричне енергије која предвиђа субвенционисање сваког произведеног kWh електричне енергије из обновљивих извора или из когенеративног постројења у периоду од 12 година, при чему се произведена електрична енергија шаље у мрежу. Ове тзв. Feed-in тарифе дају резултате у многим земљама већ деценијама и представљају покушај државе да уведе обновљиве изворе субвенционисањем губитака јер трошкови инвестиције или експлоатације обновљивих извора још увек превазилазе приходе. [34]

Ова уредба заменила је претходну која је донета пре 3 године. У односу на њу постоје одређене корекције у ценама, али је суштинска промена додавање електрана са комбинованом производњом електричне и топлотне енергије на угаљ који представља најрасположивији домаћи енергент. Евидентно је и да је соларној енергији потребно највише подстицаја, затим биомаси и биогазу итд.

Важно је напоменути да се субвенције односе на постројења одређеног капацитета који је лимитиран на вредности (MW) које су зависне од врсте извора енергије. Међутим, без обзира на капацитете, значај Feed-in тарифа је у томе што омогућавају инвеститорима да се лакше одлуче на улагања, имајући у виду да субвенције значајно смањују ризик од исплативости инвестиције. Осим тога, изузетно је значајан гарантовани пласман произведене електричне енергије.

У табели 3 представљене су подстицајне откупне цене електричне енергије из обновљивих извора енергије (ОИЕ) и когенеративних постројења у Србији [50].

Табела 3. Подстицајне откупне цене ел.енергије из ОИЕ и когенеративних постројења

Редни број	Врста електране повлашћеног произвођача	Инсталисана снага Р (MW)	Подстицајна откупна цена (с€/kWh)
1.	Хидроелектрана		
1.1		до 0,2	12,40
1.2		0,2 - 0,5	13,727-6,633* Р
1.3		0,5 - 1	10,41
1.4		1 - 10	10,747-0,337* Р
1.5		10 - 30	7,38
1.6	На постојећој инфраструктури	до 30	5,9
2.	Електране на биомасу		
2.1		до 1	13,26
2.2		1 - 10	13,82 - 0,56*Р
2.3		преко 10	8,22
3.	Електране на биогаз		
3.1		до 0,2	15,66
3.2		0,2 – 1	16,498 – 4,188*Р
3.3		преко 1	12,31
3.4	на биогаз животињског порекла		12,31
4.	Електране на депонијски гас и гас из постројења за третман комуналних отпадних вода		6,91
5.	Електране на ветар		9,20
6.	Соларне електране		
6.1		На објекту до 0,03	20,66
6.2		На објекту 0,03 – 0,5	20,941 – 9,383*Р
6.3		На земљи	16,25
7.	Геотермалне електране		
7.1		до 1	9,67
7.2		1 – 5	10,358-0,688*Р
7.3		преко 5	6,92
8.	Електране на отпад		8,57
9.	Електране са комбинованом производњом на угаљ	до 10	8,04
10.	Електране са комбинованом производњом на природни гас	до 10	8,89

6.1.6. Енергетска ефикасност у Београду

Ниво енергетске ефикасности је далеко од задовољавајућег, како на нивоу Републике тако и на нивоу Града. То је најизраженије у објектима, стамбеним и пословним. Објекти зидани до пре 20-30 година су имали слабу или никакву топлотну изолацију, због чега у њима постоје велики и непотребни топлотни губици. У многим старијим објектима су уграђени прозори лошијих термичких карактеристика, а временом је дошло до њиховог пропадања и лошијег дихтовања, што такође доприноси повећању топлотних губитака. Забрињавајућ и шокантан је податак да на територији Београда чак око 37% објеката нема никакву изолацију [7]. Истина, ту спадају и многи још увек незавршени објекти у приградским насељима, али и у њима људи живе и троше огромне количине енергије за потребе својих домаћинстава.

Познато је колико добра изолација и столарија могу смањити топлотне губитке. У случају Београда, у објектима без изолације и са дотрајалом столаријом реконструкција може донети и смањење губитака до 30-40%, што у случају да се овакви програми спроведу на територији целог града може значити огроман потенцијал за уштеду, а уједно и највећи ресурс енергетске ефикасности Београда.

Постоје различите процене о просечној потрошњи топлотне енергије у објектима, зависно од типа, намене итд. Међутим, може се приближно проценити да она износи око 150 kWh/m² годишње. Истина, нови објекти који се зидају последњих година углавном имају веома добру изолацију, па њихова годишња потрошња износи и мање од 100 kWh/m² годишње, а неки чак око 70 kWh/m² годишње. Међутим, у односу на укупан број објеката, њихов број је још увек мали, па је за суштинско поправљање ситуације око потрошње енергије неопходно спроводити програме енергетског сређивања зграда. У исто време енергетска неефикасност у зградама у Београду представља огроман губитак и огроман потенцијал за развој привреде, грађевинске индустрије, термотехнике итд.

Потрошња топлотне енергије у објектима прикљученим на систем даљинског грејања, што је половина Београда, је нешто боља јер се углавном ради о стамбеним зградама. Потрошња зависи од стања зграде, временских прилика и радног режима топлане, али и од система наплате. Узимајући просек неколико година уназад потрошња износи око 137 kWh/m^2 годишње, док варијације износе од око 115 kWh/m^2 у сезони 2013/14 када је била блажа зима а и више се водило рачуна о штедњи горива, до око 145 kWh/m^2 у сезони 2011/12 када је фебруар био изразито хладан, али се и мање водило рачуна о штедњи. Када се узме у обзир податак да се годишње на гориво у систему даљинског грејања у Београду потроши око 120-150 милиона евра, онда ови подаци говоре колика вишемилионска уштеда се може остварити рационалним газдовањем енергијом и улагањем у енергетску ефикасност целог система од топлотног извора до потрошача.

Ради сагледавања ситуације око стамбеног фонда Београда, Град Београд је 2011. године израдио Атлас стамбеног фонда којим је обухваћено око 30 типских објеката прикључених на даљинско грејање [59]. Коришћењем термовизијске камере снимљени су и сагледани њихови топлотни губици и направљен преглед термичких карактеристика, што у следећој фази треба да послужи као база за покретање и реализацију планираних пројеката енергетског сређивања објеката.

Закон о ефикасном коришћењу енергије

Нови Закон о ефикасном коришћењу енергије би требало да има значајан утицај на будући развој енергетике у Београду. Њиме се уређују услови и начини ефикасног коришћења енергије у секторима производње, преноса, дистрибуције и потрошње енергије, политика ефикасног коришћења енергије, систем енергетског менаџмента, финансирање и друге подстицајне мере за енергетску ефикасност, означавање нивоа енергетске ефикасности итд. Циљеви ефикасног коришћења енергије су: повећање сигурности снабдевања енергијом, смањење негативног утицаја на животну средину, повећање конкурентности привреде и подстицање

одговорног понашања према енергији [47]. Закон се примењује на кориснике енергије који могу бити јавни сектор, зграде, домаћинства, превоз, привредна друштва у сектору производње, трговине и услуга итд. Осим тога, Закон се односи на секторе производње, преноса и дистрибуције енергије, која може бити електрична и топлотна, затим испоруку природног гаса итд. Политика ефикасног коришћења енергије се утврђује Стратегијом развоја енергетике Републике Србије, као основним документом. Њено спровођење заснива се на Програму остваривања Стратегије, трогодишњем Акционом плану за енергетску ефикасност, што су документи који се доносе на нивоу Републике, као и на Програму и плану енергетске ефикасности локалне самоуправе или другог обвезника система енергетског менаџмента.

Закон по први пут уводи систем енергетског менаџмента, чији су субјекти Влада Србије, Министарство задужено за област енергетике, обвезници система енергетског менаџмента, енергетски менаџери и овлашћени енергетски саветници. Обвезници система енергетског менаџмента су државни и покрајински органи, јединице локалне самоуправе са више од 20.000 становника и јавне службе. Улога енергетског менаџера је припрема програма, планова и мера, прикупљање и анализа података, израда годишњег извештаја итд, док овлашћени енергетски саветник, који може бити физичко и правно лице, обавља енергетски преглед објеката и енергетску ревизију.

Део Закона односи се на означавање енергетске ефикасности производа који утичу на потрошњу енергије. На тржиште и употребу се могу ставити само производи који су означени у складу са прописом и испуњавају захтеве еко-дизајна.

По Закону се уводи обавеза инвеститора изградње нових објеката да грејну инсталацију, која се прикључује на централизован систем снабдевања топлотном енергијом опреми мерно-регулационом опремом како би се омогућило мерење и наплата према појединачном утрошку сваког дела објекта. [46-47] Тарифни систем мора садржати елемент који се односи на стварно предату топлотну енергију. При

одређивању цена тарифних елемената за топлотну енергију не смеју се узимати у обзир губици већи од прописаних од стране Владе. Код електричне енергије је, у случају већих губитака од прописаних, оператор система дужан да изради и достави Агенцији за енергетику план за смањење губитака. Купци електричне и топлотне енергије морају бити детаљно информисани о тарифама и својој потрошњи.

Влада прописује минималне захтеве енергетске ефикасности, кроз минимални степен корисности, за нова и ревитализована постројења за производњу електричне и топлотне енергије, за системе за пренос електричне, дистрибуцију електричне и топлотне енергије и за транспорт и дистрибуцију природног гаса. Подносилац захтева за издавање енергетске дозволе за изградњу нових или ревитализацију постојећих постројења, система за пренос и дистрибуцију, мора приложити елаборат о енергетској ефикасности.

Послови везани за израду програма, пројеката и реализацију активности које се односе на примену техничких мера, развој енергетског менаџмента, енергетске прегледе објеката, изградњу когенеративних капацитета, употребу обновљивих извора и развој енергетских услуга, а све у циљу повећања енергетске ефикасности, могу бити финансирани или суфинансирани из различитих извора, као што су Буџет Републике Србије, буџети и фондови покрајине или јединице локалне самоуправе, донације, међународни кредити, фондови Европске уније и остали међународни фондови итд. Такође, оснива се и Буџетски фонд ради евидентирања средстава. Као подстицајне мере предвиђене су и пореске и царинске олакшице за технологије и производе који повећавају енергетску ефикасност. Употреба обновљивих извора за сопствене потребе се сматра мером енергетске ефикасности.

Закон прописује услове и садржај уговора за пружање енергетске услуге по ESCo (Energy Service Company) моделу. Енергетске услуге обухватају енергетски преглед, пројектовање, грађење, реконструкцију, санацију, одржавање објекта, управљање и надзор над коришћењем енергије.

Наручиоци јавних набавки су дужни да узимају у обзир аспекте енергетске ефикасности кроз набавку кроз техничку спецификацију или кроз критеријуме за избор најповољнијег понуђача добара, услуга и радова. Јединице локалне самоуправе са више од 20.000 становника су дужне да на период од 3 године доносе програм унапређења енергетске ефикасности у превозу

Европска политика за повећање енергетске ефикасности и употребу обновљивих извора

Циљеви енергетске политике ЕУ се огледају у 3 кључна циља које су лидери ЕУ у марту 2007.г. поставили у области енергетике и борбе против климатских промена, позната као „20-20-20“ мете до 2020.г:

- Смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште за 20% у односу на ниво из 1990.г,
- Повећање удела енергије произведене из обновљивих извора на 20% у односу на ниво из 1990.г,
- Побољшање енергетске ефикасности за 20% у односу на ниво из 1990.г.

Спровођење ових циљева има за циљ:

- промовисање економије која уважава ресурсе планете,
- спровођење програма ниске емисије гасова са ефектом стаклене баште,
- унапређење енергетске независности ЕУ и
- јачање сигурности снабдевања енергијом.

Испуњење дефинисаних циљева доприноси и отварању нових радних места и јачању конкурентности. Процењује се да би испуњење циља везаног за удео обновљивих извора енергије од 20% створило око 400.000 нових радних места. [66]

Национални циљеви се разликују у зависности од ресурса и могућности држава чланица које су дужне и да извештавају о својим емисијама годишње у оквиру

механизма мониторинга ЕУ. Међутим, велико је питање да ли ће бити испуњени постављени циљеви до 2020.г. Због тога се посебно инсистира на спровођењу мера енергетске ефикасности у секторима зградарства и транспорта који представљају и највећи резервоар потенцијала за уштеду енергије. На зграде одлази око 40% потрошње финалне енергије, што производи 36% укупних емисија CO₂ у земљама ЕУ. Интензивирани су активности ESCo компанија, а предузете су и мере за повећање ефикасности у индустрији, повећање пореза на емисије штетних материја, повећање ефикасности у транспорту употребом еколошки повољнијих горива и увођење управљања у свим видовима транспорта, затим усвојене су директиве везане за промоцију когенерације, обновљивих извора енергије, енергетско означавање, уведени су механизми за финансирање пројеката итд.

Иако је неизвесно да ли ће до 2020. г. зацртани циљеви бити достигнути, већ су постигнути значајни резултати. Енергетска ефикасност у земљама ЕУ је побољшана за око 13% између 1996. и 2007.г, што одговара уштеди енергије од 160 Мтое у 2007.г. У сектору индустрије од 1990.г. годишње је раст енергетске ефикасности износио у просеку око 2,1%, док је у сектору домаћинства енергетска ефикасност побољшавана за 1,1% у истом периоду, при чему се раст од 1,5% односи на грејање. У саобраћају је енергетска ефикасност побољшавана за 0,8% годишње од 1990.г, при чему специфична потрошња аутомобила у литрима/100 км редовно опада (-0,9% годишње), а код нових возила још брже (-1,6% годишње).

Србија је потписисвањем и ратификацијом Уговора о оснивању енергетске заједнице прихватила обавезу имплементације прописа Европске уније у области енергетике и заштите животне средине [1]. Овај Уговор је потписан октобра 2005. г. у Атини између Европске комисије, са једне стране, и земаља југоисточне Европе, Албаније, Бугарске, Босне и Херцеговине, Хрватске, Македоније, Црне Горе, Румуније и Србије, са друге стране. Његово трајање је 10 година, али се он може продужити. Циљеви оснивања ове заједнице су:

- стварање јединственог регулаторног простора и тржишта гаса и електричне енергије, а касније и били обухваћени и течни нафтни гас (LPG), бензин, водоник итд,
- стварање стабилног регулаторног оквира ради привлачења инвестиција у гасне мреже, производњу електричне енергије и преносне мреже у циљу остварења стабилног и непрекидног снабдевања,
- побољшање стања животне средине, енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора, у вези са гасом и електричном енергијом,
- развијање конкурентности на тржишту гаса и електричне енергије, уз учешће приватног сектора,
- олакшавање трговине гасом и електричном енергијом.

У циљу реализације остварења ових циљева, предвиђене су одговарајуће активности земаља потписница којима координира Европска комисија. Енергетска заједница, између осталог, предузима додатне мере за подстицање развоја у областима обновљивих извора и енергетске ефикасности. Учешће ЕУ у Буџету заједнице је 91,2%, а учешће Србије 0,7%.

Република Србија је добила обавезу да до 2020.г. испуни циљ по коме учешће обновљивих извора енергије у бруто финалној потрошњи енергије износи 27 %. У базној 2009.г. овај удео је износио 21,2 %, па је постављени циљ прилично амбициозан. Осим тога, обавеза је да до 2020.г. у Србији учешће биогорива у транспорту износи 10%. Важно је напоменути да наша земља располаже потенцијалом за достизање ових циљева, али је отворено питање да ли ће бити на време реализоване све предвиђене мере како би они били достигнути. Најважније предвиђене мере су feed-in тарифе и друге подстицајне мере за производњу електричне енергије, поједностављивање процедура, формирање тржишта биомасе, реализација непрофитних пројеката у области обновљивих извора итд.

6.2. ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ У БАЗНОЈ ГОДИНИ

Као полазна, базна, година узима се 2010.г. и у односу на њу се врши процена кретања потрошње енергије за период од наредних 20 година. Структура потрошње се приказује усклађено са европским статистичким моделом Eurostat, који препознаје 5 сектора потрошње:

- домаћинства,
- индустрију,
- јавне и комерцијалне делатности,
- саобраћај и
- пољопривреду.

Са једне стране, Београд се одликује великим интензитетом потрошње енергије, која износи око једне трећине потрошње целе Србије. Разлози за оволики интензитет су велики интензитет привредних и других активности, али и велика неефикасност, што је одлика целе земље. Са друге стране, постоји велики потенцијал за уштеде и велика нада да ће се искористити потенцијали обновљивих извора и покренути значајни пројекти који подразумевају повећање енергетске ефикасности, енергетско сређивање објеката, прелазак на наплату топлотне енергије према утрошку итд.

Да би се направио пресек потрошње различитих енергената по секторима за 2010. годину, узети су у обзир најпре електрична енергија, конвенционална горива, угаљ, течна горива и природни гас, затим топлотна енергија из система даљинског грејања, као и три обновљива извора, геотермална, соларна енергија и биомаса, од којих се очекује продор у наредних 20 година.

Међутим, пре преласка на анализу података везаних за потрошњу одређених енергената, потребно је сагледати одређене опште параметре који су у уској вези са енергетским параметрима. На првом месту, Београд је 2010.г. имао 1.639.120 становника, што је веома важан податак у односу на који се може процењивати

енергетски интензитет, енергетска ефикасност, потенцијали за развој привреде итд. Бруто национални доходак по становнику је на годишњем нивоу износио око 728.000 динара, тј. око 6.500 евра. [41]

Укупна процењена површина стамбеног простора у 2010.г. износила је 38.230.000 m², а површина пословног простора 37.150.400 m². [53] Већ је наведено да је површина стамбеног простора прикључена на систем даљинског грејања износила 16.347.991 m² а површина пословног простора прикључена на даљинско грејање 4.285.900 m². [20] Очигледно је да стамбени и пословни простор имају готово идентичну површину, међутим даљинско грејање је процентуално много више заступљено у стамбеном сектору, што значи да многи, првенствено јавни објекти, и даље користе своје котларнице за задовољење топлотних потреба.

Потрошња електричне енергије

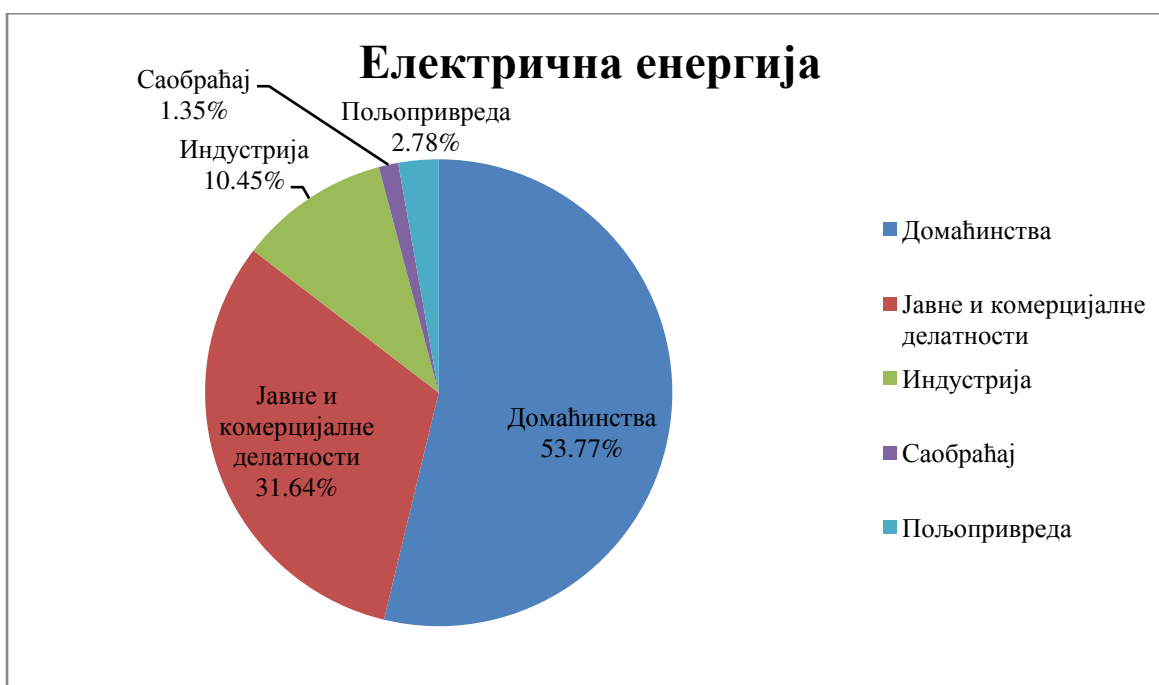
Као што је раније наведено, снабдевање електричном енергијом на територији Београда се врши преко 2 компаније, „Електродистрибуција Београд“ за 16 градских општина и „Електросрбија Краљево“ за општину Лазаревац. Обједињавањем података о потрошњи енергије прикупљеним од ове две компаније добија се укупна потрошња. Треба напоменути да се потрошња електричне енергије у овим компанијама статистички приказује на другачији начин од европског статистичког модела, тј. посебно је наведена свака привредна грана. Постоји и подела према напонском нивоу. Због оваквог неусклађеног приказивања података, неки ранији документи су формирали секторе на другачији начин, па ће потрошња електричне енергије унутар једног сектора у овом раду обухватати нешто другачије подсекторе него ранији прикази потрошње који нису рађени у потпуности према моделу Eurostat.

У табели 4 приказана је потрошња електричне енергије у 2010.г. на територији свих 17 градских општина у Београду, према статистичком моделу Eurostat. [38]

Табела 4. Потрошња електричне енергије у Београду у 2010.г. по секторима (GWh)

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Електрична енергија	3.910,24	2.299,25	760	201,9	98,41	7.269,80

На слици 9 приказано је учешће појединих сектора потрошње у укупној потрошњи електричне енергије у Београду у 2010.г.



Слика 9. Учешће сектора у укупној финалној потрошњи електричне енергије у Београду у 2010.г.

Приказана слика веома сликовито говори о неповољној структури потрошње. У домаћинствима се троши скоро 54% укупне потрошње електричне енергије, од чега велики део одлази за потребе грејања. Ако се узме у обзир да је степен искоришћења горива у термоелектранама мањи од 30% и чињеница да се тако добијена електрична енергија троши масовно на грејање домаћинства, долазимо

до драматичног примера енергетске неефикасности. Промена ове чињенице мора бити један од главних приоритета енергетске политике Града Београда.

Други утисак са ове слике је да је индустрија у Београду у великој мери смањила своју производњу, највише захваљујући бурном периоду 90-их година, затварању многих фабрика у индустријским зонама, али и периоду у последњих 5 година економске кризе, када није дошло до очекиваног покретања производње. Очекивања од наредних 15-20 година по питању покретања производње су велика.

Потрошња природног гаса

Дистрибуција природног гаса потрошачима на територији Београда се одвија преко 5 лиценцираних дистрибутивних компанија: ЛП Србијагас, Беогас, ЈКП Београдске електране, Феромонт и ЛП Гас. ЈКП Београдске електране покривају територију Младеновца, Феромонт Батајницу, а ЛП Гас насеље Медаковић. Обједињавањем података ових 5 компанија добија се укупан број потрошача и укупна финална потрошња природног гаса по секторима на територији Београда за 2010.г. што је представљено у табелама 5-7. Изворни подаци су дати у кубним метрима гаса, а узимањем у обзир да је доња топлотна моћ природног гаса 34.000 KJ/m^3 добијају се вредности у GWh.

Табела 5. Број потрошача и потрошња природног гаса у домаћинствима у Београду у 2010.г.

Дистрибутер	Србијагас	Београдске електране	Беогас	Феромонт	ЛП гас ¹	Укупно
Број потрошача	9.320	3.593	10.901	1.405	1.657	26.876
Потрошња (Sm^3)	15.990.493	3.573.707	13.454.232	454.895	2.250.000	35.723.327
Потрошња(GWh)	151,02	33,75	127,07	4,30	21,25	337,39

¹ Током 2010.г дистрибутер природног гаса у насељу Медаковић је био НП Гас, који је касније отишао у стечај, а његову територију преузео ЛП Гас, због чега не постоје подаци о потрошњи за 2010.г; подаци из табеле се односе на територију насеља Медаковић, али за 2012.г. према подацима ЛП Гаса, јер су они једино доступни за ову територију.

Табела 6. Број потрошача и потрошња природног гаса у јавним и комерцијалним делатностима у Београду у 2010.г.

Дистрибутер	Србијас	Београдске електране	Беоас	Феромонт	ЛП гас	Укупно
Број потрошача	437	125	178	22	28	790
Потрошња (Sm ³)	5.558.237	119.258	1.482.684	14.280	150.000	7.324.459
Потрошња(GWh)	52,49	1,13	14,00	0,13	1,42	69,17

Табела 7. Број потрошача и потрошња природног гаса у индустрији у Београду у 2010.г.

Дистрибутер	Србијас	Београдске електране	Укупно
Број потрошача	63	3	66
Потрошња (Sm ³)	62.586.298	862.999	63.448.297
Потрошња(GWh)	591,09	8,15	599,42

У ову табелу није укључена потрошња природног гаса за рад београдских топлана, при чему он учествује са скоро 80% у производњи топлотне енергије. У овој табели у податку о потрошњи природног гаса у индустрији 14 београдских топлана је 2010.г. учествовала са потрошњом од 335.050.447 Sm³ или 3.164,37 GWh. Пошто табела разматра финалну потрошњу, податак о потрошњи у даљинском грејању Београда, које је највећи потрошач гаса у Србији, није обухваћен овом табелом.

