



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ДУБРАВКА ЖИВКОВИЋ

**РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА
ВРЕДНОВАЊЕ КОГЕНЕРАЦИОНИХ
ПРОЈЕКТА У ЗГРАДАРСТВУ**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

КРАГУЈЕВАЦ, 2016. ГОДИНА

I. аутор

Име и презиме:	Дубравка Живковић
Датум и место рођења:	7.4. 1977. Крагујевац, Р. Србија
Садашње запослење:	Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

II. докторска дисертација

Наслов:	Развој методологије за вредновање когенерационих пројеката у зградарству
Број страница:	102 странице и 60 страница прилога
Број слика:	73
Број библиографских података:	104
Установа и место где је рад израђен:	Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Научна област (УДК):	536.7:58.036
Ментор:	проф. др Милун Бабић , редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

III. оцена и одбрана

Датум пријаве теме:	20.01.2012.
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације:	01-1/1002-8 од 20.04.2012. Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Комисија за оцену подобности теме и кандидата:	проф. др Душан Гордић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника проф. др Мирко Коматина , редовни професор, Машински факултет у Београду, Научне области: Преношење топлоте и супстанције, Техничка термодинамика проф. др Милун Бабић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника проф. др Небојша Лукић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника проф. др Вања Шуштершич , ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:	проф. др Добрица Миловановић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника проф. др Небојша Лукић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Термодинамика и термотехника проф. др Мирко Коматина , редовни професор, Машински факултет у Београду, Научне области: Преношење топлоте и супстанције, Техничка термодинамика проф. др Вања Шуштершич , ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника проф. др Небојша Јовичић , редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Научне области: Енергетика и процесна техника
Датум одбране дисертације:	

**РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА
ВРЕДНОВАЊЕ
КОГЕНЕРАЦИОНИХ
ПРОЈЕКТА У
ЗГРАДАРСТВУ**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА



Дубравка Живковић

2016. година

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу

Faculty of Engineering
University of Kragujevac



Исидори

Анђелији

Давору

Предговор

Рад на изради ове дисертације представља део истраживања обављеног за потребе пројекта *„Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“*. Реализација овог пројекта, одобреног у оквиру Програма интегралних и интердисциплинарних истраживања за период 2011. – 2016. године, финансирана је од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Иако је реализација пројекта, у овину кога је настала ова дисертација, започела 2011. године, рад на дисертацији је, заправо, почео од мог првог радног дана на тадашњем Машинском факултету. Током тог дугог периода имала сам прилике да упознам и да сарађујем са великим бројем професионалаца, драгих колега и добрих људи захваљујући чијем знању и сарадњи сам имала прилику да се развијам и растем, како на професионалном, тако и на личном плану. Желим да се захвалим свим тим колегама, професорима, инжењерима и студентима, а на првом месту ментору проф. Милуну Бабићу, захваљујући којима се моје искуство и знање акумулирало у довољној мери да настане ова дисертација.

Без породице и пријатеља ово би било самотно путовање и зато желим да се мајци, Ивани и њеној породици, а највише Давору, Исидори и Анђелији захвалим на љубави, подршци и не малој помоћи током овог дугог периода.

У Крагујевцу,

2016. године

Дубравка Живковић

Резиме

Предмет ове дисертације је дефинисање научно засноване, квалитетне, поуздане, и у пракси примењиве методологије за вредновање пројеката когенерације у зградарству¹.

Вредновање когенерационог пројекта у зградарству подразумева, пре свега, испитивање финансијске исплативости разних варијантних техничко-технолошких решења што треба да претходи реализацији сваког когенерационог пројекта у зградарству. На тај начин се успоставља финансијски оптимална корелација, у датим легислативним и економским оквирима, између капацитета изабране когенерационе технологије и:

- карактеристика грађевинског објекта (стање термичког омотача, начин функционисања, итд.),
- топлотног и електричног оптерећења тог објекта.

У истраживачким напорима да оствари напред изнете циљеве, ауторка ове дисертације је, настојала да финална методологија и развијени софтвери постану пожељни алати при извођењу комерцијалних когенерационих пројеката. Овакво опредељење је условило да методологија и софтвер, у финалу, морају да буду:

- једноставни и транспарентно дефинисани,
- примењиви на свим категоријама грађевинских објеката,
- такви да омогућавају реализацију измена на моделу у кратком временском периоду и да
- продукују резултате који су једноставни за интерпретацију и публикавање.

Методологија предложена у оквиру ове дисертације дефинисана је кроз више корака, међу којима су посебно значајни следећи кораци:

1. енергетска ревизија објекта,
2. израда енергетског модела објекта,
3. избор когенерационог постројења,
4. параметарска анализа и
5. економска анализа.

У оквиру ове дисертације, а за потребе анализе финансијске исплативости разних варијантних решења сваког конкретног когенерационог техничко-технолошког решења, предложена је и методологија за симулацију енергетског понашања грађевинских објеката која подразумева коришћење низа, сада већ стандардних, софтверских пакета, уз чију помоћ се увек долази до поузданих улазних података који се, даље, обрађују у оквиру развијеног софтвера за испитивање финансијске исплативости.

Предложени приступ је детаљно разрађен и проверен на студији случаја, објектима Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

¹ Према Правилнику о енергетској ефикасности зграда Републике Србије [35] у зграде се сврставају резиденцијални и нерезиденцијални објекти.

Executive summary

Subject of this PhD thesis is defining of scientifically based, reliable, quality proven and in practice applicable methodology for evaluation of combined heat and power (CHP or cogeneration) projects in buildings².

Evaluation of CHP projects in buildings consider profitability of different technical solutions and should be done before CHP project implementation. In a given law and economic sense evaluation of CHP projects establishes financially optimal correlation among:

- Capacity of proposed CHP technology,
- Building characteristics (building envelope, operation manner, etc.),
- Heat and power load duration curve.

Vision of the author has been development of software based methodology which could become desirable tool for planning of commercial CHP projects in buildings. The research and effort to reach above stated goals lead to methodology which is:

- Simple and transparently defined,
- Applicable to all building types,
- Easily changed in short period of time,
- Generating straightforward results suitable for publishing.

Methodology recommended in the thesis is defined through several steps among which the most significant are following steps:

1. Energy audit,
2. Development of the energy model of the building,
3. Selection of optimal CHP unit capacity,
4. Parametric analysis,
5. Financial analysis.

In order to analyze profitability of different technical solutions of each potential CHP project methodology for simulation of energy building model with the use of standard software is suggested. Application of this approach gives reliable data which can be used as input for software developed for selection of optimal CHP unit capacity.

Recommended methodology has been elaborated and results interpreted in a case study – objects of the Faculty of Engineering, University of Kragujevac.

² According to [35] buildings are residential and nonresidential buildings.

Списак коришћених скраћеница и страних речи

Когенерација – енг. Combined Heat and Power	CHP
Електропривреда Србије	ЕПС
Линеарно програмирање	LP
Нелинеарно програмирање са дисконтинуираним изводима – енг. Nonlinear programming with discontinuous derivatives	DNLP
Мотор са унутрашњим сагоревањем	мотор СУС
Међународна агенција за енергију – енг. International Energy Agency	IEA
Даљинско грејање	ДГ
Европска Унија	ЕУ
Сједињене америчке државе	САД
Истраживање и развој – енг. Research and Development	R&D
Агенија за заштиту животне средине – енг. United States Environmental Protection Agency	EPA
Обновљиви извори енергије	ОИЕ
Параметарска анализа – енг. Parametric Analysis Tool	PAT
Компанија за пружање енергетских услуга – енг. Energy Service Company	ESCO
Национална лабораторија за обновљиву енергију – енг. National Renewable Energy Laboratory	NREL
OpenStudio	OS
Графички интерфејс – енг. Graphical User Interface	GUI
Програмски интерфејс – енг. Application Program Interface	API
Климатизација, грејање и хлађење	КГХ
Термоелектране	ТЕ
Америчко удружење инжењера струке КГХ – енг. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	ASHRAE
Пумпа са променљивим бројем обртаја – енг. Variable Frequency Drive	VFD пумпа
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу	ФИНК

Списак илустрација

Слика 1.1 Шема дистрибуираног система за производњу енергије.....	3
Слика 1.2 Ефикасност производње електричне и топлотне енергије добијених из когенерационог постројења чији покретач је СУС мотор [8].....	4
Слика 1.3 Ефикасност производње електричне енергије у постројењу са СУС мотором [8]	4
Слика 1.4 Удео електричне енергије произведене у когенерационим постројењима у Европској Унији у 2013. години [12].....	5
Слика 1.5 Пораст капацитета когенерационих постројења у Данској у периоду од 1990. до 2006. године [7].....	6
Слика 1.6 Процент произведене електричне енергије из когенерације у односу на укупну производену електричну енергију у Финској [13].....	6
Слика 1.7 Производња топлотне енергије у TWh у Холандији [16].....	8
Слика 1.8 Учешће когенерационих постројења у укупној производњи енергије у свету ...	12
Слика 1.9 Производња енергије у Данској.....	13
Слика 1.10 Системи ДГ у Србији [33]	15
Слика 1.11 Структура потрошње енергената за грејање у зградама (по површини) у РС [37].....	17
Слика 2.1 Кораци успешне имплементације пројекта оптимизације потрошње енергије	23
Слика 2.2 Матрица планирање – извршење – провера – деловање система управљања енергијом [70]	26
Слика 2.3 Матрица планирање – извршење – провера – деловање система управљања енергијом проширена за потребе дисертације.....	26
Слика 2.4. Структура поступка математичког моделирања [34]	31
Слика 2.5 Матрица предложене методологије за верификацију когенерационих пројеката у зградарству	34
Слика 3.1 Приказ постројења са вршним (горњим) циклусом, [82]	37
Слика 3.2 Приказ постројења са базним (доњим) циклусом, [82]	37
Слика 3.3 Шематски приказ рада СУС мотора	40
Слика 3.4 Ток енергије унутар СУС мотора [40]	41
Слика 3.5 Алфа и бета извођење Стирлинговог мотора [8]	42
Слика 3.6 Потрошња финалне енергије у домаћинствима [8]	43
Слика 3.7 Шематски приказ рада гасне турбине	44
Слика 3.8 Расподела енергије гасне турбине [8].....	44
Слика 3.9 Шематски приказ рада гориве ћелије [40]	46
Слика 3.10 Приказ зграде ФИНК.....	48

Слика 3.11 Приказ конвектора са алуминијумском заштитом.....	49
Слика 3.12 Приказ коришћења команде Match Photo у SketchUp-у.....	50
Слика 3.13 Приказ коришћења команде Match Photo у SketchUp-у.....	50
Слика 3.14 Коришћење графичког интерфејса за проверу модела коришћењем рендер мода.....	51
Слика 3.15 Надстрешнице (сенила) на источним и јужним странама објекта.....	51
Слика 3.16 Дефинисање просторија у OpenStudio окружењу.....	52
Слика 3.17 Дефинисање распореда за канцеларији тип 1 у OpenStudio окружењу.....	52
Слика 3.18 Графички приказ примарног круга грејања у OpenStudio окружењу.....	53
Слика 3.19 Графички приказ секундарног круга грејања у OpenStudio окружењу.....	53
Слика 3.20 Снимак дела фасаде објекта Б инфрацрвеном камером.....	54
Слика 3.21 Поређење прорачунске и стварне потрошње топлотне енергије у 2014. години.....	55
Слика 3.22 Поређење прорачунске и стварне вршне потрошње топлотне енергије у 2014. години.....	55
Слика 3.23 Поређење прорачунске и стварне потрошње електричне енергије у 2013. години.....	57
Слика 3.24 Поређење прорачунске и стварне потрошње електричне енергије у 2014. години.....	57
Слика 3.25 Електрично оптерећење образовне установе у јуну 2012. године.....	58
Слика 3.26 Електрично оптерећење образовне установе у октобру 2012. године.....	58
Слика 3.27 Електрично оптерећење образовне установе током викенда.....	58
Слика 3.28 Електрично оптерећење образовне установе радним даном.....	59
Слика 3.29 Пример годишњих захтева за топлотном енергијом за објекат А.....	61
Слика 3.30 Пример годишњих захтева за електричном енергијом за објекат А.....	61
Слика 3.31 Ток математичког моделирања [34].....	62
Слика 4.1 Потрошња енергије у kWh на годишњем нивоу.....	67
Слика 4.2 Потрошња енергената у kWh на годишњем нивоу.....	67
Слика 4.3 Месечна расподела потрошње електричне енергије.....	68
Слика 4.4 Месечна потрошња топлотне енергије из система ДГ.....	68
Слика 4.5 Преглед одабраних мера енергетске ефикасности.....	70
Слика 4.6 Годишње уштеде топлотне и електричне енергије настале применом појединачних мера за подизање енергетске ефикасности.....	72
Слика 4.7 Приказ примене мере фасадних заштита од сунца (2) у односу на основни сценарио (1).....	74
Слика 4.8 Приказ потрошње електричне енергије пумпи за грејање у зависности која је мера примењена.....	75
Слика 4.9 Приказ РАТ интерфејса приликом састављања могућих сценарија.....	76

Слика 4.10 Приказ основног РАТ извештаја.....	76
Слика 4.11 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за све објекте ФИНК	82
Слика 4.12 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекте А и Ц ФИНК.....	82
Слика 4.13 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат А ФИНК	83
Слика 4.14 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Б ФИНК	83
Слика 4.15 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Ц ФИНК.....	84
Слика 4.16 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Д ФИНК.....	84
Слика 4.17 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Д и Ц ФИНК.....	85
Слика 4.18 Инсталирани топлотни и електрични капацитет – лево (kW), и очекивани приход (€/година) – десно, у зависности од сценарија	85
Слика 4.19 Периоди отплате за основне сценарије.....	86
Слика 4.20 Инсталирани топлотни и електрични капацитет – лево (kW), и очекивани приход (€/година) – десно, у зависности од сценарија („Немачки сценарио“)	87
Слика 4.21 Периоди отплате за основне сценарије („Немачки сценарио“).....	87
Слика 4.22 Потрошња енергије у објекту Д у kWh на годишњем нивоу	88
Слика 4.23 Потрошња енергената у објекту Д у kWh на годишњем нивоу	88
Слика 4.24 Потрошња природног гаса у објекту Д у kWh на годишњем нивоу	89
Слика 4.25 Утицај примене мера енергетске ефикасности на објекту Д.....	90
Слика 4.26 Когенерационо постројење Vitobloc 200 EM-20/39 Viessmann.....	90

Списак табела

Табела 3.1 Приказ основних карактеристика когенерационих постројења и њихове примене [82]	39
Табела 3.2 Груписање рачуна према месечној потрошњи.....	56
Табела 3.3 Параметри коришћени у моделу	63
Табела 3.4 Променљиве које су коришћене у моделу	64
Табела 4.1 Карактеристике термичког омотача код основног сценарија – модел ФИНК ..	66
Табела 4.2 Основни сценарио са ДГ.....	77
Табела 4.3 Основни енергетски сценарио објеката ФИНК је ДГ са примењеном мером 1 – смањена потрошња топлотне енергије викендом (негативне вредности означавају да је потрошња енергије повећана уместо смањена)	77
Табела 4.4 Основни сценарио је грејање котловима на гас ефикасности 95% са примењеном мером 1 - смањена потрошње топлотне енергије викендом	78
Табела 4.5 Специфична годишња количина топлотне енергије за грејање и припадајући енергетски разреди - $Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a] [90].....	80
Табела 4.6 Инвестициони трошкови за неке од предложених мера енергетске ефикасности.....	81

Садржај

1. УВОД	1
1.1. Одрживи развој и когенерација	2
1.1.1. Когенерација у ЕУ и свету	5
1.1.2. Енергетска политика – пример добре праксе	11
1.1.3. Енергетска политика Републике Србије (критички осврт)	13
1.2. Когенерација у зградарству	16
1.3. Преглед стања у подручју истраживања	20
2. ДЕФИНИСАЊЕ ОПТИМАЛНОГ ПРИСТУПА ВРЕДНОВАЊА ПРОЈЕКТА КОГЕНЕРАЦИЈЕ У ЗГРАДАРСТВУ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ	22
2.1. Кораци успешне имплементације пројекта оптимизације потрошње енергије	22
2.2. Интегрисани приступ у пројектима когенерације у зградарству	25
2.2.1. Енергетско моделирање.....	27
2.2.1.1. Софтвер за енергетско моделирање зграда	27
2.2.2. Дефинисање оптималног капацитета когенерационе јединице помоћу математичког DNLP модела	31
2.3. Методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградама	32
3. ПРОВЕРА МЕТОДОЛОГИЈЕ ИЗВОЂЕЊЕМ СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА	36
3.1. Технолошка решења за мала когенерациона постројења	36
3.1.1. Мотори са унутрашњим сагоревањем	40
3.1.2. Стирлингов мотор	42
3.1.3. Гасне турбине и микро турбине.....	43
3.1.4. Гориве ћелије.....	45
3.2. Одабир технолошког решења за израду студије случаја	47
3.3. Израда енергетског модела за студију случаја	48
3.3.1. Калибрација модела	54
3.4. Дефинисање сценарија за когенерационо постројење	59
3.4.1. Улазни подаци	60
3.4.2. DNLP математички модел.....	62
3.4.2.1. Једначине.....	64
Функција циља	64
Остале једначине	65
4. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА	66
4.1. Основни сценарио – годишња и месечна потрошња	66

4.2. Употреба мера за повећање енергетске ефикасности објекта	69
4.3. Параметарска анализа	75
4.4. Избор когенерационог постројења	81
4.4.1. Резултати <i>DNLP</i> анализе	81
5. ЗАКЉУЧАК.....	91
СПИСАК ОДАБРАНЕ ЛИТЕРАТУРЕ.....	96
ПРИЛОГ 1	
ПРИЛОГ 2	
ПРИЛОГ 3	
ПРИЛОГ 4	

1. УВОД

У светлу тренутног политичко-енергетског стања у свету, на когенерацију се гледа као на значајан извор електричне и топлотне енергије. Основна дилема која прати пројектовање, уградњу и коришћење сваког когенерационог постројења је како на техно-економски најефикаснији начин обезбедити да постројење увек ради у оптималном радном режиму и да при том квалитетно задовољава све потребе корисника за електричном и топлотном енергијом, а у случајевима тригенерације и потребе за хлађењем објеката у летњим и прелазним годишњим добима. Битно је напоменути да савремени трендови у развоју когенерационих пројеката у зградарству намећу потребу за синхроним коришћењем класичних енергената и расположивих обновљивих извора енергије који су доминантни у окружењу. Дакле, конципирању и извођењу когенерационих пројеката у зградарству мора се приступити на више критеријумској основи и селектовати она пројектна решења која ће бити прихватљива за сваког конкретног корисника, или групу корисника. С обзиром на чињеницу да је за когенерациона постројења у зградама потребан одговарајући простор као и на то да је тај простор веома скуп, приликом пројектовања оваквих когенерационих постројења и њихове имплементације се мора водити веома рачуна о минимизирању њихових димензија и повећању индикатора снаге по јединици масе и њихове запремине.

Све напред речено показује комплексност тематике и потребу да се на почетку процеса шире примене когенерације у Републици Србији (РС) формира, на научној бази заснована, методологија која би спречила лутања неискусних пројектаната, подигла општи степен ефикасности енергетског система и отворила простор за нова истраживања.

Предмет истраживања ове докторске дисертације је, дакле, истраживање и дефинисање методологије која ће омогућити оптимално пројектовање и/или техно-економски избор и димензионисање когенерационих јединица/когенерационих постројења за дате објекте. Посебна пажња биће посвећена стварању услова за доношење квалитетне одлуке о технологији која ће се применити и правилном димензионисању когенерационе јединице.

У оквиру овог поглавља биће изнете, најпре, неке важне чињенице везане за одрживи развој и когенерацију, а затим приказано стање у примени когенерације у Европској унији (ЕУ) и свету, са посебним нагласком на примере добре праксе у области енергетске политике. У наставку је дат критички осврт на енергетску политику РС. Посебно је, у овом поглављу, обрађен значај когенерације у зградарству, и дат преглед стања истраживања везаних за примену когенерације у комерцијалним, јавним и стамбеним објектима, као и у системима даљинског грејања (ДГ), пошто се поменути врста грађевинских објеката, који су и предмет истраживања ове дисертације, налазе у густо насељеним градским срединама у којима се ДГ, или примењује, или га је могуће примењивати.

1.1. ОДРЖИВИ РАЗВОЈ И КОГЕНЕРАЦИЈА

У најопштијем случају, одрживи развој може да се дефинише као праведна расподела ограничених природних богатстава, финансијских и других средстава, научно-технолошких знања и културно-едукационих достигнућа у контексту друштвено-економског и енергетског развоја и одржавања еколошки прихватљивог амбијента за комплетан екосистем који настањује људска заједница. Одрживи развој има за циљ добробит свих у садашњости, али и у будућности, при чему се оставља могућност значајне измене будућих потреба наспрам наше садашње перцепције о будућности.

Одрживи енергетски систем се описује дефинисањем појмова његове енергетске ефикасности, поузданости и утицаја на животну средину, односно одрживи енергетски систем се може дефинисати као систем способан да произведе довољно енергије и снаге за свачије потребе, по приступачној цени и да је при томе испоручена енергија чиста, безбедна и поуздана [1].

Уобичајена пракса је да се енергија производи у великим, централизованим постројењима. С обзиром на енергетску и еколошку ситуацију у свету, али и код нас, све је више покушаја да се пронађе решење које би водило ка одрживој производњи енергије и енергетској независности друштва и државе.

Један од начина да се постигне безбедност и поузданост приликом снабдевања је подстицање регионалне сарадње и употреба локалних извора енергије. Овакав приступ неминовно води ка децентрализованом енергетском систему са мањим производним јединицама, који има низ предности у односу на конвенционалне централизоване системе. Децентрализовани систем је флексибилнији за увођење нових техно-економских решења и примену политичких одлука. Овакав систем обично примењује различите технологије за конверзију енергије што га чини ефикасним и приликом коришћења различитих врста горива. Што се тиче рада у мрежи, децентрализовани систем је систем који може да ради самостално или паралелно са централизованим системом. Локални карактер децентрализованог система му омогућава бољу искоришћеност локалних извора енергије, што за собом повлачи смањене потребе за набавком и складиштењем горива. Осим тога утиче се на социјалну слику локалне заједнице кроз пораст запослености становништва.

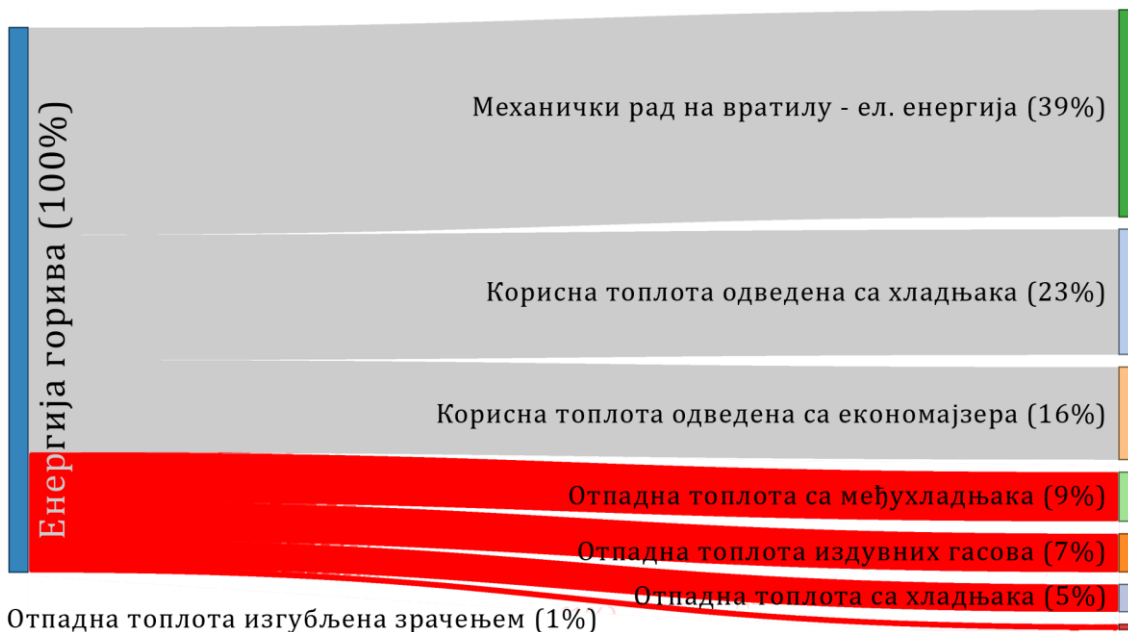
Дистрибуирани систем за производњу енергије (слика 1.1) представља нови приступ производњи енергије. Анализом доступне литературе не може се доћи до јединствене дефиниције оваквог система [1]. С обзиром на значајан број утицајних фактора (величина постројења, сврха, локација, степен децентрализације, власништво, технологија, утицај на животну средину, итд.) које треба размотрити приликом дефинисања дистрибуираног система за производњу енергије, за потребе ове дисертације усваја се дефиниција да се на дистрибуирани систем може гледати као на паралелан рад централизованог и децентрализованог система производње енергије. Према релевантној литератури оваква симбиоза ће се највероватније и у будућности задржати као модел одрживог енергетског система [1], [2].



Слика 1.1 Шема дистрибуираног система за производњу енергије

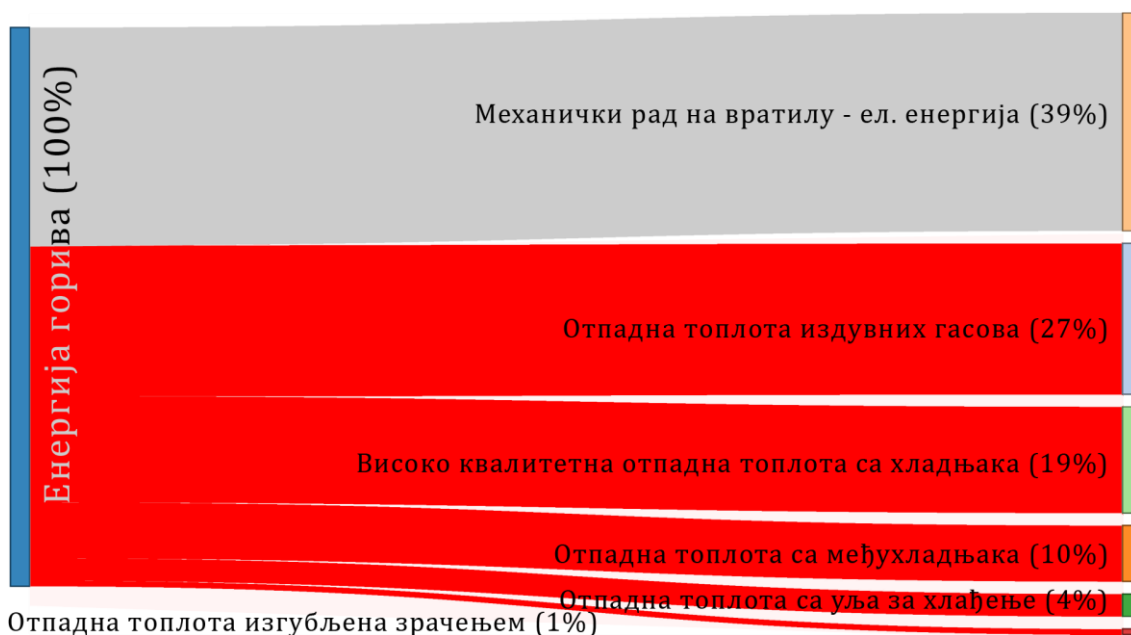
У циљу подизања енергетске ефикасности и смањења утицаја који производња енергије има на животну средину, у свету се придаје све већи значај [3], [4], [5], [6], [7], [8] комбинованој, односно истовременој производњи топлотне и електричне енергије (когенерација или СНР).

Ефикасност когенерације зависи од више фактора (технолошког решења које се примењује, оптималног избора и величине постројења, распореда топлотног и електричног оптерећења, итд). На слици 1.2 дат је приказ тока енергије приликом комбиноване производње топлотне и електричне енергије у когенерационом постројењу које као покретач користи СУС мотор.



Слика 1.2 Ефикасност производње електричне и топлотне енергије добијених из когенерационог постројења чији покретач је СУС мотор [8]

За примену когенерације подједнако су погодни и централизовани и децентрализовани системи. Приликом когенерације већих капацитета, према литератури [7], [8], [9], [10], [11] укупан степен корисности постројења се креће између 85 и 90%, што је значајно већа ефикасност у односу на постројења која производе само електричну енергију и чији се степен корисности креће од 30 до 45% (слика 1.3). На тај начин се постижу значајне уштеде у потрошњи примарне енергије (горива) и емисији CO₂ која може да буде мања и до 30% [7], [11]. Посебно атрактивна је когенерација која као погонско гориво користи биомасу, која представља најзначајнији потенцијал Србије у области обновљивих извора енергије.



Слика 1.3 Ефикасност производње електричне енергије у постројењу са СУС мотором [8]

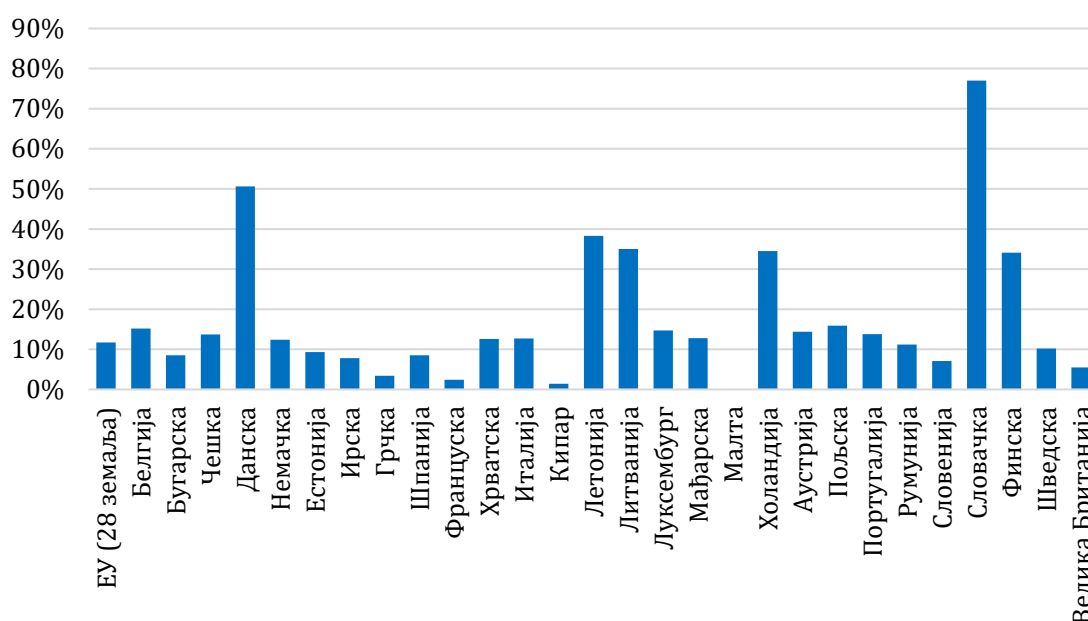
Уочљиво је да доминантни светски трендови енергетске политике у развоју дистрибуираних енергетских системима веома погодују примени малих и микро когенерационих постројења.

1.1.1. КОГЕНЕРАЦИЈА У ЕУ И СВЕТУ

У овом одељку биће дат кратак преглед развоја когенерације у развијеним земљама ЕУ и света. Посебно ће бити наглашени примери добре праксе земаља које имају успешну примену когенерације у системима ДГ.

Према подацима Међународне агенције за енергију (IEA – енг. *International Energy Agency*) свега 10% укупно произведене електричне енергије у свету се произведе из когенерације, а само неколико земаља је успешно подигло удео произведене енергије из когенерације на 30 до 50% [7]. Оно што је заједничко свим земљама које успешно примењују когенерацију је фокусирана државна енергетска политика.

Дуги низ година водеће државе у примени когенерације у ЕУ су Данска, Финска и Холандија, а од 2010. године захваљујући употреби природног гаса и традицији коришћења ДГ, нагли раст бележе Литванија, Летонија и Словачка (слика 1.4). Међународна агенција за енергију је током 2008. године предузела серију истраживања енергетских профила држава са посебним нагласком на когенерацији и ДГ у циљу бољег упознавања са примерима успешне примене. Резултати овог истраживања су објављени у извештају [7] који је показао да је кључ успеха стратешко опредељење државе да инвестира у ДГ и когенерацију као кључне факторе за постизање енергетске сигурности.