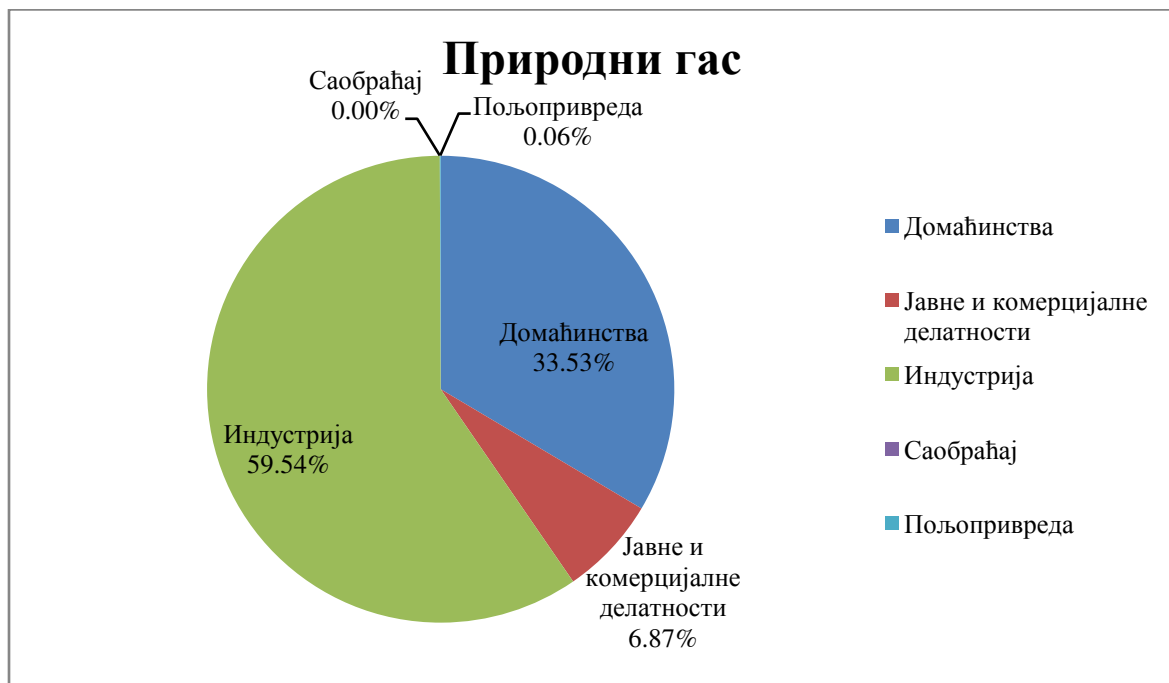
Потрошаче у сектору пољопривреде пријавио је само дистрибутер “Београдске електране“ у Младеновцу и то 3 потрошача чија је укупна потрошња у 2010.г. износила 62.131 Sm³. Потрошача у сектору саобраћаја у 2010.г. није било на територији Београда.

Табела 8 даје приказ броја потрошача и потрошње гаса по секторима, обједињено за све дистрибутивне компаније.

Табела 8. Број потрошача и потрошња природног гаса по секторима у Београду 2010.г.

Сектор потрошње	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Број потрошача	26.876	790	66	0	3	27.735
Потрошња (Sm ³)	35.723.327	7.324.459	63.449.297	0	62.131	106.559.214
Потрошња(GWh)	337,39	69,17	599,24	0	0,59	1.006,39

На слици 10 приказано је учешће појединих сектора у укупној финалној потрошњи природног гаса на територији Београда. После сектора индустрије, потрошња у домаћинствима је на другом месту и бележи стални раст, док употреба гаса у сектору јавних и комерцијалних делатности расте спорије. У сектору пољопривреде још увек нема озбиљнијих потрошача, мада је овај сектор понекад тешко раздвојити од јавних и комерцијалних делатности.



Слика 10. Учешће сектора потрошње у финалној потрошњи природног гаса у Београду у 2010.г.

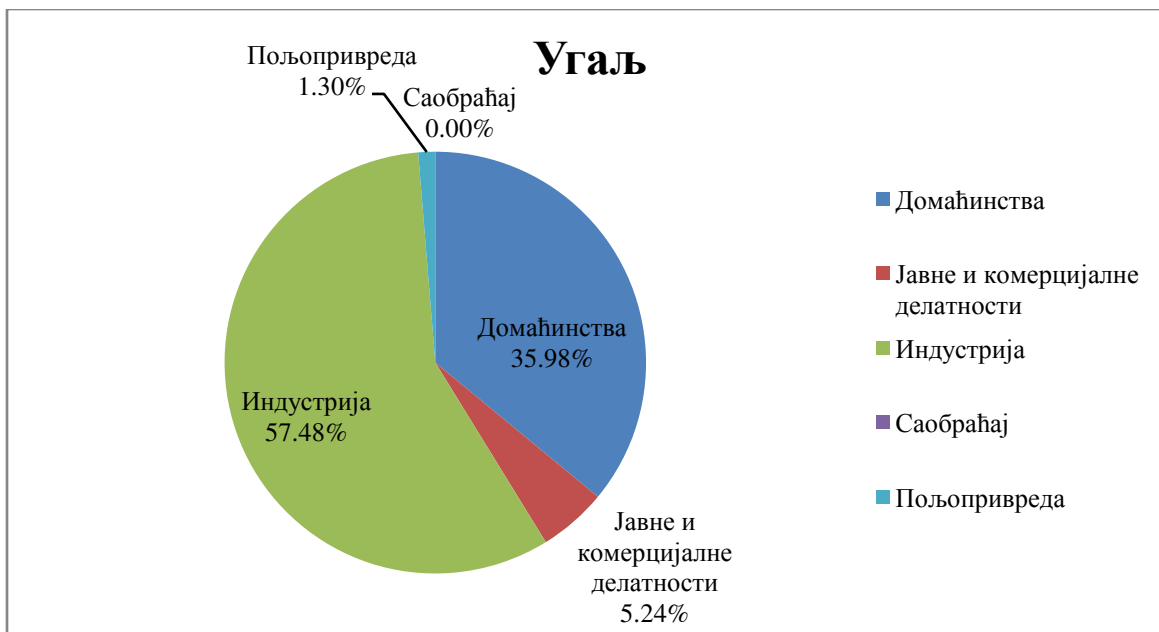
Потрошња угља

Потрошњу угља у Београду је веома тешко проценити имајући у виду да се само део продатих количина евидентира по стовариштима, али и због чињенице да се угаљ за широку потрошњу, осим са територије општине Лазаревац, доводи из других делова Србије и земаља региона. Због тога је у овом случају немогуће имати егзактне податке. У Стратегији развоја енергетике града Београда до 2030.г, која је завршена 2008.г, постоје процене о потрошњи угља у Београду 2006.г. и предвиђања за 2012.г. У недостатку прецизнијих података, интерполацијом вредности за ове две године добија се процена о потрошњи угља за 2010.г. [17] Промене које се одвијају последњих година иду у правцу смањења потрошње угља гашењем котларница које користе овај енергент и преласком на даљинско грејање или супституцијом другим енергентом, како би се задовољили захтеви за заштитом животне средине и енергетском ефикасношћу. У табели 9 је приказана та потрошња по секторима.

Табела 9. Потрошња угља у Београду у 2010.г. по секторима (GWh)

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Угаљ	639,75	93,16	1022	0	23,11	1.778,02

Слика 11 даје учешћа сектора потрошње у укупној потрошњи угља у Београду 2010.г.



Слика 11. Учешће сектора у укупној финалној потрошњи природног гаса у Београду у 2010.г.

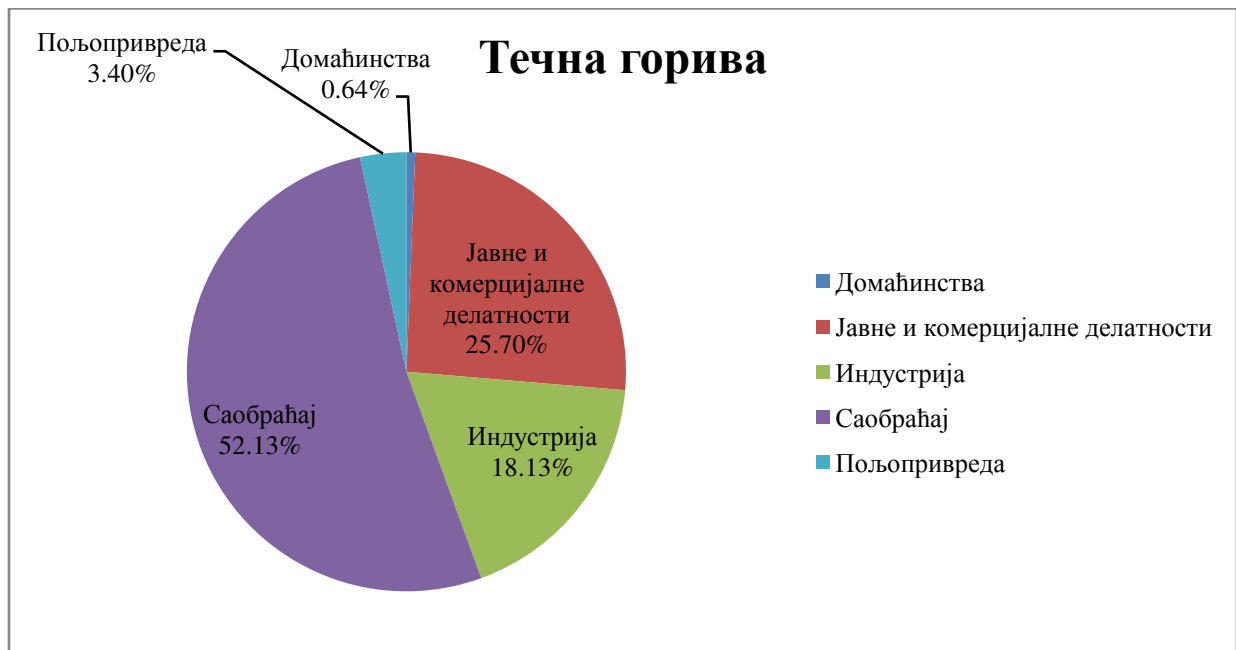
Потрошња течних горива

Веома слично као и код угља, снабдевање Београда течним горивима се одвија из различитих извора, па још увек не постоји уређен систем који би обједињавао све податке о потрошњи течних горива за све секторе. Тако је и у овом случају коришћена процена Стратегије тако што су интерполацијом процена за 2006. и 2012. годину добијене процене за 2010.г. [17] У табели 10 приказани су подаци по секторима.

Табела 10. Потрошња течних горива у Београду у 2010.г. по секторима (GWh)

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Течна горива	68,43	2.744,46	1.936	5.566,8	363,44	10.679,13

Као и за остале енергенте, слика 12 даје приказ процентуалног учешћа различитих сектора у укупној потрошњи течних горива Београда. Евидентна је доминација у сектору саобраћаја, али и чињеница да и даље многи, првенствено јавни објекти, и даље користе мазут и остале деривате за грејање. С обзиром на еколошке карактеристике ових горива, присутан је тренд супституције обновљивим или другим изворима енергије у складу са техничким и финансијским могућностима.



Слика 12. Учешће сектора у укупној финалној потрошњи течних горива у Београду у 2010.г.

Потрошња топлотне енергије из даљинског грејања

Даљинско грејање у Београду има потрошаче у 2 сектора, а то су домаћинства и јавне и комерцијалне делатности. Нема индустријских постројења која користе технолошку пару из система даљинског грејања у ЈКП Београдске електране, већ из својих постројења. Према томе, нема потрошње топлотне енергије из даљинског грејања у секторима индустрије, саобраћаја и пољопривреде.

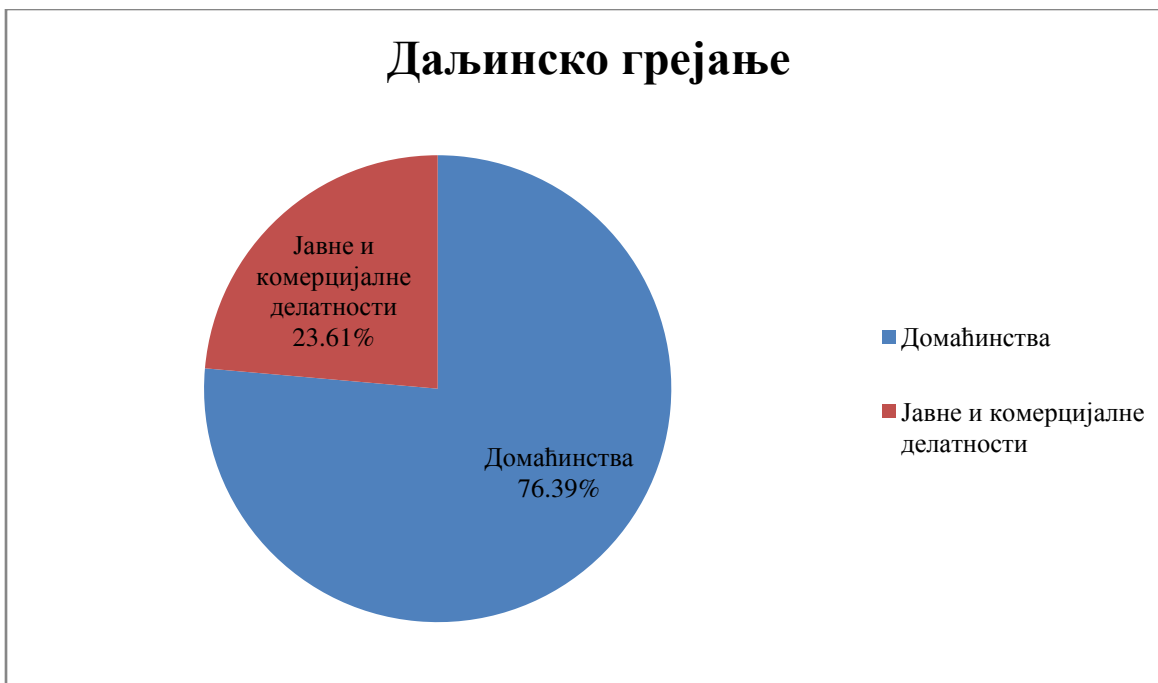
ЖКП Београдске електране имају јединствену производњу и мерење произведене топлотне енергије за оба сектора. Евентуално раздвајање би било могуће на месту потрошње, према измереним количинама на мерилима топлотне енергије. Међутим, иако је мерилима снабдевено око 90% топлотних подстанци, постоји и даље неколико стотина њих у којима се не мери потрошња, већ се наплата врши паушално. Због тога се у овом приказу података полази од укупно измерене произведене топлотне енергије, па се она дели на два сектора сразмерно инсталисаним капацитетима. Логично, овде постоји мало одступање од тачног резултата, али тренутно не постоји тачнији метод за одређивање потрошње по секторима.

Осим тога, свесно се као потрошња приказује количина произведене топлотне енергије која се пошаље у дистрибуцију, а не испоручена енергија потрошачима, како би се приказао утицај губитака у мрежи који се процењује на око 15%. У табели 11 је приказана потрошња топлотне енергије из даљинског грејања по секторима у 2010.г. [20]

Табела 11. Потрошња топлотне енергије из даљинског грејања у Београду у 2010.г. по секторима (GWh)

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Даљинско грејање	2.446,89	756,13	0	0	0	3.203,02

Иако овде постоје само два сектора, слика 13 приказује однос потрошње у сектору домаћинства и јавних и комерцијалних делатности.



Слика 13. Учешће сектора у укупној потрошњи топлотне енергије из даљинског грејања у Београду у 2010.г.

Потрошња геотермалне енергије

Катастар геотермалних изворишта на територији Града Београда је урађен 2013. године [33]. Тим катастром обухваћени су подаци о преко 100 објеката који користе топлотну енергију подземних вода, мада постоје и објекти чији власници не желе да буду евидентирани. За многе од ових 100-ак објеката постоје подаци о потрошњи енергије, а за неке ти подаци још увек нису доступни. Међутим, у базној години истраживања, тј. 2010.г, нису постојали евидентирани подаци, па се на основу процена произвођача и продаваца опреме, извођача радова и Рударско-геолошког факултета, процењује да је укупан инсталирани капацитет познатих геотермалних извора у Београду износио око 10 MW.

Просечно специфично топлотно оптерећење за објекте који користе топлотне пумпе износи око 70 W/m^2 што спада у С енергетски разред [42]. Међутим, међу овим објектима постоји доста оних који имају и алтернативни начин грејања, тј. у

којима геотермална енергија не задовољава у потпуности топлотне потребе. Са друге стране, геотермална енергија је погодна за употребу потрошне топле воде, па је она присутна у многим објектима, што повећава укупну потрошњу. Због свега тога, укупна потрошња геотермалне енергије варира, зависно од намене и врсте објекта, потенцијала на датој локацији итд, па специфична потрошња може износити нпр. 70-100 kWh/m² годишње. Претпостављени просечни COP износи око 4.

Узимајући у обзир све ове претпоставке, које су оквирне и грубе због недостатка података за 2010.г, као и чињеницу да постоји око 30% број неевидентираних објеката, можемо доћи до такође грубе, али за анализу погодне цифре, да је укупна потрошња геотермалне енергије у 2010.г. на територији града износила око 20 GWh. У 2010.г. су се топлотне пумпе примењивале само у секторима домаћинства и јавних и комерцијалних делатности, а претпоставка пројектаната, продаваца опреме и извођача је да је однос 4:1 у корист домаћинства. То значи да се, на основу низа претпоставки, долази до процене да је потрошња геотермалне енергије у Београду у 2010.г. износила око 16 GWh у сектору домаћинства, а 4 GWh у јавним и комерцијалним делатностима, што је приказано у табели 12. [32]

Табела 12. Потрошња геотермалне енергије у Београду у 2010.г. по секторима у GWh

Сектор	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Укупно
Потрошња (GWh)	16	4	20
Процентуално учешће	80 %	20 %	100 %

Потрошња соларне енергије

Потрошња соларне енергије у Београду у 2010.г. је готово занемарљива, практично без утицаја на енергетски биланс Београда. Постоји свега неколико десетина

објеката који користе сунчеву енергију за задовољење топлотних потреба. Увођењем подстицајних тарифа за електричну енергију добијену из обновљивих извора, где је највећа субвенционисана вредност одређена управо за соларну енергију, стварају се претпоставке за пробој технологије фотонапонских панела за добијање електричне енергије. Београд представља подручје сасвим солидних потенцијала. Од 2010. као базне године за ово истраживање постоји извесно повећање број објеката који користе соларну енергију за добијање топлотне или електричне енергије, али поново број није велик. Поред тога, у последње две године почела је употреба енергије Сунца и у јавном и комерцијалном сектору за потребе јавног осветљења појединих објеката, шеталишта, или за грејање базена, што је сигурно охрабрујући знак.

Ипак, што се тиче стања у 2010. години, ради јединственог приказивања потрошње свих енергената и ради стимулисања што већег учешћа соларне енергије, претпоставићемо њено учешће у потрошњи са око 0,01 % у сектору домаћинства, што у јединицама енергије износи 0,83 GWh.

Потрошња биомасе

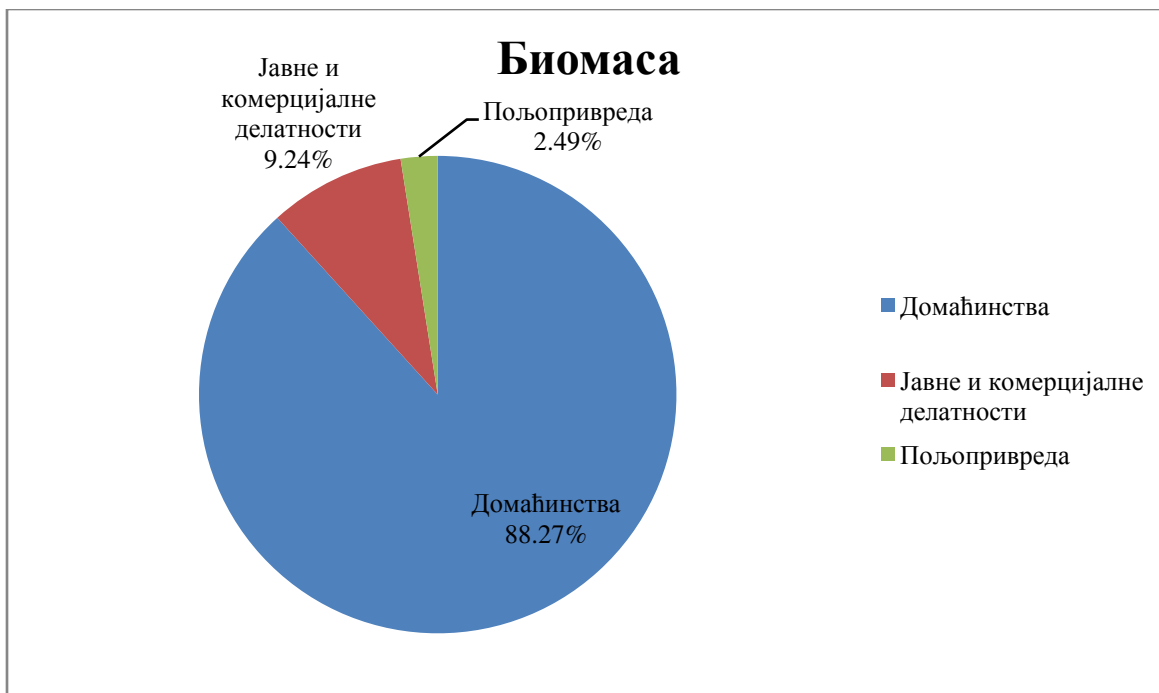
Карактеристика потрошње биомасе на територији Београда у 2010.г. је да се доминантно користи огревно дрво. Овај традиционални начин грејања и даље има своје важно место у многим приградским насељима. Ипак, гасификација, али и прелазак на друге облике грејања, као последица жеље за већим комфором, у складу са могућностима, доводи до постепене супституције огревног дрвета. Међутим, са друге стране постоји постепени раст потрошње пелета и брикета, што је начин грејања за нијансу повољнији од употребе природног гаса. Због тога, са једне стране, смањује се потрошња огревног дрвета, а повећава потрошња пелета и брикета, што се остварује кроз аутоматизован процес, комфорнији него коришћење огревног дрвета.

С обзиром да се биомаса углавном користи у домаћинствима која овај енергент набављају само делимично кроз стоваришта, а много више на црном тржишту или из сопствених шума, потрошњу биомасе је најтеже проценити. Због тога је и у овом случају преузета процена из Стратегије за 2006. и 2012.г, па је интерполацијом добијена процена за 2010.г, при чему се мора рачунати да постоји извесно одступање од тачног резултата. Ова процена је приказана у табели 13. [17] У секторима индустрије и саобраћаја није забележена потрошња биомасе. Ипак, постоје европске директиве које ће у наредном периоду обавезати и Србију да испуни задатак о процентуалном учешћу биодизела у саобраћају.

Табела 13. Потрошња биомасе у Београду у 2010.г. по секторима (GWh)

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда	Укупно
Биомаса	860,70	90,13	0	0	24,20	975,04

На слици 14 приказано је процентуално учешће 3 сектора у укупној потрошњи биомасе на територији Београда у 2010.г. Поред очигледне доминације у сектору домаћинстава, битно је нагласити велики потенцијал употребе биомасе у сектору пољопривреде, тј. коришћење на месту њене производње.



Слика 14. Учешће сектора у укупној потрошњи биомасе у Београду у 2010.г.

Укупна потрошња финалне енергије

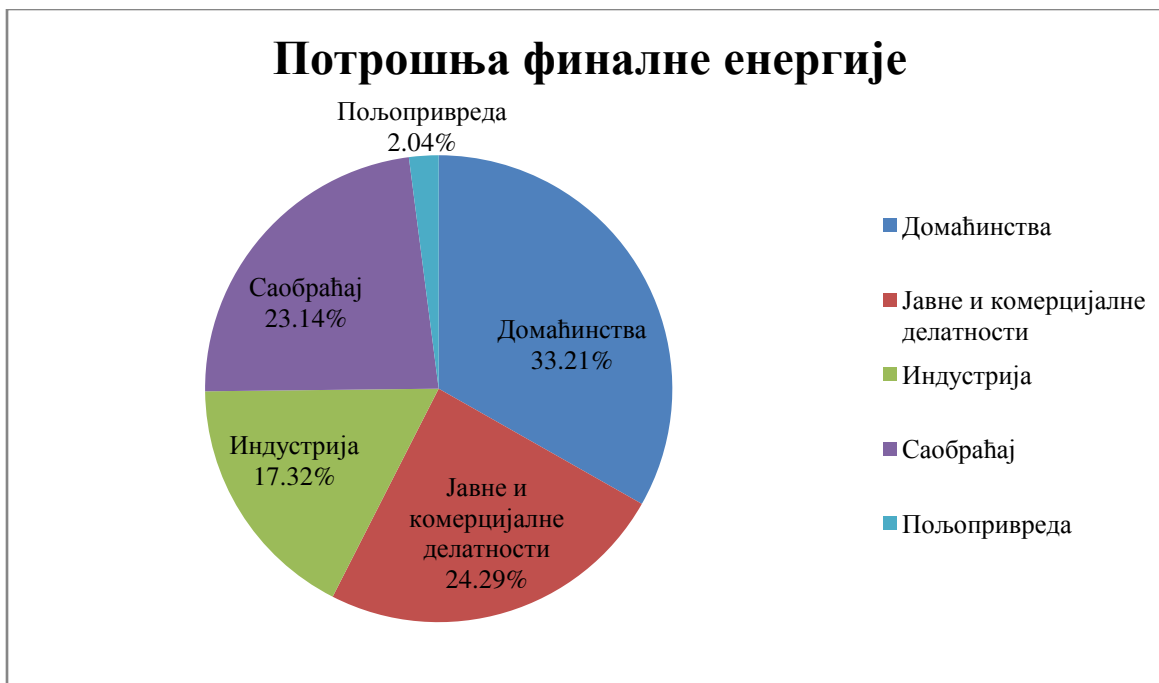
Обједињавањем претходних табела добија се интегрална табела потрошње финалне енергије у Београду у току 2010. године (табела 14). Она истовремено садржи и енергенте и секторе потрошње, па даје прегледну слику о потрошњи финалне енергије. Иако су неки енергенти, као соларна енергија, присутни у занемарљивом обиму, они су стављени посебно да би заузели место у табели ради каснијих поређења у пројекцијама потрошње у 2030.г. када се очекује да играју знатно важнију улогу у енергетском билансу Београда.