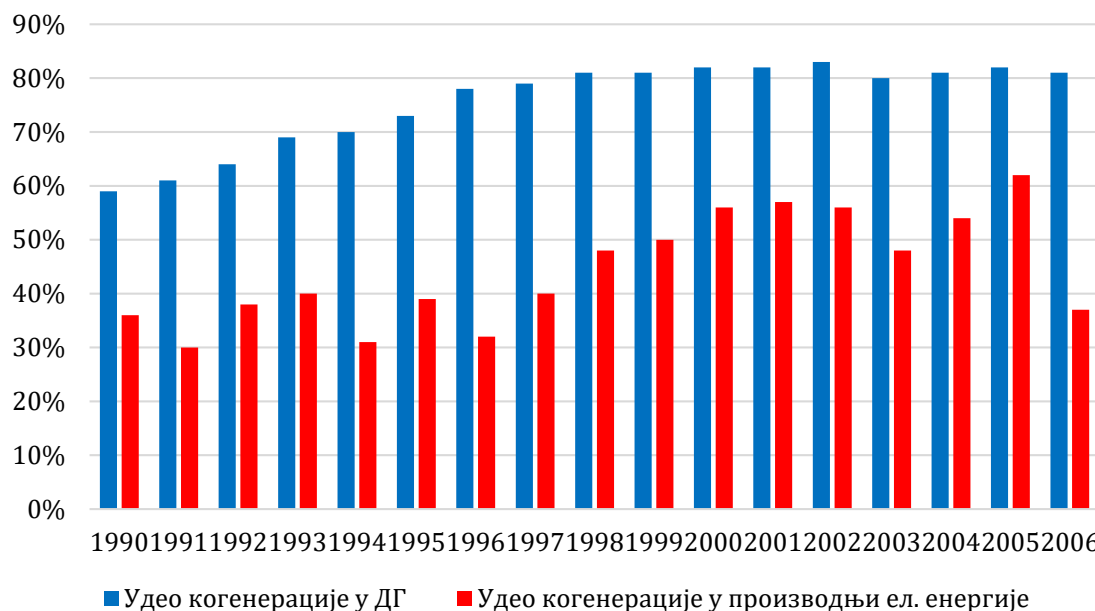


Слика 1.4 Удео електричне енергије произведене у когенерационим постројењима у Европској Унији у 2013. години [12]

Истраживање је открило и да су најуспешније земље у овој области поставиле јасне циљеве и формирале државне агенције/одељења која су била посвећена остваривању тих циљева. Агенције су најпре идентификовале потенцијал и баријере за успешну примену ДГ и когенерације, а затим су у складу са својим овлашћењима развијале енергетску

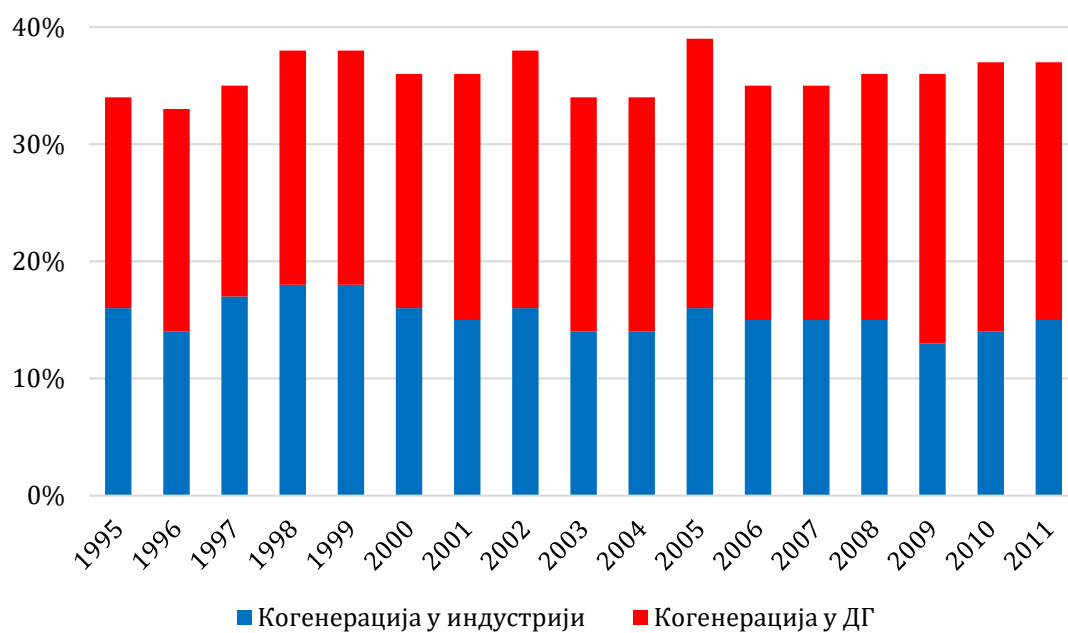
политику и алате за њену примену као и решења која би систематски отклониле постојеће баријере.

Овакав приступ је Данској омогућио истовремено смањење увоза енергије и смањење емисија гасова стаклене баште (слика 1.5) [7].



Слика 1.5 Пораст капацитета когенерационих постројења у Данској у периоду од 1990. до 2006. године [7]

И у Финској енергетској инфраструктури когенерација већ више од 20 година има значајну улогу (слика 1.6).



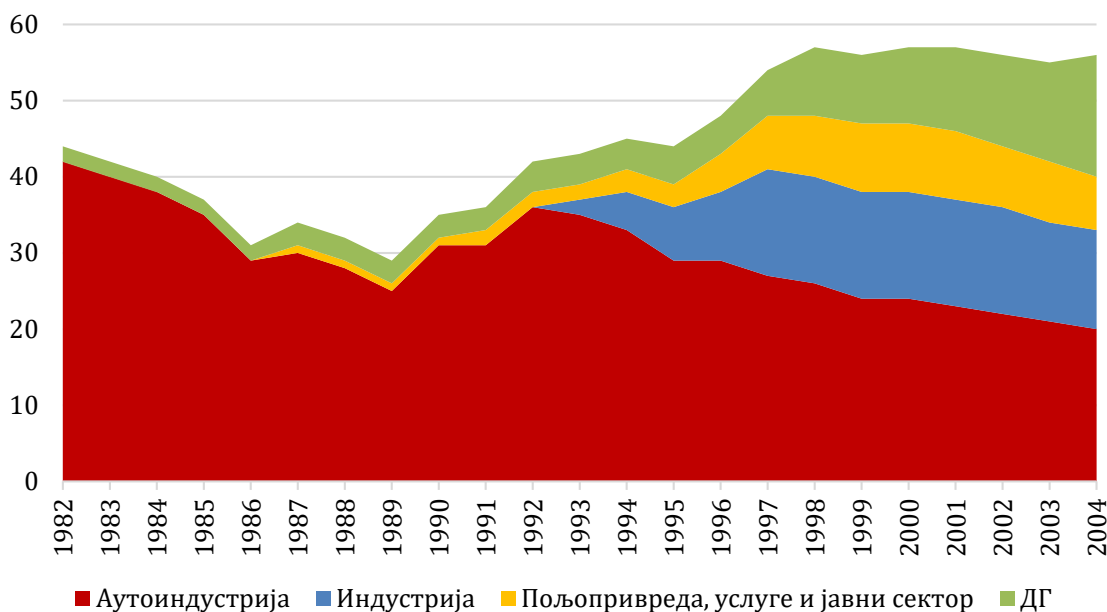
Слика 1.6 Процент произведене електричне енергије из когенерације у односу на укупну произведену електричну енергију у Финској [13]

Специфичност Финске у односу на остале примере, који ће бити набројани, је оштра клима која је била покретач развоја и примене пројеката енергетске ефикасности, а енергетска политика државе, иако није изостала, је у том смислу била у другом плану. Захваљујући климатским условима у Финској грејање просторија просечно траје око девет месеци годишње, а током зимских месеци осветљење је укључено током највећег дела дана. У оваквим климатским условима и са ограниченим изворима енергије употреба ДГ и когенерације се наметнула као логично решење. За загревање објеката у Финској се годишње потроши око 20% од укупне потрошње енергије, при чему се половина ове енергије обезбеди кроз ДГ. Приближно половина становништва је прикључена на ДГ, а у већим градовима и до 80 процената (Хелсинки преко 93%). Имајући у виду да је густина насељености Финске свега 16 становника по квадратном километру, овако велика употреба ДГ представља успех, што сврстава Финску међу највеће кориснике ДГ и когенерације у свету. Од 2000. године, Хелсинки и други већи градови су почели да користе и даљинско хлађење [13].

У Финској је 2007. године 70%, а 2012. године 72% електричне енергије произведено из високо ефикасне когенерације [14], хидроенергије и нуклеарне енергије. Што се тиче саме когенерације, 2007. године 29% електричне енергије је произведено когенерацијом што је приближно 26,8 TWh, од чега 14,4 TWh из когенерације у системима ДГ, а остатак из индустријске когенерације. Што се тиче топлотне енергије произведене у системима ДГ, 74% је произведено у когенерационим процесима. Удео когенерације у производњи електричне енергије у термоелектранама је традиционално висок и 2007. године је износио 65% [15]. За само неколико година (2011. године) производња електричне енергије из когенерације је порасла на 36%. Занимљиво је напоменути да је употреба обновљивих извора енергије (ОИЕ) у ДГ веома значајна и износи око 20% [13].

Захваљујући вишедеценијском развоју ДГ и когенерације, у Финској се не очекује значајан (нови) потенцијал за когенерацију. Ипак, најновије студије указују на могући раст од скоро 20% у наредних 15 година [15].

Још једна од земаља које спадају у светске лидере у употреби когенерације је Холандија. У 2006. години потрошња финалне енергије у Холандији је износила 711 TWh, од чега скоро 40% је потрошња топлотне енергије, при чему се око 20% топлотне енергије произведе кроз когенерацију [16]. За разлику од Данске и Финске, у Холандији је најзначајнија индустријска когенерација (на првом месту хемијска и папирна индустрија), међутим, не треба занемарити ни когенерацију у ДГ која снабдева преко 250.000 становника, ни малу когенерацију у пољопривреди, јавном и услужном сектору (слика 1.7).



Слика 1.7 Производња топлотне енергије у TWh у Холандији [16]

У производњи електричне енергије когенерација игра још значајнију улогу: чак 29% електричне енергије је произведено у когенерационим постројењима и ДГ [16].

Холандија има дугу традицију примене когенерације и ДГ, па је уједно и веома добар пример за утицај енергетске политике на енергетско тржиште и на међузависност раста/пада економских показатеља и обима имплементације когенерационих технологија. Током 90-тих година на нагли развој когенерације и ДГ су значајно утицале подстицајне мере државе и стабилно енергетско тржиште. Након 10 година повољне климе за раст и развој когенерације и ДГ на снагу је 1998. године ступио нови Закон о електричној енергији који је донео значајне промене и практично укинуо повлашћени статус произвођача енергије из когенерације. Након неколико година примене овог закона постало је очигледно да когенерација има потешкоће у преживљавању на либерализованом тржишту. Овакво стање су додатно погоршали пораст цене природног гаса и ниска цена увезене електричне енергије и електричне енергије произведене у термоелектранама. Да би задржала уштеде енергије постигнуте током 90-тих и да би оживела посусталу когенерацију, Холандија је 2001. године поново увела подстицајне тарифе.

Снажан развој когенерације током 90-тих, заустављен након либерализације тржишта за промет електричне енергије и природног гаса, није се повратио, и данас, једино поље раста удела когенерације је пољопривредни сектор у коме је употреба когенерације све шире распрострањена у пластеницима.

Резултати истраживања које је спровео холандски центар за енергетска истраживања [16], показују да се у сектору ДГ више не очекују улагања у когенерацију и то, на првом месту, због смањене потрошње топлотне енергије настале због побољшања топлотне изолације објеката. Осим пораста когенерационе производње у пољопривреди (до 2020. године се очекује технички потенцијал за когенерацију од 21 TWh, а економски исплативо ће бити око 8 TWh), очекују се значајна улагања и у јавном и услужном сектору, чији се потенцијал процењује на 8-17 TWh у 2010. години.

Процене финансијски исплативог потенцијала за когенерацију су, увек, резултат веома комплексних истраживања, и за сада су прилично непоуздане, посебно у области тзв. малих и микро когенерација [17], [18], [19].

Према истраживању конзорцијума холандских енергетских компанија и R&D организација које се баве микро когенерацијом предвиђа се да ће до 2030 у Холандији бити инсталирано од два до четири милиона микро когенерационих јединица [20]. Са друге стране холандски центар за енергетска истраживања у својој студији наводи да примена микро когенерације у многоне зависи од примене енергетске политике под називом „Чисто и ефикасно“ која има за циљ смањење потрошње енергије у постојећим објектима. У зависности од успеха овог програма, али и примене соларних панела и топлотних пумпи, може се очекивати инсталирање од 900 хиљада до 1,4 милиона микро когенерационих јединица до 2020. године [16].

Немачко тржиште енергије је највеће у ЕУ [21]. Производња електричне енергије је базирана на термоелектранама и нуклеарним електранама, али последњих година Немачка улаже велики напор у диверсификацију енергената који се користе, па је тако постала светски лидер на тржишту ОИЕ.

За снабдевање становника и предузетника у градовима, ДГ и коришћење когенерације у ДГ широко се примењује у Немачкој више од 100 година, а захваљујући енергетској политици многи градови раде на проширењу и модернизацији својих мрежа. Ако се има у виду да домаћинства троше 29% финалне енергије, од чега 89% енергије се потроши на грејање просторија и загревање санитарне воде, ово проширење ДГ од 2200 MWe и модернизација постојећих 1250 MWe представља значајан потенцијал [21]. С обзиром да су многи објекти из услужног сектора и јавне институције већ корисници ДГ, мала когенерација је тек у последње време почела да се развија у болницама и хотелима. Очекује се да ће нови законски оквир подржати развој ове тржишно-енергетске нише.

Иако Немачка планира да повећа примену микро когенерационих постројења, и иако многе немачке компаније производе когенерационе јединице до 5 kWe за резиденцијалну употребу, у тој земљи је тренутно инсталирано тек око 60 MWe ових постројења, а годишња производња из ових капацитета достиже свега 240 GWh. Ово је веома мали удео у укупној немачкој производњи електричне енергије (око 0,04%), па иако је током последњих десет година на тржишту те земље продаја микрокогенерационих постројења у порасту, микрокогенерација у Немачкој и даље представља прилично изазовну енергетску нишу која ће до 2050. године имати инсталирани капацитет око 3 GW, а који ће моћи да задовољи око 3% укупне националне потрошње [22].

Немачка је поставила циљ да повећа когенерациону производњу електричне енергије са 12,5% (у 2005. години) на 25% у 2020. години и за ту сврху је, 2008. године, обезбедила законску подршку кроз Други закон о когенерацији. Официјелни мониторинг из 2011. године је показао да је удео когенерације порастао на 15% и да ће тим темпом, без додатних напора, до 2020. године удео когенерације бити 20%. Измене закона из 2012. године додатно су појачале подстицаје за малу и микро когенерацију, али и за проширење мрежа ДГ, с тим што је сада у подстицајне мере укључено и даљинско хлађење. Са овим додатним мерама и мерама након мониторинга 2014. године, очекивања су да ће циљ од 25% у 2020. години бити испуњен [23]. Према државним подацима инсталирани капацитет је 2012. године износио 26,6 GWe у односу на 20,8 GWe 2005. године. Електрична енергија произведена из когенерације је у сталном порасту и

2011. године је достигла око 91 TWh, а према подацима удео електричне енергије произведене у когенерацији је 2012. године достигао 17% [24].

Велика Британија, такође, активно подржава комбиновану производњу топлотне и електричне енергије. Ова земља је поставила циљ да до 2050. године смањи емисију угљен-диоксида за 80% и да до 2010. године инсталира најмање 10.000 MWe у когенерациона постројења. Према статистичким подацима у Великој Британији је 2007. године из инсталираних когенерационих капацитета снаге 5,5 MWe произведено 28,6 TWh електричне енергије, што представља 7% укупно потрошене електричне енергије. Што се тиче структуре когенерационих постројења, Велика Британија је још једна од земаља код које је 90% когенерационих капацитета инсталирано у индустрији, док је удео когенерације у ДГ значајно мањи него у другим земљама ЕУ, свега 6%. Са друге стране когенерација у јавним институцијама и комерцијалним објектима је препозната као значајно тржиште у коме 81% од укупног броја когенерационих постројења има електрични капацитет мањи од 1 MWe [25].

Сједињене Америчке Државе (САД) имају дугу традицију употребе технологије когенерације. ДГ се користи у многим градовима, као и у преко 300 универзитетских кампуса у којима су инсталирани системи ДГ са ниском емисијом угљен-диоксида, који функционишу као децентрализовани енергетски системи. Историјски, децентрализовани енергетски системи који су као основу имали когенерациона постројења били су темељ индустрије производње електричне енергије у САД, како у индустрији, тако и у градовима. Међутим, са развојем технологије за производњу електричне енергије постепено се прешло на велике централизоване системе који су производили само електричну енергију. Когенерација је наставила да се примењује у индустрији која има релативно сталне и велике потребе за паром и електричном енергијом, а са друге стране има приступ јефтенијем гориву. То се пре свега, односи на хемијску и папирну индустрију, металургију и производњу челика. Садашњи инсталирани капацитети су последица државне енергетске политике која је током 70-тих и 80-тих година 20. века подржавала и подстицала раст когенерационих капацитета, па је у периоду од 1980. године до 2000. године инсталирани капацитет порастао са 12 TW на преко 66 TW. Нови талас промоције когенерације је настао захваљујући напору неколико савезних држава које промовишу когенерацију у оквиру смањења људског утицаја на животну средину.

Што се тиче садашње ситуације, 2014. године, у САД је инсталирано 82,4 GW капацитета за когенерациону производњу у преко 4200 постројења, што чини 8% укупне америчке производње електричне енергије [26].

Министарство енергетике САД и америчка Агенција за заштиту животне средине (ЕРА) су се обавезале на повећање инсталираног капацитета за когенерациону производњу на 92 GW у периоду од 2000. године до 2010. године. У том циљу 2001. године основан је први од осам регионалних центара за имплементацију когенерације који треба да пружа техничку и едукативну подршку расту и развоју ове технологије. Исте године ЕПА је основала и Партнерство за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије које треба да пружи подршку економски исплативим пројектима и да утиче на раст употребе ове технологије у недовољно експлоатисаним деловима тржишта [27]. Раст примене когенерације је посебно био спор од 2000. до 2005. године, међутим захваљујући смањењу цене природног гаса и домаћој производњи овај тренд се нешто поправио, али недовољно за испуњење постављеног циља.

Садашња структура тржишта за когенерацију је таква да је највећи део капацитета, 86%, у индустрији, а свега 14% је примењено у комерцијалним објектима и институцијама,

иако се више од 55% постројења за когенерацију налази баш у комерцијалним објектима и институцијама. Управо је овај део тржишта, у коме су инсталиране снаге знатно мање него у индустрији, уочен као потенцијално растући у наредном периоду, с обзиром да је све чешћа примена не само когенерације него и хлађења (тригенерације) у болницама, школама, универзитетима, канцеларијама и стамбеним објектима.

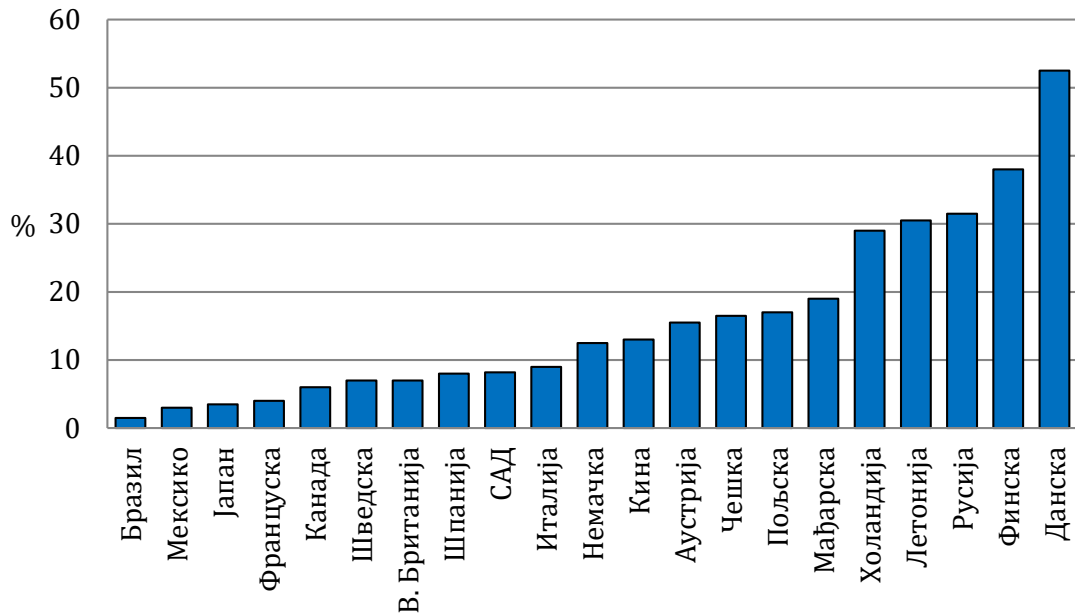
Што се тиче ДГ, у САД се такви системи углавном налазе у урбаним, густо насељеним деловима великих градова (пословним квартовима, универзитетским кампусима, болницама, истраживачким центрима, војним базама и аеродромима). Таквих система за грејање и хлађење има неколико хиљада, од оних малих који снабдевају само пар зграда које у ствари деле заједничку котларницу, до оних у великим кампусима који опслужују више десетина објеката. Тренутно, од 72 градска система ДГ који снабдевају грејањем 175 000 000 m², 36 постројења има комбиновану производњу топлотне и електричне енергије. Са друге стране, од 330 универзитетских кампуса који имају ДГ и који греју 231 000 000 m², трећина њих има когенерациона постројења.

Процена Министарства енергетике САД је да у индустрији постоји неискоришћени потенцијал од око 70-90 GW, а у комерцијалним објектима и институцијама додатних 40-60 GW. Треба имати у виду и да је више од половине техничког потенцијала у системима мањим од 5MW [26].

За развој когенерације у свим побројаним државама је заједничка намера и улога државне енергетске политике, па ће у наредном тексту бити размотрен пример једне такве политички и економски подстицајне енергетске политике.

1.1.2. ЕНЕРГЕТСКА ПОЛИТИКА – ПРИМЕР ДОБРЕ ПРАКСЕ

Данска је један од светских лидера у области енергетске ефикасности. Овај статус је великим делом постигла проактивном енергетском политиком, повећаном употребом обновљивих извора енергије и технолошким развојем [7], [28]. Посебно интересантан аспект данског успеха је континуална и дугорочна енергетска политика која се спроводи током више од 30 година, а која је посебан акценат ставила на системе ДГ, когенерацију и употребу обновљивих извора енергије. Данас је Данска светски лидер у искоришћењу потенцијала когенерационих постројења (слика 1.8) [7].



Слика 1.8 Учешће когенерационих постројења у укупној производњи енергије у свету

Постизање статуса енергетски независне земље (Данска је енергетски независна од 1997. године), Данска дугује проналаску гаса и нафте у Северном мору и државној енергетској политици која је отпочела увођењем закона о снабдевању топлотном енергијом 1976. године. Закон је спроведен кроз три фазе у оквиру којих је одговорност за планирање и остваривање стратегије подељена на локалне власти и државу. У првој фази локалне власти су припремиле извештај о потребама и количини топлотне енергије, као и начину на који се те потребе задовољавају. У следећој фази примене закона локалне власти су припремиле извештај о процењеним потребама за топлотном енергијом у будућности. Ово је омогућило да се у оквиру последње фазе припреми национални план за снабдевање топлотном енергијом. Национални план топлификације је утицао на стабилност система за дистрибуцију топлотне и електричне енергије што је употребу когенерационих постројења у системима ДГ учинило следећим логичним кораком, а што је, даље, водило комерцијализацији когенерационе технологије [28], [29], [30].

Подела одговорности још од процеса планирања допринела је и ефикасној примени националног плана. Две основне мере проистекле из примене овог закона, односно из процене будућег топлотног оптерећења и начина снабдевања, су забрана коришћења електричне енергије за грејање и забране производње електричне енергије без искоришћења отпадне топлоте. Истовремено је уведена и обавеза прикључења нових, али и постојећих објеката (у одређеном временском периоду од ступања закона на снагу) на систем ДГ.

Упоредо са применом закона држава је подржавала истраживања и развој новонасталих потреба за технологијом у области ОИЕ и когенерације.

План проистекао из овог закона је најважнији појединачни фактор заслужан за формирање тржишта. Да би обезбедила континуалну реализацију, држава је приступила формирању програма за пружање финансијских подстицаја новонасталом систему ДГ и когенерације кроз два основна вида субвенционисања.

Први подстицај реализован је увођењем високог пореза на горива која се користе само за производњу топлотне енергије, а са друге стране укидањем пореза на горива која се користе за производњу електричне енергије. Оваква пореска политика је створила услове за прелазак на когенерациону производњу енергије.

Други подстрек за употребу когенерације и ОИЕ су „feed-in“, односно подстицајне тарифе. Иако су когенерациона постројења на почетку била постројења која су користила угаљ и природни гас, подстицајне тарифе су се од самог почетка односиле на производњу енергије из ОИЕ, а да би се 1992. године примена подстицајних тарифа проширила и на когенерацију која као гориво користи природни гас. Когенерациона постројења која за погон користе и биомасу осим основне подстицајне тарифе остварују право и на премиум подстицајне тарифе.

Треба истаћи да се когенерациона постројења која као гориво користе угаљ не напуштају као технологија, већ се ради на модернизацији и унапређењу таквих постројења.

Осим ових финансијских подстицаја важан допринос државној енергетској политици је обавеза откупа електричне енергије произведене у когенерационим постројењима и употребом ОИЕ. Ова обавеза је омогућила дугорочно планирање и сигуран приход, што је додатно подстакло инвестирање у ОИЕ и комбиновану производњу топлотне и електричне енергије. Овакав приступ погодно је утицао и на смањење вредности почетних инвестиција и помогао у даљој комерцијализацији технологије.

Последица примене енергетске политике је да се Данска данас снабдева топлотном и електричном енергијом коришћењем система за дистрибуирану производњу енергије (слика 1.9) [28].



Слика 1.9 Производња енергије у Данској

1.1.3. ЕНЕРГЕТСКА ПОЛИТИКА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ (КРИТИЧКИ ОСВРТ)

Ради поређења важеће енергетске политике у Републици Србији (РС) са примерима добре праксе у овој области који су изнети у претходном одељку, у наставку ће бити укратко продискутована њена актуелна енергетска политика и изнеће се одговарајући критички осврти.

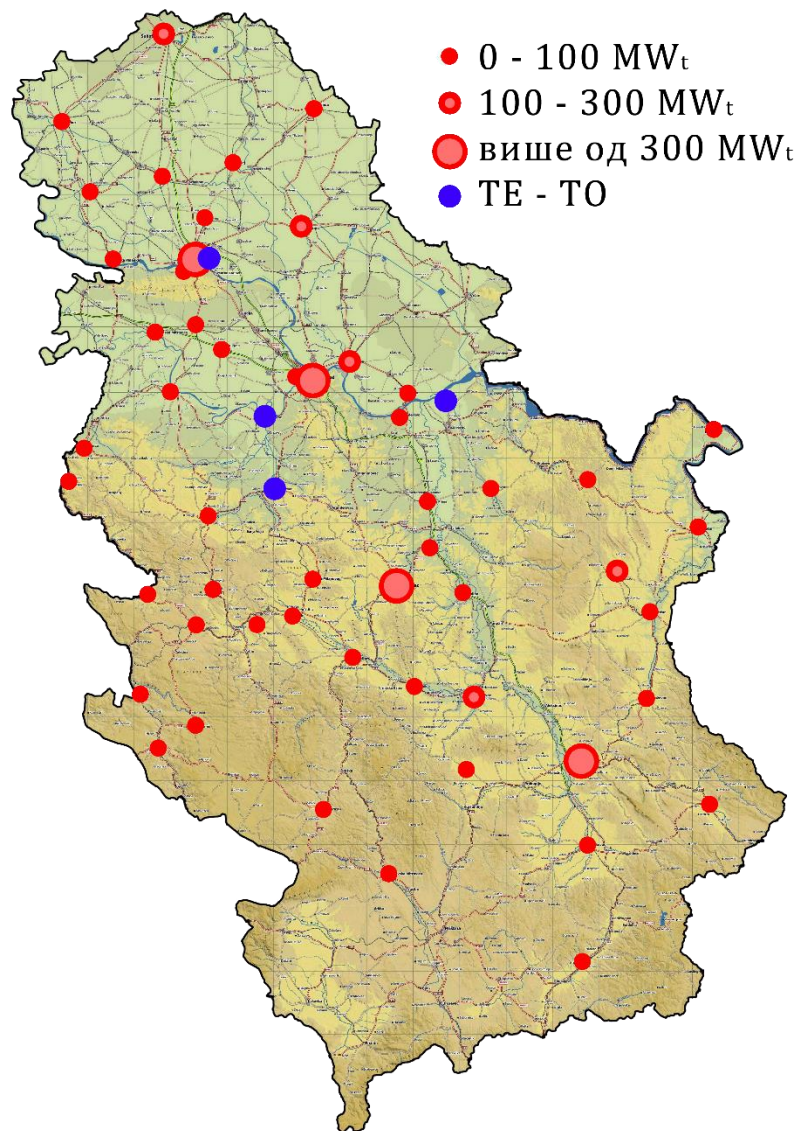
У последњих неколико година евидентан је напор који РС улаже у настојању да законском регулативом ухвати корак са дешавањима у свету. Уредбом о мерама подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем обновљивих извора енергије и комбинованом производњом електричне и топлотне енергије [31] и Уредбом о условима за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије и критеријумима за оцену испуњености тих услова [32] надлежни државни органи РС дефинисали су могућности за формирање децентрализованог енергетског система, али не и обавезе које би подстакле формирање таквог система.

Први недостатак у настојањима РС, у области одрживог енергетског развоја, је недостатак транспарентног националног плана, односно кохерентне енергетске политике. Други велики недостатак је ограничење које је постављено на производне капацитете који могу да се квалификују за подстицајне мере, а који представља ограничавајући фактор приликом одабира технологије. С друге стране одлагањем усвајања Закона о рационалној потрошњи енергије и формирања Фонда за енергетску ефикасност држава одлаже и формирање програма који су неопходни да би се утицало на исплативост примене релативно малих капацитета (до 10 MW) прописаних Уредбом, с обзиром на смањену ефикасност и повећане инвестиционе трошкове које таква постројења имају, посебно када су у питању когенерациона постројења. Осим подстицајних тарифа, других мера подстицаја за сада нема.

Да би Данска подржала енергетску политику, од самог почетка је направила спектар подстицајних мера (фискална политика, подстицајне тарифе, финансирање почетних инвестиција, забрана грејања електричном енергијом, обавеза повезивања на системе ДГ, итд.) које су се временом мењале и еволуирале према потребама тржишта. Основни проблем са енергетском политиком РС је њена једнозначност и преуска дефинисаност, што јој не омогућава довољно простора да се природном селекцијом развија и мења.

Са друге стране, пример Данске, која је током периода од тридесетак година предано радила на проширењу система ДГ и на употреби когенерационих постројења у тим системима, указује да се у РС могу лако применити искуства из те земље, јер РС располаже поприлично развијеном мрежом ДГ (слика 1.10), која је развијана баш у временском периоду када је то чињено у Данској. На већ оформљене системе ДГ и на могућност њиховог ширења и изградње нових система, према данском моделу, треба гледати као на значајан и недовољно искоришћен ресурс РС. Даљинско грејање (и хлађење) у урбаном, густо насељеним подручјима, а уз постојећа технолошка решења, пружа могућност ефикасне и економски исплативе комбиноване производње енергије [7], што је могућност вредна истраживања и улагања.

Укупна инсталирана снага топлотног конзума у Србији износи нешто преко 6 GW. У градовима у којима постоје системи ДГ 38% домаћинства користи ДГ, што представља 23,4% укупног броја домаћинства у РС. Више од 60% топлотне енергије се добија коришћењем природног гаса, а велики број мањих градова (25 градова од укупно 55 градова који имају ДГ) користи мазут [33].



Слика 1.10 Системи ДГ у Србији [33]

Још један неискоришћени ресурс РС су и термоелектране. Већина термоелектрана у Србији не користи отпадну топлоту (ТЕ Никола Тесла А, ТЕ Костолац А и ТЕ Колубара А само део топлотне енергије користе за ДГ околних градова).

РС за сада нема јасно видљиву стратегију обнављања, проширења постојећих капацитета и/или преласка са мазута на природни гас, нити систематског преласка поменутих постројења на когенерациону производњу.

Стиче се утисак да у светлу друштвено-економских и политичких дешавања у Србији, држава располаже знатним ресурсима у сфери ОИЕ. Осим што су стварни капацитети скромнији него што се то приказује, треба имати у виду и да је kWh електричне енергије добијене из ОИЕ и даље веома скуп. Циљ РС би морао да буде обезбеђивање енергије уз најниже трошкове, а то значи и контролисане почетне инвестиције, јер се високе инвестиције, на крају, одражавају на цену производа, у овом случају на цену електричне енергије. У том смислу најпре се треба фокусирати на проширење делатности постојећих система ДГ као и термоелектрана, њихову модернизацију и унапређење. Други приоритет треба да буде дугорочна и планска политика ширења система ДГ. Трећи

приоритет би требало да буде коришћење ОИЕ, на првом месту биомасе и малих хидроелектрана, који осим потенцијала отварају и могућности за ангажман домаће технологије и домаћег знања.

У оквиру пројекта „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама РС и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“ настала је докторска дисертација [34] у којој је развијена методологија за оптимални избор когенерационог постројења у градским топланама, тако да ће у наредном одељку бити разматрана примена когенерације у појединачним објектима и групама објеката.

1.2. КОГЕНЕРАЦИЈА У ЗГРАДАРСТВУ

С обзиром на циљеве које су себи поставиле земље ЕУ, али и друге земље у свету, а који се односе на повећање енергетске ефикасности, употребу ОИЕ, диверсификацију извора напајања електричном енергијом, повећање удела когенерације у производњи електричне енергије и смањењу емисија гасова стаклене баште, неминовне су промене у понашању, као и коришћење извора енергије који су до сада били мање економски атрактивни. Један од таквих извора је и мала и микро когенерација.

Као што је до сада речено когенерација је у свету раширени концепт, углавном примењен у индустријским објектима, термоелектранама и системима ДГ. Конвенционална когенерациона постројења су до сада била велика, централизована постројења са примарном производњом електричне енергије. Пара и топлотна енергија произведене у оваквим постројењима обично се користе за индустријске процесе и системе ДГ, под условом да је температура паре довољно висока.

Нови тренд је имплементација когенерације у дистрибуиране и децентрализоване системе, што значи да је јединица за производњу енергије смештена ближе потрошачима енергије, што има за последицу замену великих, централизованих система мањим. Током претходног периода, мала и микро когенерациона постројења су увођена као помоћни (резервни) системи и као примарни системи у случају удаљених објеката, ван електро мреже.

Не постоји јединствена дефиниција шта се подразумева под појмом мале когенерације. Према класификацији ЕУ Директиве 2004/8/ЕК [14] микро когенерација подразумева постројење максималног капацитета до 50 kWe, а мала когенерациона постројења су постројења капацитета до 1MWe, али можемо рећи да је уобичајено да је микро когенерација, углавном, резиденцијалног карактера од 2 до 10 kWe, а мала когенерација је нешто већег капацитета, од 50 kWe па до неколико MWe.