Табела 14. Потрошња финалне енергије по секторима у 2010.г. у Београду у GWh.

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда
Електрична енергија	3.910,24	2.299,25	760	201,9	98,41
Природан гас	337,39	69,17	599,24	0	0,59
Угаљ	639,75	93,16	1022	0	23,11
Течна горива	68,43	2.744,46	1.936	5.566,8	363,44
Даљинско грејање	2446,89	756,13	0	0	0
Геотермална енергија	16	4	0	0	0
Соларна енергија	0,83	0	0	0	0
Биомаса	860,70	90,13	0	0	24,20
Укупно	8.280,23	6.056,30	4.317,24	5.768,7	509,75
УКУПНО – сви сектори	24.932,22				

У табели су дате вредности потрошње енергије у GWh. Евидентно је да је превелика употреба електричне енергије у домаћинствима последица политике њених ниских цена, због чега се у великој мери користи за грејање. Затим, употреба обновљивих извора се огледа углавном у традиционалном грејању на дрва у приградским насељима, мада се може приметити почетак и све интензивније коришћење геотермалне енергије. Осим ње, последњих година, мада углавном после 2010. године, почела је употреба соларне енергије и поготово пелета за задовољавање топлотних потреба индивидуалних објеката. Употреба природног гаса је још увек мала у поређењу са потенцијалима, мада је последњих 10-ак година вишеструко увећан број гасифицираних домаћинстава и осталих потрошача.

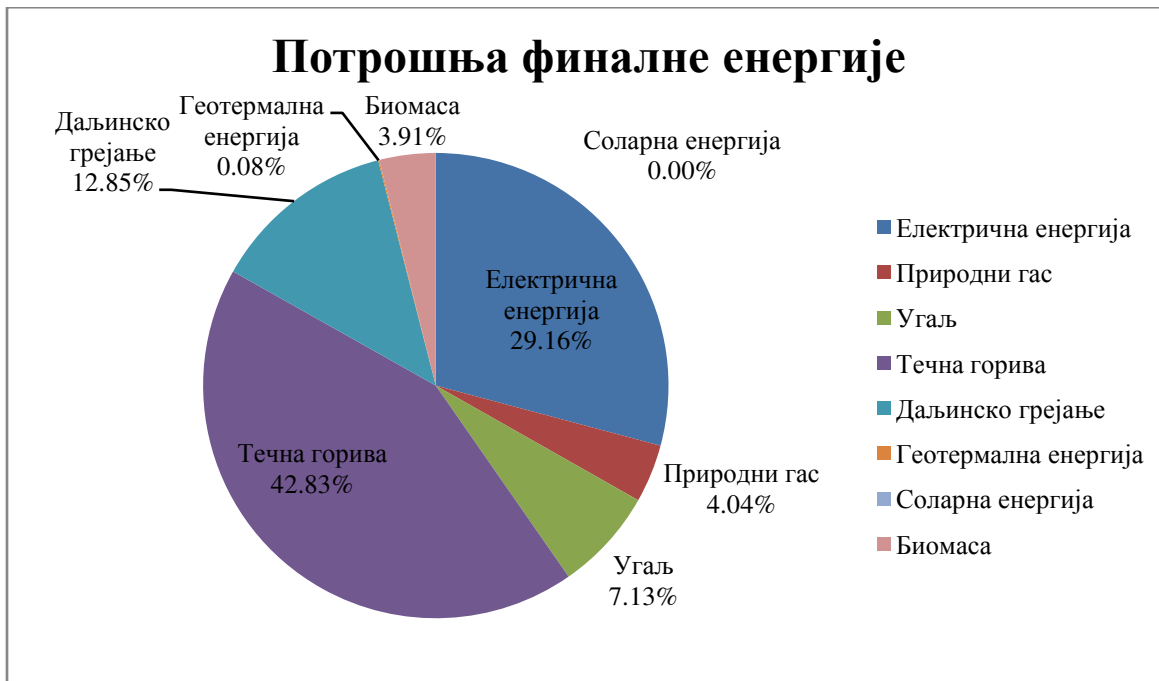
Наредне две слике 15 и 16 дају квалитетну информацију о потрошњи финалне енергије у Београду. Оне на првом месту разоткривају неповољну структуру привреде, где индустрија и пољопривреда заједно троше само око 20% енергије, а сектори домаћинстава и јавних и комерцијалних делатности заједно 3 пута више. Неке од последица кризе од 90-тих година 20. века је затварање фабрика и напуштање села и бављења пољопривредом, што се види у првој од две слике.



Слика 15. Удео сектора потрошње у потрошњи финалне енергије у Београду у 2010.г.

На овој слици види се доминација течних горива, највише захваљујући саобраћају, што је и логично, али би овај проценат био свакако мањи да се течна горива, која су еколошки неповољна, мање користе за грејање. Један од начина за превазилажење овог проблема је управо гасификација, која не напредује довољно брзо, што се такође види на слици. Удео природног гаса од око 4% у потрошњи финалне енергије је премали, а раније је констатовано да постоји огроман потенцијал за гасификацију приградских насеља. Удео даљинског грејања је солидан, захваљујући чињеници да Београд има један од два највећа система даљинског грејања на Балкану, који греје половину града, али би ефикасност тог система могла ипак бити већа.

Ова критика актуелног стања потрошње финалне енергије има основни циљ да се суочи са стварним стањем и лоцира огромне потенцијале за промену структуре потрошње интензивнијим коришћењем обновљивих и еколошки повољнијих извора енергије, као и повећање енергетске ефикасности.



Слика 16. Удео енергената у потрошњи финалне енергије у Београду у 2010.г.

Потрошња енергената у систему даљинског грејања

С обзиром да истраживање третира углавном финалну потрошњу енергије, даљинско грејање има третман извора енергије. Међутим, ради стварања потпуне слике о потрошњи енергије у Београду, потребно је представити и податке о потрошњи енергената који користи систем даљинског грејања, односно топлане и котларнице које припадају овом систему.

У табели 15 наведено је процентуално учешће сваког енергената у укупној потрошњи у 2010.г. и 2013.г. Издваја се као доминантна употреба природног гаса, јер све велике топлане углавном раде на гас осим у случајевима поремећаја снабдевања гасом када прелазе на мазут који углавном користе мање топлане. Примена пелета и брикета представља супституцију угља, док се извори на угаљ и лож уље постепено гасе као последица програма гашења котларница. Циљ овог програма је престанак рада котларница на еколошки неповољна горива, које треба да замени ширење мреже даљинског грејања из великих топлана.

Табела 15. Удео енергената у производњи топлотне енергије у даљинском грејању у Београду у 2010.г. и 2013.г.

Енергент	Гас	Мазут	Угаљ	Лож уље	Пелет	Брикет
Удео у 2010. (%)	78,01	20,9	0,47	0,11	0,27	0,22
Удео у 2013. (%)	85,53	13,5	0,4	0,13	0,24	0,20

С обзиром да је од 2010. г. до сада прошло 3 године, и ови параметри су претрпели одређене промене. Очигледно је повећање потрошње еколошки повољнијег природног гаса на штрб мазута и у мањој мери угља. Ипак однос учешћа природног гаса и мазута је подложен променама као последица промена цена ова два горива.

У току 2010. године за рад београдских топлана утрошено је у различитим енергентима укупно око 335.000 тона еквивалентног мазута (тен). Годишње топлотни извори у систему даљинског грејања у Београду потроше до 350.000.000 См³ гаса, око 46.000 тона мазута, 3.200 тона угља, 500.000 литара лож уља, око 2.000 тона пелета и 1.500 тона брикета.

Сви ови подаци говоре о величини и сложености система даљинског грејања у Београду, али и сликовито потврђују чињеницу да је овај систем, односно ЈКП Београдске електране највећи потрошач природног гаса у Србији.

6.3. ПРОЈЕКЦИЈЕ ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ДО 2030.Г.

Ради процене кретања енергетске потрошње, потребно је најпре проценити кретања општих, неенергетских параметара који су уско узрочно-последично повезани са потрошњом. Тако имамо:

1. Број становника Београда – процењује се, на основу досадашњих стопа раста последњих година да ће број становника са 1.639.120 у 2010.г. порасти на 1.772.114 у 2030.г; ова процена је иста за сва 3 сценарија: реалан, оптимистичан и песимистичан.

2. Површина пословног и стамбеног простора – у 2010.г. површина стамбеног простора је износила 38.230.000 м², а пословног 37.150.400 м². [53] Процена је да ће до 2030.г. површина стамбеног простора порасти сразмерно порасту броја становништва, тј. за око 8,1 %, и то једнако за сва 3 сценарија. Пораст површине пословног простора је различит и до 2030.г. износи 20, 35 и 50 % за песимистичан, реалан и оптимистичан сценарио респективно. Повећање површине пословног простора уско је повезано са развојем привреде и економије.

3. Раст бруто друштвеног производа (БДП) у Србији у овако дугом периоду је прилично неизван. Међутим, неки показатељи постоје и они се могу имплементирати. У 2011. години раст БДП-а у Србији је износио око 1,5%, мада је првобитно било предвиђено да износи око 3%. Студија Економског института „Од развоја до опстанка“ је изнела неколико сценарија. У „катастрофичном“ који би овде одговарао песимистичном сценарију, очекује се инерција досадашњих економских политика, стања јавног сектора и привредно-системског амбијента, покривање буџетског и спољно трговинског дефицита задужевањем, што би узроковало кризу екстерне ликвидности и немогућност сервисирања јавног дуга. У таквим околностима може се изнети процена да би раст БДП-а износио још мање него наведених 1,5%, па се може проценити на 1% годишње. Са друге стране, у оптимистичном сценарију ова студија процењује да ће годишња стопа раста БДП-а износити 4% до 2015.г, а 5% од 2015. до 2020.г. Овај тренд би могао бити настављен или чак повећан до 2030.г. Осим наведена два крајња сценарија, студија наводи још два сценарија, просоцијални и неоптимистични сценарио. С обзиром да

би ова два одговарала једном реалном сценарију у овој тези, из студије се може извући податак да би у таквом сценарију годишњи раст БДП-а до 2015.г. износио око 3% годишње. Може се претпоставити, у недостатку квалитетних процена за период након тога, да би се у реалном сценарију овај годишњи раст могао наставити и до краја пројектованог периода, тј. до 2030.г. [52,62]

Развој енергетских активности у Србији у периоду до 2030.г у великој мери је зависан од многих чинилаца, међу којима се као доминантни истичу:

- економска снага земље,
- степен отварања земље према капиталним инвестицијама,
- схватање значаја важности енергетике од стране владајуће елите,
- политика цена електричне енергије,
- улагања у обновљиве изворе енергије,
- улагања у енергетску ефикасност итд.

Нови стратешки документи Републике Србије предвиђају значајне промене политике цена електричне енергије и значајније инвестиције у обновљиве изворе енергије и енергетску ефикасност. Побољшања енергетске ефикасности у зградама имала би директан и значајан утицај на потрошњу топлотне енергије. [34,45,48,49]

Формирана су три сценарија, реалан, оптимистичан и песимистичан, који, осим наведених процена општих, економских, привредних и друштвених параметара, третирају кретања енергетских параметара, на првом месту потрошњу енергије. [10]

6.3.1. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према реалном сценарију

Реалан сценарио је формиран као израз енергетске политике чија је несумњива жеља за унапређењем сигурности снабдевања, енергетске ефикасности и заштите животне средине, ограничена реалним околностима. Ограничења се односе на првом месту на расположивост финансијских средстава за инвестиције, како за инвестиције државе и великих компанија у велике енергетске системе, тако и за инвестиције потрошача енергије у енергетску ефикасност објеката, супституцију енергената и примену неког од обновљивих извора. Даље, ограничења могу бити зависна од развоја тржишта енергије, од изграђености инфраструктуре, расположивости енергената итд.

Главне карактеристике реалног сценарија се огледају у следећем:

- умерен пораст цене електричне енергије, тј. нешто више него двоструко у односу на садашњи ниво [39] – 0,12 €/kWh; до ове цене се долази постепеним повећањем од око 15% на сваке 4 године; пораст цене електричне енергије је неминован, како би се омогућио опоравак Електропривреде Србије и прекинула пракса да је племенита електричне енергија социјална категорија; оволики пораст је ипак узео у обзир и социјално одговоран приступ постепеним порастом цене усклађене са економским развојем и стандардом становништва;
- умерени пораст учешћа обновљивих извора у производњи електричне енергије на 30%;
- реално смањење губитака у електричној и топловодној мрежи, у складу са реално процењеним могућностима, са око 15% на 12% за обе мреже; досадашњи ниво губитака у електричној мрежи је недопустиво велик, чак троструко већи него у уређеним мрежама; велике су количине реактивне енергије коју треба компензовати, а има и много случајева тзв. крађе струје која се приказује као губици; наравно да треба тежити да се ових тренутних 15% спусти на ниво од испод 10%, али узимајући у обзир бројне препреке, реално је очекивати смањење

на ниво од 12%; по питању губитака у топоводној мрежи, није реално очекивати да се они смање на 4-5% као у уређеним европским мрежама, али свођење на 10-12% би било технички изводљиво у наредне 2 деценије; ипак, узимајући и овде реалне околности, у овом сценарију 12% се чини реалним и остварљивим;

- умерен ниво увођења обновљивих извора енергије ради супституције фосилних горива и увођења мера енергетске ефикасности; умерен ниво подразумева подршку државе кроз одређене олакшице, подстицаје, програме финансирања и едукацију, али ипак уз ограничења која диктирају расположива средства и доступност извора.

Потрошња енергије у домаћинствима

У сектору домаћинства процењује се да ће повећање потрошње електричне енергије у реалном сценарију износити око 23,5%. [19] Ова процена је заснована на бази процена „Електродистрибуције Београд“ односно као резултат студије која је процењивала потрошњу електричне енергије на територији Београда до 2025. године. Интерполацијом, односно уз претпоставку да ће се исти тренд раста наставити и после 2025.г. је добијена процена да ће 2030.г. потрошња електричне енергије у сектору домаћинства бити за 23,5% већа него 2010.г.

Процена потрошње гаса од 1.000 GWh у 2030.г. што представља троструку вредност у односу на 337,39 GWh у 2010.г. се заснива на реалној гасификацији првенствено приградских насеља, сагласно економској ситуацији и динамици гасификације која траје последњих година. У овом случају број гасифицираних домаћинства би са око 26.000 порастао на око 80.000.

Реалан ниво повећања конзума даљинског грејања, на основу кретања последњих година и тренда смањења годишњег броја прикључења, износи 20% до 2030.г, тј. за 1% годишње у односу на ниво из 2010.г, при чему се очекује смањење потрошње топлотне енергије у објектима потрошача за 10%, као последица спровођења мера енергетске ефикасности у складу са расположивим средствима. Очекивани пораст конзума који се односи на потрошњу топлу воду је за 50% од садашњег стања у

коме се ПТВ-ом снабдева око 30.000 станова. Овде је узето у обзир и реално смањење губитака у топловодној мрежи са садашњих 15 на 12%.

Очекивана је супституција угља еколошки повољнијим и обновљивим изворима, тако да се очекује смањење потрошње угља од око 640 GWh на око 400 GWh у 2030.г. Процењена потрошња соларне енергије са досадашњих мање од 1 GWh би под реалним околностима могла порасте на 20 GWh. Реално је и очекивање да се у извесној мери смањи традиционално грејање на дрва, нпр. за претпостављених око 20%, тј. са око 860 GWh на 700 GWh, али уз интензивнију примену пелета од око 500 GWh, чиме се степен употребе приближава класичном грејању на дрва. На нивоу 2010.г. примена овог облика биомасе је била занемарљива, али је у последње 3 године почела његова употреба у многим домаћинствима, због релативно повољне цене што његову експлоатацију чини за неких 5-10% повољнијом од употребе природног гаса.

Потрошња геотермалне енергије је у 2010.г. у домаћинствима износила око 16 GWh, при чему је у периоду од 2 године, тј. до 2012.г. забележено дуплирање потрошње, односно годишње повећање конзума за око 50%. Имајући у виду да је Град Београд предузео низ активности на сагледавању потенцијала и изградњи одређеног броја јавних објеката који користе геотермалну енергију, реално је очекивати да тај степен повећања конзума буде још и већи, тј. просечно за око 12 GWh годишње, односно нешто преко 70% годишње у односу на ниво из 2010.г, што би значило да ће у реалном сценарију потрошња геотермалне енергије у домаћинствима у 2030.г. износити око 250 GWh.

Потрошња енергије у јавним и комерцијалним делатностима

У овом сектору предвиђа се веће повећање потрошње електричне енергије него у сектору домаћинства због очекиваног развоја привреде, и то за око 35% према реалном сценарију, уз смањење губитака и у електричној и у топловодној мрежи са 15% на 12%. Очекивано повећање конзума даљинског грејања је такође веће, па

износи 30%, односно годишње за око 1,5% у односу на ниво из 2010.г. У реалном сценарију се очекује и повећање енергетске ефикасности у објектима прикљученим на даљинско грејање за 5%, што је последица расположивости финансијских средстава за сређивање објеката и инсталација.

Ситуација са гасификацијом, коришћењем угља и обновљивих извора је веома слична као у сектору домаћинства. Степен смањења употребе течних горива и њихова супституција еколошки повољнијим енергентима ће бити последица расположивих финансијских средстава и реализације програма према ESCo моделу. У овом сценарију је предвиђено смањење употребе течних горива и биомасе за око 10%, угља за чак 1/3, а повећање конзума природног гаса на 500 GWh, као средина између оптимистичног и песимистичног сценарија. Соларна енергија би реално могла да, годишњим повећањем конзума од око 1,5 GWh дође до потрошње од 30 GWh, а геотермална да достигне 60 GWh, узимајући у обзир исти раст њеног конзума као у домаћинствима. То значи да би садашњи однос површине стамбеног и пословног простора који користе геотермалну енергију остао приближно исти.

Потрошња енергије у индустрији

Полазна претпоставка која се односи на пројекцију потрошње у овом сектору је пораст индустријске производње и он се, на основу економских предвиђања за период од 2010.-2030.г. процењује на 3% годишње према реалном сценарију. Према садашњем нивоу енергетске ефикасности, то би значило да би у овом периоду потрошња енергије укупно порасла 1,8 пута. Међутим, због повећања енергетске ефикасности које ће бити веома различито по сценаријима, очекује се да се потрошња енергије повећа 1,5 уместо 1,8 пута, што одговара повећању ефикасности од нешто више од 15%, где је урачунато и смањење губитака у мрежи са 15% на 12% у овом сценарију. Претпоставка је да се потрошња електричне енергије мења идентично као укупна потрошња енергије.

Услед развоја индустрије, узимајући у обзир очекиване трендове економског развоја, политику цена енергената и очекивани степен гасификације, повећање потрошње гаса у индустрији би требало да износи 2,5 пута у реалном сценарију. При томе се очекује повећање ефикасности гасних постројења за 5%.

Велики број индустријских постројења ради на еколошки неповољна течна горива, па ће у сваком сценарију расти укупна потрошња течних горива за одређену вредност, услед очекиваног развоја индустрије. Међутим, у реалном и оптимистичном сценарију се очекује смањење процентуалног учешћа ових горива, због веће употребе гаса и обновљивих извора енергије, првенствено биомасе. Важно је напоменути да су процене о потрошњи течних горива за сва 3 сценарија добијене као остатак када се од укупне процењене потрошње у овом сектору одузму процене за све друге енергенте. Процена укупне потрошње финалне енергија је добијена тако што је узета претпоставка да је њен степен раста идентичан као потрошња електричне енергије, при чему су узете и наведене претпоставке о повећању енергетске ефикасности у сваком сценарију.

Очекивано је и извесно смањење потрошње угља. С обзиром на чињеницу да у 2010. није било значајних капацитета који користе биомасу, процене су да су потенцијали њене употребе у индустрији значајне, па се, логично, највеће процене односе на оптимистичан, а најмање на песимистичан сценарио, док се процена потрошње у реалном сценарију налази на средини између ова два, на неких 500 GWh. Овде су облици биомасе, укључујући и пелет, обједињени у једну рубрику, али се може претпоставити да би учешће пелета у укупној потрошњи биомасе било око половине.

Потрошња енергије у саобраћају

При анализи сектора саобраћаја у граду као Београд, адекватна је подела на два подсектора: 1. јавни саобраћај и 2. аутомобили и мотоцикли. Веће учешће јавног саобраћаја је пожељно јер то значи мање гужве, али и мање загађење фосилним

горивима. Учешће јавног саобраћаја у 2010.г. је износило 23,38%, док се предвиђа да ће оно у 2030.г. бити 26,32% у реалном сценарију. Подаци о односу потрошње између ова два подсектора у 2010.г. су преузети из градског Секретаријата за саобраћај.

Процена потрошње енергије у сектору саобраћаја за 2030.г. је неопходна ради комплетирања истраживања за све секторе. Стратегија развоја енергетике града Београда је проценила да ће укупна потрошња енергије у саобраћају у 2030.г. износити 9450 GWh. Тежећи да и ова теза не одступа превише од ове вредности, она само благо коригована, тј. заокружена на 9500 GWh. Стратегија није анализирао различите сценарије.

Претпоставка овог рада је да је укупна потрошња енергије за сва 3 сценарија приближно иста, али са различитом структуром. Изградња метроа, па макар и само једне линије, би начинила велики корак у правцу веће употребе јавног превоза. Процена из која говори о потрошњи електричне енергије у саобраћају у 2030.г. у реалном сценарију узима у обзир једну линију метроа. Међутим, с обзиром на чињеницу да још увек није урађена студија изводљивости изградње београдског метроа, па не постоји процена о многим параметрима, између осталог и о годишњој потрошњи електричне енергије за метро, ова процена је веома груба и представља на првом месту жељу да изградња подземне железнице заузме место у планирању развоја саобраћаја у Београду.

Табеле за сектор саобраћаја су урађене у нешто другачијем облику него за остале секторе, с обзиром на то да је претпостављена потрошња идентична за сва три сценарија у 2030.г, па су у табели дати само процентуални удели различитих енергената у укупној потрошњи.

Овде је претпоставка да ће потрошња енергије у јавном саобраћају порасти за око 85%, тј. на 2.500 GWh. По реалном сценарију, процентуални удео електричне енергије је дуплиран, захваљујући највише увођењу прве линије метроа, што је

претпоставка овог сценарија. Потрошња дизела се повећава услед развоја града, али се његов процентуални удео знатно смањује, са око 85% на 64%, услед поменутог већег коришћења метроа. Претпостављен је и удео течног нафтног гаса (LPG) и компресованог природног гаса (CNG) од по 3%.

По питању аутомобилског саобраћаја, реалан сценарио предвиђа повећање потрошње са 4420 на око 7000 GWh. При томе, удео бензина се смањује са 70% на 60%, док у апсолутном износу потрошња бензина расте. Удео дизела благо расте захваљујући усавршавању технологија, а течног гаса би реално требало да бележи и нешто већи раст, нпр. са 15% на 20%. У аутомобилском саобраћају своје место почиње да заузима и електрична енергија и CNG са 1,5% односно 2%.

Потрошња енергије у пољопривреди

Сектор пољопривреде је у много чему сличан индустрији, што важи и за све коефицијенте пораста производње и енергетске ефикасности. То значи да се и у овом сектору, у реалном сценарију, очекује повећање производње у пољопривреди за 3% годишње, односно повећање потрошње енергије за 50% до 2030.г. Као и у индустрији, и овде је степен пораста потрошње електричне енергије везан за пораст укупне потрошње енергије, исти су и губици у електричној мрежи, а такође је и процена потрошње течних горива за сва три сценарија добијена као остатак када се од укупне потрошње финалне енергије у пољопривреди одузме потрошња осталих енергената.

Једина разлика је што очекивано повећање конзума природног гаса треба да износи нешто више него у индустрији, тј. 3 пута, уз смањење специфичне потрошње гаса услед повећања ефикасности за 5% у реалном сценарију.

6.3.2. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према оптимистичном сценарију

Оптимистичан сценарио представља наду да ће се догодити интензиван развој економије и енергетике, у границама могућег, уз веома мало препрека. Повољна клима за инвестиције, отварање европских фондова, интензиван развој привредних грана узроковали би у овом сценарију и пораст стандарда становништва, доступност различитих извора енергије и разноврсне програме повећања енергетске ефикасности и улагања у коришћење обновљивих извора.