За пројекте когенерације у зградарству претежно се користе мала когенерациона постројења. Она се користе у болницама, хотелима, јавним и комерцијалним објектима и образовним институцијама, мада има примене малих постројења и у стамбеним објектима (зградама и породичним кућама) и пољопривредним домаћинствима. Објекти на којима се може имплементирати мала когенерација до сада су били снабдевани енергијом из конвенционалних система тј. прикључењем на електричну мрежу, гасовод или топловод, па треба узети у обзир и губитке мреже (од 4 до 7%) који би применом когенерације били избегнути. Примена когенерације и производња енергије у зградарству има значајан потенцијал [35].

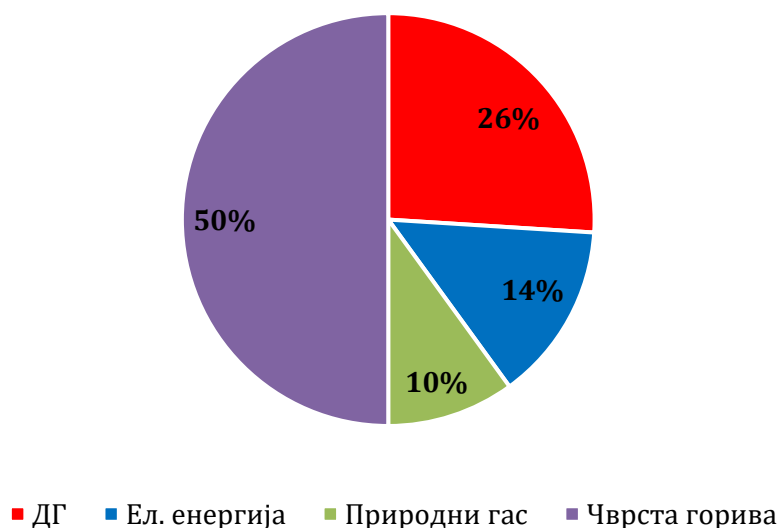
Мала и микро когенерација у зградарству у РС није заступљена. Треба напоменути да се према Правилнику о енергетској ефикасности зграда РС [36] у зграде сврставају резиденцијални објекти (стамбене зграде са једним, два или више станова) и нерезиденцијални објекти (управне и пословне зграде, зграде намењене образовању и култури, зграде намењене здравству и социјалној заштити, зграде намењене туризму и угоститељству, зграде намењене спорту и рекреацији, зграде намењене трговини и услужним делатностима, зграде јавне намене, зграде мешовите намене и зграде за друге намене које користе енергију).

Програмом остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. за период од 2007. до 2015. године примена овог вида когенерације није предвиђена [37], [38]. Разлоге за ово треба тражити у неповољној инвестиционој клими која је владала у претходним деценијама, али и лошем стању у коме се налази сектор зградарства у РС.

Просечна потрошња финалне енергије у стамбеним зградама ЕУ у топлотне сврхе износи 138 kWh/m², а у РС средња специфична потрошња топлоте за грејање и припрему топле воде у стамбеним и нестамбеним зградама које користе ДГ, сведена на 1 m² нето стамбене површине износи 228 kWh/m². Средња годишња специфична потрошња енергије за грејање објеката који користе остале начине загревања износи [37]:

- за објекте грејане електричном енергијом 130 kWh/m²,
- за објекте грејане природним гасом 230 kWh/m² и
- за објекте грејане пећима на чврста горива 57 kWh/m² [37].

На слици 1.11 приказана је структура потрошње енергената који се користе за грејање у зградама у РС.



Слика 1.11 Структура потрошње енергената за грејање у зградама (по површини) у РС [37]

У оквиру Стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године [39] недостатак комбиноване производње топлотне и електричне енергије је препознат као слабост енергетског система РС. У плановима развоја енергетике је, као „услов свих услова у погледу енергетске ефикасности“ [39], истакнут значај развоја енергетског тржишта и тржишно формирање цена енергената и

енергије. У оквиру тржишног формирања цена посебно се наглашава важност тржишне цене електричне енергије која представља стимуланс, између осталог, и за дистрибуирану производњу електричне енергије из микро когенерације, фотонапонских система и слично.

Очигледно је да је подршка државних институција важан фактор приликом увођења мале когенерације на тржиште. Подршка институција може да се оствари субвенцијама за инвестиције, пореским олакшицама, применом закона, али и смањењем бирократских препрека, повољном политичком климом и дугорочном стратегијом. Комерцијализација когенерационих технологија мањих капацитета (до 10 MW) је у порасту у свету, па је реално очекивати да би се додатним радом на законском оквиру у РС могле искористити предности које има и мала когенерација. У домену мале когенерације, неопходно је, на првом месту, јасно и транспарентно дефинисање стандарда за прикључење произвођача електричне енергије на дистрибутивну, односно преносну мрежу.

У претходном одељку дато је доста простора енергетској политици и њеном утицају на примену когенерације у ДГ. Важно је истаћи да, за разлику од значаја који енергетска политика има када су у питању стратешки циљеви државе о начинима коришћења енергената, проширивањима дистрибутивних мрежа, коришћењу ДГ и сличних капиталних инфраструктурних пројеката, на доношење одлуке о примени когенерације пресудан утицај има људски фактор, односно само доношење одлуке да се примени когенерација у зградама, што је веома спор и осетљив процес, јер захтева промену понашања грађана. Одлука да се подрже овакве енергетске технологије се налази у рукама различитих интересних група, од политичара до власника објеката, а још није сасвим извесно како ће они поступати, јер не постоји опште уверење да они баш сасвим разумеју какав значај има примена тих технологија на одрживи развој у најширем смислу.

Када је у питању доношење одлуке за примену когенерационих постројења у зградама, истраживања показују да је за одлуку потребно размотрити више критеријума и да треба узети у обзир читав спектар утицајних фактора међу којима доминантно место заузимају: политички, социјални, економски, технички и еколошки [37], [38].

Нема начина да се направи обавеза промене људског понашања. Понашање може да се промени постепено, едукацијом на више нивоа, у којој, опет, држава кроз енергетску политику има значајан утицај. У првој фази, током дефинисања закона о енергетици и енергетској ефикасности, дефинисања енергетске стратегије и енергетске политике, државна администрација би требало да буде убеђена у предности примене когенерације. На тај начин би се адекватно искористила позиција државне администрације која има значајан утицај на формирање јавног мишљења. У другој фази, када се нова технологија нађе на тржишту, власници објеката, али и пројектанти, треба да имају довољну количину тачних и поузданих информација које ће се односити на одрживост мале когенерације [35].

Током друге фазе, односно од појаве производа на тржишту, може се идентификовати пет група људи [20]:

- *иноватори,*
- *рани имплементатори,*
- *отворени за новине,*
- *затворени за новине и*
- *конзервативни.*

Ове групе људи се разликују по степену у коме су спремни да прихвате нова решења, односно по степену заинтересованости за иновације. Тај степен може да се дефинише као „индивидуалност у прихватању и примени нових идеја у односу на остале чланове друштва“. С обзиром да „иноватори“ чине свега 2,5% популације, они су припојени групи „рани имплементатори“. Овако дефинисане групе се могу описати Гаусовом (нормалном) расподелом 16-34-34-16³. Једном, када производ постане широко доступан и прихватљив, сама идеја мале когенерације више не представља нову идеју. Претпоставка је да када 50% домаћинства буде имало мала постројења став потрошача више неће бити значајан фактор [20].

„Рани имплементатори“ микро и малих постројења су релативно имућни, образовани људи који се интересују за нова технолошка решења, који брину о животној средини или који брину о дугорочној одрживости система. Такви људи ће бити заинтересовани за нову технологију до те мере да ће бити спремни и да буду на минималном материјалном губитку (до 50€ годишње). Да би „отворени за новине“ прихватили когенерацију неопходно је да, са аспекта инвестиције, буде равноправна конвенционалним системима. Да би пристали на промене, људи који припадају групи „затворени за новине“ морају да буду уверени да ће остварити добит од најмање 50€ годишње, а „конзервативни“ чак 100€ годишње [20]. Ово нису једини услови, већ само почетни услови, које треба испунити да би се грађани одлучили да инвестирају у микро и мала когенерациона постројења.

Очигледно је да је за промене у понашању потребно време, едукација и побољшање техничко-економских параметара микро и мале когенерације пре него што се она нађе у широкој употреби у свакодневном животу.

Кључни фактори који доприносе финансијској атрактивности когенерације су [40]:

- истовремена потреба за електричном и топлотном/расхладном енергијом у што дужем временском периоду током године;
- повећана разлика између цене електричне енергије и цене горива, чиме се постижу веће уштеде и смањује период отплате постројења;
- смањење разлике између цене когенерационог постројења и цене конвенционалног постројења, што омогућава веће уштеде, краћи период повраћаја инвестиције, а корисницима је лакше да донесу одлуку да пређу на когенерационо постројење пошто оно доноси финансијске, енергетске и еколошке бенефите и
- поузданост система, која је поготово значајна када је у питању снабдевање комерцијалног и услужног сектора – сваки прекид у испоруци енергије (пре свега електричне, али и топлотне и расхладне) представља финансијски губитак.

С обзиром на могућност смањења трошкова, могућност примене различитих енергената и повољног утицаја на животну средину, у односу на конвенционалне начине производње топлотне и електричне енергије, очекује се пораст тржишта микро и мале когенерације. Остаје дилема како пројектовати, применити и искористити когенерационо постројење тако да технолошки и финансијски најповољније одговори на потребе за електричном, топлотном и, у случају тригенерације, расхладном енергијом.

³ Гаусова расподела значи да овако дефинисане групе, односно сценарији, и уз претпоставку појаве много мањих, независних и непознатих утицаја имају предвидљиву вероватноћу одигравања.

1.3. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ПОДРУЧЈУ ИСТРАЖИВАЊА

На крају овог поглавља изнет је преглед стања истраживања у подручју вредновања когенерационих пројеката у зградарству, до којих је ауторка ове дисертације дошла на основу обимних истраживања литературе. Иако је ова област истраживања веома широка и плодна, приликом проучавања рада истраживача који су се бавили применом когенерације у зградама, показала се да не постоји интегрисани приступ овом питању, тако да се истраживање, за потребе рада на овој дисертацији, одвијало по фазама.

Током почетне фазе истраживања енергетске потрошње [41] и примене когенерације у свету [11], изучавани су радови чији је акценат на потреби и значају дистрибураних система снабдевања енергијом и њиховом утицају на показатеље одрживог развоја заједнице [1], [22], [42], [43], [44], [45]. Радови Alanne [1], [35], [46], који се бави дистрибураним системима снабдевања енергијом и факторима који утичу на процес одлучивања приликом примене нових технологија, имали су важан утицај на даљи ток истраживања у току израде ове дисертације. У раду [35] посебно је важан преглед групација које утичу на одлучивање приликом примене мале когенерације и механизма којима се може утицати на њих, а у раду [46] се говори о значају софтверских алата за симулације које је неопходно извршити приликом реконструкције објеката, што је посебно значајно за разматрање стања у РС, с обзиром на старост и стање зграда.

Током друге фазе истраживања обављеног за потребе ове дисертације, посебна пажња је дата тренутном стању мале и микро когенерације у свету [3], [4], [5], [44]. Према овим истраживањима се може закључити да је број произвођача малих и микро когенерационих постројења на тржишту у порасту, а да се развој мале когенерације налази у дугорочним плановима ЕУ [5], па се може очекивати да ће и РС, услед усаглашавања политика, у наредном периоду одлучити да усмери своју енергетску политику у том правцу. Новија истраживања, [3], [4] дају, такође, и преглед утицаја енергетске политике на успешност примене мале когенерације.

Пошто је поље примене мале когенерације у различитим зградама широко (комерцијалним објектима, јавним објектима, образовним институцијама, стамбеним зградама, итд), приликом истраживања је уочен значај коришћења неког од софтверских алата за симулацију [46], [47], [48], [49], [50]. Алатима за симулацију или алатима за анализу могу се сматрати сви софтверски алати којима је могуће обавити нумеричко моделирање постојећег објекта, или објекта који тек треба да буде изграђен на основу искустава у раду са објектима сличне намене. Излазни подаци из оваквих програмских модула су од посебне важности приликом испитивања различитих сценарија и приликом одабира мера и доношења одлука за примену неке од тих мера.

Проучавањем доступне литературе о алатима, односно софтверима, за симулацију и њиховој примени [49], [51], [52], [53], [54], [55], [56] стечен је увид у најзаступљеније софтвере за симулацију на тржишту. У радовима [51], [52], [53], [54] дат је упоредни преглед софтвера за симулацију и закључак, који се, сам по себи наметнуо, да је за симулацију термичког омотача објекта погоднији софтверски пакет EnergyPlus, а за симулацију система за климатизацију, грејање и хлађење (КГХ) погоднији софтвер TRNSYS. Што се тиче моделирања и симулације когенерационог постројења сасвим је свеједно који се софтвер користи, јер оба (EnergyPlus и TRNSYS) користе исти математички модел [57], [58].

Следећа фаза у истраживању се односила на питање: како правилно димензионисати когенерационо постројење? Иако се у литератури може наћи више различитих предлога

око избора технолошког решења (гасни мотор, гасна турбина, горива ћелија), у пројектима мале когенерације преобладавају истраживања оптималне величине гасних мотора [19], [59], [60], [61], [62]. Tuula Savola се најпре бави симулацијом, а након тога и оптимизацијом когенерационог постројења које као гориво користи биомасу, али приступ који нуди могуће је применити на значајно ширу област [63], [64], [65].

Уз помоћ савремених софтвера могуће је испитати утицај имплементације одређених мера енергетске ефикасности, тј. могуће је упоредити предложене мере и посматрати њихов међусобни утицај. У радовима и извештајима америчке Националне лабораторије за обновљиву енергију (NREL) [66], [67], [68], [69] дат је преглед могућности за оптимизацију мера енергетске ефикасности, а понуђено решење параметарске анализе је коришћено и у овом раду.

Базирајући се на резултатима и налазима описаним у овом одељку, као и на резултатима истраживачког пројекта *„Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама РС и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“*, ауторка ове дисертације је приступила дефинисању оптималног приступа вредновању пројеката когенерације у зградарству у РС, који је детаљно описан у следећем поглављу.

2. ДЕФИНИСАЊЕ ОПТИМАЛНОГ ПРИСТУПА ВРЕДНОВАЊА ПРОЈЕКТА КОГЕНЕРАЦИЈЕ У ЗГРАДАРСТВУ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

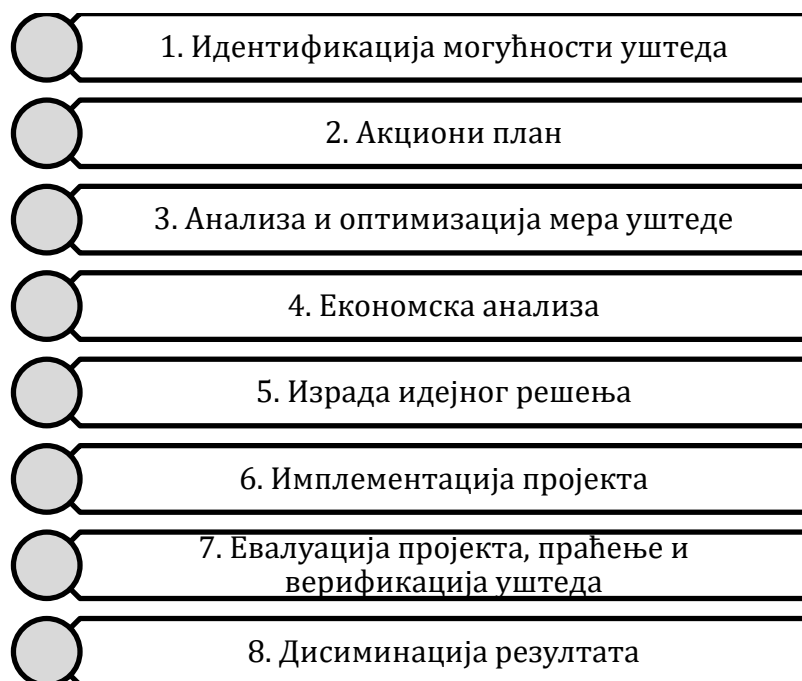
Ово поглавље посвећено је опису поступка који, према истраживањима ауторке ове дисертације, резултира адекватним вредновањем пројеката когенерације у зградарству. Такав поступак подразумева интегрисани приступ сваком пројекту оптимизације потрошње енергије и примену проверених корака за успешну имплементацију процеса оптимизације потрошње енергије. Посебан нагласак је дат на процес енергетског моделирања, софтвере за енергетско моделирање зграда и процес дефинисања оптималног капацитета когенерационе јединице помоћу математичког DNLP модела. На крају поглавља представљена је методологија за вредновање когенерационих пројеката у зградама.

2.1. КОРАЦИ УСПЕШНЕ ИМПЛЕМЕНТАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ

Интегрисани приступ развоја и имплементације пројеката оптимизације потрошње енергије подразумева интерактивну анализу и оцењивање објекта – постројења и његовог окружења. То би у пракси значило анализу крајње потрошње, корисника и њихових навика, намене објекта, дистрибутивног система, производње енергије, снабдевање енергентима, а у области зградарства и стање објекта, односно стање термичког омотача зграде. Циљ оваквог приступа је узимање у обзир свих претходно побројаних елемената, чији бенефити могу у појединим аспектима бити и супротстављени, а кроз чију синергију је могуће доћи до оптималног решења.

У овом одељку биће укратко представљен целокупан процес планирања, имплементације и верификације пројеката оптимизације потрошње енергије. У наредним одељцима дат је детаљан преглед фазе планирања у оквиру које је предвиђена и примена предложене методологије за вредновање пројеката когенерације у зградарству.

Сваки пројекат има своје фазе чијом реализацијом се долази до успешно изведеног и примењеног пројекта, па у том смислу ни пројекат оптимизације потрошње енергије не представља изузетак. У наредном тексту ће бити набројани кораци за успешну реализацију пројеката оптимизације потрошње енергије са својим специфичностима (слика 2.1).



Слика 2.1 Кораци успешне имплементације пројекта оптимизације потрошње енергије

Први корак у имплементацији пројекта је идентификација и дефинисање могућности за уштеде, што, као и код већине енергетских пројеката, подразумева прикупљање историјских података о потрошњи енергије, мерења, прелиминарну енергетску ревизију и предлог мера.

Следећи корак је креирање акционог плана. Акциони план треба да има три важна елемента:

- прелиминарни избор мера који одговарају стратешком плану објекта – постројења;
- формирање партнерства за извођење пројекта и
- истраживање финансијских могућности.

У наставку текста дате су неке смернице, као и потенцијални проблеми који се могу појавити приликом дефинисања побројаних тачака акционог плана.

Код интегрисаног приступа, у почетној фази пројекта не може се говорити о коначном избору мера, јер се тек након формирања партнерства и подробног истраживања финансијских могућности може ући у детаљну анализу и оптимизацију предложених мера.

У слабије развијеним земљама формирање партнерства и избор консултаната за рад на пројекту је често изазов, како због недовољних средстава предвиђених за овакву врсту услуга тако и због недостатака експерата, а посебно ако се ради о неком специфичном задатку.

Обзиром на значај који се поклања енергији и заштити животне средине, нарочито у високо развијеним земљама, могућности за финансирање оваквих пројеката су бројне. Треба почети од националне енергетске стратегије и идентификовања приоритетних циљева државе, затим истражити да ли постоје националне агенције, предвиђене националном енергетском политиком, које пружају финансијску подршку оваквим

пројектима. Надаље, треба потражити такве организације и на локалном нивоу, а постоје и међународне организације које подржавају интеррегионалну сарадњу на пројектима енергетске ефикасности и чије могућности треба испитати. На крају, ту су и међународне и националне банке које годинама уназад нуде кредите са подстицајним условима за овакве пројекте.

Још једна могућност вредна разматрања су ESCO (енг. *Energy Service Company*) компаније. ESCO компаније се прихватају израде енергетског пројекта и финансијских улагања у пројекат, а своју зараду наплаћују тек по оствареним уштедама. Овакве компаније су бројне у свету, а у РС постоји неколико успешних.

Након детаљног планирања начина финансирања може се приступити трећем кораку – анализи и оптимизацији мера уштеде енергије. Полазна тачка интегрисаног приступа је успостављање основног сценарија. Основни сценарио може бити направљен на основу постојећег стања објекта и историјских података о потрошњи електричне и топлотне енергије, или то може бити прилагођени сценарио на основу измена које ће се десити невезано од примене пројекта за уштеду енергије. Када је у питању зграда, за успостављање основног сценарија неопходно је дефинисати стање термичког омотача објекта. Након успостављања основног сценарија треба приступити испитивању које то мере, или боље речено које то групе мера, треба применити на том објекту – постројењу. Алата за оптимизацију су бројни и зависе од ситуације, приступа и искуства консултанта који их користи.

Након одабира оптималних мера, приступа се четвртом кораку – детаљној економској анализи која подразумева процену инвестиционих трошкова, трошкова уградње, сервиса и одржавања, трошкова амортизације и верификацију предвиђених уштеда. Финансијска анализа инвестиције подразумева различите приступе, као нпр. време отплате, прост период повраћаја инвестиције, нето садашњу вредност, унутрашњу стопу повраћаја, итд. Искуство је показало да ће инвеститори искористити више различитих метода обрачуна, али онда често превагу однесе претходно искуство са таквом или сличном инвестицијом. Осим анализе инвестиције потребно је спровести и детаљну анализу садашње вредности како би се урачунале све измене у вредности новца које настају током процењеног радног века опреме, без обзира да ли су у питању трошкови или уштеде [9].

Овим кораком би се завршило са планирањем пројекта и приступило би се његовој реализацији.

Пети корак подразумева израду идејног решења, односно пројекта који укључује архитекте, инжењере и остале учеснике овог мултидисциплинарног пројекта.

Изградња објеката, инсталација опреме, као и примена предвиђених мера одвија се током имплементације пројекта у шестом кораку.

Седми, претпоследњи, корак је евалуација изведеног пројекта и верификација уштеда. Први део се односи на квалитет извођења радова и инсталација, а други на праћење, мерење и обрачун постигнутих уштеда. Учинак неких мера је лако измерити, а за неке је потребно одређено време и комплекснија анализа. У сваком случају овај претпоследњи корак је веома важан да би се проценила успешност пројекта, али и да би се уочили и отклонили евентуални недостаци настали током планирања или током извођења.

Последњи корак код пројекта са интегрисаним приступом је дисеминација резултата. Посебно је важно обратити пажњу на овај корак уколико је финансирање пројекта било преко неке од раније побројаних организација које полажу велики значај на ширење и

репродукцију успешних пројеката. Начини оглашавања успешних пројеката су бројни, од локалних средстава оглашавања и интернета, па до стручних и научних скупова, при чему посебан акценат треба ставити на мерљиве резултате и индикаторе успешности, јер то омогућава поређење (бенчмаркинг) са сличним пројектима.

2.2. ИНТЕГРИСАНИ ПРИСТУП У ПРОЈЕКТИМА КОГЕНЕРАЦИЈЕ У ЗГРАДАРСТВУ

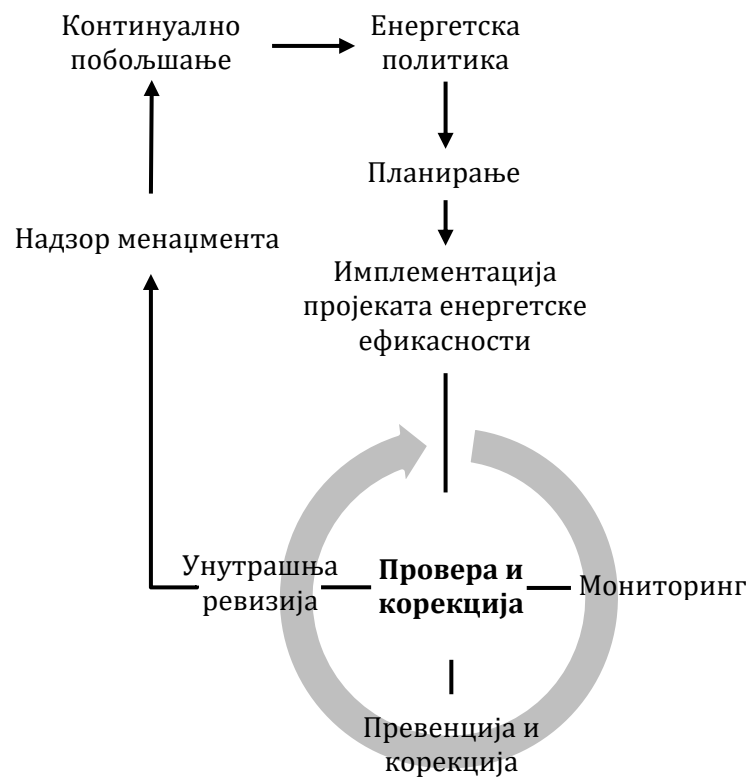
Код интегрисаног приступа употребу енергената је потребно посматрати као динамички и интерактивни систем. Овакав приступ захтева интердисциплинарну анализу употребе топлотне и електричне енергије, третмана отпада и отпадних вода, функционисања и одржавања објекта – постројења, а све то имајући у виду циљеве који су постављени:

- како објекат – постројење треба да функционише;
- какав утицај има на животну средину, и
- како се спроводе стратешки и финансијски циљеви.

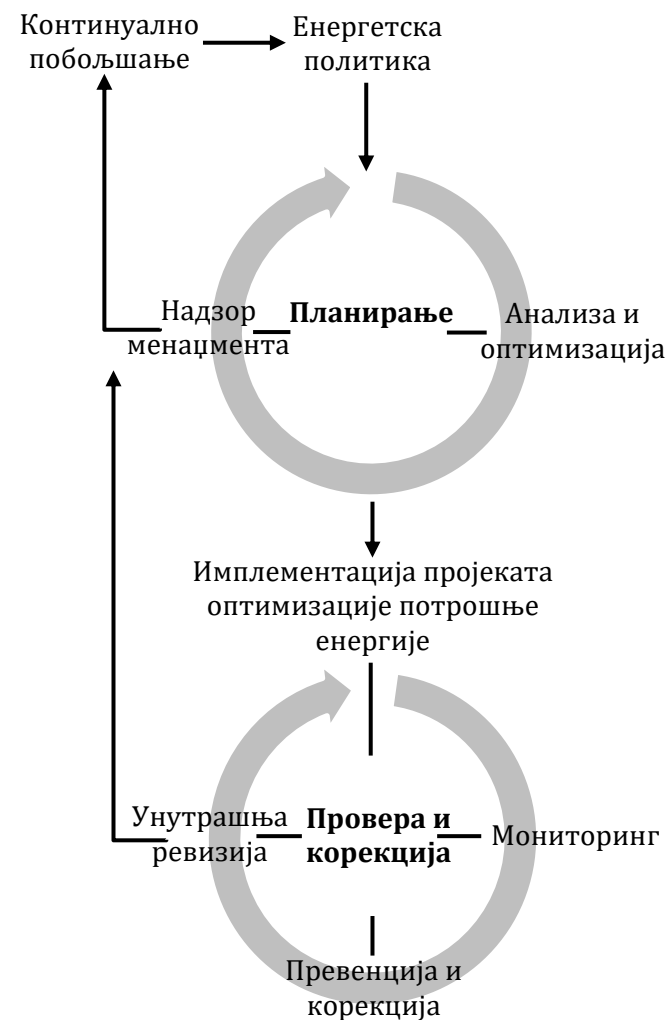
У случају интегрисаног приступа оптимизације потрошње енергије може се говорити и о оптималној синергији појединачних пројеката енергетске ефикасности.

На основу резултата истраживања и закључака радова које је објавила ауторка дисертације на пољу система управљања енергијом и значаја енергетских стандарда [70], [71], [72], [73] уочен је посебно велики утицај и значај дефинисања, управљања, имплементације и верификације пројеката за повећање енергетске ефикасности (слика 2.2).

Сама анализа система (прикупљање историјских података, мерења, прелиминарна и детаљна енергетска ревизија, предлог мера уштеде енергије, итд.) се не разликује умногоме од уобичајеног система управљања енергијом. Интегрисани приступ посебну пажњу даје анализи и оптимизацији мера уштеде енергије и усклађивања са стратешким циљевима објекта – постројења, па ауторка дисертације предлаже анализу и оптимизацију мера за уштеду енергије насталих током енергетске ревизије објекта - постројења коришћењем софтверских алата за симулацију и оптимизацију (слика 2.3).



Слика 2.2 Матрица планирање – извршење – провера – деловање система управљања енергијом [70]



Слика 2.3 Матрица планирање – извршење – провера – деловање система управљања енергијом проширена за потребе дисертације

Приликом анализе мера уштеде енергије, након чије би се примене остварила добит, неопходно је урачунати и евентуалну реконструкцију/модернизацију која би могла да се спроведе захваљујући оствареној добити. У том смислу, приликом анализирања мера уштеде производње, дистрибуције и потрошње енергије, неопходно је размотрити и могућности замене енергената, промене добављача енергената, коришћења ОИЕ, производње електричне енергије, когенерације, промене у навикама и управљању потрошњом, и др.

Добар начин анализе и провере предложених мера, а који штеди време и новац, било да се ради о објекту који тек треба да се изгради или о објекту који треба да се реконструише, је примена софтверских алата за симулацију енергетског понашања објекта. С обзиром на број различитих, често и супротстављених мера које је потребно испитати, а које су у складу са техничким и финансијским могућностима инвеститора, јавља се потреба за коришћењем програма за оптимизацију.

2.2.1. ЕНЕРГЕТСКО МОДЕЛИРАЊЕ

Под појмом енергетско моделирање подразумева се развој и употреба софтвера са циљем предвиђања енергетских потреба објекта, или објеката. Приликом употребе софтвера за симулацију, осим предвиђања потрошње енергије, модел се може искористити и за верификацију уштеда, а то је посебно корисно приликом енергетске сертификације зграда.

Уколико се енергетски модел направи у правом тренутку, током фазе пројектовања објекта, он може да постане моћан алат приликом доношења одлука о примени неке од мера за уштеду енергије или за промене у дизајну објекта у циљу побољшања његовог функционисања и смањења потрошње енергије.

Уколико се на почетку пројектовања зграде, направи једноставан енергетски модел, добиће се модел довољне тачности за потребе испитивања различитих сценарија. Ако се има у виду да се испитивање одвија поређењем различитих сценарија у односу на основни сценарио, јасно је да су добијени резултати релативне вредности и да висока тачност основног модела није нужна. Такође, благовремена израда енергетског модела приликом пројекта реконструкције зграде може значајно уштедети време и новац потребан за доношење одлуке које мере одабрати.

Уколико се модел направи тек након извођења пројекта изгубиће се део његових потенцијала и послужиће само за верификацију постигнутих уштеда.

2.2.1.1. СОФТВЕР ЗА ЕНЕРГЕТСКО МОДЕЛИРАЊЕ ЗГРАДА

Софтвер за енергетске симулације има широку примену: од употребе приликом пројектовања нових објекта, анализе потрошње енергије, прорачуна трошкова током радног циклуса објекта, прорачуна топлотног и електричног оптерећења, до употребе приликом реконструкција и модернизација постојећих објеката. Софтверски пакети за симулацију енергетских токова у зградама су веома важан алат енергетског менаџмента. Резултати оваквих симулација могу значајно да утичу на смањење трошкова енергије и на доношење одлука при одабиру мера енергетске ефикасности. За енергетско моделирање зграда на тржишту постоји више софтвера (Energy Plus, Energy Simulation Software tool (ESP-r), Indoor Climate Energy (IDA), Integrated Environmental Solutions – Virtual Environment (IES – VE), TRNSYS, OpenStudio, eQuest, TRACE 700, итд.).

Иако се наведени софтвери значајно разликују заједничко им је да се симулација одиграва кроз три корака: креирање модела објекта, одабир и дефинисање променљивих и, на крају, анализа резултата. Симулацијом се покрива период од једне године уз употребу локалних климатских података.

Што се тиче креирања објекта, већина поменутих софтвера има могућност моделирања или увоза објеката креираних у неком од софтвера за 3D CAD пројектовање.

Један од циљева развоја методологије за верификовање пројеката когенерације у зградарству је и њена лака и брза примена. Имајући то у виду за израду методологије за оцењивање енергетских пројеката у зградама, у овој дисертацији је коришћен бесплатан програм – софтверска платформа OpenStudio (OS) [47].

Програм OpenStudio је настао као резултат истраживања америчке Националне лабораторије за обновљиву енергију (NREL) и Министарства енергије САД и представља програм за симулацију објекта у целини, подједнако погодан и за симулацију објеката који су у фази изградње, као и за објекте које је потребно реновирати и модернизовати. Настао је као софтверска платформа у којој су интегрисани софтвери EnergyPlus и Radiance.

Amir Roth и остали су у раду [49] из 2015. године, који се у тренутку писања дисертације налази у штампи, представили могућности OS истраживачкој заједници. Иако OS није у практичној примени у широј истраживачкој заједници (нема објављених радова који су настали као резултат рада у OS) на основу свог двогодишњег искустава рада са OS ауторка дисертације предлаже примену овог софтвера за потребе методологије за вредновање пројеката когенерације зградарству. Разлози који су утицали на одабир и препоруку баш овог софтвера су следећи:

- софтвер је бесплатан;
- за симулацију користи EnergyPlus, софтвер који је препоручен као софтвер за енергетско моделирање термичког омотача објеката [51], [52], [53] и који се примењује, верификује и континуално унапређује готово већ 20 година;
- за разлику од EnergyPlus-а има бољи и интуитивнији кориснички интерфејс;
- осим EnergyPlus-а у OS имплементиран је и софтвер Radiance;
- у зависности од намене објекта има предефинисане компоненте⁴ које олакшавају и убрзавају рад;
- има обимну интернет базу предефинисаних компоненти и мера енергетске ефикасности
- извештај који се генерише је прегледнији од извештаја који генерише EnergyPlus.

OpenStudio је почео да се користи најпре искључиво као софтвер са графичким интерфејсом (GUI), то јест као додаток за SketchUp, да би се олакшало уношење координата, тј. геометрије објекта у EnergyPlus-у.

EnergyPlus је бесплатан програм за симулацију настао 1997. године на платформама BLAST i DOE-2 програма за симулацију. Његова употреба је широко распрострањена, тестирао га је на хиљаде истраживача и корисника у целом свету током година коришћења. Два пута годишње се објављује нова, побољшана верзија.

⁴ Под предефинисаним компонентама се подразумевају стандардни симулациони објекти који се односе на грађевинске елементе, опрему, оптерећења и распореде.

Након 2010. године OS престаје са развојем искључиво графичког интерфејса за EnergyPlus и почиње развој потпуно нове софтверске платформе. Та нова платформа се убрзано развија и на сваких шест месеци објављује нова, унапређена верзија. Као и EnergyPlus и OS је објектно оријентисан, објекти OS се поклапају са већ постојећим објектима EnergyPlus-а, али с обзиром да се OS развија тек пет година, још увек није у своје окружење интегрисао све објекте из EnergyPlus-а. У тренутку писања дисертације око 70% најчешће коришћених објекта EnergyPlus-а је интегрисано у OS окружење [49].

Други софтвер, Radiance, је део OS који омогућава превазилажење ограничења EnergyPlus-а у домену прорачуна дневног осветљења. Софистицирани прорачуни дневног осветљења Radiance-а се шаљу EnergyPlus-у који их укључује у свој прорачун употребе осветљења.

Кориснички интерфејс OS-а је значајно унапређен у односу на EnergyPlus. Део коме је посвећена посебна пажња у развоју OS је олакшано уношење и измена великог броја улазних података што је од посебног значаја за објекте сложене геометрије као што је пример коришћен у овој дисертацији.

Кориснички интерфејс OS-а има два облика: графички кориснички интерфејс (GUI) и програмски кориснички интерфејс (API). GUI може да се користи уколико се инсталира као додатак (eng. *plugin*) у SketchUp-у.

SketchUp је једноставан и широко примењив програм за цртање, на првом месту објеката. Радо га користе архитекте, дизајнери и инжењери због могућности брзог добијања 3Д модела објеката комплексне геометрије. Моделирање геометрије објекта и дефинисање његове намене, као и дефинисање различитих параметара као што су: тип просторије, спратност објекта, термичке зоне, дефинисање површина и граничних услова могуће је урадити коришћењем графичког интерфејса OS.

За дефинисање осталих параметара потребно је прећи у API. Кориснички интерфејс OpenStudio-а је лак за коришћење пошто ради по принципу „превуци и пусти“. Ту се дефинишу конструкција објекта (грађевински материјали), затим распоред боравка у просторијама, електрична опрема, осветљење, распоред за грејање и хлађење објекта, систем грејања и хлађења, дефинишу се све компоненте тих система, итд. Приликом дефинисања ових параметара користе се и поменуте базе предефинисаних компоненти које умногоме убрзавају моделирање.

Овакав приступ олакшава моделирање објеката, посебно када се моделирају зграде које нису изграђене, па не постоје подаци о потрошњи енергије. Промена оријентације објекта⁵, спратности, односа површине прозора према површини зидова, дебљина зидова или дебљина слоја изолације, итд. су могући сценарији који се могу испитати са енергетског и финансијског аспекта пре него што се почне са изградњом објекта.

Оно што треба имати у виду је да су предефинисане базе направљене за услове градње и рада у САД, тако да је неопходно прилагођавање европским стандардима. Након што прецизнијег и детаљнијег уноса свих познатих података, може се отпочети са симулацијом.

⁵ Промена терена због конфигурације, промена оријентације објекта у односу на стране света, промена оријентације објекта у односу на суседне објекте, итд. значајно утиче на потрошњу енергије.

Нове могућности OS у погледу моделирања објеката су тзв. мере (енг. *measures*). Мере су иницијално настале као мере енергетске ефикасности које је могуће применити на неком објекту у циљу смањења потрошње енергије. Од тада је употреба мера значајно проширена са циљем олакшавања израде модела, уношења измена и трансфера знања међу корисницима. У зависности од дела симулације у којем се користе, то могу бити:

- мере измене на OS моделу;
- измене током EnergyPlus симулације или
- мере које се тичу формата извештаја симулације.

Најлакше је посматрати ефекат енергетских мера након успостављања основног сценарија. На основном сценарију, применом мера, могу да се врше најразличитије измене. Утицај тих мера и промена потрошње енергије у објекту може да се посматра кроз извештаје добијене након симулације основног сценарија са примењеним мерама или применом параметарске анализе. Овакав начин анализе значајно штеди новац и време и омогућава разматрање веома специфичних и за конкретан објекат развијених мера. Истовремено, ово је и веома добар алат за разматрање мера које имају мању финансијску исплативост и дужи период отплате. Применом мера енергетске ефикасности могуће је посматрати њихов утицај на потрошњу енергије, читавање максиграфа, период отплате као и трошкове током радног циклуса (енг. *life-cost analysis*).

Да би се омогућило што ефикасније и лакше ширење библиотека са мерама, OpenStudio, који је програмиран у C++ програмском језику, је преведен на програмски језик Ruby. Сва документација коришћена за прављење корисничког интерфејса, као и све до сада написане мере, су доступне на интернету, чак је могуће утицати и на основни код којим је програмиран OS.

Програмски језик Ruby је динамички, објектно оријентисани програмски језик опште намене. Написао га је јапанац Мацумото средином деведесетих, али је последњих година доживео наглу популарност у свету програмирања популаризацијом веб апликације Ruby on Rails која је написана коришћењем Ruby језика. Његова највећа предност је једноставност речника и могућност дефинисања властитих процедура и протокола на једноставан начин [74].

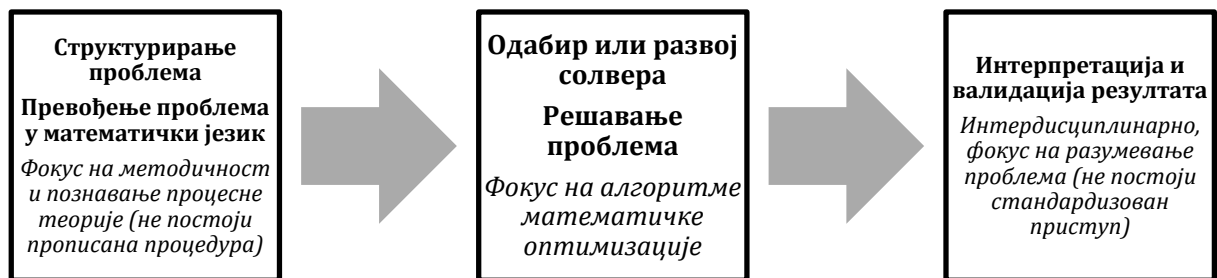
Осим велике OS интернет библиотеке на веб адреси <https://bcl.nrel.gov/> која садржи преко 47 000 компоненти (грађевински материјали, опрема, оптерећење, распореди) и преко 190 мера, постоји и могућност креирања властитих мера програмирањем у Ruby језику [49]. За потребе ове дисертације испрограмирано је више таквих, нових, мера. Коришћење мера даје могућност испитивања и одабира оптималног дизајна објекта односно испитивање примене најразличитијих мера енергетске ефикасности које могу да се примене на објекту, његовом КГХ систему као и на самим компонентама система КГХ.

Још један напредак у корисничком интерфејсу OS-а у односу на EnergyPlus је изглед излазних података. Резултати симулације могу да се посматрају или као класичне табеле које прави EnergyPlus, или као резултати OS у облику табела, дијаграма или интерактивних дијаграма у графичком интерфејсу.

Могућност програмирања нових и систематска примена постојећих мера омогућава оптимизацију дизајна објекта и олакшава параметарску анализу. У оквиру OpenStudio-а може да се користи софтверски алат за параметарску анализу PAT. Корисник у PAT-у дефинише основни сценарио и сет мера чији утицај жели да анализира, а PAT креира алтернативне сценарије применом мера у адекватном редоследу, симулира и објављује одговарајуће резултате.

2.2.2. ДЕФИНИСАЊЕ ОПТИМАЛНОГ КАПАЦИТЕТА КОГЕНЕРАЦИОНЕ ЈЕДИНИЦЕ ПОМОЋУ МАТЕМАТИЧКОГ DNLР МОДЕЛА

Када се, захваљујући енергетском моделу развијеном у OpenStudio софтверу, располаже подацима о захтевима објекта за електричном и топлотном енергијом, могуће је искористити неки од алата математичког програмирања како би се дошло до предлога оптималног капацитета когенерационе јединице (слика 2.4).



Слика 2.4. Структура поступка математичког моделирања [34]

За оптимизацију избора когенерационог постројења коришћен је модел заснован на нелинеарном програмирању са дисконтинуираним изводима, тј. на тзв. *DNLР* програмирању (енг. *Nonlinear Programming with Discontinuous Derivatives*). Модел је за потребе ове дисертације развијен коришћењем програмског језика *GAMS* (енг. *Generic Algebraic Modeling System*).

GAMS (енг. *General Algebraic Modeling System*) представља високо развијени софтвер за моделирање математичких линеарних, нелинеарних и целобројних оптимизационих проблема. *GAMS* је иницијално развијен и финансиран од стране Светске банке [75].

GAMS програмски језик препознаје практично све основне класе математичког програмирања [76]:

- линеарно програмирање (енг. *Linear Programming – LP*),
- целобројно програмирање (енг. *Integer programming – IP*),
- нелинеарно програмирање (енг. *Nonlinear programming – NLP*),
- **нелинеарно програмирање са дисконтинуираним изводима** (енг. *Nonlinear programming with discontinuous derivatives – DNLР*),
- мешовито целобројно програмирање (енг. *Mixed-Integer Programming – MIP*),
- мешовито целобројно линеарно програмирање (енг. *Mixed-Integer Linear Programing – MILP*),
- мешовито целобројно нелинеарно програмирање (енг. *Mixed-Integer Nonlinear Programing – MINLP*),
- и друге.

Предвиђени модел припада, према једначинама којима је описан, класи линеарног програмирања, међутим, за његово решавање неопходно је користити функцију одређивања максимума скупа, па пошто ову функцију линеарно програмирање не препознаје, модел је решен као *DNLР* математички модел.

У одељку 3.4 изнесени су детаљи математичког модела и поступка решавања проблема, а у одељку 4.4 дата је интерпретација добијених резултата, али пре изношења детаља о

поступку, треба напоменути да је уведено седам претпоставки захваљујући којима је модел растерећен и поједностављен. Те претпоставке су изнете у наредном тексту.

1. Когенерациона јединица посматрана је као „сива кутија“. Претпоставка је да у „сиву кутију“ улази гориво одређеним протоком, а из ње излазе топлотна и електрична енергија.
2. Когенерационо постројење ће радити током грејне сезоне, тј. док постоји топлотно оптерећење.
3. Електрична енергија добијена из когенерационог постројења користи се за покривање сопствених потреба објек(а)та. Вршне потребе за електричном енергијом током грејне сезоне, као и потребе за електричном енергијом ван грејне сезоне, обезбеђују се из постојеће електродистрибутивне мреже.
4. Вршне потребе за топлотном енергијом обезбеђују се из постојећег система грејања и/или коришћењем додатног извора топлотне енергије.
5. Електрична и топлотна енергија које се произведу у когенерационом постројењу представљају „добит“ и обрачунавају се по важећим ценама електричне и топлотне енергије. Са друге стране, губитак за модел представља цена природног гаса који се утроши за рад постројења, као и амортизација опреме.
6. Ефикасност когенерационих јединица мања је при раду у режиму делимичног оптерећења у поређењу са радом у пуном оптерећењу. Надаље, однос произведене електричне и топлотне енергије мења се ако постројење ради ван оптималног радног режима. Међутим, анализом криве трајања оптерећења и поређењем исте са предложеним оптималним когенерационим капацитетом, јасно је да ће, у највећем броју разматраних случајева, постројење радити релативно мали број часова у режиму делимичног оптерећења па је, имајући ово у виду, игнорисан пад ефикасности као и промена односа произведене електричне и топлотне енергије когенерационе јединице.
7. Однос произведене електричне и топлотне енергије когенерационе јединице, у очекиваном распону снага, креће се око 0,7 [77].

2.3. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ВРЕДНОВАЊЕ КОГЕНЕРАЦИОНИХ ПРОЈЕКТА У ЗГРАДАМА

Полазну основу за конципирање ове докторске дисертације чини потреба за унапређењем енергетске ефикасности у области зградарства у РС и за испитивањем примене мале и микро когенерације (што је и један од циљева поменутог пројекта *„Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“*).

Хипотезе од којих се полази су:

1. когенерационе технологије су, уз поштовање техничких, економских и еколошких услова који владају на одређеној локацији, примењиве у области зградарства;
2. могуће је направити методологију (алгоритам) који за различите услове даје поуздане податке који ће бити од користи приликом доношења одлуке о примени когенерационе технологије;
3. у почетним фазама когенерационог пројекта примена адекватне методологије штеди време и новац;
4. смернице које методологија даје су транспарентне и једнозначне и

5. стратешким приступом утицајним факторима примена нове технологије може постати финансијски атрактивна.

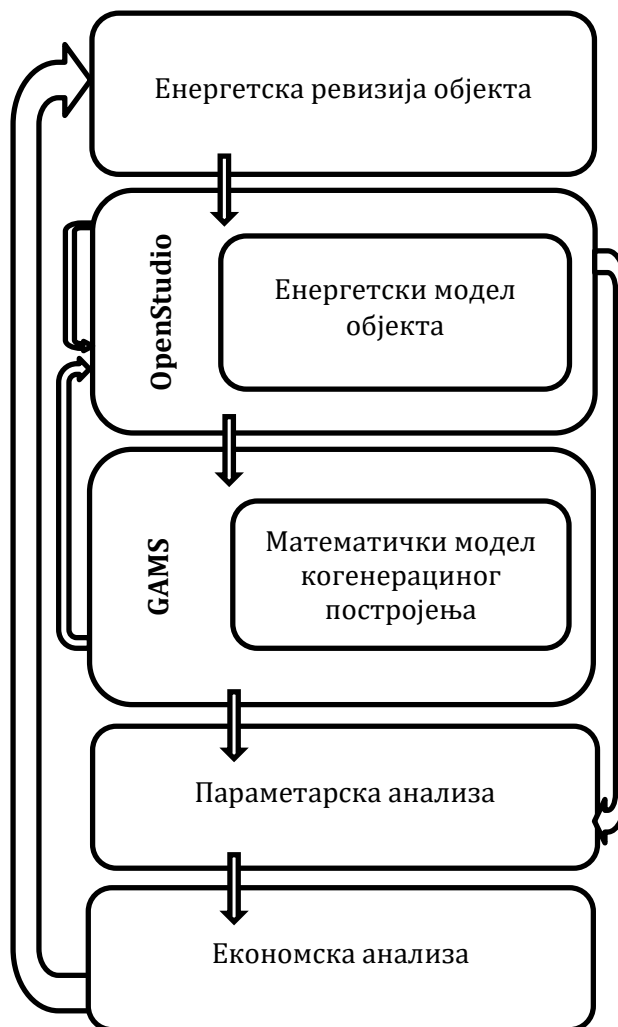
Као што је већ речено, у претходним поглављима, према проценама енергетског стања у нестамбеним објектима [8], [47], [48], исплативости примене мале когенерације у зградама [3], [4], [5], [44], [45], [46], [58], [78], и према броју произвођача компактних когенерационих постројења који је у порасту [79], може се рећи за прву хипотезу да је оправдана.

Такође, у првом поглављу је изнет преглед најзначајнијих утицајних фактора на ширу примену мале когенерације, из кога се види да добро дефинисана и усмерена енергетска политика може да има значајан утицај на сигурност снабдевања, диверсификацију енергената, постизање већег степена енергетске независности, али и утицај на понашање корисника. Тако формулисан преглед утицајних фактора треба да пружи јасну слику о потребном стратешком приступу, као и како малу когенерацију учинити финансијски атрактивном.

При развоју методологије главни циљ је био да предложена методологија буде транспарентна, једнозначна, поновљива у различитим ситуацијама и истовремено довољно једноставна да може да се примени у ограниченом временском периоду.

У наредном тексту изнет је детаљан преглед методологије која је развијена у оквиру ове дисертације праћен корацима које треба спровести да би се оценио пројекат примене когенерације у зградарству.

Ауторка дисертације предлаже да се методологија за вредновање пројеката когенерације у зградарству примењује кроз пет корака (слика 2.5), а да се наслања на примену интегрисаног приступа пројектима енергетске оптимизације, у које, свакако, спада и когенерација у зградарству.



Слика 2.5 Матрица предложене методологије за верификацију когенерационих пројеката у зградарству

У првој фази врши се енергетска ревизија објекта на основу које се, у другој фази, формира енергетски модел зграде уз помоћ софтвера за симулацију. На тај начин се долази до модела основног сценарија (енг. *Baseline scenario*) у односу на који ће се посматрати потенцијал одређених, применљивих, мера енергетске ефикасности. У другој фази се формира и предлог мера за подизање енергетске ефикасности објекта и за побољшање стања термичког омотача зграде, односно дизајна објекта.

Наредна, трећа, фаза подразумева оптимизацију капацитета когенерационог постројења (на основу топлотног и електричног оптерећења добијеног помоћу софтвера за симулацију, односно коришћењем података за 8784 сати) заснованог на математичком апарату који служи за решавање линеарних, нелинеарних и целобројних математичких оптимизационих проблема. У току даљег поступка, након одабира најповољнијег когенерационог постројења, то решење се користи да би се припремио сценарио енергетског понашања грађевинског објекта са когенерационим постројењем.

У наставку овог поступка (фазе четири и пет), спроводи се параметарска и економска анализа различитих сценарија приликом примене одабраних мера, и тако долази до одабира оптималног решења.

Предложена методологија значајно штеди време и новац, а резултати који се добију погодни су за публикавање.

Приликом примене методологије за вредновање когенерационих пројеката у зградарству, предлог је да се користе софтвер за симулацију OS и софтвер за математичко програмирање GAMS. Иако OS није, за сада, у широј примени у истраживањима, он има низ погодности које су биле потребне за дефинисање ове методологије. Три су главне предности OS:

1. симулација се базира на високо оцењеном и примењеном софтверу EnergyPlus,
2. има интуитивни кориснички интерфејс који, у односу на друге софтвере, омогућава олакшану примену предложене методологије на било ком грађевинском објекту,
3. развијени модел и резултати симулације су таквог облика да се могу довољно брзо и лако изменити и делити са другим корисницима OS.

У досадашњој пракси енергетског моделирања зграда трансфер знања, односно размена модела и резултата симулација је таква да сваки корисник треба да тумачи рад свог претходника, што повећава могућност грешке и утицај људског фактора, а то се најбоље види у великим варијацијама модела и резултата енергетског моделирања [49]. Применом коришћења OS начин дефинисања и промене на моделу, као и резултати симулације, су транспарентни и није потребно посебно тумачење или објашњење, што омогућава примену овог софтвера у комерцијалне сврхе, у конкретном случају приликом оцењивања пројекта когенерације у зградарству.

Осим примене интегрисаног приступа на пројекте когенерације, предлога конкретних корака и предлога софтверских алата за методологију, новина у овом приступу је и начин оптимизације капацитета когенерационог постројења. Да би методологија била довољно приступачна за оцењивање конкретних пројеката, за оптимизацију когенерационог постројења, ауторка дисертације, предлаже коришћење приступа „сиве кутије“. То значи да се користи поједностављени модел постројења за когенерацију и не улази у детаље његовог функционисања, нити параметре рада појединачних компоненти когенерационог модула. У конкретном случају предложеног оптимизационог приступа само две једначине описују когенерациони модул („сиву кутију“). То су једначина односа произведене топлотне и електричне енергије и једначина којом се описује конверзија горива у топлотну и електричну енергију.

Примењени приступ коришћења резултата симулације за оптимизацију избора когенерационог постројења је омогућио и да се у дисертацији користе подаци за свих 8784 сати рада постројења уместо уобичајеног приступа у моделирању коришћењем типичних (репрезентативних) дана⁶ [19], [80], [81]. Shaneb и остали у раду [19] износе значај коришћења већег броја дана за оптимизацију и утицај који има коришћење типичне недеље уместо типичног дана на повећање тачности модела.

Треба напоменути и да предложена методологија није ограничена само на случај примене когенерационих постројења, већ да је уз њену помоћ могуће оценити и примену соларних колектора, фотонапонских панела, горивих ћелија, топлотних пумпи и других технологија којима се може утицати на енергетску ефикасност објекта.

⁶ Приступ поједностављивања математичког програмирања смањењем временског периода за оптимизирање груписањем дана сличних карактеристика, те свођењем године на одређени број дана (један дан по сезони, једна недеља за целу годину, један дан за цео месец, итд.).

3. ПРОВЕРА МЕТОДОЛОГИЈЕ ИЗВОЂЕЊЕМ СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

У оквиру овог поглавља биће извршена провера квалитета методологије описане у претходном поглављу кроз конкретну студију случаја који се односи на грађевинске објекте ФИНК. У припреми за спровођење те студије, најпре су приказана уобичајена технолошка решења за мала когенерациона постројења која је могуће применити на тој локацији (мотори са унутрашњим сагоревањем, Стирлингови мотори, гасне турбине, микро турбине и гориве ћелије), а затим је извршен одабир најповољнијег технолошког решења. У наставку је описана методологија израде енергетског модела објекта ФИНК, и приказан сам модел, па, затим, у наставку, обављена и тзв. калибрација развијеног модела, дефинисани сценарији за уградњу когенерационих постројења и приказани улазни подаци добијени симулацијом. На крају поглавља је описан DNLP математички модел и приказане су математичке једначине које тај модел користи.

3.1. ТЕХНОЛОШКА РЕШЕЊА ЗА МАЛА КОГЕНЕРАЦИОНА ПОСТРОЈЕЊА

У когенерационим постројењима се хемијска енергија горива или соларна енергија трансформишу у топлотну и електричну енергију.

Укупан степен корисности когенерационог постројења се, углавном, креће око 85-90% и дефинисан је као однос збира топлотне и електричне енергије и доње топлотне моћи искоришћеног горива. Укупан степен корисности малих когенерационог постројења има значајан утицај на пробој ових постројења на тржишту, а истраживања показују да се пробој нове технологије на тржишту може десити и након мале промене њене ефикасности [20].

Степен корисности производње електричне енергије представљен је односом произведене електричне енергије и доње топлотне моћи горива. Да би се постигла максимална ефикасност у производњи електричне енергије, а инвестиција најбоље искористила, когенерационо постројење треба да ради са што већим бројем радних сати при што већем оптерећењу. Овај услов диктира и оптерећење које треба да се оствари за топлотног потрошача.

Да би се постигла економски оправдана потражња често је неопходно да когенерациони систем поседује и акумулаторе топлоте и додатне котлове. Акумулатори топлоте имају различите улоге, а додатни котлови се користе када су потребе за топлотном енергијом веће од онога што се обезбеђује из когенерационог постројења. Другим речима, додатни котлови треба да обезбеде топлотну енергију када је топлотно оптерећење веће од називне снаге когенерационе јединице или јединица, као и у периодима када је пласман електричне енергије смањен.

Произведена електрична енергија може да се користи за сопствене потребе или може делимично или потпуно да буде предата дистрибутивној мрежи, уколико то национални закони дозвољавају, а продајне тарифе су адекватне.

Да би се радило са максималним бројем радних сати, као добро решење се показало увођење тригенерације, односно производња и расхладне енергије, и то посебно у пословним објектима, пословно-продајним центрима и болницама.

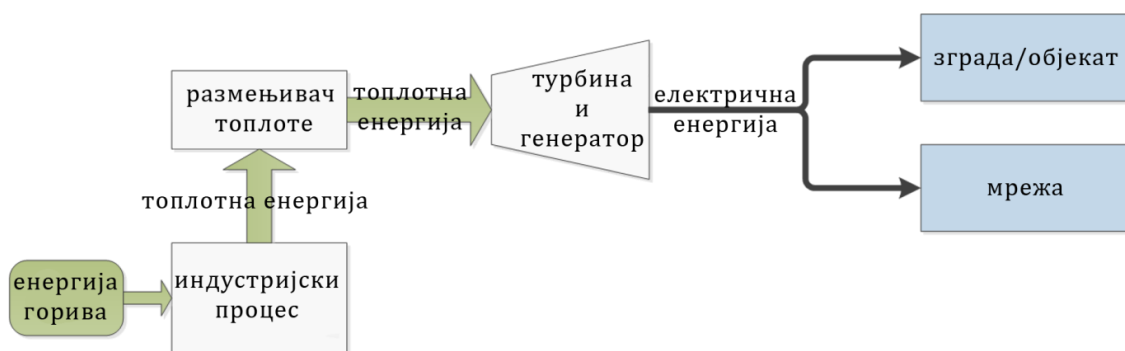
На основу *редоследа коришћења енергије*, системи когенерације се класификују у постројења са вршним или горњим (енг. *topping*) или базним или доњим (енг. *bottoming*) циклусом [82].

Когенерација са вршним циклусом (слика 3.1) погодна је за примену код постројења за прераду целулозе, затим постројења за производњу хране, у текстилној индустрији, ДГ, као и код клиничких и универзитетских центара.



Слика 3.1 Приказ постројења са вршним (горњим) циклусом, [82]

Код постројења са доњим циклусом (слика 3.2) производи се топлотна енергија високе температуре, док се отпадна топлота користи за производњу електричне енергије, коришћењем котла утилизатора и турбогенераторског постројења. Оваква постројења су погодна за коришћење у производним процесима који захтевају топлотну енергију са високим температурама, а отпадна топлота је ниске температуре (пећи и сушаре). Ова постројења се често срећу у индустрији цемента, петрохемији, челичанама и сл. [82].



Слика 3.2 Приказ постројења са базним (доњим) циклусом, [82]

Когенерациона постројења имају четири главна елемента:

- агрегат или покретач, извор механичког рада (енг. *prime mover*);
- генератор ел. енергије (енг. *electricity generator*);
- систем за регенерацију топлоте (енг. *heat recovery system*) и
- управљачки и мерни системи (енг. *control system*).

На основу одабира технологије које се користи за покретање генератора, когенерациона постројења се дела на:

- парно-турбинска постројења која користе отпадну топлоту,
 - противпритисна парнотурбинска постројења и
 - кондензациона парнотурбинска постројења,
 - са регулисаним и
 - нерегулисаним одузимањем паре;
- гасно турбинска постројења са коришћењем отпадне топлоте;
- постројења са комбинованим процесима гасне турбине и парне турбине и са коришћењем отпадне топлоте;
- постројења са СУС мотором;
- микро-турбинска постројења;
- постројења са Стирлинговим мотором и
- постројења опремљена горивим ћелијама.

Већина данашњих постројења која се примењују у зградама опремљена је гасним моторима, али се могу наћи гасне и микро турбине. Њихова предност је и могућност коришћења различитих горива што дозвољава употребу одрживих горива, као што је нпр. коришћење биомасе. Што се тиче саме одрживости, најповољније решење су гориве ћелије, а за примену код најмањих капацитета до 1 kWe најповољније је користити гориве ћелије и Стирлингов мотор [35].

Осим претходно побројаних начина класификације, когенерациона постројења је могуће поделити и према сектору где се примењују, односно на постројења која се користе у:

- електропривреди,
- индустрији,
- топланама,
- зградарству,
- пољопривреди,
- индивидуалним домаћинствима.

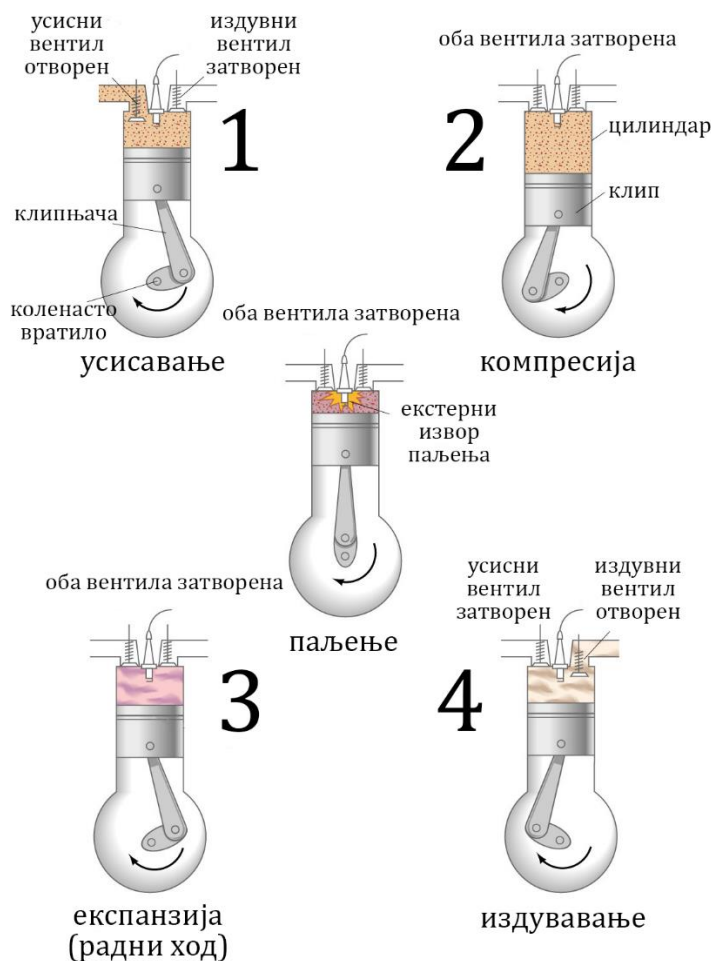
Врста агрегата и горива	Електрична снага, MWe	Енергетска ефикасност, %		Расположива топлотна енергија, °C	Најчешћа примена
		Електрична	Топлотна		
Парна турбина, било које гориво	0,500-500	7-20	60-80	120-400	Коришћење биомасе, острвски ради индустрија
Гасна турбина, гасовито и течено гориво	0,250-50	25-42	65-87	120-500	Индустрија, острвски рад
Комбиновани циклус, гасовито и течено гориво	3-300	35-55	73-90	1220-400	Индустрија, острвски рад
Гасни дизел мотор, гасовито и течено гориво	0,003-20	25-45	65-92	80-120	КГХ системи, прехранбена и текстилна индустрија
Микро турбина, гасовито и течено гориво	0,005-0,3	15-30	60-85	100-400	КГХ системи, сушење
Горива ћелија, гасовито и течено гориво	0,003-3	сса 37-50	сса 85-90	80-100	КГХ системи
Стирлингов мотор, било које гориво	0,003-1,5	сса 40	65-85	80-120	КГХ системи

Табела 3.1 Приказ основних карактеристика когенерационих постројења и њихове примене [82]

Уколико су правилно димензионисана, когенерациона постројења доносе уштеду у потрошњи примарне енергије.

3.1.1. МОТОРИ СА УНУТРАШЊИМ САГОРЕВАЊЕМ

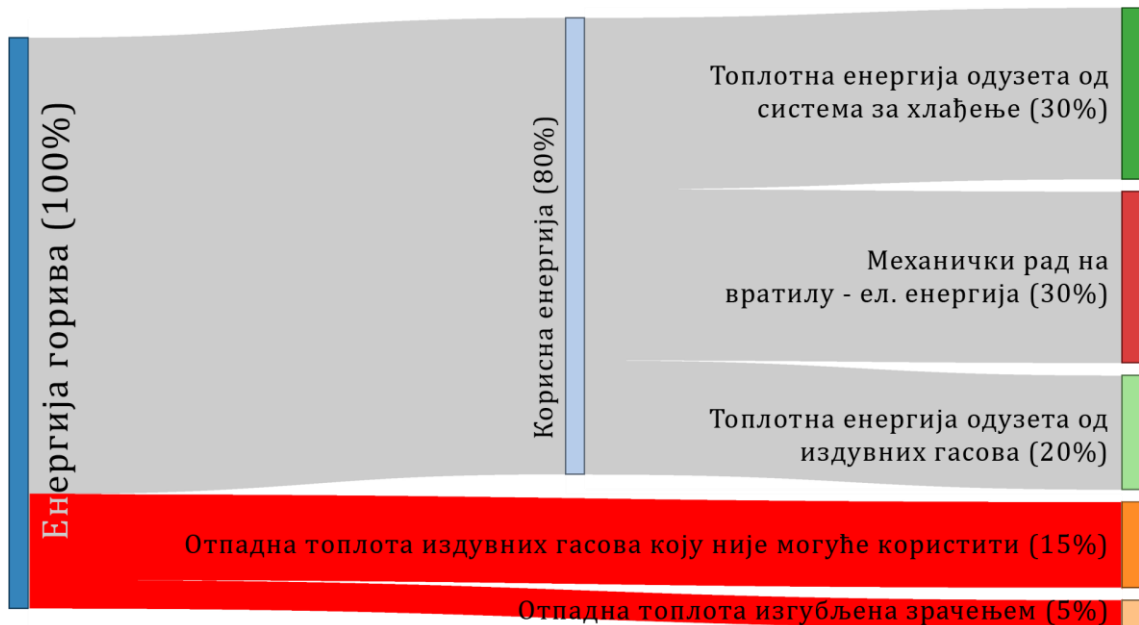
Конфигурација когенерационог постројења зависи од технолошког решења. Основни елементи система са мотором са унутрашњим сагоревањем (мотор СУС) су мотор (дизел мотор, гасни мотор или мотор за различита горива) и генератор (слика 3.3).



Слика 3.3 Шематски приказ рада СУС мотора

Типично постројење овог типа има ефикасност производње електричне енергије која се креће у границама 25-45%, а заједно са ефикасношћу производње топлотне енергије, ефикасност износи преко 90%. С обзиром да степен корисности производње електричне енергије зависи од величине постројења, треба напоменути да ефикасност малих когенерационих постројења у производњи електричне енергије обично не прелази вредност од 26% [22].

Отпадна топлота из оваквих система се користи из издувних гасова мотора и/или система за хлађење, при чему треба напоменути да око 15% топлоте издувних гасова није могуће искористити, због опасности од појаве кондензације [40]. Расподела енергије типичног постројења са СУС мотором је приказана на слици 3.4.



Слика 3.4 Ток енергије унутар СУС мотора [40]

Током експлоатације, при делимичном оптерећењу, СУС мотори су се показали бољим од осталих агрегата, па је то један од главних разлога за употребу ових мотора у когенерационим постројењима која се примењују у зградарству.