Основне карактеристике оптимистичног сценарија су:

- значајнији пораст цене електричне енергије, тј. нешто више него троструко у односу на садашњи ниво – 0,17 €/kWh, као резултат повећања цене за око 50% више него код реалног сценарија; у том случају, пораст цене електричне енергије од око 23% на сваке 4 године би био усклађен са интензивним економским развојем и порастом стандарда становништва, као и са европском политиком цена електричне енергије;
- интензивнији пораст учешћа обновљивих извора у производњи електричне енергије на 35%;
- значајно смањење губитака у електричној мрежи са 15% на 8% и у топоводној мрежи са 15% на 10%, што ће бити последица већег инвестирања у смањење губитака, компензацију реактивне енергије, спречавање крађе струје, реконструкцију топоводне мреже итд.
- реализовање више пројеката увођења обновљивих извора и спровођење великог броја пројеката за повећање енергетске ефикасности, што представља остварење националног интереса.

Потрошња енергије у домаћинствима

Оптимистичан сценарио предвиђа повећање потрошње електричне енергије од само 10% захваљујући интензивној супституцији грејања другим енергентима уместо електричном енергијом и коришћењу ефикасних електричних уређаја. Конзум даљинског грејања се, захваљујући интензивној градњи, повећава за чак 30%, тј. за 1,5% годишње у односу на ниво из 2010.г, уз повећање енергетске ефикасности у зградама за чак 15% и дуплирање постојећег конзума потрошне топле воде, који у 2010.г. учествује са око 2% у укупно утрошеној топлотној енергији у систему даљинског грејања. Оптимистичан развој предвиђа и значајније смањење губитака у топоводној мрежи са 15% на 10%.

Супституција фосилних горива обновљивим изворима, нарочито геотермалном енергијом и пелетом, је интензивнија, као и гасификација. Потрошња соларне енергије би могла да нарасте на чак 50 GWh, у случају интензивне примене подстицајних мера и пораста стандарда. У оптимистичном сценарију би употреба геотермалне енергије добила широку подршку, па би просечан годишњи раст конзума у домаћинствима у односу на ниво из 2010.г. могао износити просечно 18-20 GWh годишње, што би довело до потрошње од чак 400 GWh у 2030.г, што би свакако представљало велики успех. Употреба пелета би била чак двоструко већа него у реалном сценарију, што би као један од резултата имало смањење потрошње остале биомасе на 500 GWh.

Оптимистичан сценарио предвиђа смањење потрошње угља за чак око 70%, тј. са 640 GWh на око 200 GWh, као и извесно смањење потрошње течних горива са око 68 GWh на 50 GWh. Процењена потрошња гаса у овом сектору од чак 2.400 GWh представља повећање од чак 7 пута у односу на ниво из 2010.г, чиме би практично био испуњен готово сав потенцијал за гасификацију домаћинстава у Београда. Ова процењена вредност је преузета из Стратегије развоја енергетике Београда до 2030.г, али представља заиста оптимистичну процену.

Потрошња енергије у јавним и комерцијалним делатностима

Према оптимистичном развоју догађаја, овај сектор очекује динамичан развој, што ће узроковати и значајно повећање потрошње електричне енергије више, које се може проценити на чак 50%, уз смањење губитака у електричној мрежи са 15% на 8%, што би био одличан резултат. Исти проценат повећања конзума се очекује и у сектору даљинског грејања, где се очекује и повећање енергетске ефикасности у објектима за 10%, тј. за двоструко већи проценат него у реалном сценарију, као последица већег обима инвестиција у ефикасност објеката. Осим тога, оптимистичан сценарио предвиђа смањење губитака у топловодној мрежи са 15% на 10%.

Очекивани ниво супституције течних горива и угља обновљивим изворима и природним гасом је сличан као у сектору домаћинства, што ће у великој мери бити последица већег прилива средстава и реализације програма према ESCo моделу. Конзум течних горива би се смањио за око 3 пута више објеката него у реалном сценарију, а потрошња угља постала три пута мања. Гасификација јавних и комерцијалних објеката би доживела процват, као и у сектору домаћинства, па би потрошња дошла до чак великих 900 GWh. Употреба класичне биомасе би се смањила за 1/3, али би зато од свих облика биомасе пелет преузео примат. Соларна енергија би могла да достигне и потрошњу од 50 GWh, а геотермална енергија би са чак нешто већим растом него у домаћинствима, од око 5 GWh просечно годишње достигла у 2030.г. 100 GWh.

Потрошња енергије у индустрији

Према оптимистичном сценарију, очекивани раст индустријске производње је још већи него према реалном, тј. процењује се на 4% годишње. Према садашњем нивоу енергетске ефикасности, овим растом би до 2030.г. потрошња енергије укупно порасла 2,19 пута. Међутим, оптимистични сценарио подразумева и највеће повећање нивоа ефикасности, па би пораст потрошње износио 1,7 уместо 2,19 пута,

што одговара повећању ефикасности од близу 20%, у шта улази смањење губитака у мрежи са 15% на 8%. И овде је претпоставка да се потрошња електричне енергије мења идентично као потрошња укупне енергије.

Овај сценарио, логично, предвиђа и најинтензивнију гасификацију у сектору индустрије, односно пораст конзума чак 3,5 пута, не само захваљујући изградњи нових фабрика и покретању производње, већ и захваљујући супституцији чврстих и течних горива природним гасом. При томе се очекује повећање ефикасности гасних постројења за 10%. И у овом сценарију постоји повећање потрошње течних горива, нешто мање него у реалном сценарију, али уз већи интензитет развоја индустрије и већу ефикасност. Оптимистичан сценарио предвиђа и значајнији пад потрошње угља, уз велики пробој биомасе од чак 800 GWh.

Потрошња енергије у саобраћају

Учешће јавног саобраћаја у укупном у 2030.г. би, у оптимистичном сценарију порасло са 23,38% знатно више него у реалном, тј. на 31,58%, што би подразумевало пуштање 2-3 линије метроа. У апсолутним износима потрошња у јавном саобраћају би износила 3.000 GWh, а у аутомобилском 6.500 GWh. Оптимистичан сценарио предвиђа интензивно повећање потрошње електричне енергије у јавном саобраћају, захваљујући интензивнијем увођењу метроа, као и веће учешће течног гаса и CNG од по 5%. У аутомобилском саобраћају очекује се интензивирање трендова из реалног сценарија, уз разлику што би већа примена течног гаса, електричне енергије и CNG узроковала смањење процентуалног удела дизела.

Потрошња енергије у пољопривреди

И у оптимистичном сценарију, сектор пољопривреде је у много чему сличан индустрији, што важи и за све коефицијенте пораста производње и енергетске

ефикасности. Разлика је у процени повећања конзума гаса које треба да износи 5 пута уз смањење потрошње гаса услед ефикасности за 10%.

6.3.3. Енергетске активности и потрошња енергије до 2030.г. према песимистичном (Business as usual-BAU) сценарију

Песимистичан сценарио је ипак мало вероватан исход у коме се у периоду од 2010. до 2030.г. готово ништа суштински неће променити, или ће се неки постојећи негативни трендови наставити, што би у овако дугом периоду могло довести у питање поузданост енергетског система.

Основне претпоставке песимистичног сценарија су:

- готово непромењена цена електричне енергије, тј. 0,07 €/kWh која би и даље остала социјална категорија, што би значило и даље да се огроман број потрошача греје на њу уз веома мали степен искоришћења горива; у периоду до 2030.г. то заправо и није промена цене, већ само корекција, имајући у виду садашњу цену која је за око 20% нижа од ове пројектоване за 2030.г; инвестиције би биле минималне што би довело до озбиљних проблема у функционисању електроенергетског система;
- мала промена учешћа обновљивих извора у производњи електричне енергије у односу на садашњи ниво, тј. до 25%;
- одржавање губитака у електричној и топлводној мрежи на садашњем нивоу од 15%, што би значило огромно расипање енергије; у овако дугом периоду, одржавање губитака на овом нивоу, уз повећане захтеве за енергијом и за сигурношћу снабдевања, могло би довести до озбиљнијих поремећаја у снабдевању и квалитету испоруке енергије;
- реализовање симболичних пројеката увођења обновљивих извора и „козметичких“ мера енергетске ефикасности, без озбиљнијег утицаја на енергетски биланс без утицаја на преко потребну сигурност снабдевања.

Потрошња енергије у домаћинствима

Према песимистичном сценарију, повећање конзума у даљинском грејању, као последица лоше економске ситуације а тиме и мање изградње објеката, до 2030.г. износи само 10%, тј. за само 0,5% годишње у односу на ниво из 2010.г, без нових потрошача потрошне топле воде. Енергетска ефикасност домаћинства на даљинском грејању остаје и даље на истом, незадовољавајућем, нивоу, као и губици у топловодној мрежи на нивоу од 15%. Повећање потрошње електричне енергије, која и даље као социјална категорија служи за грејање многих домаћинства, износи чак 30%, без значајнијих мера енергетске ефикасности. Степен гасификације је незадовољавајућ, обим употребе угља готово непромењен, док се потрошња течних горива чак и повећава, услед и даље недовољно добрих услова за примену обновљивих извора и недовољно раширене гасоводне мреже.

Употреба соларне енергије би се попела тек на 5 GWh, што је незадовољавајуће с обзиром на значајан потенцијал. Употреба класичне биомасе би остала на готово непромењеном нивоу, док би употреба пелета доживела тек мали пробој од око 200 GWh годишње, што је знатно мање од његових потенцијала. Повећање конзума геотермалне енергије би било знатно спорије него у последње 2 године, тј. око 5 GWh годишње, што би у 2030.г. довело до потрошње од око 120 GWh.

Процењена потрошња природног гаса у овом сектору од 500 GWh је резултат процене да ће, у случају неповољног развоја догађаја, у периоду од 20 година број гасифицираних домаћинства пораста за свега око 50% или на око 40.000 домаћинства, што је двоструко мањи број него у реалном сценарију.

Потрошња енергије у јавним и комерцијалним делатностима

Очекивано повећање потрошње електричне енергије је у овом сценарију најмање због најмањег развоја привреде, тј. за око 20%, уз непромењене губитке у електричној и топловодној мрежи од око 15%. Очекивано повећање конзума

даљинског грејања је такође најмање, у истом проценту као и у сектору домаћинства, тј за 10%, при чему енергетска ефикасност у објектима остаје непромењена, тј. незадовољавајућа, као последица недостатка средстава за сређивање објеката и инсталација. Ситуација са гасификацијом, коришћењем угља и обновљивих извора је и овде веома слична као у сектору домаћинства. Потрошња течних и чврстих горива би остала готово иста, док би се конзум гасифицираних објеката у овом сектору тек попео са око 69 на 100 GWh. Пелет и соларна енергија би тек почели да се појављују у енергетском билансу са по 10 GWh, а употреба геотермалне енергије би и овде бележила исти проценат раста као и у домаћинствима, што би у 2030.г. довело до потрошње од око 30 GWh.

Потрошња енергије у индустрији

Претпостављени пораст индустријске производње, на основу економских предвиђања за период до 2030.г. износи око 2% годишње према песимистичном сценарију. Према садашњем нивоу енергетске ефикасности, то би значило да ће у овом периоду конзум електричне енергије укупно порасти 1,49 пута. Међутим, чак и у овом сценарију се очекује мало повећање енергетске ефикасности, па би укупно повећање потрошње енергије износило око 1,4 уместо 1,49 пута, што одговара повећању ефикасности за 6% уз непромењене губитке у мрежи. И овде остаје претпоставка да се потрошња електричне енергије мења идентично као потрошња укупне енергије.

Повећање конзума природног гаса у индустрији би требало у песимистичном сценарију да буде најмање, тј. око 1,5 пута, док би овде ефикасност остала непромењена. Очекивано је и смањење процентуалног удела угља, али уз благо повећање његове потрошње. Очекује се, чак и у овом сценарију извесно, незанемарљиво, увођење биомасе од 200 GWh, с обзиром на велике потенцијале којима Србија располаже.

За разлику од друга два, песимистични сценарио предвиђа највећи пораст потрошње течних горива, чак и пораст њиховог процентуалног удела. То повећање је последица још лошије ефикасности услед дотрајалости постројења за које не би било довољно средстава за реконструкцију, али и чињенице да би нека нова индустријска постројења, у случају недовољне гасификације, радила на течна горива.

Потрошња енергије у саобраћају

Песимистичне пројекције предвиђају чак смањење учешћа јавног саобраћаја у укупном са 23,38% у 2010.г. на 21,05% у 2030.г. Ова неповољна структура потрошње енергије у саобраћају је последица процене да у случају неповољног развоја догађаја неће доћи до изградње или до пуштања ниједне линије метроа, што би до 2030.г. могло довести до великих проблема у функционисању саобраћаја у главном граду. У аутомобилском саобраћају укупна потрошња иде чак на 7.500 GWh, са непромењеним процентуалним учешћем енергената, док ће у јавном саобраћају потрошња бити само око 2.000 GWh, уз и даље неповољну структуру потрошње која подразумева учешће дизела од 80% и електричне енергије од 20%, захваљујући неефикасности, без увођења метроа.

Потрошња енергије у пољопривреди

Песимистичан сценарио подразумева слаб развој иначе посрнуле пољопривреде. Најважнија претпоставка је да би очекивано повећање конзума природног гаса износило свега 2 пута, уз непромењен ниво енергетске ефикасности. Све остало је аналогно или врло слично као у сектору индустрије.

6.3.4. Табеларни приказ пројекција потрошње финалне енергије по секторима и по сценаријима

У табели 16 је приказана процена структуре потрошње енергије у сектору домаћинства у Београду до 2030.г. по сценаријима. У овој табели биће посебно исказан пелет, одвојено од осталих облика биомасе, како би се јасније представили његови потенцијали и значај. Међутим, у каснијим табелама, где су обједињени сви сектори потрошње, биомаса ће бити представљена јединственом рубриком.

Табела 16. Структура потрошње финалне енергије у 2030.г. у домаћинствима у Београду (GWh)

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	3.910,24	4.829,15	4.301,26	5.083,31
Природни гас	337,39	1.000	2.400	500
Угаљ	639,75	400	200	600
Течна горива	68,43	70	50	100
Даљинско грејање	2.446,89	2.578,08	2.604,67	2.691,58
Геотермална енергија	16	250	400	120
Соларна енергија	0,83	20	50	5
Биомаса	860,70	700	500	900
Биомаса-пелет	0	500	1.000	200
УКУПНО	8.280,23	10.347,23	11.505,93	10.199,89

Анализирајући добијену табелу може се закључити да се у оптимистичном сценарију процењује највећи пораст потрошње енергије до 2030.г, тј. за преко 38%, што је на првом месту последица пораста стандарда становништа, економског развоја и интензивне гасификације. Овај пораст би био и већи да се не очекује успешна примена мера енергетске ефикасности у многим секторима. У песимистичном и реалном сценарију процењено повећање потрошње износи 23% односно 25% у односу на ниво из 2010.г. Овако блиске вредности не значе да је

реалан сценарио близак песимистичном, већ да се у реалном мерама енергетске ефикасности смањује потрошња чији пораст би, без ових мера, износио преко 30%.

Наредна табела 17 приказује структуру потрошње финалне енергије у сектору јавних и комерцијалних делатности, за сваки дефинисани сценарио. По питању приказивања пелета, и овде важи све исто као и за домаћинства.

Табела 17. Структура потрошње енергије до 2030.г. у јавним и комерцијалним делатностима у Београду (GWh)

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	2.299,25	2.998,17	3.186,46	2.759,1
Природни гас	69,17	500	900	100
Угаљ	93,16	60	30	90
Течна горива	2.744,46	2.500	2.000	2.700
Даљинско грејање	756,13	901,99	964,07	831,74
Геотермална енергија	4	60	100	30
Соларна енергија	0	30	50	10
Биомаса	90,13	80	60	90
Биомаса-пелет	0	50	90	10
УКУПНО	6.056,30	7.180,16	7.380,53	6.620,84

Укупно процењено повећање енергије је и овде највеће у оптимистичном сценарију, за око 22%, док у песимистичном износи мање од 10%, највише захваљујући и даље слабој ефикасности и веома малом порасту привредних активности у овом сценарију за период од 20 година.

Индустрија

Табела 18 која се односи на индустрију приказује предвиђања о потрошњи финалне енергије у овом сектору до 2030.г. Уочљиво је да процењена потрошња у овом сектору за сва три сценарија не одступа превише, тј. око 12%. Узрок оваквој процени је чињеница да је индустрија Београда до те мере ослабљена, да је

одређени помак очекиван у сваком сценарију. Наравно да је највећи развој очекиван у оптимистичном сценарију, тј. за око 57% узимајући у обзир и мере енергетске ефикасности, док је у песимистичном пораст око 40%, у доброј мери захваљујући непромењеној ефикасности и наставку тренда коришћења уобичајених горива у индустрији. У овом сектору сценарији се у највећој мери разликују према структури горива.

Табела 18. Структура потрошње енергије до 2030.г. у индустрији у Београду (GWh)

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	760	1.104,14	1.193,7	1.064
Природни гас	599,24	1.423,2	1.887,61	898,86
Угаљ	1.022	900	700	1.100
Течна горива	1.936	2.330,79	2.199,57	2.781,28
Биомаса	0	500	800	200
УКУПНО	4.317,24	6.258,13	6.780,88	6.044,14

Саобраћај

У наредним табелама представљена је структура потрошње енергије у сектору саобраћаја, подељена у наведена два подсектора.

Табела 19. Структура потрошње енергије до 2030.г. у јавном саобраћају у Београду

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	14,97%	30%	40%	20%
Дизел	85,03%	64%	50%	80%
LPG	0	3%	5%	0
CNG	0	3%	5%	0
УКУПНО	1.348,7 GWh	2.500 GWh	3.000 GWh	2.000 GWh

Ради усклађивања са начином приказивања података за остале секторе, као наставак претходне табеле, можемо приказати сва течна горива у једној рубрици, а потрошњу енергије, уместо у процентима, дати у GWh.

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	201,9	750	1.200	400
Течна горива	1.146,8	1.750	1.800	1.600
УКУПНО	1.348,7	2.500	3.000	2.000

Аналогно као за јавни саобраћај, потрошња у апсолутним јединицама се може приказати и за аутомобиле и мотоцикле у наредној табели у GWh.

Табела 20. Структура потрошње енергије до 2030.г. за аутомобиле и мотоцикле у Београду

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Бензин	70%	60%	55%	70%
Дизел	15%	16,5%	12%	15%
LPG	15%	20%	25%	15%
Електрична енергија	0	1,5%	3%	0
CNG	0	2%	5%	0
УКУПНО	4.420 GWh	7.000 GWh	6.500 GWh	7.500 GWh

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	0	105	195	0
Течна горива	4.420	6.895	6.305	7.500
УКУПНО	4.420	7.000	6.500	7.500

Обједињавајући оба подсектора добиће се јединствена табела 21 за овај сектор.

Табела 21. Структура потрошње енергије до 2030.г. у саобраћају у Београду (GWh)

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	201,9	855	1.395	400
Течна горива	5.566,8	8.645	8.105	9.100
УКУПНО	5.768,7	9.500	9.500	9.500

Већ је било речи о разлозима зашто је претпостављена једнака потрошња енергије за сва три сценарија. Повећање интензитета саобраћаја је, као тренд који траје последњих деценија, неминован и у наредном периоду. Сценарији се највише разликују према структури горива и врсти јавног превоза, што ће највише зависити од опредељења и расположивости финансијских средстава за изградњу једне или више линија преко потребног метроа у Београду.

Пољопривреда

Табела која се односи на процену потрошње енергије у пољопривреди говори о сличности развоја индустрије и пољопривреде. Одређени раст је неминован, а највећи очекиван је у оптимистичном сценарију. Са већим привредним развојем иде и интензивирање гасификације, употреба биомасе на уштрб течних и чврстих горива, што се види и у табели 22.

Табела 22. Структура потрошње енергије до 2030.г. у пољопривреди у Београду (GWh)

Енергент	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Електрична енергија	98,41	142,58	154,57	137,77
Природни гас	0,59	50	100	10
Угаљ	23,11	15	5	25
Течна горива	363,44	476,72	390,66	535,08
Биомаса	24,20	100	200	50
УКУПНО	509,75	784,30	850,23	757,85

Да би се јасно видело стање у оквиру једног сценарија креиране су табеле по сценаријима које садрже преглед потрошње сваког енергента у сваком сектору потрошње. Табела 23. приказује структуру потрошње у реалном сценарију.

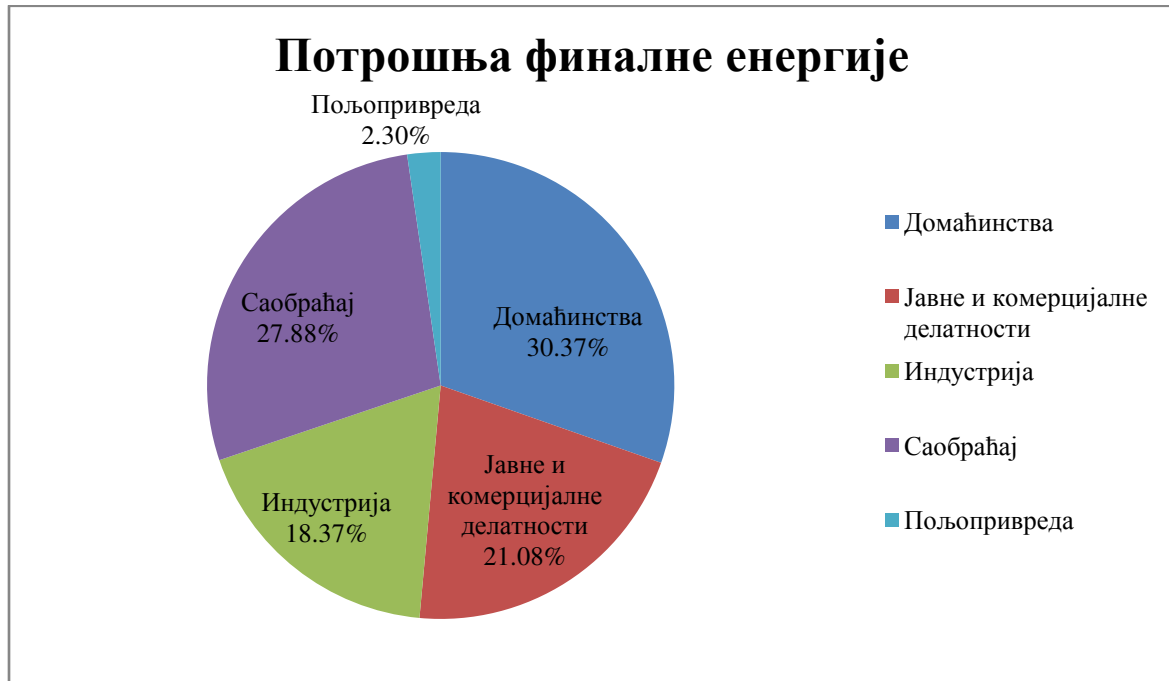
Табела 23. Структура потрошње финалне енергије по секторима у 2030.г. у Београду у GWh према реалном сценарију

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда
Електрична енергија	4.829,15	2.998,17	1.104,14	855	142,58
Природан гас	1.000	500	1.423,20	0	50
Угаљ	400	60	900	0	15
Течна горива	70	2.500	2.330,79	8.645	476,72
Даљинско грејање	2.578,08	901,99	0	0	0
Геотермална енергија	250	60	0	0	0
Соларна енергија	20	30	0	0	0
Биомаса	1.200	130	500	0	100
Укупно	10.347,23	7.180,16	6.258,13	9.500	784,30
УКУПНО – сви сектори	34.069,82				

Да би могла да се изврши анализа података из ове табеле, приказани су дијаграми удела појединих сектора у укупној потрошњи и удела појединих енергената у укупној потрошњи финалне енергије. На слици 17 приказан је удео сектора потрошње у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у реалном сценарију. У апсолутним јединицама, у реалном сценарију сви сектори бележе раст, а укупни пораст потрошње финалне енергије се процењује на око 37%. Поредећи са Стратегијом урађеном 2008.г, која је изнела само један сценарио развоја енергетике до 2030.г, ово је знатно мање повећање потрошње, највише захваљујући императиву енергетске ефикасности који је последњих година добио на значају, али и нешто успоренијем економском развоју који је наступио услед економске кризе започете непосредно по завршетку израде наведене Стратегије.