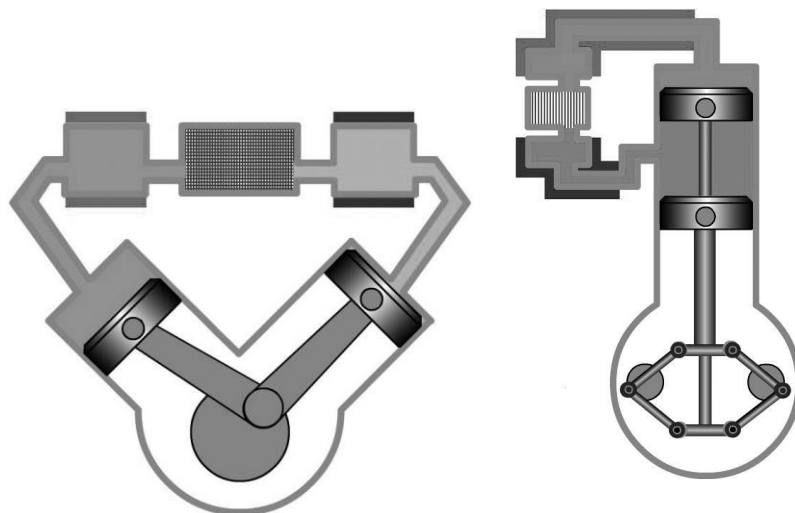
У зависности од тога које се гориво користи, разликујемо два основна типа СУС мотора: ото и дизел мотор. Ото мотор може користити различите типове горива (природни гас, пропан или бензин), док дизел мотор користи дизел или мешавину дизела и природног гаса. Што се тиче примене ових мотора, ото мотори се, углавном, користе за резервне капацитете, а дизел мотори за континуални рад.

Когенерациона постројења која користе СУС моторе имају још једну предност, а то је испорука мотора као стандардних модула што их чини флексибилним и атрактивним за употребу у најразличитијим условима. Неке од мана употребе СУС мотора су: сложена конструкција, редовни сервиси који су неопходни због покретних делова мотора, бука и емисија штетних материја. Емисија CO_2 у многоме зависи од врсте горива које се користи. Количине NO_x , CO и несагоривих хидрокарбоната у издувним гасовима, осим од врсте горива, зависе и од услова рада и сагоревања, као што су температура и количина ваздуха. Емисије NO_x могу да се смање коришћењем катализатора и радом мотора у условима релативно ниске концентрације горива (енг. „*fuel lean conditions*“), и наравно заменом бензина и дизел горива природним гасом.

СУС мотори су комерцијално доступни у различитим величинама, од 5 kW до 10 MW; јединице мањих капацитета за употребу у индивидуалним кућама су још увек у фази развоја. Употреба СУС мотора је најисплативија у зградама које имају континуалне и уједначене профиле електричног и топлотног оптерећења.

3.1.2. СТИРЛИНГОВ МОТОР

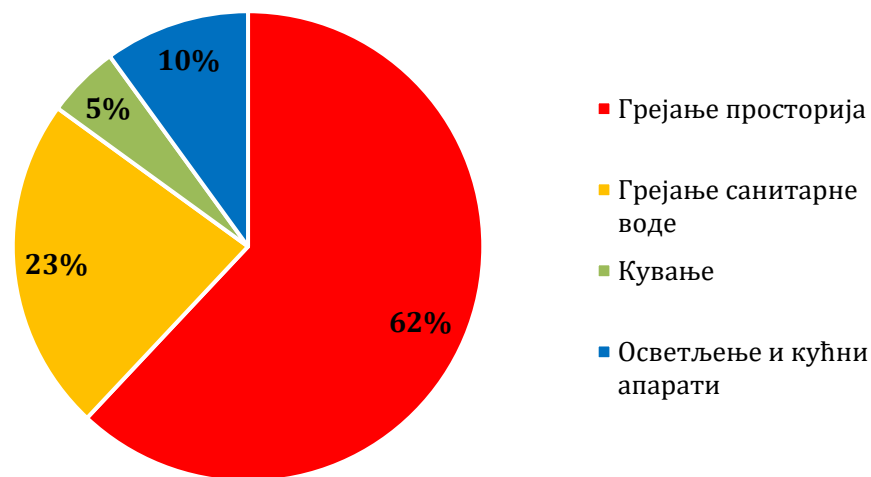
Стирлингов мотор је врста мотора са спољашњим сагоревањем. Његов цилиндар је затворен, а сагоревање се одвија ван цилиндра. Под утицајем компресије и експанзије радног гаса (хелијума или водоника) клип се креће у цилиндру, захваљујући наизменичном грејању и хлађењу цилиндра, које настаје као последица спољашњег сагоревања [35] (слика 3.5).



Слика 3.5 Алфа и бета извођење Стирлинговог мотора [8]

Највећа препрека за ширу примену Стирлинговог мотора је релативно ниска ефикасност производње електричне енергије која се креће до 24% када се као гориво користи природни гас, а када се користи чврсто гориво ефикасност пада на 15%. Када се Стирлингов мотор користи за примену у индивидуалним кућама, мотор се конструише према захтеву за минималним инвестиционим трошковима, па му је ефикасност производње електричне енергије још нижа (10-12%) [22].

У стамбеним објектима потрошња електричне енергије обично износи око 15% (слика 3.6) од укупне потрошње енергије и уколико се ефикасност производње електричне енергије Стирлинговог мотора малих капацитета повећа на очекиваних 20-30% [20], задржаће се повољан однос производње топлотне према електричној енергији (енг. *heat to power ratio*). То може представљати преломну тачку у имплементацији ове технологије, јер укупна ефикасност когенерационог постројења које користи Стирлингов мотор није значајно нижа од укупне ефикасности постројења која користе неки други покретачки агрегат.



Слика 3.6 Потрошња финалне енергије у домаћинствима [8]

Уобичајено је да мала когенерациона постројења, осим Стирлинговог мотора, имају и допунски горионик или акумулатор топле воде, који се користе за регулисање вршног оптерећења. У малим когенерационим постројењима систем управљања регулише начин рада Стирлинговог мотора и помоћног горионика, а у случају постојања акумулатора топле воде реално је претпоставити да се производња топлотне енергије остварује искључиво из Стирлинговог мотора, а да се допунски горионик неће користити за снабдевање топлотном енергијом [20].

Тренутно се Стирлингов мотор налази између пилот технологије и технологије које може самостално да наступа на тржишту. Први комерцијални производи се налазе на рубу серијске производње, а број компанија које су развиле или се баве развојем Стирлинговог мотора је у сталном порасту. Примера ради, Стирлингов мотор капацитета 1 kWe намењен за индивидуалне стамбене објекте (за једну породицу) има потенцијал да замени котлоу у оваквим објектима. Осим ових микро јединица развијају се и тестирају и јединице већег капацитета [22].

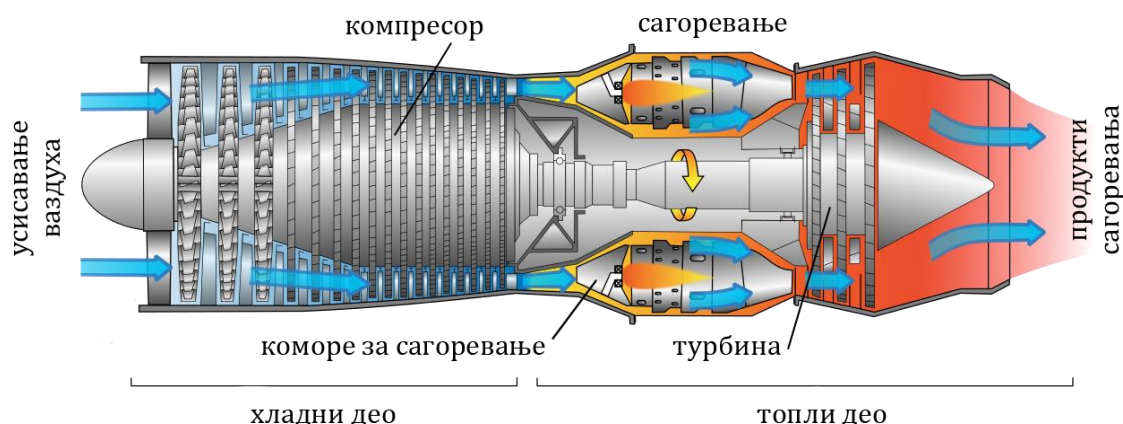
3.1.3. ГАСНЕ ТУРБИНЕ И МИКРО ТУРБИНЕ

Гасна турбина је машина у којој се део енергије настале сагоревањем горива користи за компримовање ваздуха који се користи за сагоревање, а део енергије се користи за генерисање механичке енергије или потиска (код авиона, бродова).

Систем когенерације са гасном турбином користи се за производњу дела или укупне потребне електричне енергије на локацији, док се енергија димних гасова користи за потребе грејања и/или хлађења.

Гасна турбина представља сложен систем у коме се осим турбине налазе компресор и комора за сагоревање (горионик). Ваздух се најпре компримује у компресору, а затим му се у комори за сагоревање доводи гориво, након чега продукти сагоревања експандирају у турбини (слика 3.7). Део снаге механичке енергије са вратила турбине се враћа на компресор, који се налази на истом вратилу, а остатак енергије се одводи на генератор електричне енергије или млазницу за формирање потиска. Засебни стартер се користи за

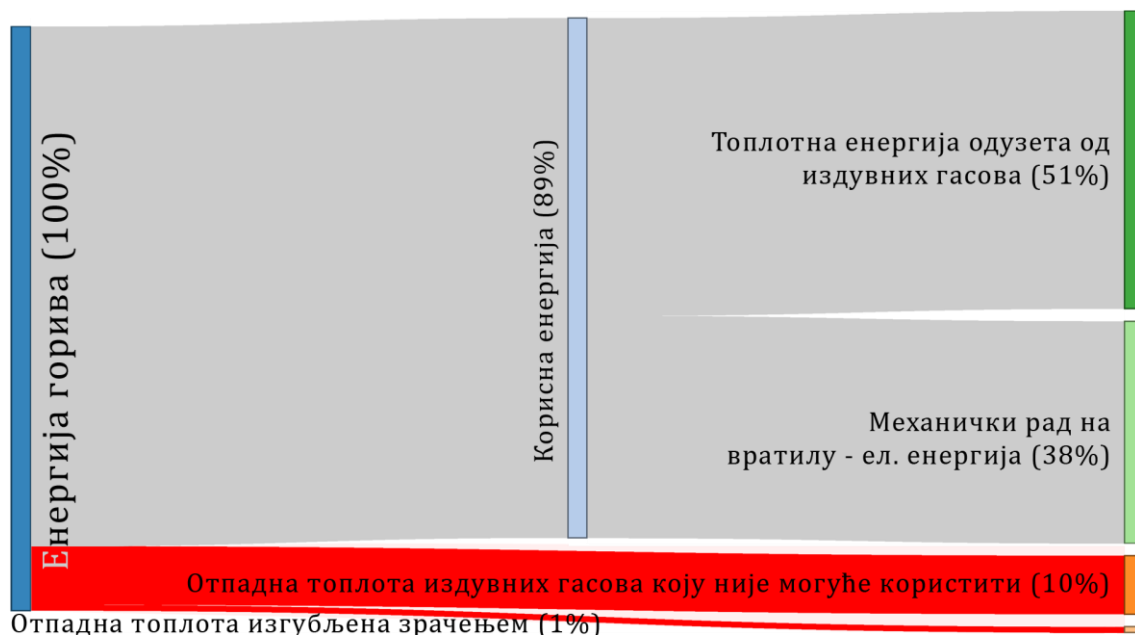
иницијално покретање компресора, док турбина не достигне радни број обртаја који онда омогућава стабилан рад целог система.



Слика 3.7 Шематски приказ рада гасне турбине

Као гориво најчешће се користи природни гас, али се користите и друга горива, као што су лож уље или дизел.

У когенерационим постројењима која користе гасне турбине као покретачки систем, топлотна енергија која може да се искористи за грејање је енергија издувних гасова (слика 3.8).



Слика 3.8 Расподела енергије гасне турбине [8]

Веома интензиван развој когенерације са гасним турбинама последица је све веће доступности природног гаса, брзог развоја технологије, смањења трошкова градње (могућност модуларне конструкције), као и повољности које ова технологија има када је у питању заштита животне средине. Гасне турбине имају и краћи период покретања, а флексибилније су у раду са честим прекидима. Једна од најчешћих примена гасних турбина у когенерацији је опремање гасне турбине котлом утилизатором, који производи пару и/или топлу воду за примену у процесној индустрији и/или за грејање.

Замена парног котла гасном турбином представља ефикасан начин да се старом постројењу, уз релативно малу инвестицију омогући додатна производња електричне енергије. Из гасних турбина се кроз димне гасове испушта велика количина топлоте релативно високе температуре (до 520°C). Та топлота се помоћу генератора паре може искористити за производњу додатне количине паре.

Највећу примену гасне турбине налазе у авио индустрији, бродоградњи, производњи електричне енергије и индустрији. Производе су у различитим величинама, а за когенерацију се, углавном, користе јединице од 0,5 MW до 250 MW. Уз правилно одржавање и коришћење радни век им се креће од 25 000 до 50 000 радних сати.

Микро турбине су мале турбине које су последњих година нашле своје место на тржишту. Под појмом микро турбина подразумевају се гасне турбине капацитета од 25 до 250 kWe (400 kWe) за производњу електричне енергије [35], [40]. Микро турбине су мале величине, компактне (контејнерске) конструкције, могу се лако допремити на локацију, а због малог броја покретних делова једноставне су за одржавање. За рад микро турбина могуће је користити различите врсте горива као што су природни гас, пропан, депонијски гасови, гасови из постројења за прераду отпадних вода, гасови из постројења за прераду животињског отпада, итд. Ове повољне карактеристике их чине погодним за производњу енергије, посебно у комерцијалним објектима.

Као и код гасних турбина, у контејнеру микро турбине налази се генератор, компресор, комора за сагоревање и турбина (сви елементи су на истом вратилу).

Захваљујући малој тежини, искључиво обртном кретању елемената, као и великом броју обртаја, микро турбине стварају низак ниво буке и вибрација, а због малих димензија простор за уградњу не представља препреку за њихову инсталацију.

Ефикасност производње електричне енергије микро турбина је око 25 до 30%, а при раду са делимичним оптерећењем ефикасност опада што представља значајну препреку за већу имплементацију. Други проблеми су висока цена технологије и високи трошкови рада.

Када се ради о утицају на животну средину, а посебно емисији NO_x, микро турбине имају нешто мањи утицај од гасних мотора.

Што се тиче примене гасних микро турбина, због високих температура димних гасова најбоље је их је примењивати на местима на којима постоји потреба за паром. У супротном, када се, на пример, примењују за потребе стамбених објеката, до изражаја долазе високи трошкови и неадекватан одговор на промене оптерећења [35].

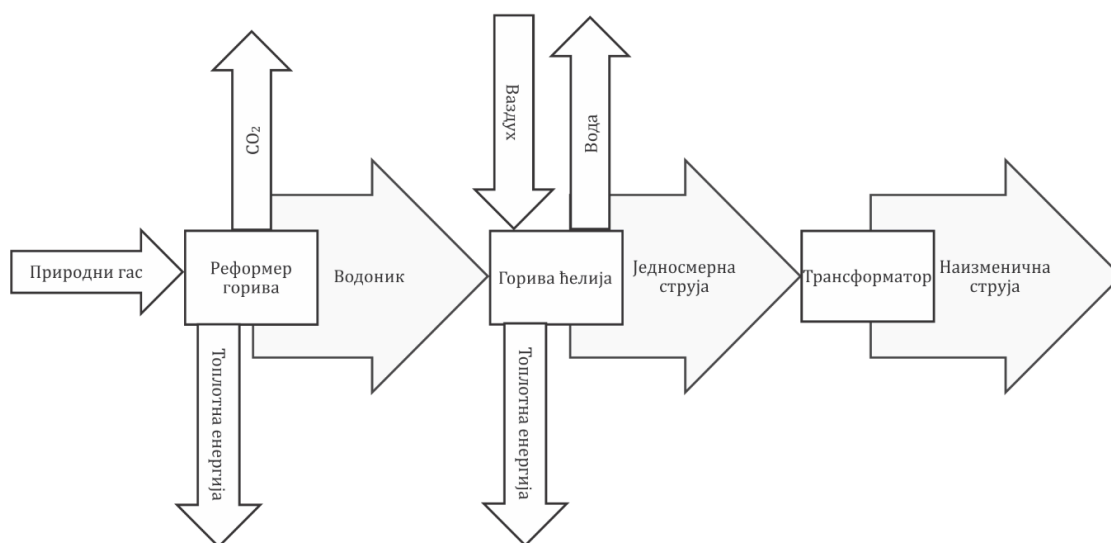
3.1.4. ГОРИВЕ ЋЕЛИЈЕ

У горивим ћелијама хемијска енергија горива се трансформише у електричну, оксидацијом горива, без сагоревања, већ кроз хемијски процес у коме се уз помоћ електролита одваја водоник од кисеоника. Гориве ћелије се класификују у различите групе у зависности од врсте електролита, радне температуре и порекла водоника.

Гориве ћелије имају више особина због којих представљају одличан избор за когенерациона постројења, али најважнији је, свакако, ефикасност производње електричне енергије која достиже вредност и до 45-55% [35]. За гориве ћелије које би се користиле у малим когенерационим постројењима се очекује ефикасност производње електричне енергије од 28 до 33% са могућношћу достизања и вредности до 36% [22].

Остале карактеристике су бешуман рад, поузданост, модуларна израда и брза прилагодљивост променама оптерећења.

Када је у питању животна средина, најчешће спомињана предност горивих ћелија је веома ниска емисија полутаната, а у случају коришћења чистог водоника једини нуспроизвод је вода. Међутим, пошто чист водоник није доступан у природи, у зависности из ког горива се добија, у емисије полутаната у случају горивих ћелија треба додати и емисије које се јављају при производњи водоника, а то су најчешће CO_2 и минималне количине оксида сумпора и азота. Тренутно најчешће коришћен извор за добијање водоника је природни гас, из кога се, током процеса који се назива реформација, издваја водоник (слика 3.9). Реформисање горива утиче и на ефикасност производње електричне енергије, али и даље је могуће достићи ефикасност од око 40% [35].



Слика 3.9 Шематски приказ рада гориве ћелије [40]

Примена горивих ћелија има три главна ограничавајућа фактора. Прво ограничење је висока радна температура, друго ограничење је висок инвестициони трошак, а треће, комплексни захтеви који се тичу производње, складиштења и транспорта горива.

Када је у питању когенерација поставља се и значајно питање ефикасности производње топлотне енергије која је за сада мања од ефикасности осталих погонских агрегата, а при чему треба имати у виду да су радне температуре веома високе (у зависности од типа, иду и до 1000°C). Проблем ефикасности генерисања топлотне енергије настао је као последица специфичности конструкције горивих ћелија, јер код њих се топлотна енергија не може одвајати са дефинисаних тачака у систему, већ се топлотна енергија мора прикупити са више раздвојених топлотних извора што, даље, захтева комплексну и високо развијену изолацију и примену размењивача топлоте [22].

Што се тиче инвестиционих трошкова, цена горивих ћелија је за сада и до три пута већа од цене одговарајућег СУС мотора [35].

Захваљујући томе што ефикасност производње електричне енергије не зависи суштински од величине гориве ћелије и оптерећења, гориве ћелије су подједнако погодне за коришћење у главним и помоћним системима и у најширем дијапазону

примена. Упркос значајним истраживачким напорима гориве ћелије још увек нису комерцијално доступне, осим у Јапану где их је могуће купити од 2009. године [78].

3.2. ОДАБИР ТЕХНОЛОШКОГ РЕШЕЊА ЗА ИЗРАДУ СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

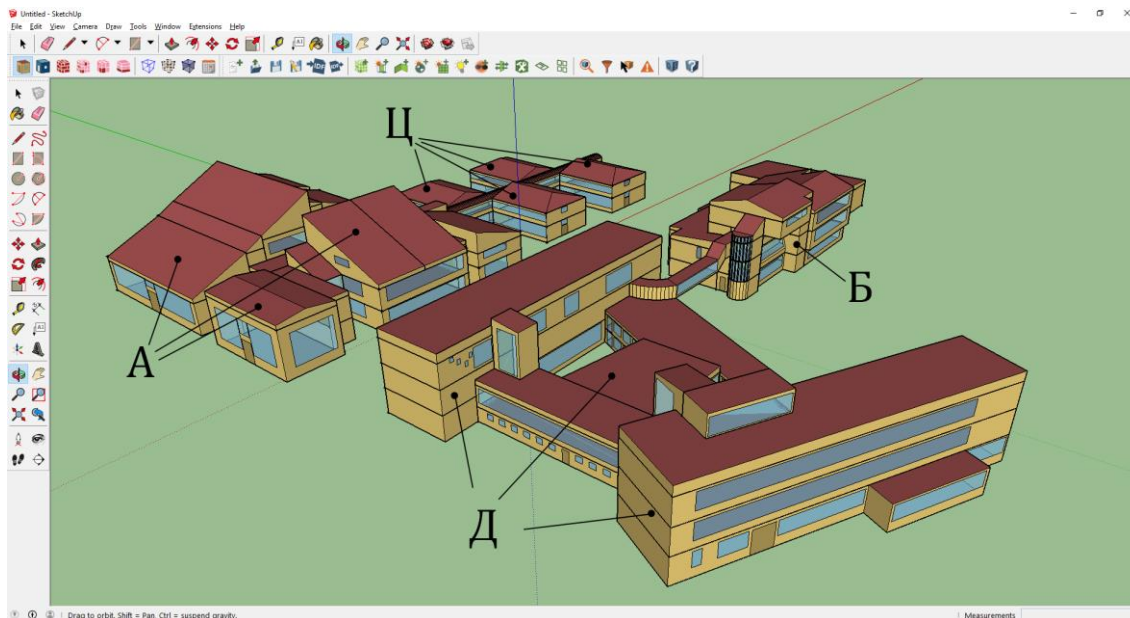
Сва побројана технолошка решења имају своје предности и мане, а пошто се предлог методологије односи на оцењивање пројеката когенерације који би се изводили у новоизграђеним или зградама које се реконструишу, неопходно је упознати се са понудом постојећих когенерационих модула на тржишту. За потребе израде ове тезе коришћена су истраживања која су била део пројектних активности „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енерганама Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“, а која се односе на истраживање понуде произвођача когенерационих постројења [77], [79].

Понуда гасних турбина и мотора са унутрашњим сагоревањем за рад у когенерационим постројењима је довољно велика да се у широком спектру снага и ефикасности може пронаћи одговарајући модел за готово сваки захтев.

СУС мотори захтевају релативно ниску инвестицију, време уградње је кратко, а поред тога карактерише их кратак период потребан да од укључивања стигну до пуних радних параметара, брзо се прилагођавају променама радних параметара, имају висок степен искоришћења и релативно су једноставни за одржавање. На тржишту је веома велики број модела СУС мотора за когенерациона постројења величине до 1 МWe [79], погодних за употребу у породичним кућама, стамбеним зградама, јавним и комерцијалним објектима, па је за студију случаја одабрано когенерационо постројење са СУС мотором.

3.3. ИЗРАДА ЕНЕРГЕТСКОГ МОДЕЛА ЗА СТУДИЈУ СЛУЧАЈА

За проверу предложене методологије кроз студију случаја коришћен је објекат Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (ФИНК) (слика 3.10).



Слика 3.10 Приказ зграде ФИНК

Грађевински објекти ФИНК имају готово 15 000 квадратних метара површине. Саграђени су у две фазе, објекти Д и Ц су изграђени 1962. године, а објекти А, Б и први спрат на објекту Ц крајем 80-тих и почетком деведесетих година (тачније од 1987. до 1992. године). Објекат Д се користи за потребе извођења аудиторне наставе, а у осталим објектима налазе се кабинети, канцеларије, пројектни бирои, лабораторије, рачунарске учионице и библиотека. Иако је у питању научно-образовна установа, због великог броја средњих и мањих просторија, које могу да се подведу под канцеларијски простор, зграде су у целини посматране као објекти са канцеларијама [83]. При томе је, наравно, објекат Д посматран као школски простор са својим специфичностима. Сви објекти су повезани на систем ДГ, а испоручилац топлотне енергије је градска топлана „Енергетика“. Објекти А и Б имају своје подстанице, а објекат Ц и Д се снабдевају из заједничке подстанице. Због могућности реконструкције локалне дистрибутивне мреже посматрани су сценарији у којима би објекат Ц:

- био повезан на подстаницу објекта А, или
- би се о грејао из своје подстанице, или
- би се потпуно самостално грејао, нпр. коришћењем топлотне пумпе.

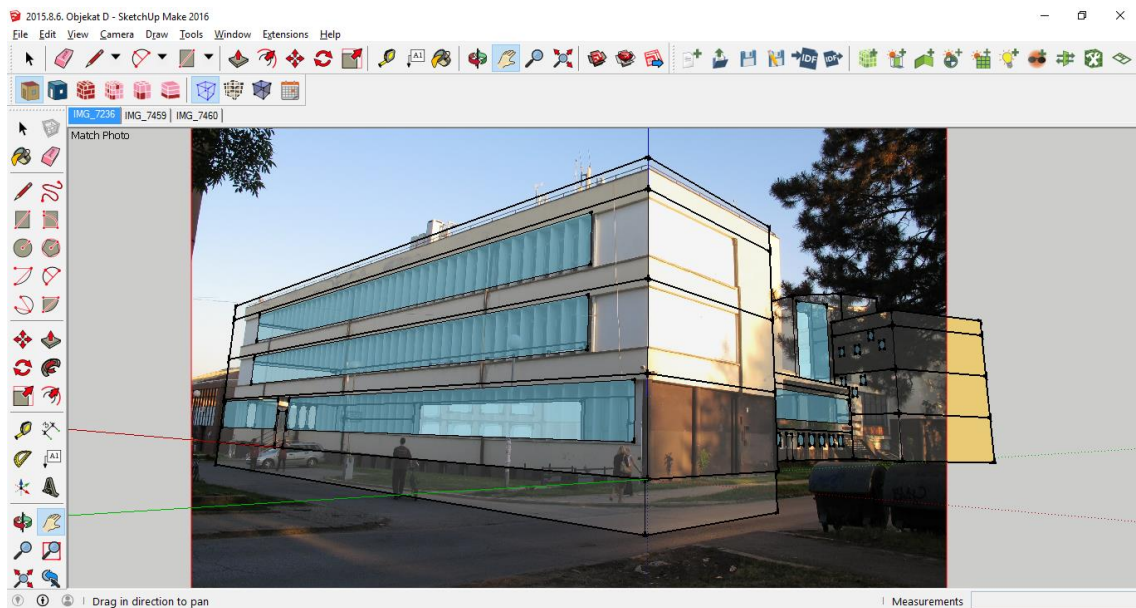
У свим просторијама, осим амфитеатра, грејање је радијаторско. У амфитеатру се за грејање користе конвектори (слика 3.11) који су повезани директно на високотемпературни примарни круг грејања. Пошто се потрошња објеката Д и Ц мери једним калориметром и није било могуће раздвојити потрошњу амфитеатра од осталих просторија, у моделу је дефинисано радијаторско грејање и у амфитеатру.



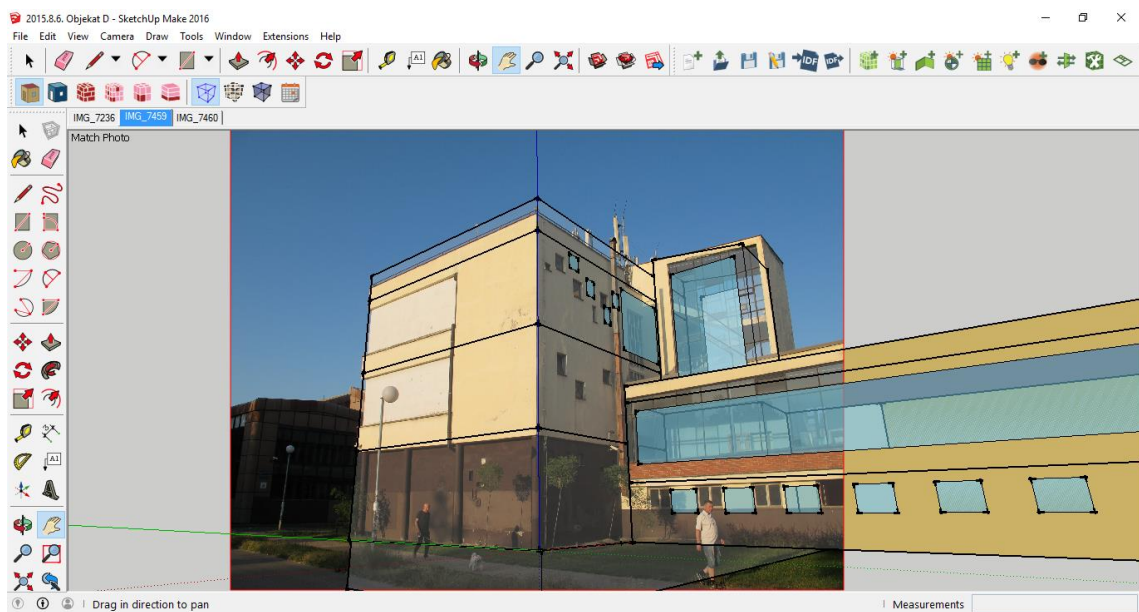
Слика 3.11 Приказ конвектора са алуминијумском заштитом

С обзиром да се предложена методологија односи на пројекте оптимизације потрошње енергије у зградама, а које могу бити на нивоу пројекта (пројекти новоградње) или постојеће зграде коју је потребно реконструисати, геометрија објеката је веома важна и врло често комплексна, па је потребно посветити пажњу њеном дефинисању.

Модел ФИНК је урађен у OpenStudio додатку SketchUp. Да би се постигла прецизност у моделирању, али и да би се скратило време и растеретио програм великог броја детаља, за моделирање је коришћен комбиновани приступ коришћењем постојећих пројектних основа објеката заједно са опцијом Match Photo (слике 3.12 и 3.13). Веома велики број прозора је значајно отежавао цртање и процесирање самог модела, па је из тог разлога, уместо сваког појединачног прозора коришћена величина „однос површине прозора према површини зида“ (енг. *Window-to-Wall ratio*).

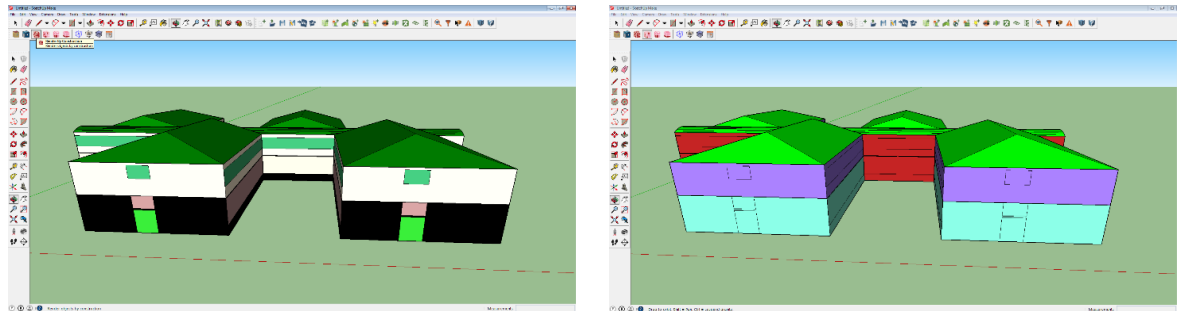


Слика 3.12 Приказ коришћења команде Match Photo у SketchUp-у



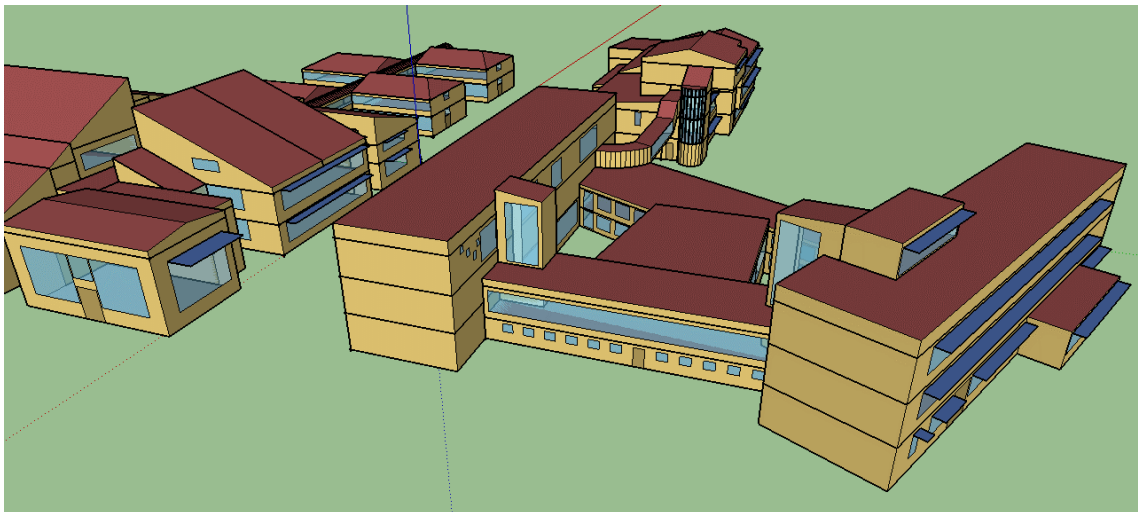
Слика 3.13 Приказ коришћења команде Match Photo у SketchUp-у

Графички интерфејс у SketchUp окружењу се не користи само за моделирање геометрије објекта већ се ту дефинишу и намена просторија, термичке зоне, дефинишу се површине зидова, кровова, унутрашњи зидови, функција прозора, врата, итд. Графички интерфејс је веома користан и због могућности различитих приказа (енг. *render mode*), што се показало као веома користан алат за контролу дефинисаности овако сложеног објекта (слика 3.14).