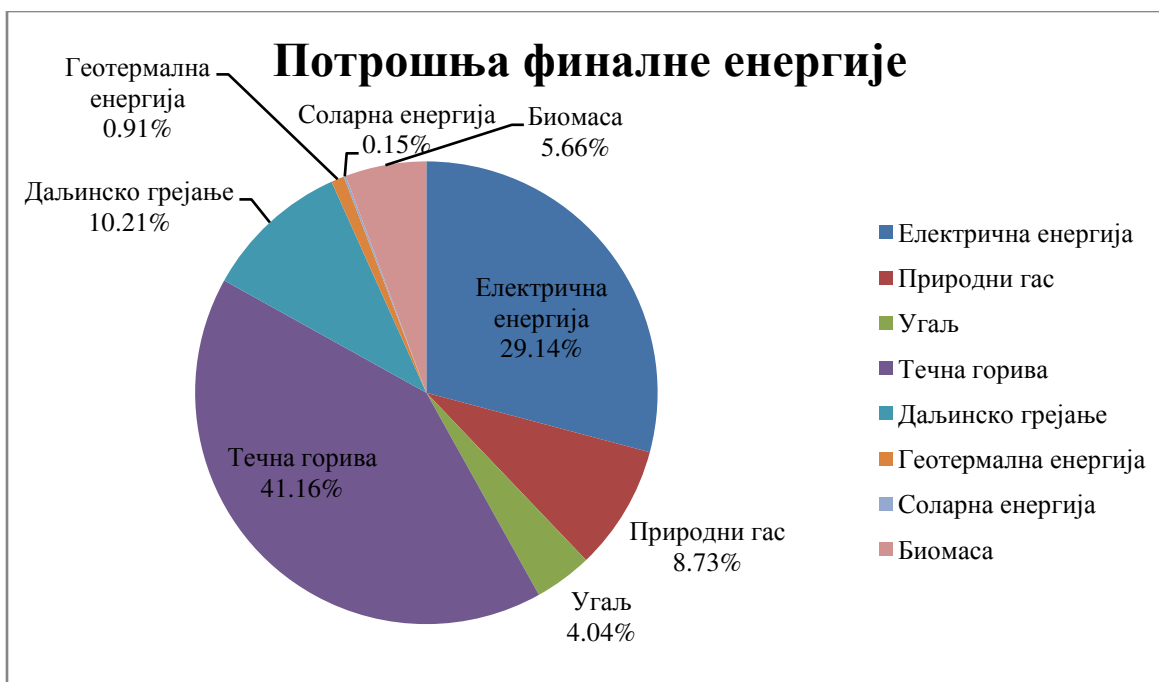
Реалне пројекције показују у односу на стање у 2010.г. смањење удела сектора домаћинства и јавних и комерцијалних делатности, уз пораст процентуалног удела саобраћаја и у одређеној мери пољопривреде. Смањење процентуалног удела у домаћинствима и јавним и комерцијалним делатностима указује на извесну промену неодрживог стања у коме се огромне количине енергије непотребно троше у енергетски неефикасним зградама са лошом изолацијом, столаријом и

инсталацијама. Такође, ово смањење је последица умереног степена увођења обновљивих извора енергије чија употреба је неоправдана без рационалне потрошње енергије.



Слика 17. Удео сектора потрошње у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у реалном сценарију

По питању удела појединих енергената у укупној финалној потрошњи, у односу на стање у 2010.г. постоје извесне промене. И даље би у реалном сценарију требало да остане доминација течних горива и електричне енергије. Док удео електричне енергије остаје приближно исти, удео течних и чврстих горива се очекивано смањује, док удео природног гаса расте значајније. Раст удела ће по овом сценарију бележити и обновљиви извори енергије. Удео енергената у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у реалном сценарију приказује слика 18.



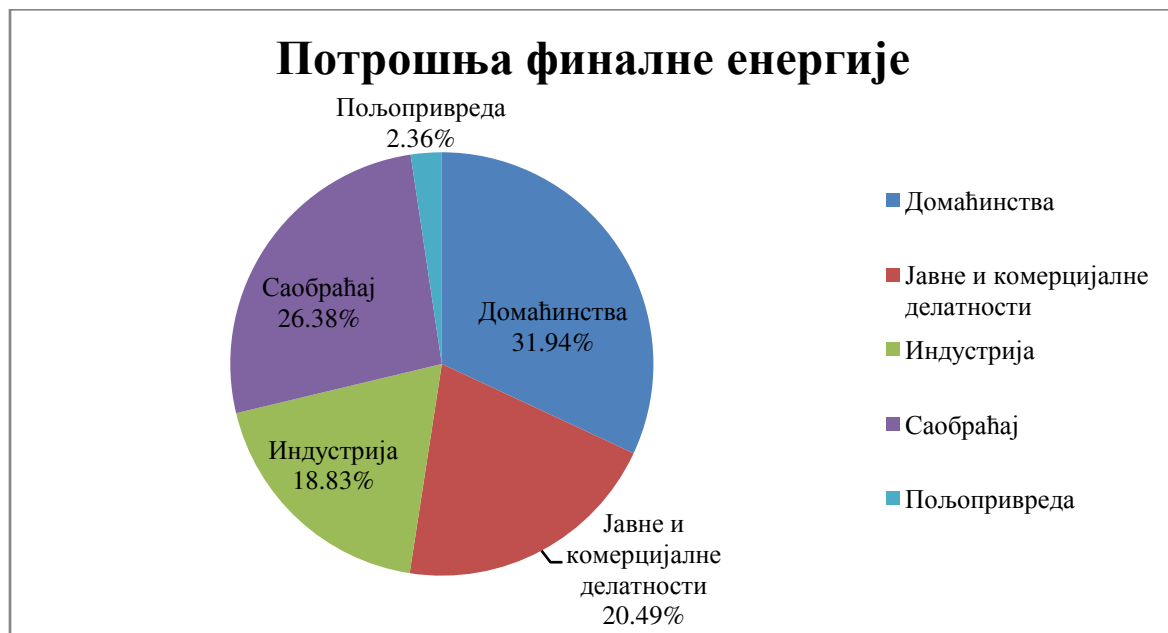
Слика 18. Удео енергената у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у реалном сценарију

Табела 24 и дијаграми дају интегрални приказ процене потрошње финалне енергије по секторима и енергентима у 2030.г. према оптимистичном сценарију. Пораст укупне потрошње енергије према овом сценарију је већи него према осталим и износи нешто преко 44%, али уз највећу енергетску ефикасност, без које би тај пораст био знатно већи.

Табела 24. Структура потрошње финалне енергије по секторима у 2030.г. у Београду у GWh према оптимистичном сценарију

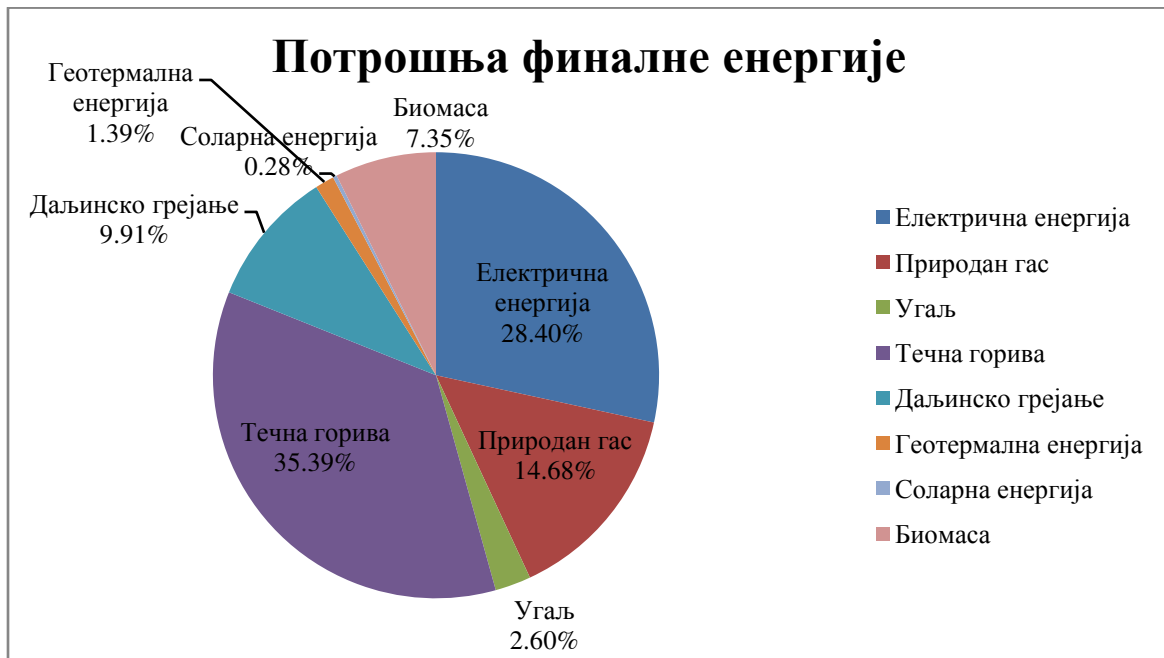
Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда
Електрична енергија	4.301,26	3.186,46	1.193,7	1.395	154,57
Природан гас	2.400	900	1.887,61	0	100
Угаљ	200	30	700	0	5
Течна горива	50	2.000	2.199,57	8.105	390,66
Даљинско грејање	2.604,67	964,07	0	0	0
Геотермална енергија	400	100	0	0	0
Соларна енергија	50	50	0	0	0
Биомаса	1.500	150	800	0	200
Укупно	11.505,93	7.380,53	6.780,88	9.500	850,23
УКУПНО – сви сектори	36.017,57				

У поређењу са стањем у 2010. слика 19 за оптимистичан сценарио приказује смањење процентуалног удела домаћинства и јавних и комерцијалних делатности највише због повећања ефикасности објеката, али и због развоја и раста удела осталих сектора, што подразумева покретање индустријске и пољопривредне производње.



Слика 19. Удео сектора потрошње у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у оптимистичном сценарију

Дијаграм који за оптимистичан сценарио приказује процентуални удео одређених енергената у укупној потрошњи финалне енергије (слика 20) јасно показује интензивирање гасификације и примене обновљивих извора, док са друге стране имамо веће смањење удела течних и чврстих горива, као и електричне енергије него у друга 2 сценарија, услед обимне примене мера енергетске ефикасности у објектима и веће количине расположивих средстава за супституцију еколошки неповољнијих горива.



Слика 20. Удео енергената у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у оптимистичном сценарију

Према песимистичном сценарију укупна потрошња финалне енергије у односу на ниво из 2010. би укупно порасла близу 33%, што је најмањи пораст од сва 3 сценарија. Ниска енергетска ефикасност је један од разлога што овај пораст није мањи. Дакле, најмањи пораст потрошње се очекује у песимистичном (BAU) сценарију, али уз највећу специфичну потрошњу енергије, тј. уз најмањи постигнути енергетски ефекат, захваљујући најнижој ефикасности. Табела 25 представља структуру потрошње финалне енергије по секторима у 2030.г. у Београду у GWh према песимистичном сценарију.

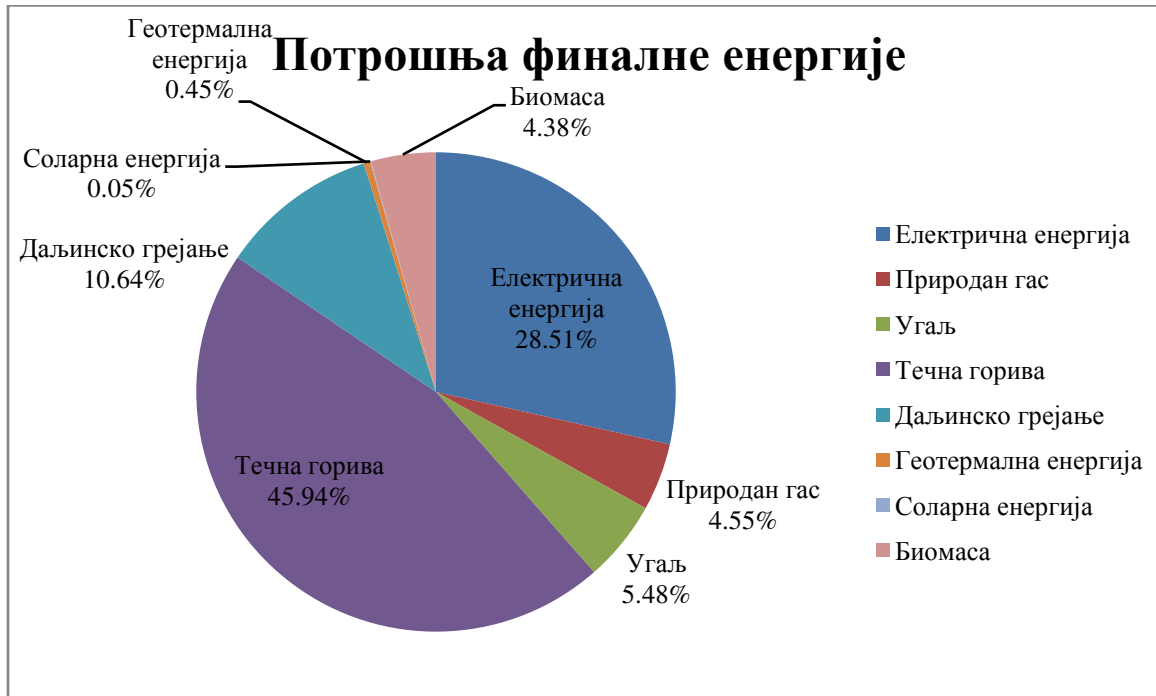
Табела 25. Структура потрошње финалне енергије по секторима у 2030.г. у Београду у GWh према песимистичном сценарију

Енергент	Домаћинства	Јавне и комерцијалне делатности	Индустрија	Саобраћај	Пољопривреда
Електрична енергија	5.083,31	2.759,1	1.064	400	137,77
Природан гас	500	100	898,86	0	10
Угаљ	600	90	1.100	0	25
Течна горива	100	2.700	2.781,28	9.100	535,08
Даљинско грејање	2.691,58	831,74	0	0	0
Геотермална енергија	120	30	0	0	0
Соларна енергија	5	10	0	0	0
Биомаса	1.100	100	200	0	50
Укупно	10.199,89	6.620,84	6.044,14	9.500	757,85
УКУПНО – сви сектори	33.122,72				

Наредна два дијаграма говоре о процентуалним уделима енергената и сектора потрошње у најнеповољнијем сценарију. Посебно је сликовит дијаграм о учешћу енергената јер се показује изразита доминација течних горива као последица недостатка гасификације и примене обновљивих извора енергије.



Слика 21. Удео сектора потрошње у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у песимистичном (BAU) сценарију



Слика 22. Удео енергената у потрошњи финалне енергије у Београду у 2030.г. у песимистичном (BAU) сценарију

На крају анализе по секторима корисно је приказати у једној табели (табела 26) потрошњу енергије за сва три сценарија. Секторе домаћинства и јавне и комерцијалне делатности очекује пораст потрошње енергије, али пад процентуалног учешћа, као последица повећања енергетске ефикасности у објектима, што је најизраженије у оптимистичном сценарију. Са друге стране, секторе индустрије, пољопривреде и саобраћаја очекује пораст и укупне потрошње и процентуалног учешћа, што је последица развоја привреде, поготово у оптимистичном сценарију. Укупна потрошња енергије се мало разликује за различите сценарије, тј. одступа са мање од 9%, али је између њих велика разлика у енергетској ефикасности и задовољењу енергетских потреба.

Табела 26. Укупна потрошња енергије у Београду 2030.г. по секторима (GWh)

Сектор потрошње	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Домаћинства	8.280,23	10.347,23	11.505,93	10.199,89
Јавне и комерци- јалне делатности	6.056,30	7.180,16	7.380,53	6.620,84
Индустрија	4.317,24	6.258,19	6.780,88	6.044,14
Саобраћај	5.768,7	9.500	9.500	9.500
Пољопривреда	509,75	784,30	850,23	757,85
УКУПНО	24.932,22	34.069,82	36.017,57	33.122,72

7. ПРИМЕНА ПРЕДЛОЖЕНОГ МОДЕЛА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА ПРИ ИЗБОРУ ОПТИМАЛНЕ ОПЦИЈЕ РАЗВОЈА ЦЕНТРАЛИЗОВАНОГ СИСТЕМА СНАБДЕВАЊА ЕНЕРГИЈОМ У БЕОГРАДУ

7.1 НОВЕ ПОТРЕБЕ ЗА ТОПЛОТНОМ ЕНЕРГИЈОМ У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА

У централизованом систему снабдевања топлотном енергијом потрошачи се јављају само у секторима домаћинства и јавних и комерцијалних делатности. То је актуелно стање у Београду, а врло је вероватно да и до 2030.г. неће доћи до значајнијих промена. Са једне стране, постоји могућност да нека нова фабрика или индустријско постројење користи технолошку пару, али нису велики изгледи да се потребна пара обезбеђује из система даљинског грејања. Један од разлога за то би могао лежати у цени произведене паре, а други у претпоставци да је за покретање производње технолошке паре у топлани потребно постојање већег конзума. Истина, постоји могућност да дође до производње технолошке паре за индустрију у систему даљинског грејања, али пошто се не ради о великој вероватноћи, за даљу анализу узеће се претпоставка да ће потрошачи топлотне енергије до краја обухваћеног периода постојати само у секторима домаћинства и јавних и комерцијалних делатности.

У складу са овом претпоставком, најпре је потребно предвидети промене у ова два сектора за различите сценарије, у складу са прогнозама економског развоја и изградње објеката, како би се могло доћи до процене будуће потрошње енергије у централизованом систему снабдевања. Овде је важно нагласити да се у овом делу истраживања намерно користи термин „централизовани систем снабдевања“ уместо термина „даљински систем грејања“, како би се отвориле и могућности коришћења извора енергије који могу вршити централизовано снабдевање насеља

или пословних центара топлотном енергијом, а да се при томе не сужава избор само на даљинско грејање.

Нове потребе за топлотном енергијом у сектору домаћинства

Реалан ниво повећања броја потрошача даљинског грејања, на основу трендова претходних година и смањења годишњег броја нових прикључака, од 2010. до 2030.г, би требало да износи око 20%, уз специфично смањење потрошње енергије у зградама за око 10%, као резултат имплементације мера енергетске ефикасности у складу са расположивим ресурсима. Очекивано повећање броја потрошача који користе потрошну топлу воду износи до 50% у односу на тренутну ситуацију у којој око 30.000 домаћинства која користе ПТВ има инсталирани капацитет од око 65 MW.

Оптимистичан сценарио предвиђа повећање потрошње електричне енергије за само 10%, захваљујући интензивној субституцији грејања на електричну енергију грејањем на неко друго гориво и употреби енергетски ефикасних електричних уређаја. Број потрошача даљинског грејања би се по овом сценарију повећао за 30%, захваљујући интензивној градњи нових објеката, док би се број потрошача потрошне топле воде такође дуплирао. Очекује се и интензивна гасификација и супституција фосилних горива обновљивим изворима, на првом месту геотермалном енергијом и биомасом.

У песимистичном (BAU) сценарију, повећање броја корисника даљинског грејања износи само око 10%, без нових потрошача ПТВ, као резултат лоше, тј. непромењене економске ситуације и због тога смањења броја нових објеката. Ниво енергетске ефикасности у домаћинствима остаје исти. Повећање потрошње електричне енергије, која остаје социјална категорија и као таква наставља да се користи за грејање, износи око 30%, без озбиљнијих мера енергетске ефикасности. Степен гасификације је незадовољавајућ, као резултат смањења коришћења чврстих и течних горива.

Нове потребе за топлотном енергијом у сектору јавних и комерцијалних делатности

Очекивано повећање броја потрошача у овом сектору је веће него у сектору домаћинства. Повећање избоси 10%, 30% или 50% према песимистичном (BAU), реалном и оптимистичном сценарију, респективно. У оптимистичном сценарију, очекује се повећање енергетске ефикасности у зградама за 10%, у реалном за 5%, док у песимистичном сценарију ефикасност остаје непромењена, као резултат расположивости финансијских ресурса за сређивање објеката и инсталација. У табели 27 представљена је раније израчуната процена повећања годишње потрошње топлотне енергије у централизованом систему снабдевања у Београду до 2030.г, при чему су израчунате вредности заокружене на целе бројеве, ради каснијег лакшег прорачуна.

Табела 27. Процена повећања годишње потрошње топлотне енергије у централизованом систему снабдевања у Београду до 2030.г. (GWh)

Сектор потрошње енергије	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Домаћинства	2447	2578	2605	2691
Јавне и комерцијалне делатности	756	902	964	832
Укупно	3203	3480	3569	3523
Повећање потрошње енергије	/	277	366	320

Неопходно је узети у обзир резерву за будућа прикључења. Примећује се да разлика између процена за новим потребама за топлотном енергијом по сценаријима није велика. Зато би било практично и прикладно предвидети мало већи, јединствен капацитет за сва три сценарија. Процене броја радних сати могу бити различите, као и тип објеката (стамбени и пословни), што директно утиче на дневни број радних сати. Дневно трајање грејања у Београду, према Одлуци о снабдевању Града Београда топлотном енергијом износи 16 часова, али у пословним зградама оно може бити и мање. Садашњи однос потрошње топлотне енергије стамбеног и пословног простора износи приближно 3:1. Такође, не могу се игнорисати ни периоди када долази до прекида у грејању због повишене спољне температуре. Због варирања свих ових претпоставки, израчунате нове потребе за инсталисаним капацитетом топлотне енергије се крећу у интервалу од 160 до 210 MW. Заокруживањем ових вредности на 200 MW задовољавају се захтеви постављени у сва три сценарија. [11]

7.2. РАЗЛИЧИТЕ ОПЦИЈЕ ЗА ЗАДОВОЉЕЊЕ НОВИХ ТОПЛОТНИХ ПОТРЕБА У ЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ СИСТЕМУ СНАБДЕВАЊА

Под усвојеном претпоставком да потребан капацитет нових извора топлотне енергије у централизованом систему снабдевања износи 200 MW, пожељно је анализирати опције које укључују различите комбинације топлотних извора ради избора оптималне опције. Теоретски, могуће је направити много комбинација, али ако се узму у обзир актуелне околности и трендови, постојећа инфраструктура и потреба за повећањем енергетске ефикасности, намећу се три варијанте:

Опција 1 – Инсталирање 1 или више котлова на природни гас укупног капацитета око 200 MW; ова опција се ослања на постојећу традицију у даљинском систему грејања у Београду, где је природни гас примарно гориво (процентуални удео око 80%);

Опција 2 – Инсталирање 1 или више котлова на природни гас укупног капацитета 140 MW и централизована употреба геотермалне енергије коришћењем топлотних пумпи укупног капацитета 60 MW; ова опција је комбинација прве опције и увођења обновљивих нискотемпературних извора чији је потенцијал у Београду значајан; капацитет од 60 MW је изабран на основу процене да је могуће изградити 200 извора по 300 kW, при чему је овај капацитет добијен на бази процене потенцијала на територији општина Новог Београда и Палилуле, које представљају области значајних потенцијала за интензивну изградњу стамбених и пословних објеката у наредних 20 година, као резултат изградње новог моста Земун – Борча;

Опција 3 – Изградња когенеративног постројења капацитета 152 MW топлотне енергије и централизована употреба геотермалне енергије коришћењем топлотних пумпи укупног капацитета 48 MW; ова опција је комбинација коришћења обновљивих извора и високо ефикасних процеса; овде је важно нагласити да се сва потребна електрична енергија за рад топлотних пумпи добија из СНР постројења.

Све три наведене опције ће бити размотрене кроз три дефинисана сценарија да би се омогућио избор оптималне опције за сваки сценарио.

7.3. ПРИМЕНА ДЕФИНИСАНИХ КРИТЕРИЈУМА НА СЛУЧАЈ ГРАДА БЕОГРАДА

Примена успостављеног мултикритеријумског модела у случају Београда укључује пролазак кроз 3 опције и 3 сценарија, као и кроз 8 установљених критеријума, узимајући у обзир усвојене тежинске коефицијенте.

1. критеријум – инвестициони трошкови

Инвестициони трошкови за све три опције су независни од типа сценарија, тј. једнаки су за сваку опцију и сваки сценарио. Примењујући постављени

модел на први критеријум, инвестициони трошкови се састоје од трошкова извора топлоте, дистрибутивне мреже, прикључења и унутрашњих инсталација грејања. Пошто 2 од 3 дефинисане опције садрже различите изворе топлотне енергије, међу којима је и геотермална енергија, у табели инвестиционих трошкова су трошкови извора топлоте раздвојени на трошкове извора на природни гас, било да је реч о класичној топлани или когенеративном постројењу, и трошкове на геотермалну енергију.

На бази прорачуна које су ЈКП Београдске електране радиле у циљу израде методологије за одређивање цене прикључка, узимајући у обзир актуелну вредност својих извора, инвестициони трошкови извора топлотне енергије на гас се процењују на 100 €/kW, а трошкови дистрибутивне мреже на 75 €/kW. Множењем процењене вредности за изворе и потребног дефинисаног капацитета од 200 kW у првој опцији и 140 kW у другој, добијају се трошкови извора на природан гас за прве две опције. Вредност ових трошкова за трећу опцију, тј. за део који се односи на СНР постројење, износи 228.200.000 € и преузет је из раније поменуте анализе. Трошкови дистрибутивне мреже за све три опције се добијају када се њена процењена вредност од 75 €/kW помножи делом капацитета извора који ради на бази природног гаса, а то је 200 kW за опцију 1, 140 kW за опцију 2 и 152 kW за опцију 3.

Овде нису узети трошкови који се односе на изворе на геотермалну енергију јер се за њих користи другачији начин процене. Наиме, ови трошкови постоје у опцијама 2 и 3, а израчунавају се на основу праксе да комплетна инвестиција везана за коришћење ове врсте енергије, која укључује пројектовање, дозволе, топлотне пумпе, бунаре, као и унутрашње инсталације са грејним телима, може да се изрази специфичним трошковима од 0,7 €/W. Множењем ове процењене вредности са предвиђеним капацитетом од 60 MW за опцију 2 и 48 MW за опцију 3 добијају се инвестициони трошкови везану за геотермалну енергију.

Овде је важно напоменути да се, због оваквог начина процене инвестиционих трошкова геотермалне енергије, даље у трошковима дистрибутивне мреже, прикључења и унутрашњих инсталација, не садрже трошкови објеката који се прикључују на геотермалну енергију. Разлог за овакав начин приказивања трошкова лежи у чињеници да се геотермална енергија углавном у Београду може користити у близини бунара, тј. за грејање неколико објеката или евентуално једног насеља. Иако се ради о централизованом снабдевању топлотном енергијом, ово истраживање не предвиђа повезивање извора геотермалне енергије са постојећим топланама, нити изградњу топлана на геотермалну енергију, јер у Београду још увек нису истражене могућности за то. За такву топлану потребна је температура од најмање 120 °С, а велико је питање исплативости такве инвестиције, с обзиром на потребну дубину бушотине. Осим наведеног разлога, овакав начин приказивања трошкова је примењен и због чињенице да се често комплетна инвестиција изградње инсталација за употребу геотермалне енергије изводи по принципу „кључ у руке“.

Трошкови прикључења на даљинско грејање обухватају трошкове изградње топловодног прикључка, подстанице са измењивачем и потребних дозвола и сагласности. За овај прорачун је искуствено узета претпоставка да дужина једног прикључка износи око 30 m, а да се њиме обезбеђује око 300 kW топлотне енергије. Имајући у виду удео даљинског грејања од 200 MW у првој опцији, 140 MW у другој, а 152 MW у трећој, долази се до закључка да у опцији 1 има 667 прикључака, у опцији 2 има 467, а у опцији 3 има 507 прикључака. Процењени трошкови изградње 1 прикључка износе око 150 €/ m, што узевши у обзир просечну дужину прикључка од 30 m значи да је цена самог прикључка око 4.500 €. Цена топлотне подстанице са измењивачем топлоте износи око 4.000 €, а цена дозвола и сагласности око 2.500 €. Сабирањем ова три трошка добија се укупна цена прикључења од

око 11.000 €. Множењем ове цене са укупним бројем прикључака добијају се вредности наведене у табели.

Инвестициони трошкови унутрашњих инсталација грејања се, укључујући и опрему и уградњу, искуствено процењују на око 23 €/m². Ради калкулације ових трошкова узета је претпоставка да топлотни губици у новим објектима износе око 75 W/m². Ово јесте вредност много мања од садашњег просека у систему даљинског грејања, али је и реална с обзиром на савремене стандарде градње и актуелно увођење енергетских пасоша. Узимајући у обзир све претпостављене вредности, долази се до вредности у табели 28 уз подсећање да су трошкови унутрашњих инсталација приказани у оквиру трошкова за геотермалну енергију, као и сви други инвестициони трошкови везани за коришћење ове енергије.

Табела 28. Инвестициони трошкови за све три опције

Опције	Трошкови извора - природни гас (€)	Трошкови - геотермална енергија (€)	Трошкови дистрибутивне мреже (€)	Трошкови прикључења (€)	Трошкови унутрашњих инсталација грејања у зградама (€)	Укупни инвестициони трошкови (€)
Опција 1	20.000.000	/	15.000.000	7.337.000	61.300.000	103.637.000
Опција 2	14.000.000	42.000.000	10.500.000	5.135.900	42.910.000	114.545.900
Опција 3	228.200.000	33.600.000	11.400.000	5.566.000	46.600.000	325.366.000

2. критеријум – експлоатациони трошкови

Експлоатациони трошкови за Опцију 1 су различити у зависности од сценарија и састоје се од два главна елемента:

- трошкова одржавања процењених на 1 €/kW годишње који не зависе од сценарија;
- трошкова природног гаса - пошто је гас увозно гориво, његова цена не зависи од различитих сценарија економског развоја у Србији;

претпостављена је цена гаса од 350 €/1000 m³ у свим сценаријима, његова доња топлотна моћ од 34 MJ/m³, а степен искоришћења горива тј. гаса $\eta=0.92$; у реалном сценарију, губици у мрежи даљинског грејања се до 2030. смањују са 15% на 12%, у оптимистичном на 10%, а у песимистичном (BAU) сценарију остају на нивоу од 15%; у реалном сценарију потребно је годишње обезбедити 277 GWh топлотне енергије за потрошаче, у оптимистичном 366 GWh, а у песимистичном 320 GWh; калкулацијом која узима наведене претпостављене вредности добија се да је потребна количина гаса у реалном сценарију 31.879,79 m³, у оптимистичном 42.122,76 m³, а у песимистичном 36.828,64 m³, а одавде се множењем са наведеном ценом гаса добијају трошкови природног гаса кроз различите сценарије за опцију 1.

Код Опције 2 постоје 2 основна елемента експлоатационих трошкова, трошкови котлова на гас и трошкови геотермалне енергије. Експлоатациони трошкови код котлова на гас се добијају на исти начин као код Опције 1, само што се ради о капацитету од 140 уместо 200 MW, па због тога и овај део трошкова у опцији 2 износе 70% одговарајућих из опције 1. Експлоатациони трошкови везани за геотермалну енергију се састоје од:

- трошкова одржавања који се процењују на 0,5% инвестиције годишње,
- трошкова годишњих такси – 400 € по бунару; капацитет од 60 MW се, према узетим претпоставкама, састоји од 200 бунара по 300 kW,
- трошкови електричне енергије за рад топлотне пумпе – узимајући у обзир да COP просечно износи 4; раније је претпостављен раст цене електричне енергије на 0,12 €/kWh у реалном, на 0,17 €/kWh у оптимистичном и 0,07 €/kWh у песимистичном сценарију.

Експлоатациони трошкови за опцију 3 се састоје од трошкова за геотермалну енергију, трошкова природног гаса и трошкова одржавања СНР постројења. Са друге стране, овде постоји и приход од продаје електричне енергије произведене у СНР постројењу. Трошкови одржавања СНР постројења се процењују на 30 €/kW, а инсталирани капацитет овог постројења се процењује на 230 MW. Множењем ове две вредности добијају се трошкови одржавања СНР постројења. Претпоставке наведене анализе су и да ће постројење радити око 3.500 часова у зимском периоду уз просечну потрошњу гаса од 47.898 m³/h и око 3.000 часова у летњем периоду уз просечну потрошњу гаса од 43.897,5 m³/h. [69] Сабирањем ова два производа добија се потребна годишња количина природног гаса од 299.337,95 m³ а множењем ове количине са претпостављеном ценом гаса и трошкови гаса за опцију 3 наведени у табели 29. Приход од продаје електричне енергије се одбија од трошкова – зависно од типа сценарија и цене електричне енергије. Претпоставља се да продајна цена електричне енергије износи око 80% цене која се продаје потрошачима, па износи 0,096 €/kWh за реалан, 0,136 €/kWh за оптимистичан, односно 0,056 €/kWh за песимистичан сценарио. Још треба додати да је поменута анализа предвидела просечан капацитет електричне енергије од 209,616 kW у зимском и 204,222 kW у летњем периоду.

Табела 29. Експлоатациони трошкови и приход за све опције и сва три сценарија (€)

Опције за <u>реалан</u> сценарио	трошкови одржавања гасног/СНР постројења	трошкови гаса	одржавање система за геотермалну енергију	годишње таксе за геотермалну енергију	трошкови електричне енергије	приход од продаје електричне енергије	укупни експлоатациони трошкови
Опција 1	200.000	11.157.928	/	/	/	/	11.357.928
Опција 2	140.000	7.810.550	210.000	80.000	2.493.000	/	10.733.550
Опција 3	6.900.000	104.768.282	168.000	64.000	1.994.400	-124.743.535	-10.848.853
Опције за <u>оптимистичан</u> сценарио	трошкови одржавања гасног/СНР постројења	трошкови гаса	одржавање система за геотермалну енергију	годишње таксе за геотермалну енергију	трошкови електричне енергије	приход од продаје електричне енергије	укупни експлоатациони трошкови
Опција 1	200.000	14.742.967	/	/	/	/	14.942.967
Опција 2	140.000	10.320.077	210.000	80.000	4.666.500	/	15.416.577
Опција 3	6.900.000	104.768.282	168.000	64.000	3.733.200	-183.099.792	-67.466.310
Опције за <u>песимистичан</u> сценарио	трошкови одржавања гасног/СНР постројења	трошкови гаса	одржавање система за геотермалну енергију	годишње таксе за геотермалну енергију	трошкови електричне енергије	приход од продаје електричне енергије	укупни експлоатациони трошкови
Опција 1	200.000	12.890.026	/	/	/	/	13.090.026
Опција 2	140.000	9.023.018	210.000	80.000	1.680.000	/	11.133.018
Опција 3	6.900.000	104.768.282	168.000	64.000	1.344.000	-75.394.032	37.850.250

Пошто имамо и позитивне и негативне вредности, за примену вишекритеријумских метода је потребно трансформисати ове вредности у вредности са истим знаком, а то може бити урађено давањем оцена од 0 до 10. Једно решење је подела овог интервала на два тако што се део интервала од 0 до 5 односи на позитивне, а део од 5 до 10 на негативне вредности. Оцена 5 би, теоретски, значила да су експлоатациони трошкови једнаки приходима. Највећа апсолутна вредност за све опције у свим сценаријима, тј. 67.466.310 €, је узета као једна од граница у интервалу од 0 до 10, а пошто је то негативна вредност та оцена би у овом случају била 10. Иста вредност са позитивним предзнаком би имала оцену 0, али пошто овде нема такве вредности, остали трошкови добијају оцене пропорционално.

Тако, израчунавањем се добијају оцене које мењају експлоатационе трошкове и приходе:

-у реалном сценарију:

4,16 за Опцију 1, односно 4,20 за Опцију 2 и 5,80 за Опцију 3;

-у оптимистичном сценарију:

3,89 за Опцију 1, односно 3,86 за Опцију 2 и 10 за Опцију 3;

-у песимистичном сценарију:

4,03 за Опцију 1, односно 4,17 за Опцију 2 и 2,19 за Опцију 3.

3. критеријум – глобално загревање због емисије CO₂

Емисија CO₂ се стандардно процењује на 1,9 kg/m³ при чему се m³ односи на природни гас као улазно гориво. Узимајући у обзир да је у **Опцији 1** потребно 31.879,79 m³ природног гаса за реалан сценарио, односно 42.122,76 m³ за оптимистичан и 36.828,64 m³ за песимистичан сценарио, множењем са наведеном специфичном емисијом CO₂ добијају се вредности емисије од **60.571,6 t у реалном, 80.033,2 t у оптимистичном и 69.974,0 t у песимистичном сценарију.**

Користећи исту стандардну процењену вредност добија се емисија CO₂ у **Опцији 3** од **568,742 t** која је иста за сва три сценарија. Битно је нагласити да је претпоставка која прати Опцију 3 да се сва електрична енергија потребна за рад топлотних пумпи и осталих делова система за геотермалну енергију добија управо из СНР постројења, те је и емисија штетних материја из овог система већ урачуната у делу који се односи на СНР постројење.

Прорачун је сложенији за **Опцију 2** јер се ради о комбинацији употребе геотермалне енергије и котлова на гас. Због тога и емисија штетних материја треба да буде прорачуната за оба ова случаја. Ова опција разматра различито учешће угља у производњи електричне енергије, потребне за рад топлотних пумпи. Подаци који се налазе у годишњем извештају ЈП ЕПС о стању животне средине [26] омогућавају да се израчуна количина емитованих штетних материја по kWh

електричне енергије произведене у систему ЈП ЕПС из лигнита и хидроенергије чијом употребом се не емитују ове штетне материје. Количина X (kg/GWh) се односи на лигнит и биће приказана у GWh јер се на нивоу целог постројења ради о великим количинама.

Тако, можемо користити следећи прорачун за израчунавање емисија CO_2 за опцију 2:

$$E_2 = 0,7 * E_1 + 0,3 * Q * (1/COP) * X * A / L, \text{ где су:}$$

- E_1 и E_2 – емисије CO_2 за опције 1 и 2,
- 0,7 и 0,3 – удели котлова на гас и геотермалне енергије у укупној производњи топлотне енергије за опцију 2,
- Q – израчунате топлотне потребе које у 2030.г. износе у реалном сценарију 277 GWh, у оптимистичном 366 GWh и у песимистичном 320 GWh,
- COP (coefficient of performance) = 4 – однос добијене топлотне и уложене електричне енергије за рад топлотних пумпи,
- A – процењени удео електричне енергије добијене из лигнита у укупној количини произведене електричне енергије у 2030.г. и износи 70% у реалном, 65% у оптимистичном и 75% у песимистичном сценарију,
- L – процењени губици у дистрибутивној топоводној мрежи у 2030.г. који износе 88% у реалном, 92% у оптимистичном и 85% у песимистичном сценарију,
- X – количина емитованих штетних материја по јединици електричне енергије произведене из лигнита и за CO_2 износи $X = 1.050 \text{ t/GWh}$

Калкулацијом, на основу свих наведених претпоставки и усвојених вредности, добија се процењена емисија CO_2 за **опцију 2** од:

- **59,752.0 t** за реалан сценарио,
- **76,386.9 t** за оптимистичан сценарио,
- **71,217.4 t** за песимистичан (BAU) сценарио.

4. критеријум – емисија NO_x

Да би се добили подаци о емисији азотних оксида из природног гаса, узета је претпоставка да емисије ових материја по јединици улазног горива у новом постројењу износе 0,1 g/GJ. С обзиром на доњу топлотну моћ природног гаса од 34 MJ/m³, прорачуном се добијају емисије NO_x за **Опцију 1 од 108,39 kg у реалном, 143,22 kg у оптимистичном и 125,22 kg у песимистичном сценарију.** На исти начин се добија емисија NO_x за **Опцију 3 од 1.017 kg** која је иста за сва три сценарија. И овде треба ставити напомену да се електрична енергија за рад топлотних пумпи у Опцији 3 добија у СНР постројењу па је емисија за њу већ урачуната код прорачуна емисије СНР постројења.

Код **Опције 2** се примењује иста калкулација као код прорачуна емисија CO₂, али овде специфична емисија NO_x износи X = 1,8085 t/GWh. Као последица тога, емисије NO_x за **Опцију 2 износе 29,96 t у реалном, 35,17 t у оптимистичном и 38,39 t у песимистичном сценарију.**

5. критеријум – емисија SO₂

Пошто природни гас који се испоручује Београду не садржи сумпор, у **опцијама 1 и 3 не постоји емисија сумпор-диоксида.** Емисија ових материја постоји само у **опцији 2** и добија се аналогно као и емисија CO₂ и NO_x. При томе, овде специфична емисија SO₂ износи X = 10,08 t/GWh. Дакле, калкулацијом се за **Опцију 2 добија емисија SO₂ од:**

- **166,58 t** у реалном сценарију,
- **195,49 t** у оптимистичном сценарију и
- **213,46 t** у песимистичном сценарију.

6. критеријум – емисија прашкастих материја

У случају сагоревања природног гаса у **опцијама 1 и 3** емисија прашкастих материја је веома мала, па ће се за овај прорачун узети да је **занемарљива**. Дакле, она постоји само у опцији 2. Примењујући и овде претходни начин прорачуна, узимајући да је специфична емисија $X = 0,657 \text{ t/GWh}$, добија се годишња емисија прашкастих материја за **Опцију 2:**

- **10,86 t у реалном сценарију,**
- **12,74 t у оптимистичном сценарију и**
- **13,91 t у песимистичном сценарију.**

7. критеријум – сигурност снабдевања енергијом

Зависност од увозне енергије, у овом случају природног гаса, може понекад довести до кризе у снабдевању енергијом. У сваком случају, овај ризик може бити знатно умањен изградњом гасовода „Јужни ток“ и складишта природног гаса Банатски двор, Српски Итебеј итд. Пошто се сигурност снабдевања не може егзактно израчунати, она се може оценити оценама у интервалу од 0 до 10. С обзиром на наведено, сигурност снабдевања у случају природног гаса се процењује на **7**, што је уједно и оцена за **Опцију 1 у сва три сценарија**.

Опција 2 је комбинација Опције 1 и примене геотермалне енергије у односу 70:30. Употреба геотермалне енергије као енергента је повољнија са аспекта сигурности снабдевања, јер се користи на месту производње, а и нема увозне зависности. Због тога она има знатно бољу сигурност снабдевања која се процењује на 9. Комбиновањем ове 2 оцене у одговарајућем односу добије се јединствена оцена за сигурност снабдевања за **Опцију 2 у сва три сценарија** која износи $7 \times 0,7 + 9 \times 0,3 = 7,6$.

Оцена сигурности снабдевања за **Опцију 3** се састоји од оцене за геотермалну енергију и за СНР постројење која се процењује на 6, јер осим снабдевања гасом, код ње постоји и извесни ризик од повраћаја инвестиције, што би могло узроковати прекид рада. Комбиновањем ових оцена у одговарајућем односу добија се јединствена оцена за сигурност снабдевања за **Опцију 3** која износи $152 / 200 * 6 + 48 / 200 * 9 = 6,72$ за све сценарије.

8. критеријум – употреба обновљивих извора

И овде се, за поређење опција по сценаријима, као и у претходном критеријуму, користе оцене. У **Опцији 1** где је гориво природни гас, оцена по овом критеријуму је **0** за све сценарије.

У **Опцији 2**, због комбинације прве опције и геотермалне енергије, оцена се добија из прорачуна $140 / 200 * 0 + 60 / 200 * (0,75 + 0,25 * Y) * 10$, где су 0,75 и 0,25 учешћа геотермалне и електричне енергије у добијеној топлотној енергији. Y је удео обновљивих извора у производњи електричне енергије у 2030.г, тј. $Y = 1 - A$. Тако ова променљива износи 30 % у реалном, 35 % у оптимистичном и 25 % у песимистичном сценарију. Вредност 10 представља највишу могућу оцену. Овим прорачуном се добијају оцене **2,47** у реалном, **2,51** у оптимистичном и **2,44** у песимистичном (BAU) сценарију за **Опцију 2**.

У **Опцији 3** постоји аналогија са претходном калкулацијом, па су добијене оцене **1,98** за реалан, **2,01** за оптимистичан и **1,90** за песимистичан сценарио.

7.4. ПРИМЕНА МЕТОДЕ ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА

Након израчунавања вредности за све опције по свим критеријума и у свим сценаријима, испуњени су услови да се за сваки сценарио појединачно формирају

табеле, односно матрице које ће провлачењем кроз метод ELECTRE омогућити одређивање, тј. избор оптималне опције за сваки сценарио.

Финансијски критеријуми имају највећи утицај на одлуку, при чему се може проценити да је у земљама у развоју значај експлоатационих трошкова већи од инвестиционих. У случају Београда процена је да експлоатациони трошкови утичу на одлуку са око 40%, па њихов тежински коефицијент износи 0,40. Важност инвестиционих трошкова је процењена на 25%, а укупан удео еколошких критеријума на 15%. Значај сигурности снабдевања, као и употребе обновљивих извора, се процењује на по 10%. У табели 30 су дати тежински коефицијенти који се користе за поређење различитих опција.

Табела 30. Листа критеријума и одговарајућих тежинских коефицијената

Критеријум	Тежински коефицијент
Инвестициони трошкови	0,25
Експлоатациони трошкови	0,40
Емисија угљен-диоксида	0,05
Емисија азотних оксида	0,04
Емисија сумпор- диоксида	0,03
Емисија прашкастих материја	0,03
Сигурност снабдевања енергијом	0,10
Коришћење обновљивих извора енергије	0,10

Реалан сценарио

Уношењем вредности за свих 8 критеријума и све 3 опције, који се односе на реалан сценарио, добија се табела 31. Треба напоменути да су код појединих критеријума пожељне што веће, а код других што мање вредности, што се у табели приказује као min и max.

Табела 31. Примена методе ELECTRE за реалан сценарио

Критеријум	Инвестициони трошкови (€)	Експлоатациони трошкови (€)	Емисија CO ₂ (t)	Емисија NO _x (t)	Емисија SO ₂ (t)	Емисија прашкастих материја (t)	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
Опција 1	103.637.000	4,16	60.571,6	0,108	0	0	7	0
Опција 2	114.545.900	4,20	59.752	29,96	166,58	10,86	7,6	2,47
Опција 3	325.366.000	5,80	568.742	1.017,0	0	0	6,72	1,98
Начин поређења	min	max	min	Min	min	min	max	max
Тежински коефицијент	0,25	0,40	0,05	0,04	0,03	0,03	0,10	0,10

Од ове табеле се прави квантификована матрица одлучивања (табела 32) која представља предуслов за примену ове вишекритеријумске методе.

Табела 32. Квантификована матрица одлучивања (O) за реалан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
103.637.000	4,16	60.571,6	0,108	0	0	7	0
114.545.900	4,20	59.752	29,96	166,58	10,86	7,6	2,47
325.366.000	5,80	568.742	1.017,0	0	0	6,72	1,98

Затим се од ње прави нормализована матрица (табела 33) одлучивања што је први корак у примени ELECTRE.

Табела 33. Нормализована матрица одлучивања (N) за реалан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,2877	0,5023	0,1053	0,0001	0	0	0,5679	0
0,3180	0,5071	0,1039	0,0294	1	1	0,6166	0,7803
0,9034	0,7003	0,9890	0,9996	0	0	0,5452	0,6255

У другом кораку се добија тежинска нормализована матрица одлучивања (табела 34).

Табела 34. Тежинска нормализована матрица одлучивања (TN) за реалан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,0719	0,2009	0,0053	0	0	0	0,0568	0
0,0795	0,2029	0,0052	0,0012	0,0300	0,0300	0,0617	0,0780
0,2258	0,2801	0,0494	0,0400	0	0	0,0545	0,0625

У трећем кораку добијају се скупови сагласности и несагласности.

$$\begin{array}{ll}
S_{12} = (1\ 4\ 5\ 6) & NS_{12} = (2\ 3\ 7\ 8) \\
S_{13} = (1\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7) & NS_{13} = (2\ 8) \\
S_{21} = (2\ 3\ 7\ 8) & NS_{21} = (1\ 4\ 5\ 6) \\
S_{23} = (1\ 3\ 4\ 7\ 8) & NS_{23} = (2\ 5\ 6) \\
S_{31} = (2\ 5\ 6\ 8) & NS_{31} = (1\ 3\ 4\ 7) \\
S_{32} = (2\ 5\ 6) & NS_{32} = (1\ 3\ 4\ 7\ 8)
\end{array}$$

У четвртном кораку се одавде добија матрица сагласности приказана табелом 35.

Табела 35. Матрица сагласности за реалан сценарио (S)

0	0,35	0,50
0,65	0	0,54
0,56	0,46	0

Аналогно томе, у петом кораку добија се и матрица несагласности (табела 36).

Табела 36. Матрица несагласности за реалан сценарио (NS)

0	1	0,5147
0,3845	0	0,5281
1	1	0

Одавде се прорачуном у шестом и седмом кораку добијају матрице сагласне и несагласне доминације, приказане у табелама 37 и 38, при чему су израчунате потребне вредности $PIS = 0,5100$ и $PINS = 0,7379$.

Табела 37. Матрица сагласне доминације (MSD) за реалан сценарио

0	0	0
1	0	1
1	0	0

Табела 38. Матрица несагласне доминације (MNSD) за реалан сценарио

0	0	1
1	0	1
0	0	0

Одавде се у осмом кораку добија матрица агрегатне доминације (табела 39).

Табела 39. Матрица агрегатне доминације (MAD) за реалан сценарио

0	0	0
1	0	1
0	0	0

У деветом кораку се констатује, на основу матрице агрегатне доминације, која је доминантна опција. **У реалном сценарију очигледно је доминантна Опција 2.**

Оптимистичан сценарио

Аналогно реалном сценарију, примена методе ELECTRE за оптимистичан сценарио такође почиње од табеле 40.

Табела 40. Примена методе ELECTRE за оптимистичан сценарио

Критеријум	Инвестициони трошкови (€)	Експлоатациони трошкови (€)	Емисија CO ₂ (t)	Емисија NO _x (t)	Емисија SO ₂ (t)	Емисија прашкастих материја (t)	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
Опција 1	103.637.000	3,89	80.033,2	0,143	0	0	7	0
Опција 2	114.545.900	3,86	76.386,9	35,17	195,49	12,74	7,6	2,51
Опција 3	325.366.000	10	568.742	1.017,0	0	0	6,72	2,01
Начин поређења	min	max	min	min	min	min	max	max
Тежински коефицијент	0,25	0,40	0,05	0,04	0,03	0,03	0,10	0,10

Табеле 41, 42 и 43 представљају квантификовану, нормализовану и тежинску нормализовану матрицу одлучивања за оптимистичан сценарио.

Табела 41. Квантификована матрица одлучивања (O) за оптимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
103.637.000	3,89	80.033,2	0,143	0	0	7	0
114.545.900	3,86	76.386,9	35,17	195,49	12,74	7,6	2,51
325.366.000	10	568.742	1.017,0	0	0	6,72	2,01

Табела 42. Нормализована матрица одлучивања (N) за оптимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,2877	0,3411	0,1381	0,0001	0	0	0,5679	0
0,3180	0,3385	0,1318	0,0346	1	1	0,6166	0,7806
0,9034	0,8770	0,9816	0,9994	0	0	0,5452	0,6251

Табела 43. Тежинска нормализована матрица одлучивања (TN) за оптимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,0719	0,1365	0,0069	0	0	0	0,0568	0
0,0795	0,1354	0,0066	0,0014	0,0300	0,0300	0,0617	0,0781
0,2258	0,3508	0,0491	0,0400	0	0	0,0545	0,0625

У трећем кораку добијају се скупови сагласности и несагласности.

$$\begin{aligned}
 S_{12} &= (1\ 2\ 4\ 5\ 6) & NS_{12} &= (3\ 7\ 8) \\
 S_{13} &= (1\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7) & NS_{13} &= (2\ 8) \\
 S_{21} &= (3\ 7\ 8) & NS_{21} &= (1\ 2\ 4\ 5\ 6) \\
 S_{23} &= (1\ 3\ 4\ 7\ 8) & NS_{23} &= (2\ 5\ 6) \\
 S_{31} &= (2\ 5\ 6\ 8) & NS_{31} &= (1\ 3\ 4\ 7) \\
 S_{32} &= (2\ 5\ 6) & NS_{32} &= (1\ 3\ 4\ 7\ 8)
 \end{aligned}$$

Табеле 44 и 45 представљају матрице сагласности и несагласности, а табеле 46 и 47 матрице сагласне и несагласне доминације за оптимистичан сценарио.