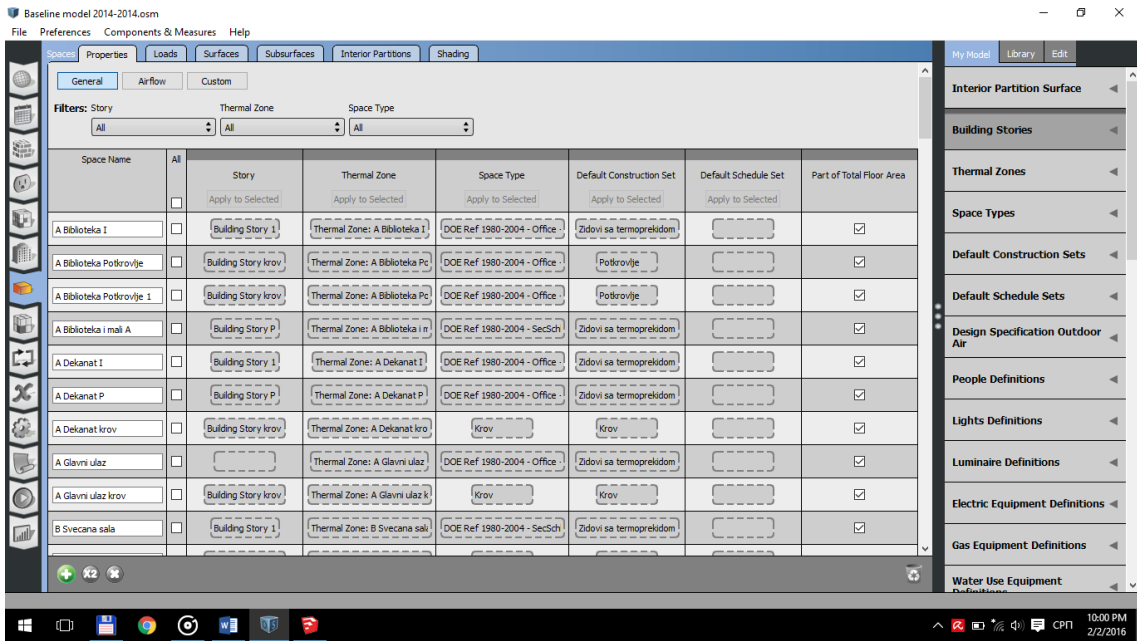
Слика 3.14 Коришћење графичког интерфејса за проверу модела коришћењем рендер мода

Графички интерфејс, такође, има и могућност коришћења различитих мера којима се утиче на промену перформанси објекта, што додатно штеди време при обимним захватима на објектима сложене геометрије (слика 3.15).



Слика 3.15 Надстрешнице (сенила) на источним и јужним странама објекта

Програмски интерфејс (слике 3.16 и 3.17) је део софтвера у коме се дефинишу сви остали параметри потребни за успешну симулацију. Организован је кроз више целина које, углавном, функционишу по принципу „превуци и пусти“ (енг. *drag and drop*) што умногоме олакшава рад. У неколико целина се посебно истиче значај овог принципа рада: прављење распореда, дефинисање конструкције зидова, прозора, опис термичких зона, дефинисање система грејања, хлађења и вентилације (КГХ), дефинисање електричног оптерећења, итд. Предметни објекат је у OpenStudio-у имао преко 100 термичких зона, преко 1000 зидова, готово 300 стаклених површина, које су најпре описане, а потом су над њима извршене измене како би се пронашао скуп мера енергетске ефикасности које би резултовале оптималним дизајном зграде у енергетско-финансијском смислу.



Слика 3.16 Дефинисање просторија у OpenStudio окружењу



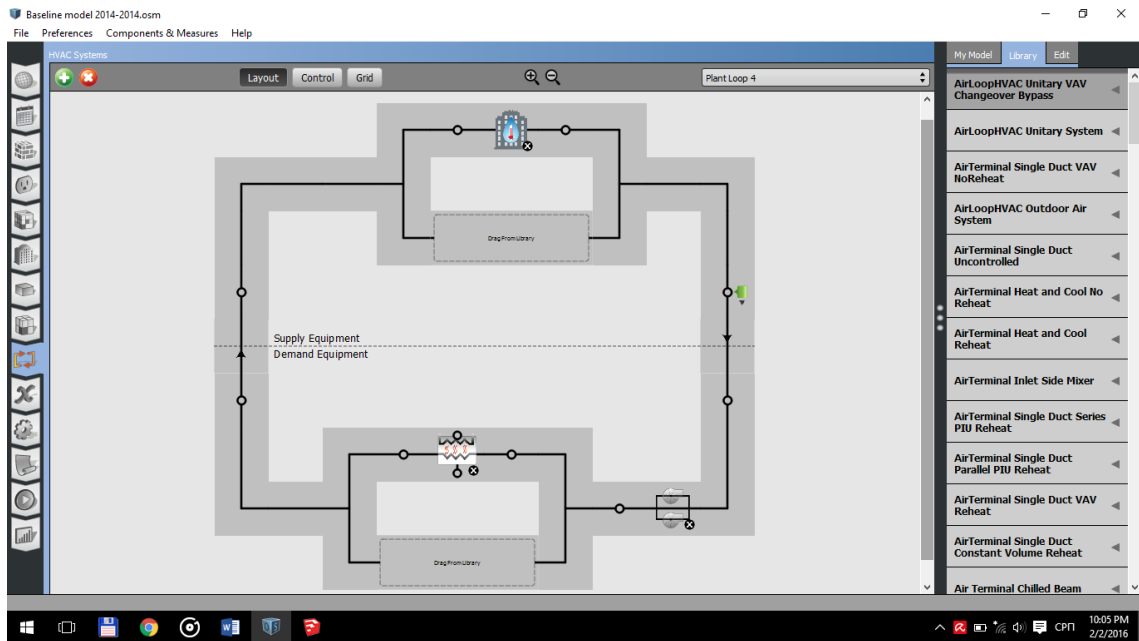
Слика 3.17 Дефинисање распореда за канцеларији тип 1 у OpenStudio окружењу

Правилним избором намене објекта могуће је доћи до великог броја предефинисаних решења. Пошто је OpenStudio развијен за потребе америчког тржишта предефинисана решења су прилагођена америчким стандардима (ASHRAE) и није их било могуће користити у изворном облику већ су дефинисана сопствена решења, уз задржавање истог принципа рада. Дефиниције коришћене у предефинисаним базама готових елемената су кориговане према актуелним условима функционисања ФИНК.

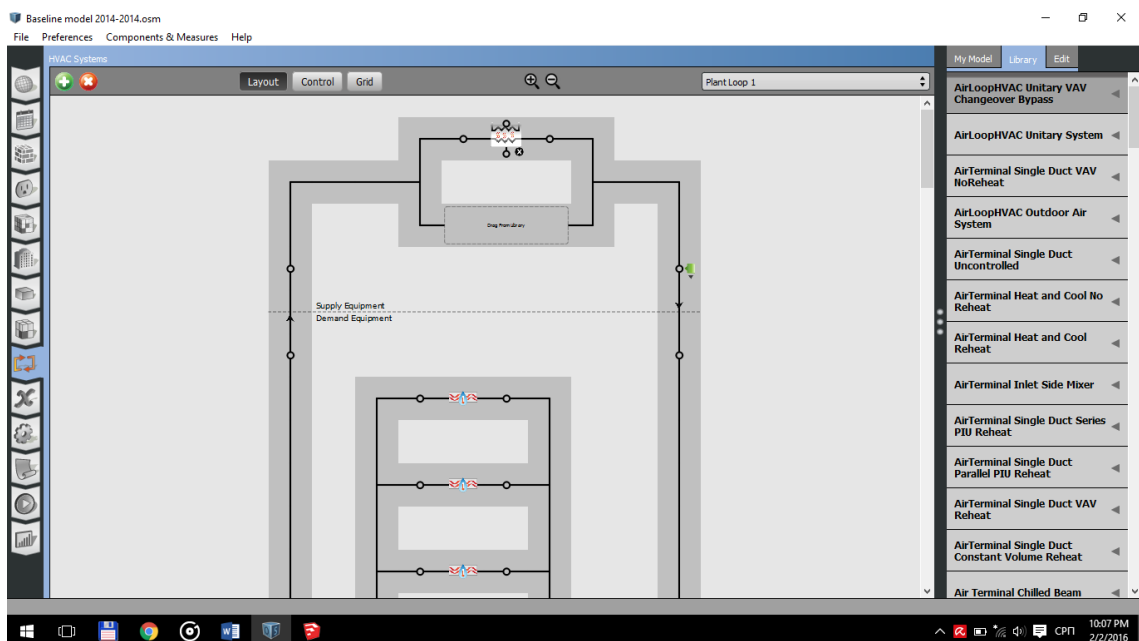
Након дефинисања објеката и свих њихових карактеристика везаних за градњу и функционисање потребно је дефинисати и систем грејања и хлађења. Он се дефинише кроз два сектора:

- опис термичких зона, тј. шта се од опреме за грејање и хлађење налази у којој зони и по ком распореду ради, и
- опис начина производње топлотне енергије и опис мреже за дистрибуцију топлотне енергије.

С обзиром на број термичких зона, грејних и расхладних тела у њима, овакав графички приказ (слике 3.18 и 3.19) у многама олакшава рад са КГХ системом.



Слика 3.18 Графички приказ примарног круга грејања у OpenStudio окружењу



Слика 3.19 Графички приказ секундарног круга грејања у OpenStudio окружењу

Након подешавања модела (одабира периода симулације, променљивих које ће бити приказане у извештају, итд) може се извршити симулација. Симулацијом се покрива

период од једне године, уз корак од 15 минута, а време трајања симулације за основни модел (основни сценарио) је обично до 10 минута.

Постоје три основна извештаја који се генеришу након окончане симулације. То су OpenStudio резултати које програм даје као графички и табеларни приказ одабраних величина, затим EnergyPlus извештај са табеларним приказом великог броја резултата и извештај калибрације модела који се генерише само у случају када су дати рачуни за топлотну и електричну енергију према којима се калибрише модел. Комплетни извештаји за основни сценарио ФИНК су дати у Прилогу 4. Осим ових уобичајених извештаја, могуће је добити и извештаје са различитим приказима.

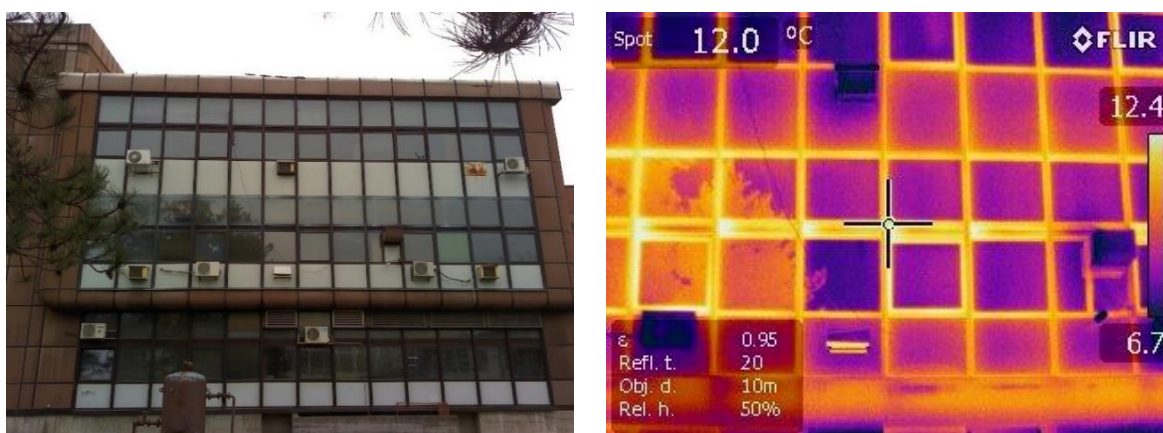
Један од извештаја EnergyPlus-а је и табеларни приказ годишње потрошње топлотне и електричне енергије на сатном нивоу који је искоришћен као сет улазних података за DNLP модел.

3.3.1. КАЛИБРАЦИЈА МОДЕЛА

Да би се дошло до модела који одговара тренутном стању објекта и који је усвојен за основни сценарио, било је потребно кориговати почетни модел. Корекције су се односиле на:

- коефицијенте пролаза топлоте кроз компоненте термичког омотача објекта и
- распореде потрошње електричне енергије.

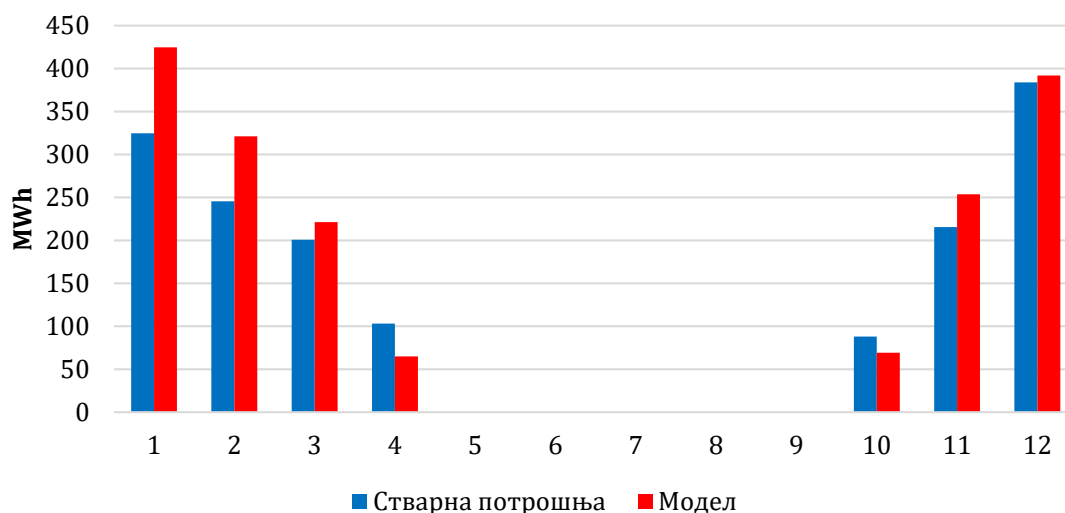
На основу литературних података [84] усвојени су коефицијенти пролаза топлоте кроз зидове, прозоре, подове и кровове, али је због стања у коме се објекат тренутно налази била потребна корекција, нарочито за зидове на објектима А, Б и првом спрату објекта Ц који су направљени од алуминијумских панела између којих се налази изолација од минералне вуне дебљине 10 cm (слика 3.20). Ови зидови спадају у групу зидова са топлотним мостом и за њих је коришћен посебан обрачун коефицијента пролаза. За кориговане коефицијенте пролаза коришћене су процене које су направљене за прелиминарне енергетске ревизије направљене у периоду од 2006. до 2009. године за потребе пројекта „Енергетска ефикасност у зградама у Републици Србији“, а рађене према методологији Светске Банке (ауторка ове дисертације је учествовала у имплементацији пројекта и директно била укључена у израду прелиминарне енергетске ревизије објеката Ц и Д.)



Слика 3.20 Снимак дела фасаде објекта Б инфрацрвеном камером

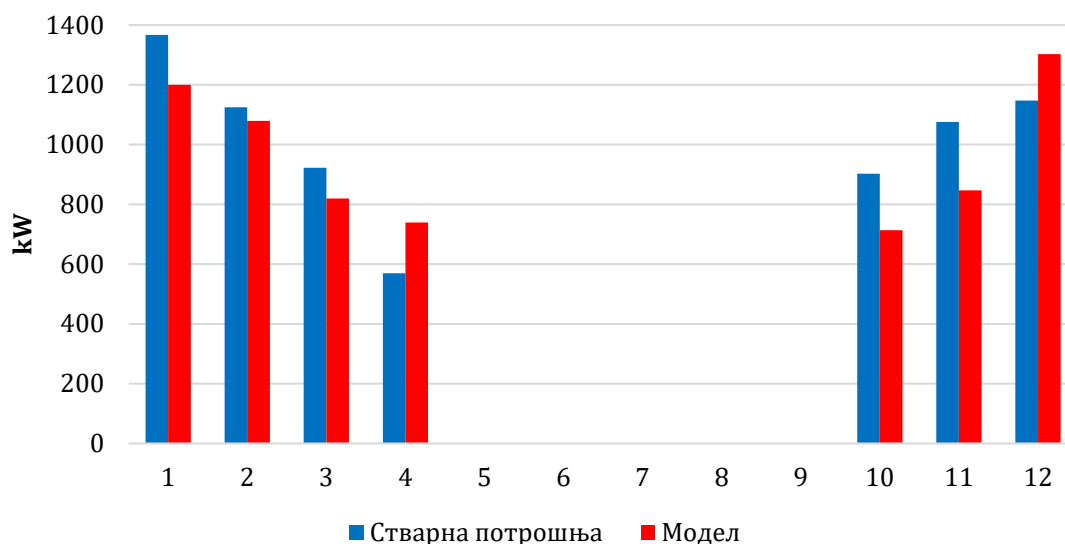
Након ових корекција дијаграм топлотног оптерећења, као и дијаграми вршног топлотног оптерећења су одговарали ситуацији забележеној на калориметрима и записима које је ауторка ове дисертације направила током 2014. и 2015. године, пошто, нису постојали други историјски подаци о потрошњи топлотне енергије (Прилог 3).

На слици 3.21 дато је поређење резултата симулације збирне потрошње топлотне енергије свих објеката ФИНК у односу на потрошњу забележену на калориметрима у 2014. години.



Слика 3.21 Поређење прорачунске и стварне потрошње топлотне енергије у 2014. години

На слици 3.22 дато је поређење резултата добијене вршне топлотне енергије модела (сви објекти ФИНК) у односу на вршну потрошњу забележену на калориметрима у 2014. години.



Слика 3.22 Поређење прорачунске и стварне вршне потрошње топлотне енергије у 2014. години

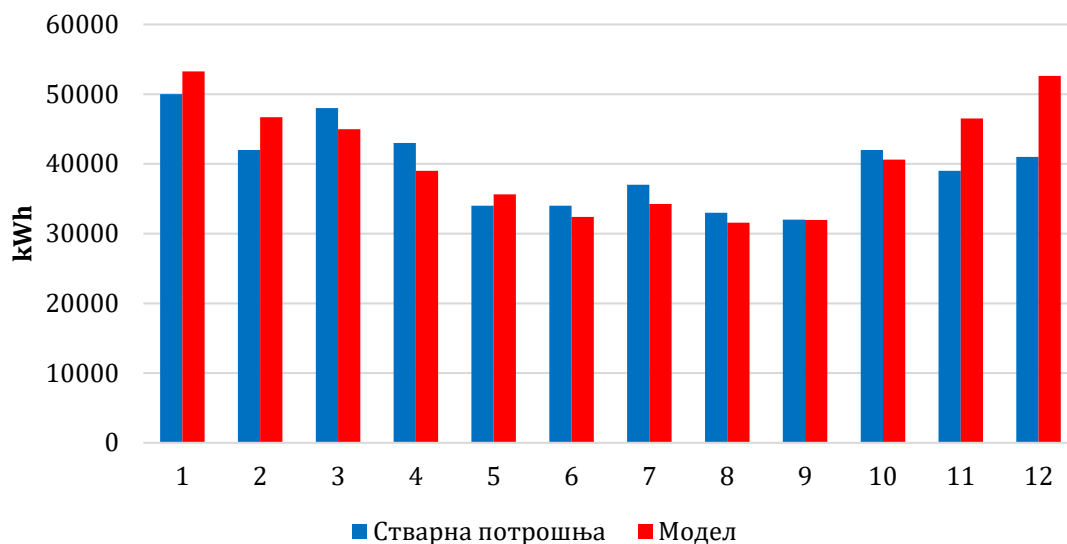
Да би се добио профил електричног оптерећења било је потребно нешто више итерација. Иако је потрошња електричне енергије на датом објекту значајно мања од потрошње топлотне енергије, због испитивања исплативости когенерационог постројења, али и због значаја потрошње електричне енергије када је у питању комерцијални или јавни објекат другачије намене, направљена је детаљна анализа профила електричног оптерећења.

При првом покушају да се направи модел који ће бити калибрисан према рачунима за електричну енергију за 2014. годину одступања су била велика, неравномерна и било их је немогуће кориговати променама распореда или повећањем и смањењем оптерећења. Слично је прошао и покушај калибрисања према рачунима за 2013. годину.

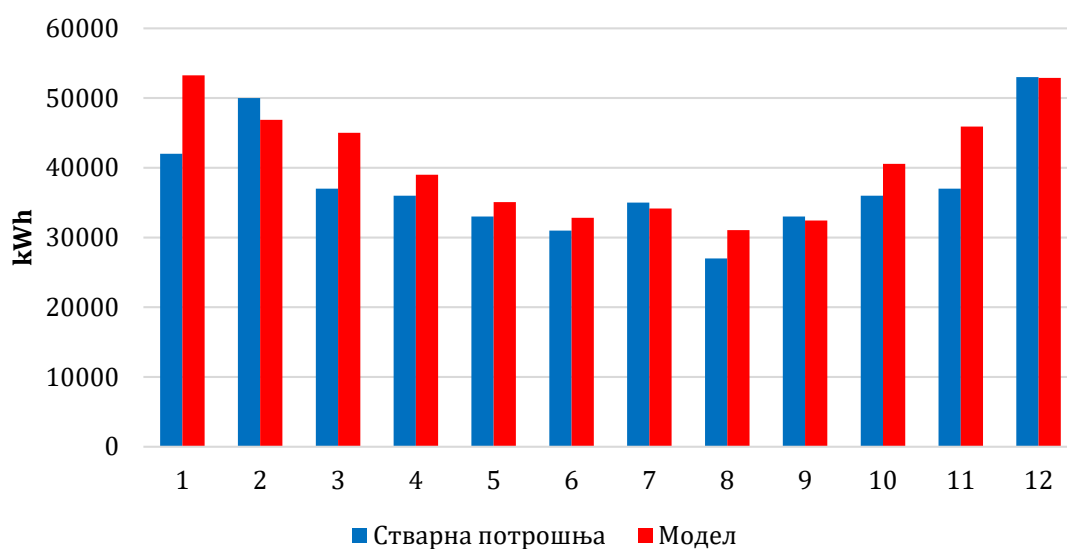
Након анализе рачуна за 2013. и 2014. годину уочене су три категорије потрошње (табела 3.2), а потрошња за месеце мај, јун и септембар је издвојена као полазна тачка при дефинисању електричног оптерећења. Након повећања оптерећења у месецима када се одвија настава и додавањем потрошње електричне енергија за грејање у зимским месецима када запослени користе грејалице и клима уређаје за догревање просторија, модел електричног оптерећења је показао знатно бољи одзив и осетљивост на корекције била је боља, а у периоду од годину дана модел се налази у границама које задовољавају потребан ниво тачности [67] (слике 3.23 и 3.24).

Потрошња струје и kWh	2013	2014	Просек
Јануар	50000	42000	46000
Фебруар	42000	50000	46000
Март	48000	37000	42500
Април	43000	36000	39500
Мај	34000	33000	33500
Јун	34000	31000	32500
Јул	37000	35000	36000
Август	33000	27000	30000
Септембар	32000	33000	32500
Октобар	42000	36000	39000
Новембар	39000	37000	38000
Децембар	41000	53000	47000

Табела 3.2 Груписање рачуна према месечној потрошњи

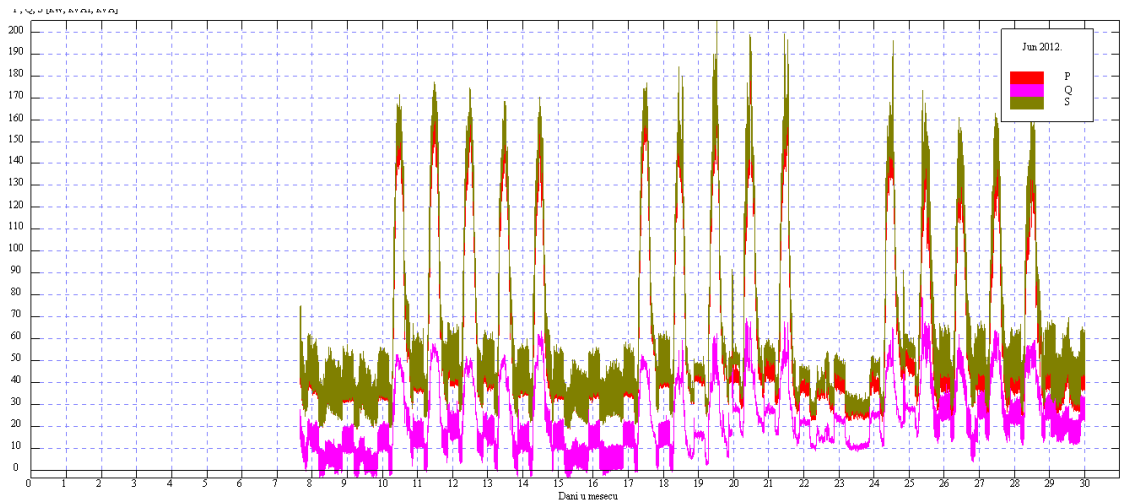


Слика 3.23 Поређење прорачунске и стварне потрошње електричне енергије у 2013. години

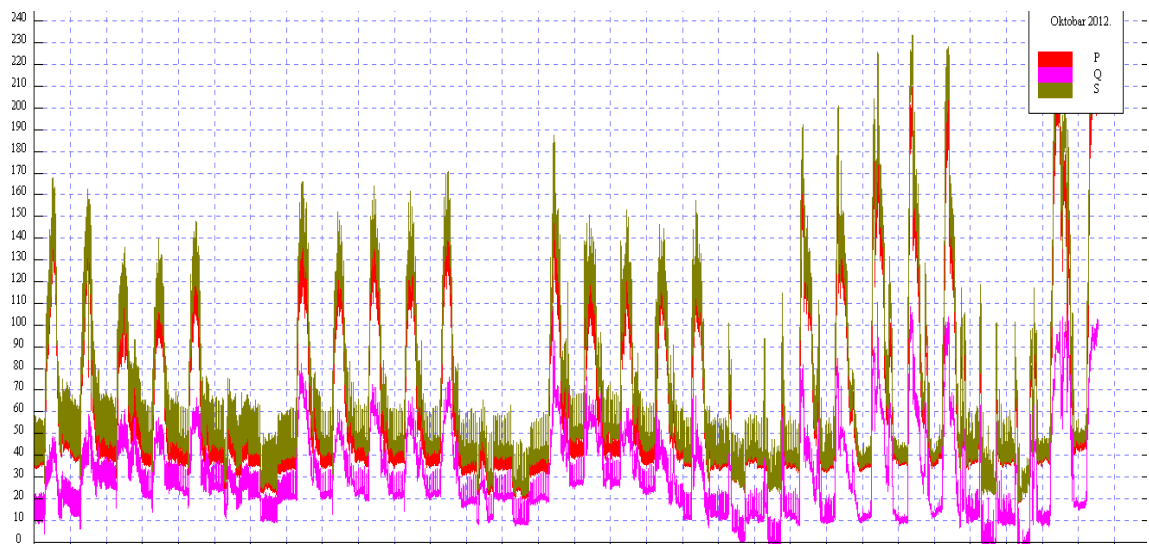


Слика 3.24 Поређење прорачунске и стварне потрошње електричне енергије у 2014. години

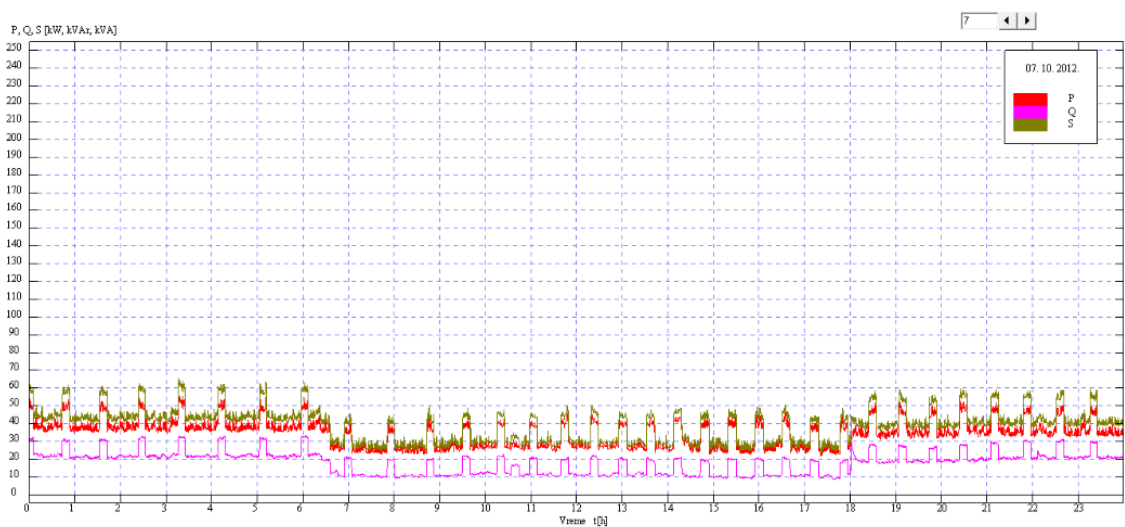
Да би се проверио профил електричног оптерећења покушано је да се изврши мерење потрошње електричне енергије на Факултету. Због проблема са електричним спојницама у сопственој трафо станици мерење је било неуспешно. Љубазношћу професора Стајића са Електронског факултета у Нишу добијени су дијаграми (слика 3.25 – 3.28) профила електричног оптерећења образовне институције сличног карактера као што је ФИНК, па су ови дијаграми искоришћени за проверу правилности дефинисања распореда и потрошње електричне енергије.



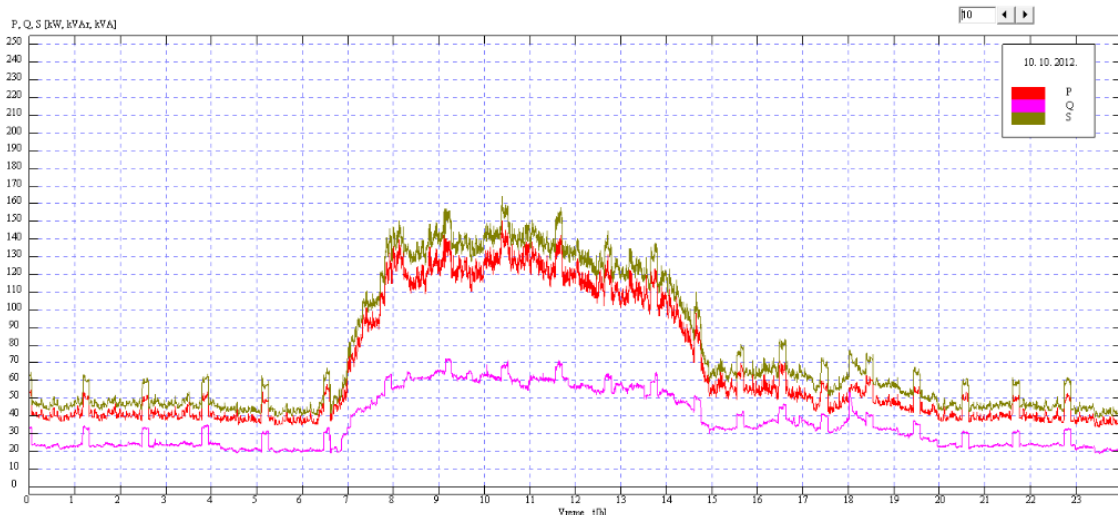
Слика 3.25 Електрично оптерећење образовне установе у јуну 2012. године



Слика 3.26 Електрично оптерећење образовне установе у октобру 2012. године



Слика 3.27 Електрично оптерећење образовне установе током викенда



Слика 3.28 Електрично оптерећење образовне установе радним даном

3.4. ДЕФИНИСАЊЕ СЦЕНАРИЈА ЗА КОГЕНЕРАЦИОНО ПОСТРОЈЕЊЕ

У наредном тексту биће описан поступак дефинисања и развоја предложеног софтвера за избор оптималног капацитета когенерационог постројења.

Како би се размотрило што више потенцијалних сценарија за уградњу когенерационог постројења и да би се добила прилика да се на најсврхисходнији начин уложе средства, размотрено је више опција/сценарија. Резултат разматрања је предлог капацитета постројења које ће електричном и топлотном енергијом у некој мери подмиривати потребе:

- 1) свих објеката Факултета,
- 2) само објекта А Факултета,
- 3) објеката А и Ц Факултета,
- 4) само објекта Б Факултета,
- 5) само објекта Ц Факултета,
- 6) само објекта Д Факултета и
- 7) објеката Ц и Д Факултета.

Когенерационо постројење ће радити током грејне сезоне, тј. док постоји топлотно оптерећење. С обзиром на локацију ФИНК на коме ће се тестирати развијена методологија, није реалистична претпоставка да ће се у скоријој будућности појавити значајна потреба за топлотном енергијом у периоду ван грејне сезоне. Надаље, због инвестиционих разлога, претпоставка је да тригенерациони ангажман постројења неће бити могућ дужи наредни период.

Додатно, због претпоставке да ће период повраћаја, због природе топлотног оптерећења, цена електричне и топлотне енергије као и цене природног гаса, бити неповољан (што се касније показало као тачно), размотрен је и случај „немачког сценарија“⁷ за који су, за

⁷ Да би се проверила осетљивост модела на промену цена енергената посматран је случај када би постројење радило у условима актуелних цена енергената у Немачкој.