Табела 44. Матрица сагласности за оптимистичан сценарио (S)

0	0,75	0,50
0,25	0	0,54
0,56	0,46	0

Табела 45. Матрица несагласности за оптимистичан сценарио (NS)

0	1	1
0,3843	0	1
0,7181	0,6794	0

PIS = 0,5100

PINS = 0,7970.

Табела 46. Матрица сагласне доминације (MSD) за оптимистичан сценарио

0	1	0
0	0	1
1	0	0

Табела 47. Матрица несагласне доминације (MNSD) за оптимистичан сценарио

0	0	0
1	0	0
1	1	0

На крају, матрица агрегатне доминације (табела 48) доводи до избора оптималне опције за оптимистичан сценарио.

Табела 48. Матрица агрегатне доминације (MAD) за оптимистичан сценарио

0	0	0
0	0	0
1	0	0

У оптимистичном сценарију очигледно је да је доминантна Опција 3.

Песимистичан (BAU) сценарио

У овом делу приказана је примена методе ELECTRE за песимистичан сценарио.

Примена ове методе почиње од табеле 49.

Табела 49. Примена методе ELECTRE за песимистичан сценарио

Критеријум	Инвестициони трошкови (€)	Експлоатациони трошкови (€)	Емисија CO ₂ (t)	Емисија NO _x (t)	Емисија SO ₂ (t)	Емисија прашкастих материја (t)	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
Опција 1	103.637.000	4,03	69.974,0	0,125	0	0	7	0
Опција 2	114.545.900	4,17	71.217,4	38,39	213,46	13,91	7,6	2,44
Опција 3	325.366.000	2,19	568.742	1.017,0	0	0	6,72	1,90
Начин поређења	min	Max	min	min	min	min	max	max
Тежински коефицијент	0,25	0,40	0,05	0,04	0,03	0,03	0,10	0,10

Табеле 50, 51 и 52 представљају квантификовану, нормализовану и тежинску нормализовану матрицу одлучивања за песимистичан сценарио.

Табела 50. Квантификована матрица одлучивања (O) за песимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
103.637.000	4,03	69.974,0	0,125	0	0	7	0
114.545.900	4,17	71.217,4	38,39	213,46	13,91	7,6	2,44
325.366.000	2,19	568.742	1.017,0	0	0	6,72	1,90

Табела 51. Нормализована матрица одлучивања (N) за песимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,2877	0,6501	0,1212	0,0001	0	0	0,5679	0
0,3180	0,6727	0,1233	0,0377	1	1	0,6166	0,7890
0,9034	0,3533	0,9849	0,9993	0	0	0,5452	0,6144

Табела 52. Тежинска нормализована матрица одлучивања (TN) за песимистичан сценарио

Инвестициони трошкови	Експлоатациони трошкови	Емисија CO ₂	Емисија NO _x	Емисија SO ₂	Емисија прашкастих материја	Сигурност снабдевања енергијом	Употреба обновљивих извора
0,0719	0,2600	0,0061	0	0	0	0,0568	0
0,0795	0,2691	0,0062	0,0015	0,0300	0,0300	0,0617	0,0789
0,2258	0,1413	0,0492	0,0400	0	0	0,0545	0,0614

У трећем кораку добијају се скупови сагласности и несагласности.

$$S_{12} = (1\ 3\ 4\ 5\ 6)$$

$$NS_{12} = (2\ 7\ 8)$$

$$S_{13} = (1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7)$$

$$NS_{13} = (8)$$

$$S_{21} = (2\ 7\ 8)$$

$$NS_{21} = (1\ 3\ 4\ 5\ 6)$$

$$S_{23} = (1\ 2\ 3\ 4\ 7\ 8)$$

$$NS_{23} = (5\ 6)$$

$$S_{31} = (5\ 6\ 8)$$

$$NS_{31} = (1\ 2\ 3\ 4\ 7)$$

$$S_{32} = (5\ 6)$$

$$NS_{32} = (1\ 2\ 3\ 4\ 7\ 8)$$

Табеле 53 и 54 представљају матрице сагласности и несагласности, а табеле 55 и 56 матрице сагласне и несагласне доминације за песимистичан сценарио.

Табела 53. Матрица сагласности за песимистичан сценарио (S)

0	0,40	0,90
0,60	0	0,94
0,16	0,06	0

Табела 54. Матрица несагласности за песимистичан сценарио (NS)

0	1	0,3992
0,3802	0	0,2050
1	1	0

PIS = 0,5100

PINS = 0,6641.

Табела 55. Матрица сагласне доминације (MSD) за песимистичан сценарио

0	0	1
1	0	1
0	0	0

Табела 56. Матрица несагласне доминације (MNSD) за песимистичан сценарио

0	0	1
1	0	1
0	0	0

Матрица агрегатне доминације, кључна за избор оптималне опције, је представљена у табели 57.

Табела 57. Матрица агрегатне доминације (MAD) за оптимистичан сценарио

0	0	1
1	0	1
0	0	0

У оптимистичном сценарију очигледно је да је доминантна Опција 2.

7.5. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Применом вишекритеријумске методе одлучивања на постављени модел који анализира предложене опције за задовољење потреба за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања Београду до 2030.г, добијени су резултати који представљају избор оптималне опције за одређени сценарио.

Подсећања ради, за задовољење капацитета од 200 MW топлотне енергије, Опција 1 је предвидела изградњу котлова на гас. Опција 2 представља комбинацију котлова на гас и употребе геотермалне енергије у односу 70:30, а Опција 3 комбинацију СНР постројења и употребе геотермалне енергије у односу 76:24. Процентуални однос у Опцији 2 је добијен под претпоставком да се може рачунати на око 200 бунара који би у просеку обезбедили инсталирани капацитет од по 300 kW. Овај просечни капацитет је одабран на бази података који говоре да је у перспективним зонама у Београду, где се и очекује интензивнија градња, као што су Нови Београд и лева обала Дунава у зони моста Земун – Борча, могуће рачунати на капацитет од по 350 kW. Због тога је 300 kW узето као просечна вредност која укључује и електричну енергију за рад топлотних пумпи. У Опцији 3 је капацитет геотермалне енергије од 48 MW добијен као остатак до 200 MW, узимајући у обзир поменуто постојећу интерну анализу Града Београда која третира когенеративно постројење капацитета електричне енергије од 230 MWe и топлотне енергије од 152 MWth. [69]

Анализа добијених резултата у реалном сценарију

Применом вишекритеријумске методе одлучивања ELECTRE на постављени модел у реалном сценарију, добија се као оптималан избор **Опција 2**. Логично је за очекивати да је ова опција у предности над две преостале у реалним околностима. За предност Опције 3 би била потребна већа продајна цена електричне енергије добијене у когенеративном постројењу него што је предвиђено реалним сценариом. Због тога у Опцији 3 теже долази до отплате скупе инвестиције изградње

когенеративног постројења, што иде у прилог Опцији 2. Ово је основни разлог за превагу ове опције у реалном сценарију.

Осим тога, Опција 2 је у предности по питању употребе обновљивих извора и због тога и у благој предности по питању сигурности снабдевања. Са друге стране је у неповољнијој позицији у односу на Опцију 3 по питању емисије SO₂ и прашкастих материја, док је у предности по питању емисија CO₂ и NO_x. У Опцији 2 се јавља емисија SO₂ јер се електрична енергија за рад топлотних пумпи добија из постојећих извора, где је доминантно гориво лигнит, док се у Опцији 3 добија у когенеративном постројењу на гас где нема емисије ове штетне материје.

Предности Опције 2 над Опцијом 1 које су јој донеле превагу у реалном сценарију су добре оцене за сигурност снабдевања и употребу обновљивих извора. Инвестициони трошкови су у Опцији 2 благо већи, док су експлоатациони трошкови и емисија CO₂ готово једнаки. Са друге стране, емисије осталих штетних материја су неповољније у Опцији 2, али се применом ELECTRE долази до резултата по коме су ипак предности Опције 2 над Опцијом 1 веће важности него мане.

Анализа добијених резултата у оптимистичном сценарију

У оптимистичном сценарију као оптимална наметнула се **Опција 3**. Њена основна предност у овом сценарију је висока продајна цена електричне енергије која се добија у когенеративном постројењу, што због највеће важности експлоатационих расхода и прихода, надокнађује све мањкавости ове опције у односу на друге, на првом месту по питању инвестиционих трошкова. Овде се долази и до кључног закључка да СНР постројење постаје оптимална опција тек у случају оптимистичног сценарија који подразумева убрзани економски развој и већу цену електричне енергије.

Анализа добијених резултата у песимистичном (BAU) сценарију

У овом сценарију, као и у реалном, резултат спровођења вишекритеријумске анализе је одабир **Опције 2**. То не значи да је реалан сценарио близак песимистичном, већ да предности осталих опција, на првом месту СНР, нису довољно изражене у ова два сценарија.

Веома ниска продајна цена електричне енергије из когенеративног постројења је највећи разлог за веома неповољну позицију Опције 3 у овом сценарију. Опција 2 у односу на Опцију 1 има мало веће инвестиционе трошкове, готово исте експлоатационе трошкове и емисију CO₂, чак и веће емисије осталих штетних материја, али боље оцене за сигурност снабдевања и употребу обновљивих извора енергије, што је довољно за доминацију над Опцијом 1.

7.6. УЛОГА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ТОПЛОТЕ

Нискотемпературни извори топлоте добијају све важније место у савременој енергетици. Њихова примена за задовољење топлотних потреба објеката представља и један од праваца развоја енергетике у Београду. Једна од основних предности ових извора, међу којима су најважније геотермална и соларна енергија, је обновљивост. Да би се могли користити нискотемпературни извори потребно је остварити температурни режим радног флуида који омогућава њихову употребу. То значи да систем грејања треба да ради са нижим температурама. Ови извори се добро комбинују са зидним, подним, плафонским грејањем, употребом fan coil-а као грејних тела итд.

Досадашњи степен употребе нискотемпературних извора у Републици Србији је на незадовољавајућем нивоу. У дисертацији се акценат ставља на геотермалну и соларну енергију као два извора чија потенцијалност на територији Србије, као и

Београда, је сасвим солидна, чак знатно повољнија него у многим европским градовима и земљама где постоји завидна традиција у њиховој примени.

Геотермална енергија се у Београду користи за потребе грејања и хлађења у око 150 стамбених и пословних објеката. Неки од ових објеката, зависно од намене, имају и алтернативни извор енергије. Унутрашње инсталације у објектима су углавном у виду подног, зидног, плафонског грејања, fan coil-а или њихових комбинација.

Укупни познати инсталисани капацитет геотермалне енергије у Београду у 2010.г. износио је око 10 MW, при чему је однос стамбеног и пословног простора 4:1. Процењена потрошња геотермалне енергије, укључујући и око 30 % објеката који нису у евиденцији, износи око 20 GWh годишње. Ова потрошња се налази само у два сектора, домаћинства и јавне и комерцијалне делатности. Наравно, пошто је доминантна потрошња у приватним кућама, за многе од њих не постоји могућност прибављања егзактних података о потрошњи, већ се прорачуни заснивају на проценама на основу информација произвођача и продаваца опреме и извођача радова о инсталисаном капацитету, издашности бунара итд.

Међутим, ко што је већ поменуто, степен примене геотермалне енергије у Београду се повећава, тј. дуплирао се у периоду од 2010. до 2012.г. Томе је допринела и активна политика Градске управе која је, осим израде студије о геотермалним потенцијалима, катастра и информационе базе о познатим геотермалним извориштима, у оквиру својих инвестиција изградила неколико јавних објеката, првенствено образовног типа, који користе геотермалну енергију. Осим јавних објеката, последњих неколико година више савремених пословних објеката, као што су банке, сервиси, страна представништва и др. примењује технологију топлотних пумпи.

Соларна енергија се у Београду још увек премало користи и то углавном у сектору домаћинства. Ради уношења овог енергента у енергетски биланс, највише ради

заузимања места ради будућих пројекција, претпостављено је да је у 2010. г. потрошња соларне енергије у сектору домаћинства износила мање од 1 GWh годишње, док је у осталим секторима занемарљива. У периоду од 2010. до 2013. г. неколико јавних објеката је почело употребу соларне енергије, како помоћу соларних колектора за грејање, тако и помоћу фотонапонских панела за добијање електричне енергије. Тако у Београду сада имамо примену соларне енергије нпр. за грејање базена, осветљење шеталишта, паркова итд. Међутим, и даље је та примена само симбилична и тек у наредних 5-10 година се може очекивати пробој соларних технологија, чему треба да допринесу и подстицајне тарифе које је Влада Републике Србије усвојила за производњу електричне енергије из обновљивих извора и високо ефикасних технологија.

Пројекције коришћења нискотемпературних извора топлоте

- Геотермална енергија

У дисертацији је потрошња геотермалне енергије сагледана кроз два облика. Први је у табелама наведен као „геотермална енергија“ и односи се управо на енергију подземних вода и стена која се може искористити за грејање и потрошну топлу воду. Наведене количине утрошене енергије не садрже електричну енергију за рад топлотних пумпи, већ је она урачуната у финалну потрошњу електричне енергије. Већ је наведено да потрошња ове енергије у 2010.г. износи 20 GWh, од чега се 16 GWh трошило у сектору домаћинства, а 4 GWh у сектору јавних и комерцијалних делатности.

Пројекције потрошње овог облика геотермалне енергије у 2030.г. се разликују према сценаријима. Претходним анализама се дошло до процене о потрошњи у 2030. г. Већ су раније наведене претпоставке које су довеле до ових резултата. Један од улазних параметара је и да се у периоду од 2010. до 2012.г. дуплирао капацитет геотермалне енергије. Процене наведене у табели 58 која следи, а односе се на 2030.г, говоре да се у сва три сценарија очекује велики степен пораста

потрошње геотермалне енергије и износи 15-ак пута у реалном сценарију, 7,5 пута у песимистичном и чак 25 пута у оптимистичном сценарију.

Још сликовитије се ови трендови виде ако се посматра процентуални удео геотермалне енергије у укупној финалној потрошњи у истој табели. Полазних 0,08 % ће се у сваком случају знатно повећати, док у оптимистичном сценарију износи највише, тј. 1,39 %. Логично, пожељна је што већа употреба обновљивих извора, а чињеница је да у енергетици сваки проценат представља огроман потенцијал, уштеду или ресурс.

Табела 58. Потрошња геотермалне енергије у Београду

Сектор потрошње геотермалне енергије	2010	2030 реално	2030 оптимистично	2030 песимистично
Домаћинства (GWh)	16	250	400	120
Јавне и комерцијалне делатности (GWh)	4	60	100	30
Укупно (GWh)	20	310	500	150
Учешће у укупној финалној потрошњи	0,08 %	0,91 %	1,39 %	0,45 %

Међутим, ту није крај потрошњи геотермалне енергије. Други облик потрошње, који се очекује да се развије до 2030.г, иако сада није присутан у Београду, је онај у централизованом систему снабдевања. Не очекује се рад топлана на геотермалну енергију, већ употреба ове енергије за централизовано снабдевање неколико зграда или целог насеља. У суштини, нема битне принципијелне разлике између првог и другог облика, осим што се код првог ради о појединачном коришћењу бунара за један објекат, док се у другом облику ради о примени за задовољење топлотних потреба читавих насеља која би по свом типу иначе била прикључена на даљинско грејање. Осим тога, код приказивања у другом облику, ради се о добијеној топлотној енергији, која садржи и геотермалну и електричну енергију у односу 0,75:0,25, с обзиром на усвојену претпоставку да је COP = 4.

Овај други облик употребе геотермалне енергије се јавља као решење за задовољење нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања, али не у све три опције. Као што је познато, у Опцији 1 није предвиђена употреба геотермалне енергије, већ само у опцијама 2 и 3. С обзиром да у овим опцијама употреба геотермалне енергије учешће у укупном инсталисаном капацитету са 60 MW, односно 48 MW, што чини 30% у Опцији 2, односно 24% у Опцији 3, претпоставка је да исто процентуално учешће важи и за потрошњу као и за инсталисани капацитет.

Дакле, израчунате нове топлотне потребе које треба задовољити износе годишње 277 GWh у реалном, 366 GWh у оптимистичном и 320 GWh у песимистичном сценарију. Учешће геотермалне енергије у овој потрошњи се израчунава уз помоћ формуле:

$$G = Q * N * 0,75,$$

где су:

G – израчунато учешће геотермалне енергије (GWh),

Q – нове топлотне потребе у централизованом систему снабдевања до 2030.г. (GWh); у реалном сценарију ова вредност износи 277 GWh, у оптимистичном 366 GWh, а у песимистичном 320 GWh;

N – процентуално учешће топлотне енергије добијене из геотермалне (%); ово учешће износи 0% код Опције 1, 30% код Опције 2 и 24% код Опције 3;

0,75 – учешће геотермалне енергије у топлотној енергије добијене из ње уз помоћ електричне енергије за рад топлотних пумпи; због COP = 4 ово учешће износи 0,75.

Након прорачуна, уз помоћ формуле и претпостављених улазних вредности добија се учешће потрошње геотермалне енергије за задовољење нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања за различите опције и сценарије до 2030.г. Ове вредности приказане су у табелама 59 и 60.

Табела 59. Учешће геотермалне енергије у задовољењу нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања за различите опције и сценарије до 2030.г. (GWh)

Опције/сценарији	Реално 2030	Оптимистично 2030	Песимистично 2030
Опција 1	0	0	0
Опција 2	62	82	72
Опција 3	50	66	58

Табела 60. Процентуално учешће геотермалне енергије у задовољењу нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања до у 2030.г. (%)

Опције/сценарији	Реално 2030	Оптимистично 2030	Песимистично 2030
Опција 1	0 %	0 %	0
Опција 2	22,38 %	22,40 %	22,50 %
Опција 3	18,05 %	18,03 %	18,13 %

Осим у Опцији 1, која не предвиђа учешће геотермалне енергије у задовољењу нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања, у остале 2 опције учешће ове енергије се креће у опсегу 18,03 – 22,50 %. То значи да оквирно петину нових потреба може обезбедити топлота подземних вода. С обзиром на садашњу праксу, ово би представљало изузетан резултат, уз тенденцију даљег повећавања учешћа.

Сада, на основу сабирања предвиђене потрошње геотермалне енергије у оба наведена облика, и за појединачно и за централизовано снабдевање топлотном енергијом, може се добити табеле 61 и 62 које ће показати укупну потрошњу ове енергије и њено процењено процентуално учешће у укупној финалној потрошњи у Београду у 2030.г.

Табела 61. Укупна годишња потрошња геотермалне енергије за различите опције и сценарије у 2030.г. (GWh)

Опције/сценарији	Реално 2030	Оптимистично 2030	Песимистично 2030
у случају Опције 1	310	500	150
у случају Опције 2	372	582	222
у случају Опције 3	360	566	208

Табела 62. Процентуално учешће геотермалне енергије у укупној потрошњи финалне енергије у 2030.г. (%)

Опције/сценарији	Реално 2030	Оптимистично 2030	Песимистично 2030
Опција 1	0,91 %	1,39 %	0,45 %
Опција 2	1,09 %	1,62 %	0,67 %
Опција 3	1,06 %	1,57 %	0,63 %

Имајући у виду да је у 2010.г. учешће геотермалне енергије у укупној потрошњи финалне енергије износило само 20 GWh или око 0,08 %, вредности из последње 2 табеле представљају огроман напредак, што је посебно видљиво у оптимистичном сценарију. Осим тога, потрошња од близу 600 GWh је веома велика вредност до које би се дошло за само 20 година и представљао би већи износ него целокупна потрошња финалне енергије у сектору пољопривреде у 2010.г.

Управо су и највеће активности градских власти Београда у области примене обновљивих извора предузете на пољу геотермалне енергије. Због тога се у наредним годинама може очекивати да ове активности доведу до значајног утицаја на енергетски биланс Града. Наведено учешће од 0,45 – 1,62 % не би требало да завара и да на први поглед изгледа мало, јер се ради о учешћу у целокупној потрошњи финалне енергије огромног енергетског система какав је Београд.

Процењени теоретски енергетски потенцијал хидрогеотермалне енергије на целокупној територији Београда износи близу 2.300 MW, а то је око 75% постојећег конзума даљинског грејања. И у периоду после 2030. г. може се очекивати и

планирати још веће учешће геотермалне енергије, а зашто Београд не би једног дана, у случају повољних околности, имао и топлану на ову врсту енергије.

- Соларна енергија

Усвојене претпоставке довеле су до процењене потрошње соларне енергије 2030.г. у Београду. С обзиром да се соларна енергија не налази у опцијама које треба да задовоље нове потребе за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања, остаје присуство ове енергије само за појединачне потребе објеката у секторима домаћинства и јавних и комерцијалних делатности. У табели 63 приказана је процењена потрошња соларне енергије у 2030.г. и њено процентуално учешће у укупној потрошњи финалне енергије у одговарајућем сценарију.

Табела 63. Потрошња соларне енергије у 2030.г. у Београду по сценаријима

	Реално 2030	Оптимистично 2030	Песимистично 2030
Потрошња у домаћинствима (GWh)	20	50	5
Потрошња у јавним и комерцијалним делатностима (GWh)	30	50	10
Укупна потрошња соларне енергије (GWh)	50	100	15
Процентуално учешће соларне енергије у потрошњи финалне енергије (%)	0,15 %	0,28 %	0,05 %

Полазећи од актуелног стања у 2010.г. у коме годишња потрошња соларне енергије у Београду износи мање од 1 GWh, а њено учешће у укупној потрошњи финалне енергије износи мање од 0,01 %, добијене апсолутне и релативне вредности у оптимистичном, па и реалном сценарију представљају солидан резултат. У песимистичном сценарију се ради ипак о малом и недовољном напретку.

На крају ако се саберу добијене процене о потрошњи геотермалне и соларне енергије у 2030.г, добију се у оптимистичном сценарију веома значајне цифре од близу 700 GWh, односно 2 % укупне потрошње финалне енергије. У реалном

сценарију тај проценат се креће до 422 GWh, односно до 1,25 %, а у песимистичном око 237 GWh односно 0,70 %. Очигледно је да време обновљивих и нискотемпературних извора долази, чему погодује економски развој, развој технологије, инвестирање и плански приступ државних и градских власти енергетици. На крају, ту није крај примене обновљивих извора, већ се значајан помак очекује и у примени биомасе, а зашто не размишљати озбиљније и о примени разних врста отпада, чији енергетски потенцијал је приближан потенцијалу биомасе.

8. ЗАКЉУЧАК

Сprovedено истраживање донело је модел за избор оптималне опције за задовољење нових топлотних потреба у централизованом систему снабдевања. Овај модел може послужити као принцип и у сличним случајевима одлучивања у области енергетике. У овом случају ради се о великим градовима, па се као логично намеће решавање питања будућег снабдевања топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања, што представља заокружен систем на нивоу једног града.

Постављени модел обухвата осам финансијских, еколошких и сигурносних критеријума, који су одабрани и постављени тако да сагледају све битне аспекте одлучивања. Овим критеријумима су додељени тежински коефицијенти на основу искуства и процене њихове важности у будућем периоду. Овде је важно још једном нагласити да постављени модел не посматра избор оптималне опције само из перспективе инвеститора, при чему би финансијски критеријуми били практично једино важни, већ тежи да задовољи интересе града, земље и становништва, дајући битну улогу у одлучивању и сигурности снабдевања, еколошким факторима, уз посебно истицање значаја употребе обновљивих извора енергије.

Ради сагледавања могућности за практичну употребу, постављени модел је примењен на адекватну средину, у овом случају велики град. Престоница Србије се наметнула као идеално решење због своје величине, комплексности енергетских система, али и незадовољавајућег нивоа енергетске ефикасности и сходно томе, велике потребе за променама по овом питању у циљу дугорочног обезбеђења сигурности снабдевања топлотном и електричном енергијом. У овом случају је задовољење потреба за топлотном енергијом постављено као централна тачка истраживања, док је производња електричне енергије у оквиру СНР постројења третирана као потенцијални извор остварења прихода.

Прикупљени су сви расположиви подаци о потрошњи различитих енергената у 2010. години која је узета као база. С обзиром на чињеницу да енергетски биланс Београда не постоји већ две деценије и да још увек не постоји јединствена база података о потрошњи енергената, логично је да постоји проблем око прикупљања одређених група података. За разлику од потрошње електричне енергије, природног гаса и топлотне енергије у систему даљинског грејања, потрошња течних и чврстих горива, па и обновљивих извора енергије је углавном претпостављена на основу искуства и процена и уз помоћ и одређену корекцију процена изнетих у Стратегији развоја енергетике Града Београда до 2030.г, која је завршена 2008.г. Због тога су неки подаци процењени и оквирни, али без обзира на то представљају добар основ за сагледавање енергетике Београда као целине и постављање модела.