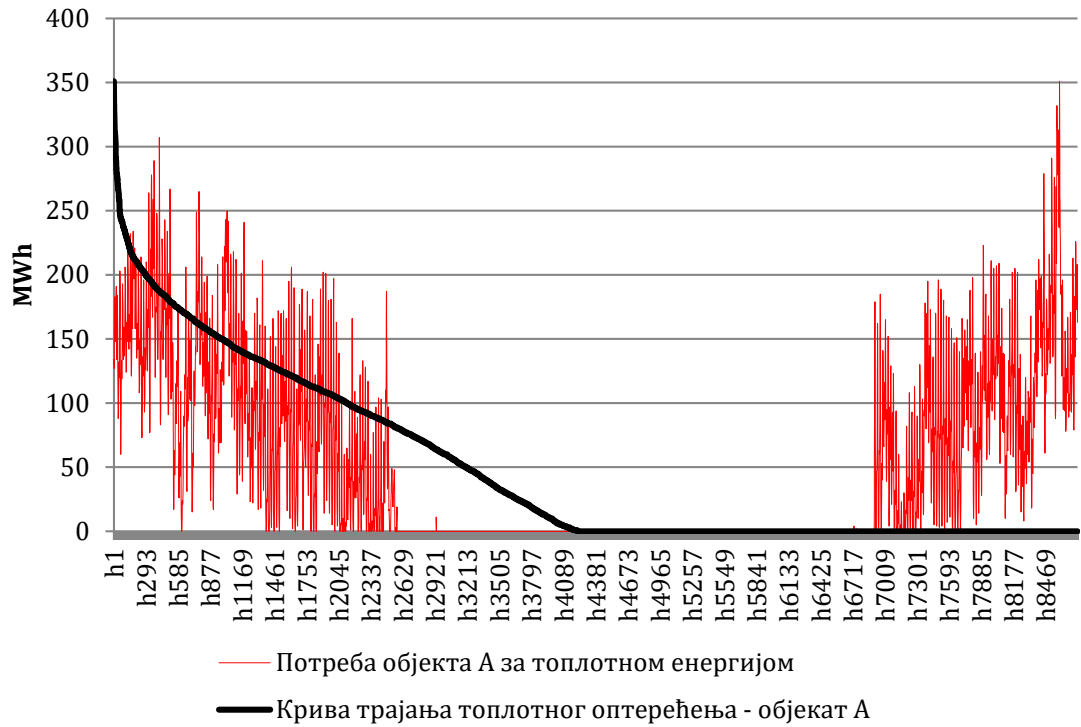
исти природ оптерећења анализирани побројани сценарији, а узевши у обзир цене природног гаса, електричне и топлотне енергије које су актуелне у Савезној Републици Немачкој. Показало се, очекивано, да је тамошња ценовна политика осетно наклоњенија улагању у технологије енергетске ефикасности, па и у когенерацију.

3.4.1. УЛАЗНИ ПОДАЦИ

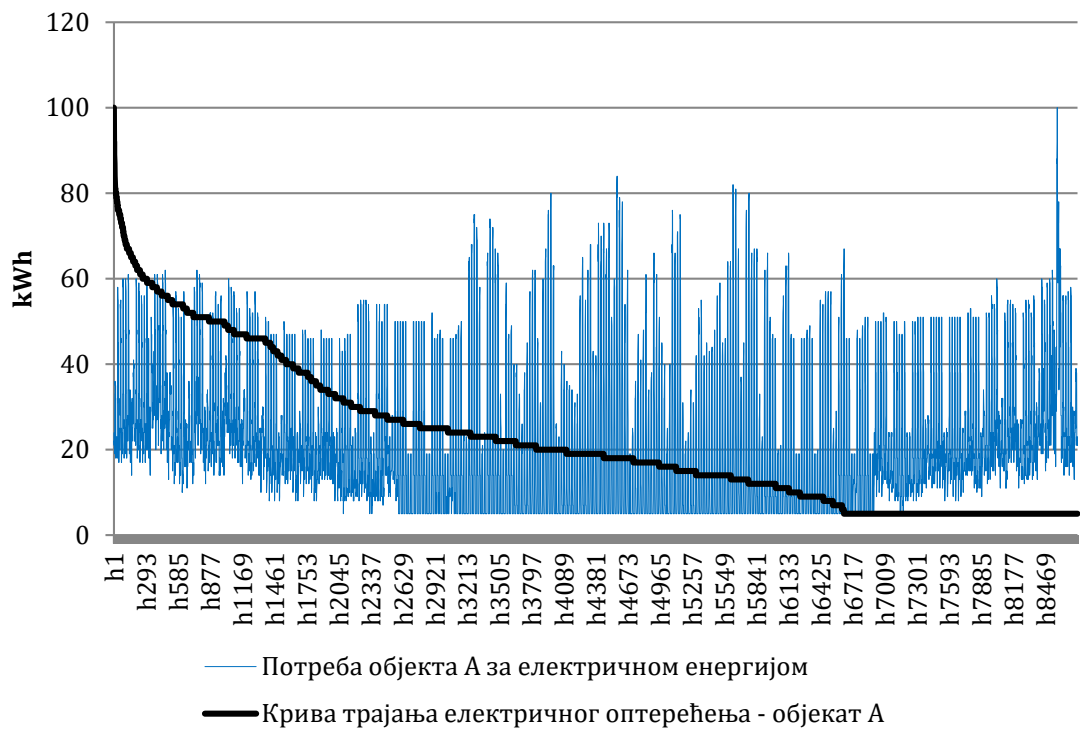
За потребе одређивања оптималног инсталисаног капацитета когенерационе јединице, за све побројане сценарије, коришћени су следећи улазни подаци:

- годишњи захтеви за топлотном енергијом на сатном нивоу добијени захваљујући моделу развијеном у OpenStudio софтверу (слика 3.29);
- годишњи захтеви за електричном енергијом на сатном нивоу добијени захваљујући моделу развијеном у OpenStudio софтверу (слика 3.30);
- фактор амортизације опреме 0,0625, тј. очекивани радни век опреме је 16 година;
- актуелна цена електричне енергије €/kWh:
 - основни сценарио: 0,073;
 - „немачки сценарио“: 0,29 [85];
- актуелна цена топлотне енергије €/kWh:
 - основни сценарио: 0,09;
 - „немачки сценарио“: 0,092 [86];
- актуелна цена природног гаса €/m³:
 - основни сценарио: 0,33;
 - „немачки сценарио“: 0,601 [87];
- цена когенерационе јединице по инсталираном kW електричне енергије износи приближно 1200 €;
- доња топлотна моћ природног гаса износи 33 500 kJ/m³.

Цене за основни сценарио су израчунате на основу рачуна и потрошње енергије ФИНК, као просечна цена у 2014. години.



Слика 3.29 Пример годишњих захтева за топлотном енергијом за објекат А



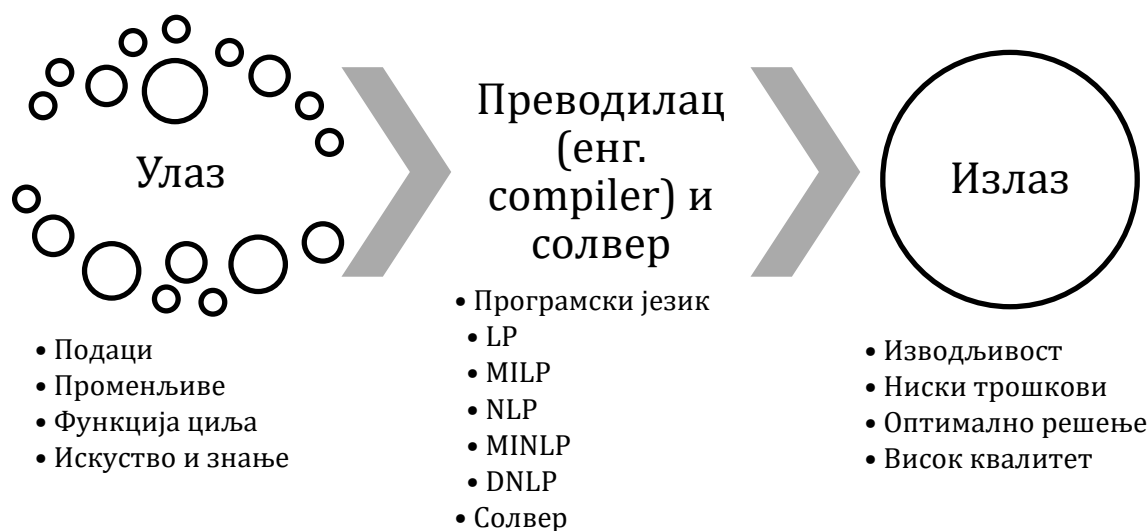
Слика 3.30 Пример годишњих захтева за електричном енергијом за објекат А

3.4.2. DNLP МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ

У конкретном случају одређивања оптималног капацитета когенерационе јединице проблем се своди на максимизирање одређене функције (тзв. функција циља), конкретније, на максимизирање годишње добити (€) која је последица имплементације когенерације. Проблем се може решити и на друге начине, у зависности од циљева управе/менаџмента, нпр.:

- минимизирањем периода отплате опреме (добијају се врло слични резултати),
- максимизирањем броја радних сати опреме,
- минимизирањем еколошког утицаја и сл.

Максимизирање функције, у посматраном случају, своди се на одабир оних улазних вредности које ће применом математичког програмирања резултовати највећом могућом вредношћу функције циља (слика 3.31).



Слика 3.31 Ток математичког моделирања [34]

GAMS модел се састоји од седам основних компоненти: Set(s), Data, Variables, Assignment of bonds and/or initial values, Equations, Model and Solve statements, Display statement. У Прилогу 1 дат је *GAMS* програмски код у интегралном облику.

Скупови (Sets) су основни елементи *GAMS* модела и одговарају индексима код алгебарског модела. За потребе конкретног модела коришћени је скуп h (hour), а њиме је означено време (сати у години).

Чланове скупа h чини свих 8784 сати анализираног периода.

У компоненти подаци (Data) у модел се уводе познати подаци и то као скалари (Scalars) и параметри (Parameters). Као параметри су уведени подаци о годишњем топлотном и електричном оптерећењу.

Parameter	
heatdemand (h)	
/h1	544
h2	517
h3	503
h4	539
h5	625
h6	686
h7	707
h8	703
h9	678
h10	654
h11	638
h12	616
h13	598
h14	594
h15	593
h16	591
h17	598
h18	616
h19	639
h20	669
h21	699
h22	722
h23	696
h24	598
h25	549
h26	536
.	
.	
.	
.	
/;	

Скалари који су коришћени у конкретном моделу (основни сценарио) приказани су у табели 3.3.

Ознака	Опис	Вредност
a	фактор амортизације опреме	0,0625
LHV	доња топлотна моћ природног гаса (kJ/m ³)	33500
fuelcost	цена горива (€/m ³)	0,33
eprice	цена ел. енергије (€/kWh)	0,073
heatprice	цена топлотне енергије(€/kWh)	0,09
price	цена когенерационе јединице по инсталираном kW електричне снаге	1200

Табела 3.3 Параметри коришћени у моделу

Компонента модела *Variables* односи се на упознавање модела са променљивим до чиих вредности покушавамо да дођемо.

У табели 3.4 приказане су променљиве које су коришћене у моделу.

Ознака	Опис	Област дефинисаности
GOAL	добит од имплементације [€]	функција циља
heatrated	називна топлотна снага когенерационе јединице	позитивна
erated	називна електрична снага когенерационе јединице	позитивна
heatCHP(h)	део топлотног оптерећења који се покрива когенерационом јединицом	позитивна
eCHP(h)	део ел. оптерећења који се покрива когенерационом јединицом	позитивна
heatDH(h)	део топлотног оптерећења који се покрива из система ДГ	позитивна
eNETWORK(h)	део електричног оптерећења који се покрива из дистрибутивне мреже	позитивна
m(h)	проток природног гаса ка когенерационој јединици	позитивна

Табела 3.4 Променљиве које су коришћене у моделу

3.4.2.1. ЈЕДНАЧИНЕ

Једначинама (Equations) су описани услови тј. ограничења која важе за модел.

ФУНКЦИЈА ЦИЉА

$$GOAL = \sum_h eCHP_h \cdot eprice + \sum_h heatCHP_h \cdot heatprice - a \cdot price \cdot erated - \sum_h m_h \cdot fuelcost \quad (1)$$

Овако дефинисана функција циља сабира добити и губитке који се у сваком сату посматране године јављају као последица инсталирања когенерационог постројења. Добит је дефинисана као последица:

- прихода који су последица увођења сопствене производње ел. енергије (први сабирак);
- прихода који су последица увођења сопствене производње топлотне енергије (други сабирак);

а губици као последица:

- амортизације опреме (трећи сабирак);
- потрошње енергента (природног гаса) (четврти сабирак).

Пошто се тражи максимална вредност функције циља, потенцијалне добити се пореде, а потом се солвер одређује за вредност инсталираног капацитета когенерационе јединице која је најпрофитабилнија.

ОСТАЛЕ ЈЕДНАЧИНЕ

Једначином 2 описан је услов који влада како би објекат одржао квалитет грејања којим је располагао пре имплементације когенерације:

$$heatdemand_h = heatCHP_h + heatDH_h \quad \forall h \quad (2)$$

Једначином 3 описан је услов који влада како би објекат одржао квалитет снабдевања електричном енергијом којим је располагао пре имплементације мере:

$$edemand_h = eCHP_h + eNETWORK_h \quad \forall h \quad (3)$$

Однос произведене електричне и топлотне енергије (енг. *heat ratio*) описан је једначином 4 [77]:

$$eCHP_h = 0.7 \cdot heatCHP_h \quad \forall h \quad (4)$$

Одређивање називног топлотног капацитета постројења врши се уз помоћ једначине 5:

$$heatrated = \max(heatCHP_h) \quad (5)$$

Аналогно, одређивање називног електричног капацитета постројења врши се уз помоћ једначине 6:

$$erated = \max(eCHP_h) \quad (6)$$

Ефикасност конверзије енергије горива (природног гаса) у топлотну и електричну енергију дефинисана је једначином 7 [77]:

$$heatCHP_h + eCHP_h = LHV \cdot m_h \cdot 0.8/3600 \quad \forall h \quad (7)$$

4. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА

Ово поглавље је посвећено приказу резултата добијених применом развијених енергетских и математичких модела, описаних у претходном поглављу, током студије случаја ФИНК и анализи тих резултата. У том циљу приказан је основни сценарио, са посебним нагласком на годишње и месечне потрошње енергије, затим је размотрен предлог основних мера за повећање енергетске ефикасности анализираних објеката. Објашњени су основни постулати примењеног принципа параметарске анализе, детаљно је разјашњена методологија избора когенерационог постројења и приказани најважнији резултати спроведене DNLP анализе.

4.1. ОСНОВНИ СЦЕНАРИО – ГОДИШЊА И МЕСЕЧНА ПОТРОШЊА

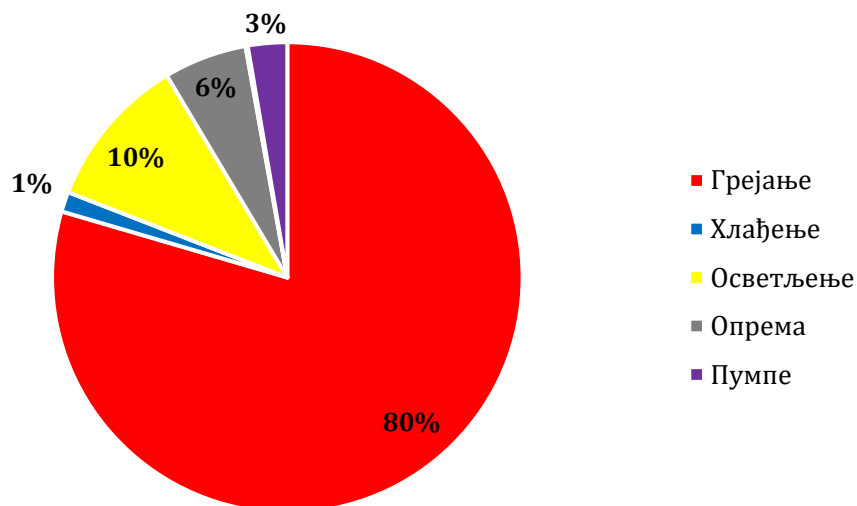
Енергетско моделирање објеката, односно симулација енергетског понашања објекта, даје велики број података који се касније могу искористити за анализу стања, анализу тренутне потрошње објекта - тј. за анализу структуре трошкова. У овом одељку дат је кратак преглед резултата добијених симулацијом објекта за основни сценарио, односно тренутно стање у коме се налази објекат, а у наредним одељцима овог поглавља размотриће се могућности за унапређење термичког омотача и енергетска и економска исплативост примене когенерације у објектима ФИНК.

Циљ приликом енергетског моделирања објеката ФИНК је био да основни сценарио што тачније одражава његово стварно, тренутно, енергетско стање (табела 4.1).

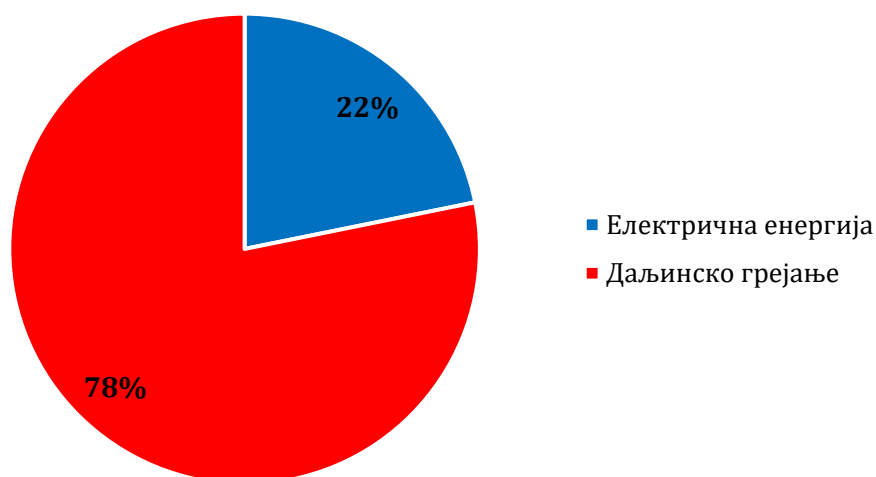
Објекат	Опис	Вредност коефицијента пролаза U (W/m ² K)
Објекти А, Б и први спрат објекта Ц	Зид од алуминијумских панела са слојем минералне вуне дебљине 10 cm	2,157
	Прозори са металним оквиром и двоструким стаклом	4,025
	Коси метални кров са слојем минералне вуне дебљине 10 cm	0,5
Објекат Д и приземље објекта Ц	Зид од цигле	3,120
	Дрвени прозори са двоструким стаклом	3,283
	Једноструко стакло у бетонском или металном оквиру	5,067
	Раван бетонски кров са хидроизолацијом	4,636

Табела 4.1 Карактеристике термичког омотача код основног сценарија – модел ФИНК

Тренутно енергетско стање и потрошња енергије у објектима ФИНК приказано је на следећа четири дијаграма (слике 4.1- 4.4). На првом дијаграму (слика 4.1) дата је расподела годишње потрошње енергије у kWh по потрошачима. Као што је било очекивано највише енергије се користи за загревање објеката, а што се тиче потрошње енергента, потрошња топлотне енергије је 3,5 пута већа од потрошње електричне енергије (слика 4.2).

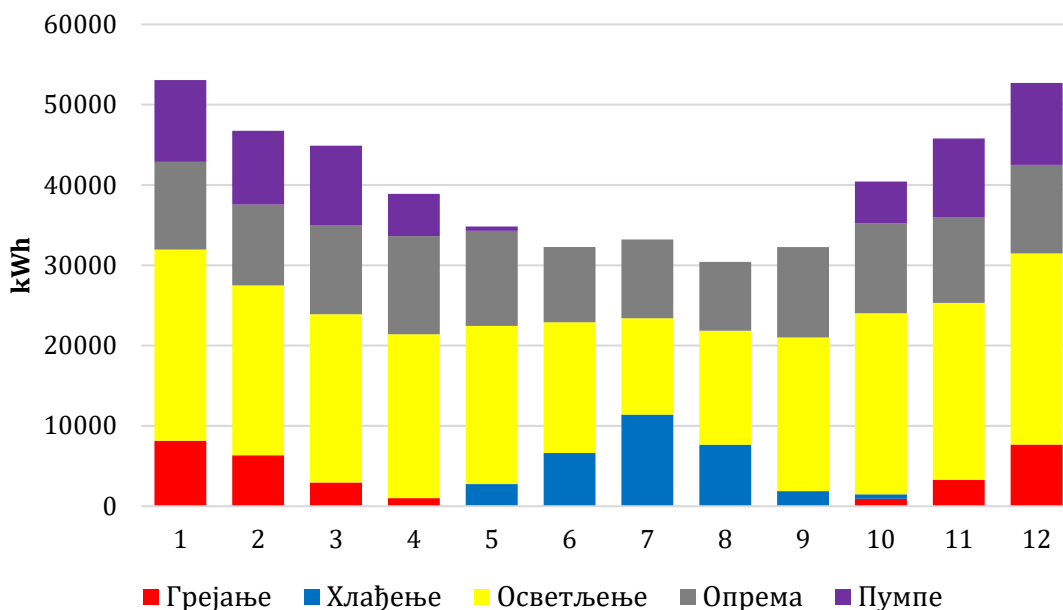


Слика 4.1 Потрошња енергије у kWh на годишњем нивоу



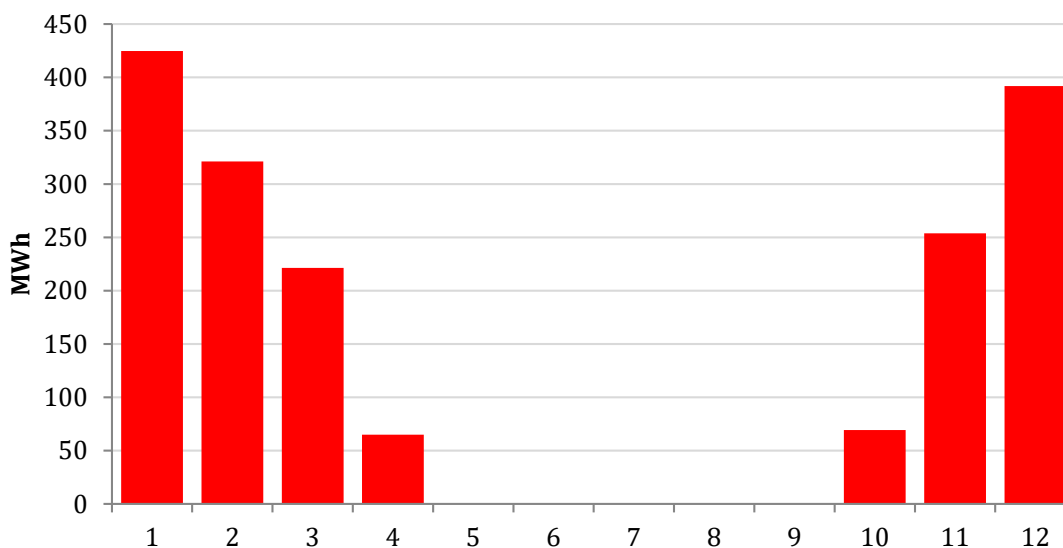
Слика 4.2 Потрошња енергената у kWh на годишњем нивоу

Расподела потрошње електричне енергије по потрошачима на месечном нивоу (слика 4.3), је очекивана за овај тип јавног објекта – највећи потрошач електричне енергије је унутрашња расвета. Осим распореда присутности запослених и студената током године, потрошња електричне енергије за осветљење се мења и према прорачуну дневног осветљења (за тај део корекције задужен је софтвер Radiance, који узима у обзир промене у коришћењу осветљења, као и присутност људи, али и утицај који расвета има на прорачун потребне количине енергије за грејање и хлађење просторија). У том смислу, утицај ових промена најочљивији је у објекту Д, у којем је смештен већи део учioniчког простора, а током летњег распуста (у периоду од 15. јула до 20. августа) објекат се највећим делом не користи.



Слика 4.3 Месечна расподела потрошње електричне енергије

С обзиром да не постоји управљање потрошњом топлотне енергије у подстанцима (слика 4.4), коришћење ДГ је дефинисано радним календаром снабдевача, а параметар по коме је моделиран рад система грејања је постизање одређене температуре секундарне воде. Други параметар који је био задат моделу приликом енергетске симулације функционисања објеката ФИНК је температура од 21⁰С у просторијама и 18⁰С у ходницима. Иако је модел „загрејао“ објекат (ови услови нису били задовољени око 130 до 160 сати током целокупне грејне сезоне што се сматра добрим резултатом), али топлотни комфор, у појединим просторијама објекта, није био задовољен практично ни у једном тренутку током целе грејне сезоне, што је очекивано обзиром на стање термичког омотача објекта и начина на који се управља системом грејања.



Слика 4.4 Месечна потрошња топлотне енергије из система ДГ

4.2. УПОТРЕБА МЕРА ЗА ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ОБЈЕКТА

Као што је раније напоменуто, једна од највећих предности коришћења OpenStudio-а је једноставна употреба мера енергетске ефикасности. Под мерама се подразумевају различите промене на моделу⁸, којих има на десетине и које су сврстане по категоријама: измене на термичком омотачу (измене у геометрији објекта, измене у грађевинској конструкцији, итд.), измене везане за електричну опрему и осветљење, измене на КГХ систему (управљању, грејању, хлађењу, дистрибуцији, итд.) и слично (слика 4.5). Број мера које могу да се примене на једном моделу није ограничен.

⁸ Модел може да буде направљен за постојећи објекат или на основу пројекта објекта планираног за градњу



Слика 4.5 Преглед одабраних мера енергетске ефикасности

Све мере које се користе у OpenStudio-у програмиране се у Ruby програмском језику. Мере које је ауторка ове дисертације испрограмирала у Ruby-ју, а које се односе на замене компоненти КГХ система и промене на термичком омотачу објеката налазе се у Прилогу 2.

Осим једноставних мера, у смислу програмирања и функционалности, постоје и веома сложене мере, за које је потребно напредно познавање програмирања, функционисања EnergyPlus-а, и веома детаљно и опсежно познавање енергетских система како би се најпре развио математички модел појаве, а онда и одговарајућа мера примењива у OpenStudio-у. Пример настанка једне такве мере је, у раду коришћена, мера за интегрисање микро когенерационог постројења у објекте ФИНК која се не налази међу тренутно понуђеним мерама OpenStudio-а.

Математички модел микро когенерационог постројења је настао у оквиру Анекса 42 Међународне агенције за енергију – IEA, тачније у оквиру Програма смањења потрошње енергије у зградама [57]. На изради математичког модела је радило више међународних тимова, а модел је усаглашаван током 3 године.

Модел је направљен за когенерациона постројења са СУС или Стирлинговим мотором, али га је могуће користити за било које когенерационо постројење код кога се отпадна топлота користи за загревање воде. Модел је једноставан, довољан је мањи број података и лако се калибрише, а највећи му је недостатак што се ослања на емпиријске податке. Модел је настао коришћењем приступа „сиве кутије“ за који је довољно парцијално познавање система, јер се карактеристике конкретног система описују једначинама које су добијене или на основу поређења са емпиријским једначинама, или екстраховањем мањег броја једначина из детаљно описаних модела [57], [58]. Овакав приступ је омогућио примену модела у различитим програмима за симулације, односно енергетско моделирање зграда, као што су EnergyPlus, ESP-r и TRNSYS. Коришћење модела микро когенерације у симулационим програмима омогућава техничку и економску процену рада когенерационих постројења у зградама. OpenStudio још увек не подржава све објекте EnergyPlus-а, па, између осталог, не подржава системе за производњу електричне енергије, осим најједноставнијих фото напонских ћелија.

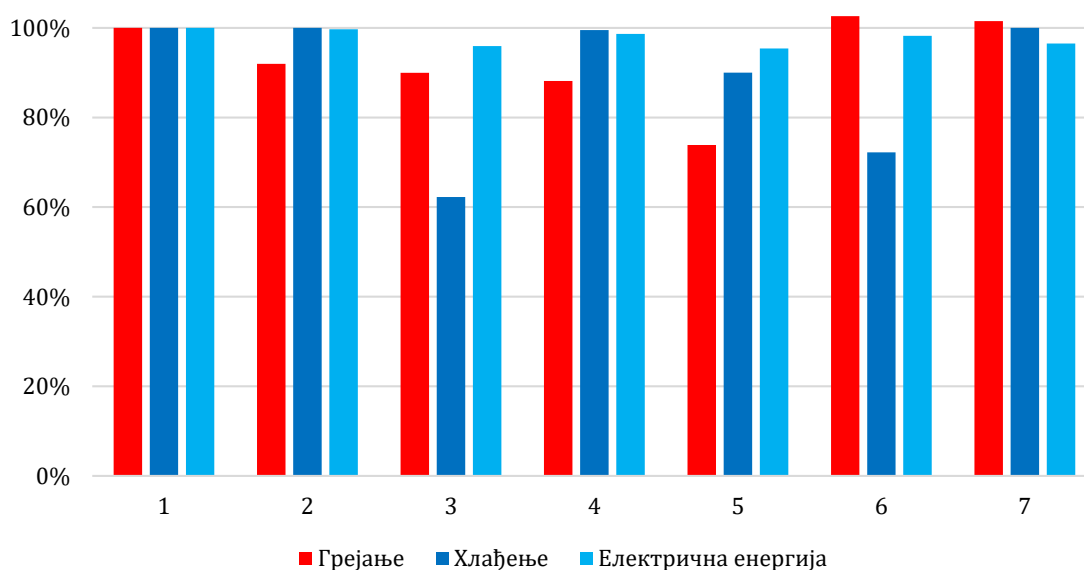
Као што је већ речено, на почетку рада у OpenStudio-у није било могуће моделирати когенерационо постројење, али у EnergyPlus-у постоји горе поменути објекат микро когенерационог постројења. Пошто између OpenStudio-а и EnergyPlus-а постоји блиска веза, то значи да се најчешће може пронаћи решење у виду импортовања EnergyPlus објеката у OpenStudio.

Интегрисање микро когенерационог постројења у моделе објеката ФИНК је могло да се изведе програмирањем нове мере која би се односила на конкретно постројење, али би се тако губила једноставност употребе и поновљивост овде предложене методологије. Друго, овде примењено решење настало је захваљујући интернет заједници и америчкој Националној лабораторији за обновљиве изворе (NREL) која ради на развоју OpenStudio-а, а посебно захваљујући господину Дејвиду Голдвасеру који је на питање како повезати OpenStudio модел са микро когенерационим објектом предложио и програмирао веома корисну меру којом се могу интегрисати EnergyPlus објекти у OpenStudio. Мера је, иако има одређена ограничења, успешно имплементирана у постојећи модел.

Инсталација когенерационе јединице спада у групу мера енергетске ефикасности са високим инвестиционим трошковима, па се често третира као кровна мера енергетске ефикасности, мера чијој имплементацији претходи примена осталих мера које, по правилу,

захтевају ниже инвестиционе трошкове. Са тим циљем се применом различитих мера за измене на објектима тражило оптимално решење реконструкције постојећег термичког омотача, а урађена је и провера утицаја који има једноставно управљање постојећим КГХ системом на потрошњу топлотне енергије. Приликом одабира мера које ће се применити на моделу ФИНК руководило се идејом да то буду мере чијом би се имплементацијом побољшало газдовање топлотном енергијом (ако се има у виду дијаграм са слике 4.2 из одељка 4.1, јасно је зашто је мерама уштеде топлотне енергије дат приоритет).

На слици 4.6 дата је графичка интерпретација резултата добијених симулацијом дејства одабраних мера енергетске ефикасности на објекте ФИНК и посматраних у односу на основни сценарио. Имајући у виду да се предложене мере односе на стање термичког омотача објеката и контролу грејања, очекивано је да су уштеде електричне енергије мале, највише 6%, док уштеде топлотне енергије могу да буду и до 25% (за замену свих зидова са термичким мостом зидовима од цигле са изолацијом и постављањем изолације на постојеће зидове од цигле). Структура потрошње електричне енергије (слика 4.3 одељак 4.1) је таква да се приликом примене одабраних мера (мере 2-7 са слике 4.6) мења само потрошња електричне енергије потребне за хлађење објекта и рад пумпи за грејање, па је из тог разлога на слици 4.6, осим прегледа потрошње топлотне и електричне енергије, издвојена и потрошња електричне енергије потребне за хлађење објекта, да би се лакше посматрао утицај примењених мера.



Слика 4.6 Годишње уштеде топлотне и електричне енергије настале применом појединачних мера за подизање енергетске ефикасности (1 – основни сценарио; 2 – викендом се смањује температура у просторијама; 3 – замена свих прозора; 4 – постављање изолације на зидове грађене циглом; 5 – потпуна ресконструкција спољашњих зидова додавањем термоизолације; 6 – постављање фасадне заштите од сунца (сенила); 7 – замена пумпи константног протока пумпама са фреквентним регулаторима)

Прва мера која је примењена на моделу ФИНК је једноставна регулација грејања викендом. Испоручилац топлотне енергије „Енергетика“ се руководи спољашњом температуром, котлове укључује у 4 сата и искључује у 22 сата. Подстанице ФИНК нису опремљене управљачким системом већ топлотну енергију преузимају онако како је

„Енергетика“ испоручује. Настава је организована тако да викендом нема предавања, па је могуће употребом даљински управљаних вентила, викендом одржавати температуру у целом објекту нижом (у моделу је то било 18⁰С).

Друга мера која је примењена на целом бјекту је једновремена замена столарије (прозора). У складу са захтевима инвеститора ова мера може да буде разматрана парцијално (на сваком објекту појединачно или према оријентацији фасаде). На тај начин се могу одредити приоритети замене.

Иако није очекивано да се сви зидови са термичким мостовима, којих има на три од постојећа четири објекта, замене, ова мера је „примењена“ на целом објекту због увида у функционисање објекта за случај адекватно изолованог термичког омотача. Други разлог зашто је посматрана замена свих зидова је и то што са садашњим термоизолационим материјалима није изводљива промена стања термичког омотача на објектима А, Б и Ц где су зидови изведени са термичким мостовима, без свеобухватне санације тих зидова.

Што се тиче мере постављања термоизолације на зидове од цигле (објекат Д и део објекта Ц) слој термоизолације (11 cm стиропора) је одабран тако да коефицијент пролаза топлоте износи мање од 0,4 W/m²К (за спољне зидове у моделу износи 0,326 W/m²К) колико је предвиђено правилником о енергетској ефикасности за постојеће објекте [36].