С обзиром на неизвесност везану за степен економског развоја Београда до 2030.г, што има директан утицај на пораст стандарда становништва и степен инвестиција у сектор енергетике, формирана су три основна сценарија, реалан, оптимистичан и песимистичан (*business as usual*) који представља наставак актуелног стања. Ови сценарији узели су у обзир низ претпоставки, као што су пројекције цена електричне енергије, губитака у топловодној и електричној мрежи, удео обновљивих извора у производњи енергије, раст потрошње одређених енергената, раст индустријске и пољопривредне производње, степен повећања енергетске ефикасности итд. На тај начин су добијене процене о потрошњи финалне енергије. Генерални закључак је да се у сва три сценарија процењена укупна потрошња финалне енергије у 2030. г. мало разликује, тј. за мање од 10%, али да је, с обзиром на различиту енергетску ефикасност по сценаријима, знатно различит енергетски учинак.

Из ових процена, извучене су нове потребе за топлотном енергијом у централизованом систему снабдевања, па су формиране 3 опције као начин задовољења ових потреба. Ове опције су провучене кроз различите сценарије и поређене према дефинисаним критеријумима којима су додељени тежински

коэффициенти. Употребом вишекритеријумске методе ELECTRE, као провереног алата, добијен је избор Опције 2 у реалном и песимистичном сценарију, а Опције 3 у оптимистичном.

Спровођењем ове методе показало се да Опција 1, као искључиви наставак традиционалне употребе котлова на гас, није оптималан избор ни у једном сценарију. Ова чињеница јасно говори у прилог форсирању домаћих ресурса и обновљивих извора, као и процеса веће енергетске ефикасности. Опција 2 која садржи комбинацију котлова на гас и централизовано снабдевање топлотном енергијом уз помоћ геотермалне енергије и топлотних пумпи, је оптималан избор у реалном и песимистичном сценарију. Предвиђено учешће геотермалне енергије у Опцији 2 је плод процена о реалној експлоатацији нових 200 бунара за централизовано добијање топлотне енергије просечног инсталисаног капацитета од по 300 kW.

Опција 3, као оптималан избор у оптимистичном сценарију, одсликава потребу Београда за когенеративним постројењем, за чију је оправданост ипак потребан одређени развој догађаја који се односи на пораст цене електричне енергије, економски развој који треба да узрокује повећање изградње објеката, обезбеђење летњег конзума итд. Такође, и у овом случају је употреба обновљивих извора, кроз геотермалну енергију, представљена као развојно опредељење Града Београда. Генерални закључак је да развој економије, привреде и пораст стандарда становништва ствара потребне претпоставке за интензивну примену обновљивих извора енергије и високоефикасних технологија.

Сprovedено истраживање наглашава да су нове инвестиције у централизованом систему снабдевања, што се потврђује и у случају Београда, у директној релацији са економском ситуацијом. У случају значајног пораста животног стандарда, повећаће се и цена електричне енергије, а и створиће се услови за диверсификацију извора енергије. У том случају, оптимална опција за Београд би била изградња когенеративног постројења и употреба геотермалне енергије помоћу топлотних

пумпи. Према друга два сценарија, рад когенеративног постројења не би био рентабилан, већ би оптимална опција била комбинација изградње гасних котлова и употреба геотермалне енергије. Пошто у годинама које следе треба задовољити нове топлотне потребе Београда, одлуке везане за планирање и увођење у рад нових капацитета топлотне енергије морају бити донете у блиској будућности. С обзиром да је употреба геотермалне енергије део оптималних опција за сва три сценарија, њена употреба за централизовано снабдевање топлотном енергијом треба да буде први корак у циљу задовољења нових топлотних потреба Београда.

Постављени модел је, уз процену потрошње финалне енергије у 2030.г, предложио решење за задовољење будућих потреба у централизованом систему снабдевања топлотном енергијом. Међутим, дефинисање проблема, затим постављање модела који садржи низ критеријума, предлагањем различитих опција за решење дефинисаног проблема, дефинисање различитих сценарија, уз употребу метода вишекритеријумског одлучивања, представља принцип применљив у многим областима, нарочито енергетике, као путоказ за доношење одлука. При томе, посебан допринос овог модела је сагледавање проблема из позиције шире друштвене заједнице, уз пажљиво одмерене критеријуме и одговарајуће тежинске коефицијенте. Одлука донета на овај начин обезбеђује бенефите за широк спектар заинтересованих страна и због тога обезбеђује генерални циљ, а то је одрживи развој енергетике градова.

9. ЛИТЕРАТУРА

[1] Агенција за енергетику Републике Србије. Закон о ратификацији уговора о основању енергетске заједнице.

<http://www.aers.org.rs/FILES/MedjunarodniPropisiISporazumi/962-06-cir.pdf>

[2] Afgan NH, Al Gobaisi D, Carvalho MG, Cumo M, Sustainable energy development. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 1998;2:235-286.

[3] Afgan NH, Carvalho MG, Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants. *Energy* 2002;27:739-755.

[4] Ayres RU, Turton C, Casten T, Energy efficiency, sustainability and economic growth. *Energy* 2007;32:634-648.

[5] Beccali M, Cellura M, Mistretta M. Application of the ELECTRE Method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable Energy* 2003; (28): 2063-2087.

[6] Browne D, O'Regan B, Moles R. Use of multi-criteria decision analysis to explore alternative domestic energy and electricity policy scenarios in an Irish city-region. *Energy* 2010;35(2):518-28.

[7] Васовић Д, Пилот пројекти Градске управе Београда: Енергетски ефикасни објекти који користе обновљиве изворе енергије. *Rehau show truck event*. Београд, 2011.

[8] Vucicevic B, Jovanovic M, Afgan N, Turanjanin V. Assessing the sustainability of the energy use of residential buildings in Belgrade through multi-criteria analysis. *Energy and buildings* 2014;69:51-61.

[9] Грујић М, Неки аспекти примене вишекритеријумских метода при одређивању приоритета у заштити животне средине. Интегрисани међународни симпозијум ТИОРИП'11 – Зборник радова: 475-480.

[10] Грујић М, Ивезић Д. Различите пројекције потрошње енергије у Београду до 2030.г. *Energija* 2013; 15 (3-4):141-148.

[11] Grujic M, Ivezic D, Zivkovic M, Application of multi-criteria decision-making model for choice of the optimal solution for meeting heat demand in the centralized supply system in Belgrade. *Energy*; 2014;67:341-350.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.017>

[12] Ghanadan R, Koomey JG. Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California. *Energy Policy* 2005;33(9):1117-42.

[13] Ghafghazi S, Sowlati T, Sokhansanj S, Melin S. A multi-criteria approach to evaluate district heating system options *Applied Energy* 2010;87(4):1134-40.

[14] Diaoglou V, van Ruijven B, van Vuuren D. Model projections for household energy use in developing countries. *Energy* 2012;37:601-615.

[15] Diakoulaki D, Karangelis F, Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece. *Renewable and sustainable energy reviews* 2007;11:716-727.

[16] Dincer I, Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 2000;4:157-175.

[17] Енергопројект ЕНТЕЈ. Стратегија развоја енергетике Града Београда до 2030. године. Београд, 2008.

[18] Ivezic D, Djajic N, Zivkovic M. The Potential of and Barriers to Renewable Energy Sources in Serbia. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy* 2013; 8(2):162-170.

[19] Институт Никола Тесла, Студија број 107003, Београд.

[20] ЈКП Београдске електране. Годишњи извештај за 2010. Београд, 2011.

[21] ЈКП Београдске електране. Годишњи извештај за 2011. Београд, 2012.

[22] ЈКП Београдске електране. Годишњи извештај за 2012. Београд, 2013.

[23] Jovanovic M, Afgan N, Bakic V. An analytical method for the measurement of energy system sustainability in urban areas. *Energy* 2010;35(9):3909-20.

[24] Jovanovic M, Afgan N, Radovanovic P, Stevanovic V. Sustainable development of the Belgrade energy system. *Energy* 2009;34(5):532-39.

[25] Jovanovic M, Turanjanin V, Bakic V, Pezo M, Vucicevic B. Sustainability estimation of energy system options that use gas and renewable resources for domestic hot water production. *Energy* 2011;36(4):2169-75.

[26] ЈП Електропривреда Србије. Годишњи извештај о стању животне средине. Београд, 2011.

[27] Kahen G, 1995 Kahen Goel (1995) Integrating Energy Planning and Techno-Economic Development: A Solid Basis for the Assessment and Transfer of Energy Technology to Developing Countries. *Energy Sources* 1998;20(4-5).

- [28] Konidari P, Mavrakis D, A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments. *Energy Policy* 2007;35(12):6235-57.
- [29] Loken E. Use of multi-criteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007; 11(7):1584-1595.
- [30] Lund H. Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy* 2007;32(6):912-19.
- [31] Lund H, Mathiesen BV. Energy system analysis of 100% renewable energy systems – The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy* 2009;34(5):524-31.
- [32] Миленић Д, Врањеш А, Детаљна студија субгеотермалних подземних водних ресурса Града Београда – потенцијал, могућности коришћења и енергетска валоризација. Рударско-геолошки факултет, Београд, 2012.
- [33] Миленић Д, Врањеш А, Катастар геотермалних изворишта на територији Града Београда. Рударско-геолошки факултет, Београд, 2013.
- [34] Михајловић З, Политика Републике Србије у области обновљивих извора енергије. Привредна комора Србије. Београд, 2012.
- [35] Munster M, Morthorst PE, Larsen HV, Bregnbæk L, Werling J, Lindboe HH, Ravn H. The role of district heating in the future Danish energy system. *Energy* 2012;48(1):47-55.
- [36] Neves LP, Martins AG, Antunes CH, Dias LC. A multi-criteria decision approach to sorting actions for promoting energy efficiency *Energy Policy* 2008;36(7):2351-63.
- [37] Omer AM, Energy, environment and sustainable development. *Renewable & sustainable energy reviews* 2008;12:2265-2300.

[38] ПД Електродистрибуција Београд. Годишњи извештај за 2011. годину. Београд, 2011.

[39] ПД ЕПС Снабдевање. Одлука о утврђивању цене електричне енергије за јавно снабдевање.

http://www.eps.rs/SiteAssets/Lists/Sitemap/EditForm/20130708_EPS%20Snabdevanje.pdf

[40] Pohekar SD, Ramachandran M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2004; 8(4):365-381.

[41] Привредна комора Београда

<<http://www.kombeg.org.rs/Komora/centri/CentarZaEkonomskuPolitiku.aspx?veza=3016>>.

[42] Привредна комора Београда.

<http://www.kombeg.org.rs/Slike/UdrGradjevinarstvo/Statika/Informacije-zakoni/EnergetskaEfik.pdf>

[43] Puksec T, Krajacic G, Lulic Z, Mathiesen BV, Duic N, Forecasting long-term energy demand of Croatian transport sector. Energy 2013;57:169-176.

[44] Radulovic D, Skok S, Kirincic V, Cogeneration – Investment dilemma. Energy 2012;48:6235-57.

[45] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Други акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период од 2013. до 2015. године. <http://www.merz.gov.rs/lat/dokumenti/drugi-akcioni-plan-za-energetsku-efikasnost-republike-srbije-za-period-od-2013-do-2015>

[46] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Закон о енергетици.

<http://www.merz.gov.rs/sites/default/files/Zakon%20o%20energetici.pdf>

[47] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Закон о ефикасном коришћењу енергије.

<http://www.merz.gov.rs/cir/dokumenti/zakon-o-efikasnom-koriscenju-energije>

[48] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Нацрт Стратегије развоја енергетике Републике Србије за период до 2025. године са пројекцијама до 2030. године. <http://www.merz.gov.rs/lat/dokumenti/nacrt-strategije-razvoja-energetike-republike-srbije-za-period-do-2025-godine-sa>

[49] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Поједностављени национални акциони план за обновљиве изворе енергије Републике Србије. <http://www.merz.gov.rs/lat/dokumenti/pojednostavljeni-nacionalni-akcioni-plan-za-obnovljive-izvore-energije>

[50] Република Србија - Министарство енергетике, развоја и заштите животне средине. Уредба о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче електричне енергије.

<http://www.merz.gov.rs/lat/dokumenti/uredba-o-merama-podsticaja-za-povlascene-proizvodace-elektricne-energije>

[51] Rosenberg E, Lind A, Espegren KA, The impact of future energy demand on renewable energy production – Case of Norway Energy 2013;61:419-431.

[52] Стаменковић С., Ковачевић М., Вучковић В., Живковић Б., Николић И., ОД РАЗВОЈА ДО ОПСТАНКА – Макроекономске перспективе Србије у светлу утицаја домаћих кретања и европске кризе. Економски институт, Београд, 2011.

- [53] Статистички годишњак Београда за 2010. Београд, 2011.
- [54] Shen YC, Chou CJ, Lin GTR, The portfolio of renewable energy sources for achieving the three E policy goals. *Energy* 2011;36:2589-2598.
- [55] Тодоровић Б, Пројектовање постројења за централно грејање, Универзитет у Београду – Машински факултет, Београд, 1996.
- [56] Torlak A, Korišćenje niskotemperaturnih izvora za grejanje primjenom toplotnih pumpi, diplomski rad. Београд, 2013.
- [57] Tsoutsos T, Drandaki M, Frantzeskaki N, Iosifidis E, Kiosses I. Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy* 2009;37(5):1587-600.
- [58] Theodorou S, Florides G, Tassou S. The use of multiple criteria decision making methodologies for the promotion of RES through funding schemes in Cyprus, A review. *Energy Policy* 2010;38(12):7783-92.
- [59] Универзитет у Београду – Архитектонски факултет. Атлас стамбеног фонда Београда.
- [60] Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. Студија потенцијала ветра на територији Београда.
- [61] Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет. Студија са идејним решењем могућности коришћења геотермалне енергије на подручју општине Кикинда, Београд, 2006.
- [62] University of Belgrade – Faculty of Economics, Institute of Economic Sciences. Serbian post-crisis economic growth and development model 2011-2020. Belgrade:2010.

http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnadz058.pdf

[63] Hasanbeigi A, Morrow W, Sathaye J, Masanet E, Xu, Energy T, 2013. A bottom-up model to estimate the energy efficiency improvement and CO₂ emission reduction potentials in the Chinese iron and steel industry. Energy 2013;50:315-325.

[64] Hiremath RB, Shikha S, Ravindranath NH. Decentralized energy planning; modeling and application – a review. Renewable & Sustainable Energy Reviews 2007;11(5):729-52.

[65] Hong S, Bradshaw CJA, Brook BW, Evaluating options for sustainable energy mixes in South Korea using scenario analysis. Energy 2013;52:237-244.

[66] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/eed_en.htm

[67] <http://www.eevrbas.org/oie>

[68] <http://www.ekokuce.com/energija/solarna-energija>

[69] City Assembly of Belgrade – Energy Administration. Internal documentation. Belgrade: 2012.

[70] Cosic B, Krajacic G, Duic N. A 100 % renewable energy system in the year 2050: The case of Macedonia. Energy 2012;48(1):80-87.

[71] Cosic B, Markovska N, Krajacic G, Taseska V, Duic N, Environmental and economic aspects of higher RES penetration into Macedonian power system. Applied Thermal Engineering 2012;42:158-162.

[72] Chinese D, Nardin G, Saro O. Multi-criteria analysis for the selection of space heating systems in an industrial building. Energy 2011; (36): 556-565.

[73] Чупић М, Сукновић М. Вишекритеријумско одлучивање: Методе и примери. БК Универзитет, Београд, 1994.

[74] Wang JJ, Jing YY, Zhang CF, Zhao JH. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2009;13(9):2263-78.

10. БИОГРАФИЈА АУТОРА

Мр Миодраг Грујић, дипломирани инжењер машинства, рођен је 01.05.1976. године у Београду, где је завршио основну школу и Математичку гимназију. Дипломирао је 2002. године на смеру за термотехнику Машинског факултета Универзитета у Београду. Магистрирао је 2007. године на смеру Енергетика примарних сировина Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду са темом „Истраживање рационализације потрошње топлотне енергије у централизованом систему снабдевања“. Од Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду је 2009. године добио сагласност на предлог теме докторске дисертације под називом „Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора топлоте за одрживи развој енергетике градова“.

Након дипломирања 2002. године запослио се у Управи за енергетику која се налази у оквиру Градске управе Града Београда где је до данас прешао пут од приправника до самосталног стручног сарадника. У овом периоду провео је скоро 3 године у ЈКП Београдске електране као представник Града Београда на координацији спровођења Програма прикључења 21.000 станова на даљинско грејање. 2010. године је прешао из Одељења за топлификацију у Одељење за енергетску ефикасност и обновљиве изворе енергије.

У Управи за енергетику је обављао послове везане за израду енергетске стратегије Београда, прикључење објеката на даљинско грејање, водио 4 пројекта везана за примену геотермалне енергије, као и пројекат едукације омладине о енергетској ефикасности и обновљивим изворима енергије. Тренутно води један пројекат за примену геотермалне енергије у Београду, координира сарадњом са потенцијалним партнерима Града Београда на изградњи когенеративних постројења, члан је неколико радних група, комисија итд.

На Техничком универзитету Кошице, Словачка, у октобру 1998. године је радио на испитивањима у лабораторији за машинство и на Катедри за екологију BERG факултета; у мају 2002. године провео је 10 дана у Регионалном центру за екологију Тулске области, Руска федерација; завршио је Курс о газдовању енергијом у општинама, одржан од новембра 2004. до фебруара 2005. у организацији Агенције за енергетску ефикасност и Берлинске агенције за енергију (BEA); 2010. године; завршио је Курс о промоцији енергетске ефикасности Јапанске агенције за међународну сарадњу (JICA) у оквиру увођења система енергетског менаџмента у Републици Србији; учествовао је у изради 2 монографије и једног приручника, а од 2008. до 2014. године радио је на 2 научно-истраживачка пројекта које је финансирала Влада Републике Србије. Положио је Државни испит 2004. године.

Као аутор и коаутор објавио је у земљи и иностранству 30 радова и 2 књиге. Течно говори енглески, а веома добро руски језик.

Објављени радови:

1. Nedeljković R, Grujić M. Doprema repromaterijala jednošinskim visećim sredstvima u rudnicima metaličnih mineralnih sirovina, XXIX Oktobarsko savetovanje, Bor, 1997, 163-167.
2. Grujić M, Nedeljković R, Grujić M. Determination of Limit Lengths in the Application of Rubber Belt Conveyors with Fabric Plies, The 9th International Conference, Slovak rubber Conference '97, 1997, 254-260.
3. Nedeljković R, Grujić M. Determination of Parameters of Loading and Transfer Bins in Locomotive Haulage Systems, XV ECPD Međunarodni naučno-stručni skup Transport u industriji, Beograd, 1998, 127-130.
4. Grujić M, Grujić M, Ivković M. The Impact of Multi Element External Coal Transportation on Reliability of the System and on Environment, 9th International Symposium on Mine Planing and Equipment Selection, Athens, 2000, 569-572.

5. Ristović I, Knežević G, Grujić M. Endanger of Fluvial Ecosystem Due to Mining Activities on the Example of the Ibar River (Yugoslavia), 2nd International Conference on the Problems of the Rational Nature Management, Tula, Rusija, 2002, 387-390.
6. Ristović I, Knežević G, Grujić M. Rudnički pogoni i objekti kao potencijalni zagađivači u slivu reke Ibar, Electra II, Druga međunarodna konferencija o upravljanju zaštitom životne sredine u elektroprivredi, YU forum kvaliteta, Tara, 2002, 270-273.
7. Ristović I, Grujić M. Some Aspects of Steel Wire Ropes Use for Discontinuous and Auxiliary Equipment in Open-pit Mines, TU Košice, Slovačka, 2002, 215-223.
8. Grujić M, Zdravković M, Tomić M. Ekološke prednosti daljinskog grejanja u Beogradu, MEP '03, Vrdnik, 2003.
9. Grujić M. Osnovni principi energetske efikasnosti na sistemima za transport uglja, Simpozijum ISTI 05, Budva, 2005.
10. Grujić M. Mogućnosti za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije u Beogradu, Energetika 2006, Zlatibor, 2006, 139-143.
11. Grujić M. External Coal Conveyance Using Belt Conveyors. International Journal Transport and Logistics, Special edition, No. 5, TU Košice, Berg Faculty, Košice, Slovakia, 2008, 214-217.
12. Ristović I, Đukanović D, Sanković Ć, Grujić M. Spoljašnji transport u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji. II Međunarodni simpozijum ENERGETSKO RUDARSTVO ER 08, Tara, 2008, 175-178.
13. Grujić M. Uvođenje merenja i na njemu zasnovanih tarifa toplotne energije u Beogradu kroz propise i u praksi, KGH, Beograd, 2008, 367-375.
14. Grujić M. Komunikacija preko merila toplotne energije, InfoBel, Beograd, 2009.
15. Grujić M, Ristović I, Grujić M, Jelisavac-Erdeljan D. Categorization of the environment and quantification of damages caused by external coal conveyance. Int. Conference LOADO, Štrpske Pleso, Slovakia, 2009, 338-341.
16. Grujić M, Ristović I, Grujić M. Model for the selection of the optimal location of a thermal power unit according to the external coal conveyance criterion. The International Scientific Journal "Acta Montanistica Slovaca", special issue 1, BERG Faculty TU Košice, 2010, 31-33.

17. Grujić M, Šević S, Mirović-Pjevač V. Aktivnosti Grada Beograda na polju savremenog energetskeg planiranja. *Energetika 2010*, Zlatibor, 2010, 41-46.
18. Grujić M, Mirović-Pjevač V, Aleksić Ž. Informativni sistem energetike Beograda u funkciji razvoja energetskeg menadžmenta: *Energetika 2011*, Zlatibor, 2011, 76-79.
19. Grujić M. Neki aspekti primene višekriterijumskih metoda pri određivanju prioriteta u zaštiti životne sredine. Simpozijum TIORIR 11, Zlatibor, 2011, 475-480.
20. Grujić M. Korišćenje geotermalne energije u Beogradu u cilju obezbeđenja energetske stabilnosti prestonice i smanjenja uticaja fosilnih goriva na životnu sredinu: *Energetika 2012*, Zlatibor, 2012, 60-62.
21. Grujić M, Ristović I, Grujić M. Utvrđivanje parametara specijalnih transportera sa visokim stepenom zaštite životne sredine za transport na površinskim kopovima. Zbornik simpozijuma Rudarstvo 2012, Zlatibor, 2012, 156-159.
22. Grujić M, Žikić M, Grujić M. Methods of increasing the reliability of belt conveyance systems in coal mines. Konferencija VVaPOL, Podbanske – Vysoke Tatry, 2012.
23. Grujić M, Ristović I, Grujić M. Influence of anchor support of underground transportational chambers on the efficiency of the supply of intermediate goods. 12th International conference research and development in mechanical industry - RADMI 2012, Vrnjačka Banja, 2012, 990-999.
24. Grujić M, Ristović I, Grujić M. Osnovi metodologije za određivanje prioriteta rešavanja problema zaštite radne i životne sredine na površinskim kopovima lignita. *Energetika 2013*, Zlatibor, 2013, 195-202.
25. Grujić M, Ivezić D. Različite projekcije potrošnje energije u Beogradu do 2030. godine. *Energetika 2013*, Zlatibor, 2010, 141-147.
26. Grujić M, Jovanovic Ž, Grujić M, Innowacyjne i przyjazne dla srodowiska techniki i technologie przerobki surowcow mineralnych, Instytut Techniki Gorniczej, Gliwice, 2013, 57-66.
27. Ristović I, Grujić M. Reciprocal influence of monorail delivery of raw and processed materials and cross section of supported underground chambers at coal mines. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 2013, 7-13.

28. Grujić M, Ristović I, Grujić M. Neke mogućnosti poboljšanja radne i životne sredine na sistemima za transport lignita na površinskim kopovima. *Energetika 2014*, Zlatibor, 2014, 285-288.
29. Ristović I, Grujić M. Uticaj dopreme repromaterijala na izbor načina podgrađivanja podzemnih prostorija u rudnicima uglja. *Energetika 2014*, Zlatibor, 2014, 335-339.
30. Grujić M, Ivezić D, Živković M, Application of multi-criteria decision-making model for choice of the optimal solution for meeting heat demand in the centralized supply system in Belgrade. *Energy 2014*;67:341-350.

Објављене књиге:

1. Grujić M, Ristović I, Grujić M, i dr.: Istraživanja tehnologija transporta uglja iz rudnika kroz prirodne i urbane sredine. (monografija), RGF Beograd, 2010.
2. Grujić M, Grujić M. Priručnik za energetska efikasnost – izvori energije i njihov uticaj na životnu sredinu. Izd. OEBS, Agencija za energetska efikasnost i NVO Zeleni sto, Beograd, 2008.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Миодраг М. Грујић

број индекса P 288

Изјављујем


да је докторска дисертација под насловом

Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора топлоте за одрживи развој енергетике градова

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 04.03.2014.



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Миодраг М. Грујић

Број индекса Р 288

Студијски програм Рударско инжењерство

Наслов рада Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора
топлоте за одрживи развој енергетике градова

Ментор Др Дејан Ивезић, ванредни професор, Универзитет у Београду,
Рударско-геолошки факултет, Београд

Потписани/а Миодраг М. Грујић


Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 04.03.2014.

Потпис докторанда



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Истраживање могућности коришћења нискотемпературних извора топлоте за одрживи развој енергетике градова

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

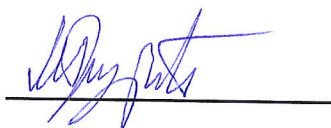
5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Београду, 04.03.2014.

Потпис докторанда



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.