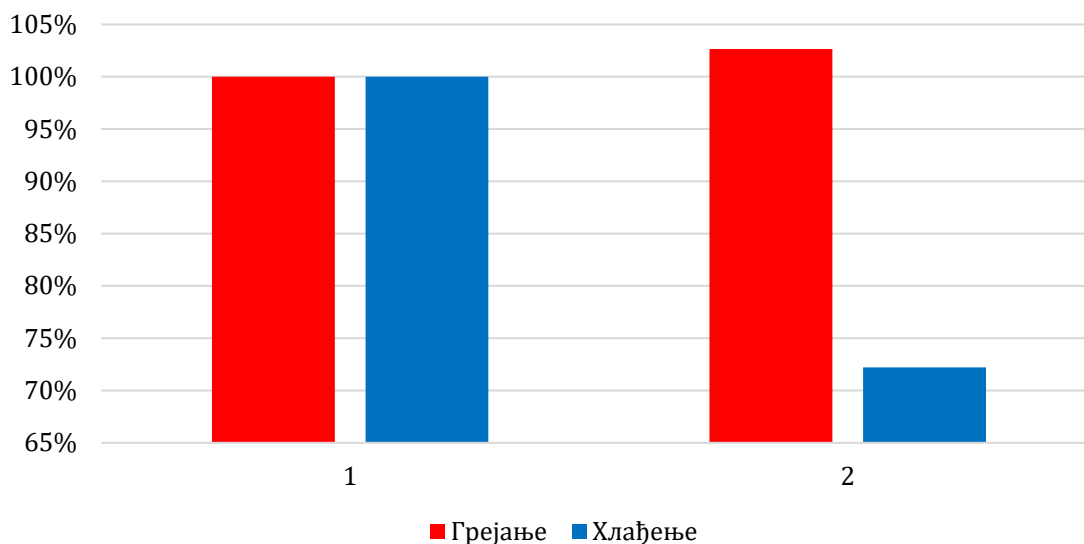
Уколико би се приликом замене постојећих зидова на новоизграђене зидове од цигле и постојеће зидове од цигле ставио термоизолациони слој стиропора дебљине 15 cm кофицијент пролаза топлоте би износио 0,25 W/m²К што одговара пропису за нове зграде ($U_{max} \leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$). Уштеда топлотне енергије на објекту са слојем стиропора дебљине 15 cm у односу на објекат са зидовима са слојем стиропора дебљине 11 cm би износила 35000 kWh што износи 3%.

Пошто тема ове дисертације није оптимизација грађевинских конструкција, није се улазило у детаље око замене зидова, или оптимизације дебљине слоја термоизолације и врсте термоизолације већ је одабрана нека просечна и уобичајена вредност како би се показао тренд који нека мера има, а без сумње да би се са бољим и модернијим материјалима приказани тренд потврдио. Из тог разлога је и за нове зидове изабрано да то буду зидови од цигле са слојем стиропора дебљине 11 cm.

Посматрањем потрошње електричне енергије за хлађење објекта, издвојене због лакшег прегледа утицаја примењених мера (слика 4.6), уочава се обрнуто пропорционално деловање појединих мера на потрошњу енергије за грејање и хлађење, као нпр. - приликом изоловања објекта смањује се потрошња топлотне енергије, али са друге стране повећава се потреба за хлађењем, односно повећава се време потребно да се акумулирана топлота лети ослободи. Са друге стране са побољшањем квалитета прозора повећава се потреба за проветравањем, па су уштеде топлотне енергије мање изражене од уштеда енергије за хлађење.

Посебно интересантне за разматрање су две последње мере (мере 6 и 7 са слике 4.6); постављање фасадних заштита од сунца на прозоре на јужним и источним странама објекта (слика 3.15 у одељку 3.3) и коришћење пумпи са фреквентним регулаторима.

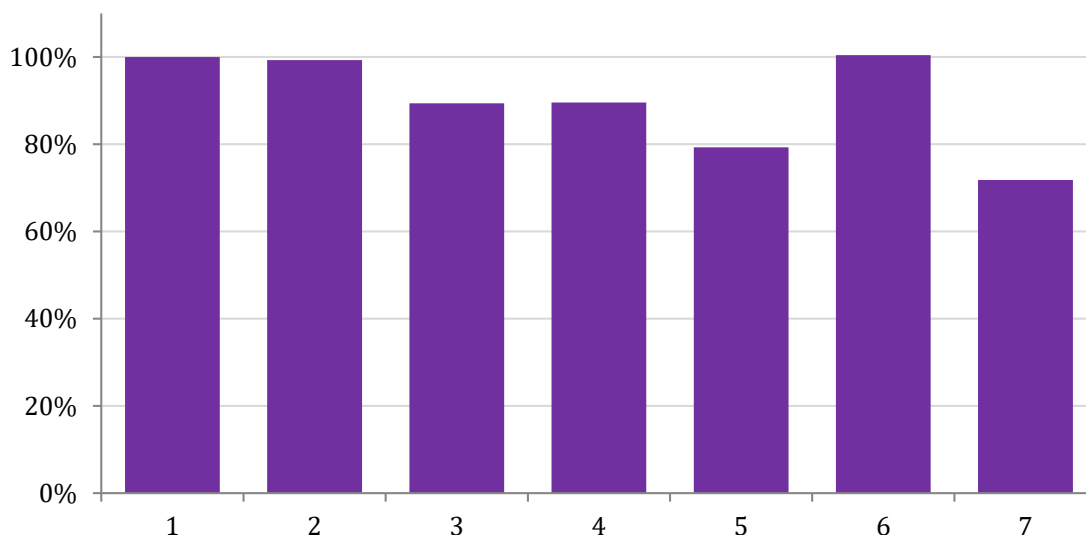
На слици 4.7 издвојено је са слике 4.6 дејство примењене мере фасадних заштита од сунца у односу на основни сценарио, да би се подробије размотрило дејство ове мере.



Слика 4.7 Приказ примене мере фасадних заштита од сунца (2) у односу на основни сценарио (1)

Приликом постављања фасадних заштита од сунца само на јужним и источним странама фасаде уштеда електричне енергије за хлађење износи 28%, али у зимском периоду потребно је повећати потрошњу топлотне енергије (2,6%) да би се надокнадио губитак сунчевог зрачења на стаклене површине (слика 4.7).

Слична је ситуација и код замене пумпи константног протока пумпама са фреквентним регулаторима (мера 7 на слици 4.6). Уштеда укупне електричне енергије износи 4,5%, али потребно је повећати топлотну енергију за 1,5% (слика 4.6), јер се сви губици унутар пумпе, као и успутни губици у цевоводу претварају у топлотну енергију коју је потребно надокнадити када се време рада пумпи скрати [88]. На слици 4.8 издвојена је потрошња електричне енергије потребне за рад пумпи за грејање и промене у потрошњи које настају приликом симулације примене одабраних мера енергетске ефикасности. На слици се уочава да се са смањењем потрошње топлотне енергије смањује и потрошња електричне енергије потребне за рад пумпи (до 20%), а применом пумпи са фреквентним регулаторима и до 30%.



Слика 4.8 Приказ потрошње електричне енергије пумпи за грејање у зависности која је мера примењена (1 – основни сценарио; 2 – викендом се смањује температура у просторијама; 3 – замена свих прозора; 4 – постављање изолације на зидове грађене циглом; 5 – потпуна ресконструкција спољашњих зидова додавањем термоизолације; 6 – постављање фасадне заштите од сунца (сенила); 7 – замена пумпи константног протока са пумпама са фреквентним регулаторима)

На овом конкретном моделу разлика између потрошње топлотне и електричне енергије је велика, тако да је у конкретној ситуацији лако да се одлучи за уштеде топлотне енергије, наспрам уштеда енергије за хлађење. Међутим, ако се ова методологија посматра у општем случају, важно је имати у виду какво је дејство појединих мера на енергенте и да ли је њихово дејство супротстављено.

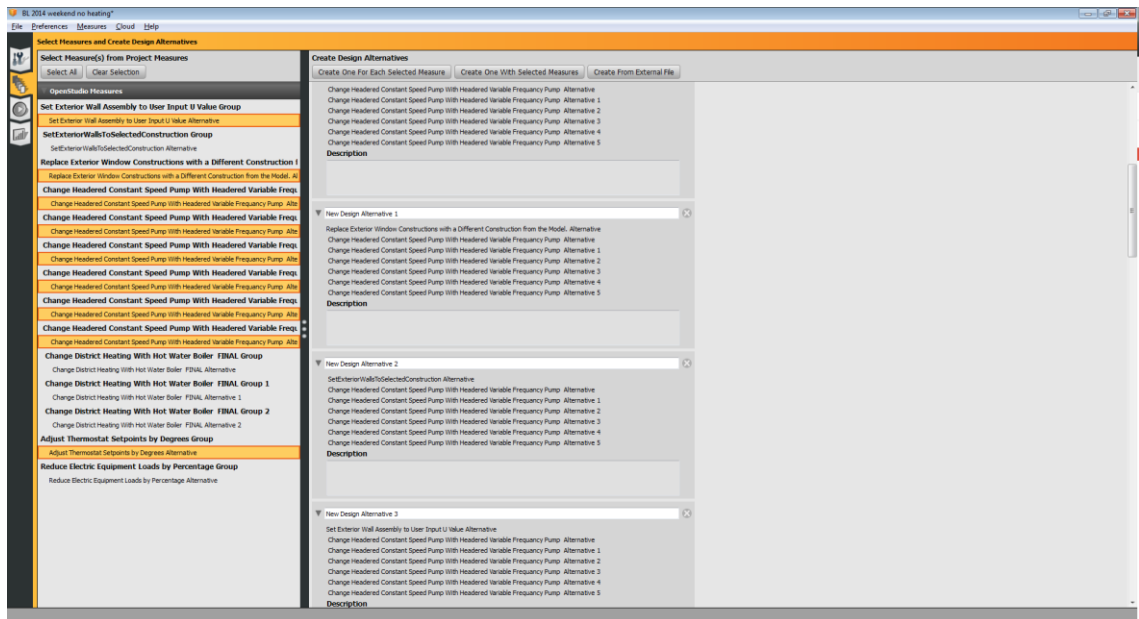
Иако у овој дисертацији није рађена детаљна финансијска анализа, јасно је да замена прозора, изолација зидова и замена зидова спадају у капиталне инвестиције при чему уштеде не прелазе више од 25%, док се применом једноставне контроле грејања трокраким вентилима са сензором спољашње температуре, који спадају у мере малих инвестиција, може остварити уштеда топлотне енергије од 8% (слика 4.6). У мере малих инвестиција спада и коришћење пумпи са фреквентним регулаторима које троше 30% мање електричне енергије од пумпи са константним протоком (слика 4.8).

4.3. ПАРАМЕТАРСКА АНАЛИЗА

У овом одељку ће бити размотрена употреба више мера истовремено и њихов утицај применом још једног софтверског алата.

Параметарска анализа – ПАТ (енг. *Parametric Analysis Tool*) је софтверски алат који је саставни део OpenStudio-а. Користи се да би се анализирао утицај више истовремено примењених мера. За примену параметарске анализе потребно је да се направи списак свих мера које ће се користити и одабрати основни енергетски сценарио објекта ФИНК на коме ће се оне применити. Број и комбинација мера које могу да се примене није ограничен (слика 4.9), а од величине датотеке основног сценарија и броја одабраних сценарија зависи колико ће времена бити потребно да се изврши прорачун [68]. За основни модел коришћен у овој студији случаја и примену 10-так различитих сценарија

(сваки сценарио је имао више мера) било је потребно до сат времена рада на савременом рачунару опремљеним са 8 GB радне меморије и Intel i5 процесором. За комплексније прорачуне постоји могућност параметарске анализе коришћењем тзв. клауда (енг. *cloud*), мреже сервера и рачунара [67], [69].



Слика 4.9 Приказ RATS интерфејса приликом састављања могућих сценарија

Након завршене симулације RATS генерише табеларни приказ уштеда које се остварују у односу на основни сценарио, са могућношћу да се искористе и детаљни OpenStudio и EnergyPlus извештаји генерисани појединачно за сваки сценарио (слика 4.10).

Design Alternative Name	Energy Use Intensity (kBtu/ft2-yr)	Peak Electric Demand (kW)	Electricity Consumption (kWh)	Natural Gas Consumption (Million Btu)	District Cooling Consumption (Million Btu)	District Heating Consumption (Million Btu)	First Year Capital Cost (\$)	Annual Utility Cost (\$)	Total LCC (\$)	
Basecase	30	170	497,038	0	0	5,494	0	—	0	
Design Alternative Name	Energy Use Intensity Reduction (kBtu/ft2-yr)	Peak Electric Demand Reduction (kW)	Electricity Savings (kWh)	Natural Gas Savings (Million Btu)	District Cooling Savings (Million Btu)	District Heating Savings (Million Btu)	First Year Capital Cost Increase (\$)	Annual Utility Cost Savings (\$)	Simple Payback (years)	Total LCC Savings (\$)
VFD pump, novi prozor i novi zidovi	5 (17%)	22 (13%)	54,123 (11%)	0	0	2,352 (43%)	0	—	—	0
Nove loštarice	80 (27%)	0	17,708 (4%)	(6,147)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice i zamena prozora	72 (24%)	16 (9%)	35,356 (7%)	(6,145)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice i izolacija zidova od gipsa	21 (7%)	2	22,303 (5%)	(8,020)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice i novi zidovi	2	11	22,464 (5%)	(8,142)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice, zamena prozora i izolacija zidova	2	18 (11%)	46,728 (9%)	(5,214)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice, zamena prozora i novi zidovi	5	23 (14%)	54,123 (11%)	(4,164)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice, zamena prozora, izolacija zidova i smanjenje električnog opterećenja opreme za 10%	2	30	53,361 (11%)	(5,238)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0
Nove loštarice, zamena prozora, izolacija zidova i smanjenje električnog opterećenja opreme za 10%, umesto na termostatu	10 (34%)	0	43,081 (9%)	(5,952)	0	5,464 (100%)	0	—	—	0

Слика 4.10 Приказ основног RATS извештаја

У даљем тексту дат је табеларни приказ резултата две параметарске анализе, генерисане за два различита основна енергетска сценарија објекта ФИНК (табеле 4.2, 4.3, 4.4).

Индикатор годишње енергетске потрошње	Вршно оптерећење ел. енергије	Потрошња ел. енергије	Потрошња топлотне енергије – ДГ	Потрошња природног гаса
kWh/m ² a	kW	kWh	MWh	MWh
101	178	489025	1747	

Табела 4.2 Основни сценарио са ДГ

Индикатор годишње енергетске потрошње	Вршно оптерећење ел. енергије	Потрошња ел. енергије	Потрошња топлотне енергије – ДГ	Потрошња природног гаса	
kWh/m ² a	kW	kWh	MWh	MWh	
94	178	487608	1606		
Смањење индикатора годишње енергетске потрошње	Смањење вршног оптерећења ел. енергије	Уштеда ел. енергије	Уштеда топлотне енергије – ДГ	Уштеда природног гаса	
kWh/m ² a	kW	kWh	MWh	MWh	
Мера 3 – замена прозора	9 9%	14 8%	19856 4%	176 11%	
Мера 4 – изолација зидова	9 10%	2 1%	6392 1%	208 13%	
Мера 5 – нови зидови	19 21%	11 6%	21383 4%	410 26%	
Мера 7 - замена пумпи VFD пумпама	0 0%	0 0%	17358 4%	-13 -1%	
Мера 3 и мера 7	9 10%	16 9%	35356 7%	164 10%	
Мера 4 и мера 7	9 10%	2 1%	22003 5%	211 12%	
Мера 5 и мера 7	19 20%	11 6%	35494 7%	399 25%	
Мера 3, мера 4 и мера 7	19 20%	18 10%	40328 8%	381 24%	
Мера 3, мера 5 и мера 7	28 31%	23 13%	54103 11%	585 36%	
Мера 8 – Котлови на гас (ефик. 80%) и VFD пумпе	-19 -19%	0 0%	17358 4%	1606 0%	-2024 -

Табела 4.3 Основни енергетски сценарио објеката ФИНК је ДГ са примењеном мером 1 – смањена потрошња топлотне енергије викендом (негативне вредности означавају да је потрошња енергије повећана уместо смањена)

У табели 4.2 дат је приказ тренутног стања објеката ФИНК. Прва параметарска анализа је урађена са основним сценаријом у коме је примењено управљање потрошњом топлотне енергије викендом (табела 4.3), а друга параметарска анализа предвиђа употребу котлова на природни гас (ефикасности 95%) као основни извор топлотне енергије. Коришћене мере су описане у претходном одељку. У овим параметарским анализама није посматрана примена когенерационог постројења, јер са садашњим обликом мере за интегрисање когенерационог постројења није могуће направити валидну параметарску анализу.

Имајући у виду да је у конкретном случају ФИНК цена kWh топлотне енергије произведене коришћењем природног гаса 2,4 пута јефтинија од kWh топлотне енергије произведене у системима ДГ разматрана је замена енергента за производњу топлотне енергије, односно прелазак са система ДГ на грејање из сопствене котларнице котловима на природни гас (табела 4.4).

	Индикатор годишње енергетске потрошње kWh/m ² a	Вршно оптерећење ел. енергије kW	Потрошња ел. енергије kWh	Отрошња топлотне енергије MWh
	94	193	440769	1676
	Смањење индикатора годишње енергетске потрошње kWh/m ² a	Смањење вршног оптерећења ел. енергије kW	Уштеда ел. енергије kWh	Уштеда топлотне енергије MWh
Мера 3 – замена прозора	9 9%	20 10%	17514 4%	182 11%
Мера 4 – изолација зидова	9 10%	2 1%	4675 1%	215 13%
Мера 5 – нови зидови	19 21%	10 5%	12800 3%	430 26%
Мера 3 и мера 4	19 20%	22 11%	22483 5%	405 24%
Мера 3 и мера 5	28 31%	32 17%	30683 7%	622 37%
Мера 3, мера 4, мера 9 – подешавање термостата, мера 10 – смањење потрошње ел. опреме за 10%	13 13%	17 9%	29275 7%	237 14%
Мера 3, мера 5, мера 9 – подешавање термостата, мера 10 – смањење потрошње ел. опреме за 10%	22 24%	26 14%	38058 9%	472 28%

Табела 4.4 Основни сценарио је грејање котловима на гас ефикасности 95% са примењеном мером 1 - смањена потрошње топлотне енергије викендом

Због комплексности прорачуна ефикасности испоручене топлотне енергије добијене ДГ, која зависи од ефикасности производње, горива које се користи, губитака у топловоду, итд., софтвер приликом симулације ДГ посматра као „црну кутију“. То значи да софтвер ДГ посматра са аспекта корисника (без губитака у производњи и дистрибуцији), па је степен ефикасности ДГ у софтверу 100%. Такав начин прорачуна отежава прорачун сопствене производње енергије, јер у том случају урачунава ефикасност котла, па је тешко бити компетитиван ДГ. Уколико се приликом примене мере „замена ДГ котловима на природни гас“, користе класични котлови ефикасности 80% модел приказује повећану потрошњу топлотне енергије у односу на потрошњу топлотне енергије коришћењем ДГ (ефикасности 100%) (табела 4.3). Уколико би се уместо класичних котлова ефикасности 80% користили котлови на гас нове генерације ефикасности 95% потрошња енергије би била већа за 70 MWh на годишњем нивоу наспрам потрошње енергије са садашњим ДГ (табела 4.4).

Осим већ објашњених мера, приликом параметарске анализе, чији су резултати дати у табели 4.4, коришћене су и две нове мере. Једна се односи на газдовање електричном енергијом (смањење потрошње електричне енергије коју користи опрема у просторијама за 10%), а друга на повећање топлотног комфора. Мера подешавања термостата је дефинисана тако да је температура грејања просторија на ФИНК повећана за 1°C, а температура хлађења је смањена за 1°C. Ако се посматрају сценарији 4 и 5 (табела 4.4) уочава се да су се због овог подешавања температура у просторијама, уштеда топлотне енергије смањила са 24% на 14%.

Што се тиче мера за смањење потрошње електричне енергије руководило се истраживањима [48], [89] која налазе да је електрична опрема која се користи у канцеларијама претежно нова, енергетски ефикасна опрема и да је врло тешко утицати на смањење потрошње енергије променом понашања запослених с обзиром на њихову запосленост и сталну потребу за коришћењем опреме.

Друга мера која би могла да се примени је мера смањења потрошње електричне енергије за осветљење. Пошто је у објектима ФИНК извршена замена инкадесцентних сијалица флуо цевима, следећи корак је контрола осветљења. Према [48], у зависности да ли је контрола осветљења спроведена у 50% или 100% просторија објекта, уштеде у електричној енергији за осветљење (kWh/m²a) могу да износе од 25% до 72% (у зависности од климатских услова). У климатским условима који владају на подручју РС, може се очекивати да уштеде могу да износе од 26% (ако 50% просторија има аутоматску регулацију) до 52% (ако 100% просторија има аутоматску регулацију), што би на моделу ФИНК на годишњем нивоу износило од 12,5% до 25% уштеде укупно потрошене електричне енергије.

За основни и све посматрене сценарије, РАТ рачуна индикатор годишње енергетске потрошње – EUI (енг. *Energy Use Intensity*) (табеле 4.1, 4.2 и 4.3). Индикатор годишње енергетске потрошње представља годишњу потрошњу укупне енергије сведену на јединицу површине (kWh/m²a). На тај начин се отклања утицај величине зграда на потрошњу енергије, па потрошња енергије може да се пореди са потрошњом зграда из исте категорије.

У закону РС индикатор енергетске ефикасности за зграда је нешто другачије дефинисан и представља специфичну годишњу потребну топлоту за грејање $Q_{H,nd}$ (kWh/m²a). Према специфичној годишњој утрошеној количини топлоте за грејање $Q_{H,nd}$ дефинишу се и енергетски разреди зграда (табела 4.5). Моделом добијена максимална дозвољена годишња потребна количина финалне енергије за грејање ($Q_{H,nd}=79$ kWh/m²a) одговара

енергетском разреду C [90]. Да би се објекти ФИНК нашли у В енергетском разреду потребно је да се смањи потрошња топлотне енергије за 25% што би значило, ако се погледају резултати параметарске анализе описани у табели 4.3, да је минимално потребно применити мере које обухватају замену свих прозора, изолацију постојећих зидова од цигле и замену пумпи константног протока пумпама са променљивим бројем обраћа.

Енергетски разред за зграде намењене образовању и култури	Нове $Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]	Постојеће $Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]
A+	≤15	≤18
A	≤25	≤30
B	≤50	≤60
C	≤100	≤120
D	≤150	≤180
E	≤200	≤240
F	≤250	≤300
G	>250	>300

Табела 4.5 Специфична годишња количина топлотне енергије за грејање и припадајући енергетски разреди - $Q_{H,nd}$ [kWh/m²a] [90]

У оквиру ове дисертације није урађена детаљна економска анализа, али је у наредном тексту дата табела 4.6 са инвестиционим трошковима за мере које су испитиване у претходним поглављима како би могао да израчуна прост период отплате и на тај начин процени исплативост улагања.

Са садашњим ценама енергената у РС и уштедама које могу да се направе реконструкцијом зграда ФИНК, а на основу цена опреме (табела 4.6), економски оправдане би биле само мера уградње контроле грејања (прост период отплате износи 0,7 година) и изолација постојећих зидова од цигле (прост период отплате износи 3,6 година). Иако замена прозора, енергетски гледано, има повољан утицај, у умереним климатским условима то је економски неисплатива мера (прост период отплате за модел износи 20 година). За детаљнију економску анализу потребно је направити економску анализу према различитим критеријумима споменутим у одељку 2.1.

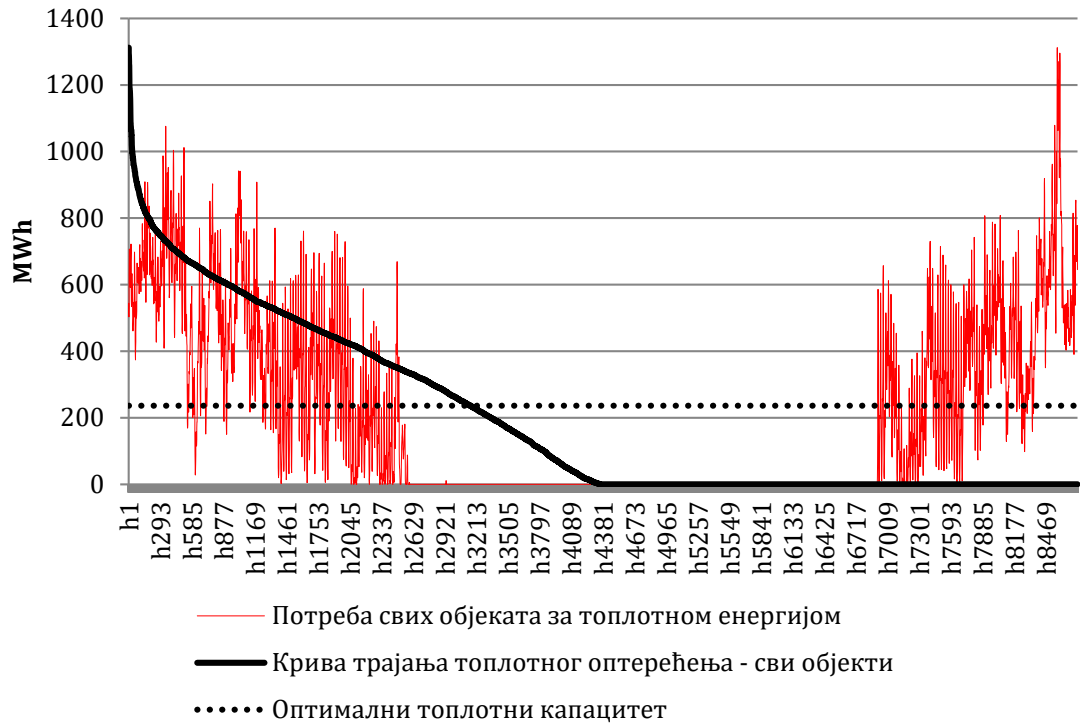
Промена	Опрема	Цена	Укупна инвестиција (€)
Смањење температуре грејања викендом	Трокраки вентил са сензором спољашње температуре	3 000 €	9 000
Замена пуми	Дуплекс VFD пумпа	3 000 €	9 000
Замена прозора	PVC прозори са трошковима уградње	90 €/m ²	351 000
Изолација зидова	Стиропор дебљине 11 cm са трошковима постављања	17 €/ m ²	69 700
Промена начина производње топлотне енергије	Котлови на гас	120 €/kW	198 000
Промена начина производње топлотне и електричне енергије	Когенерационо постројење	1 200 €/kW	60 000

Табела 4.6 Инвестициони трошкови за неке од предложених мера енергетске ефикасности

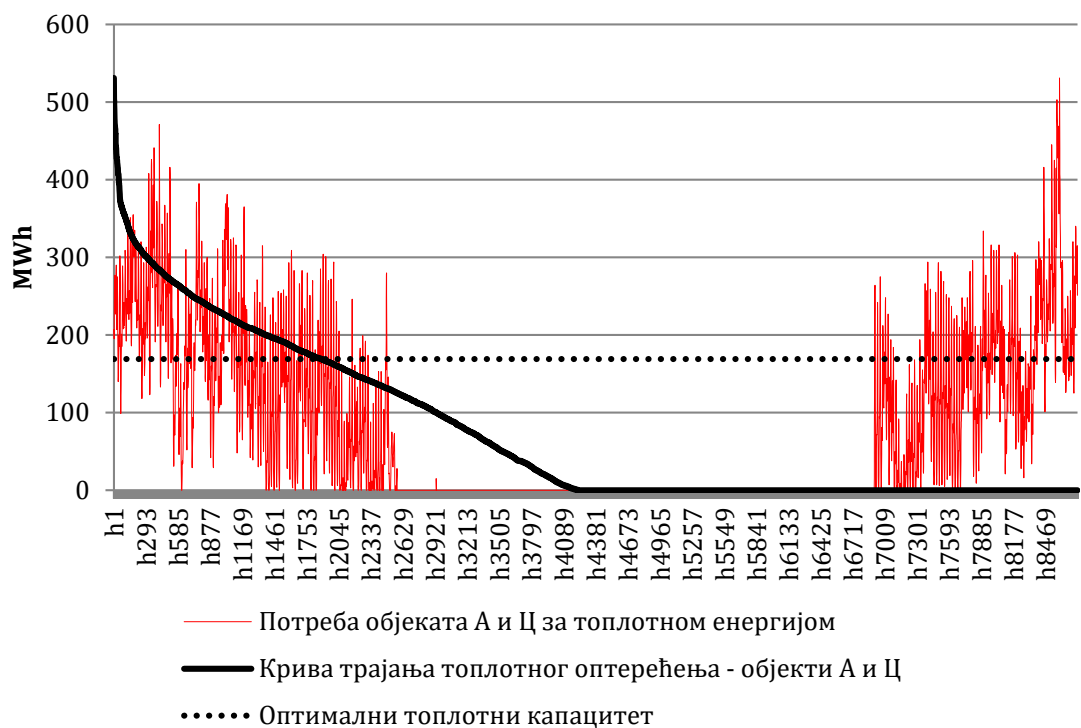
4.4. ИЗБОР КОГЕНЕРАЦИОНОГ ПОСТРОЈЕЊА

4.4.1. Резултати *DNLP* анализе

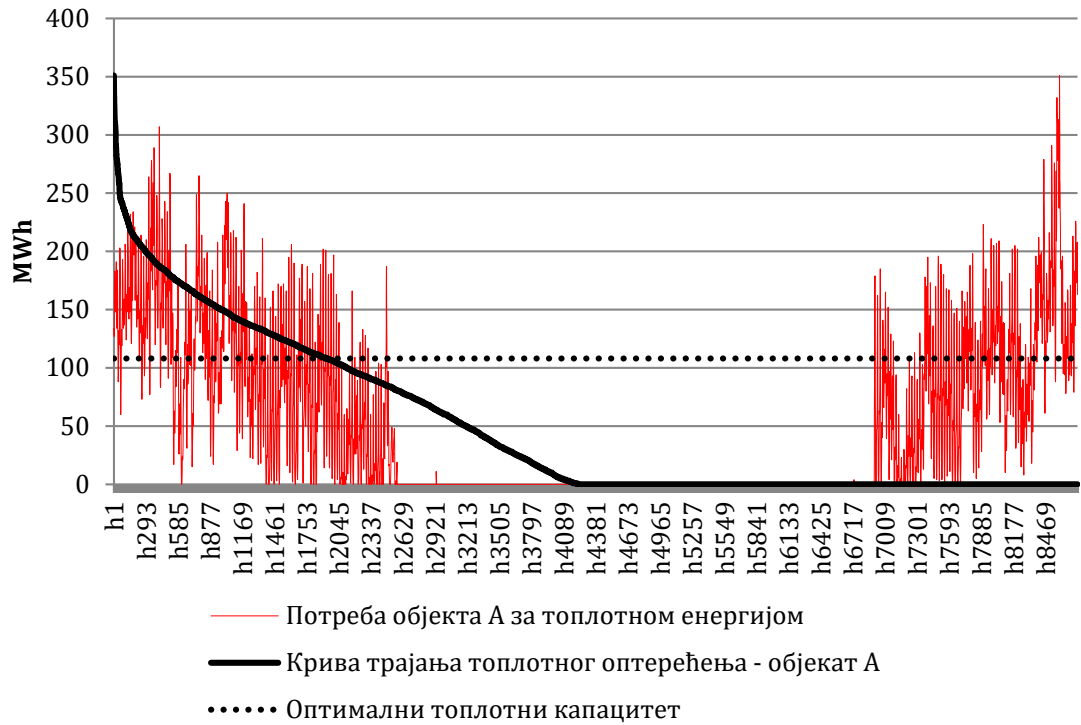
По обављеној анализи предложених сценарија за когенерационо постројење, добијени су резултати, тј. предлог оптималног топлотног/електричног инсталираног капацитета за сваки од посматраних сценарија. Ови резултати приказани су на сликама 4.11 – 4.17.



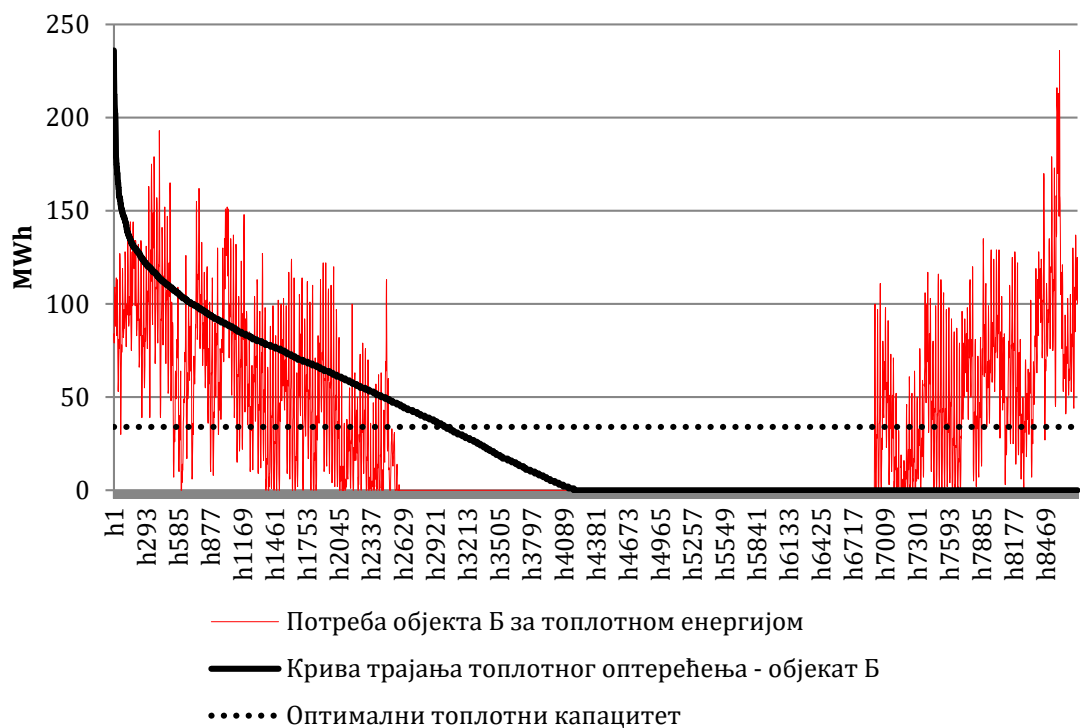
Слика 4.11 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за све објекте ФИНК



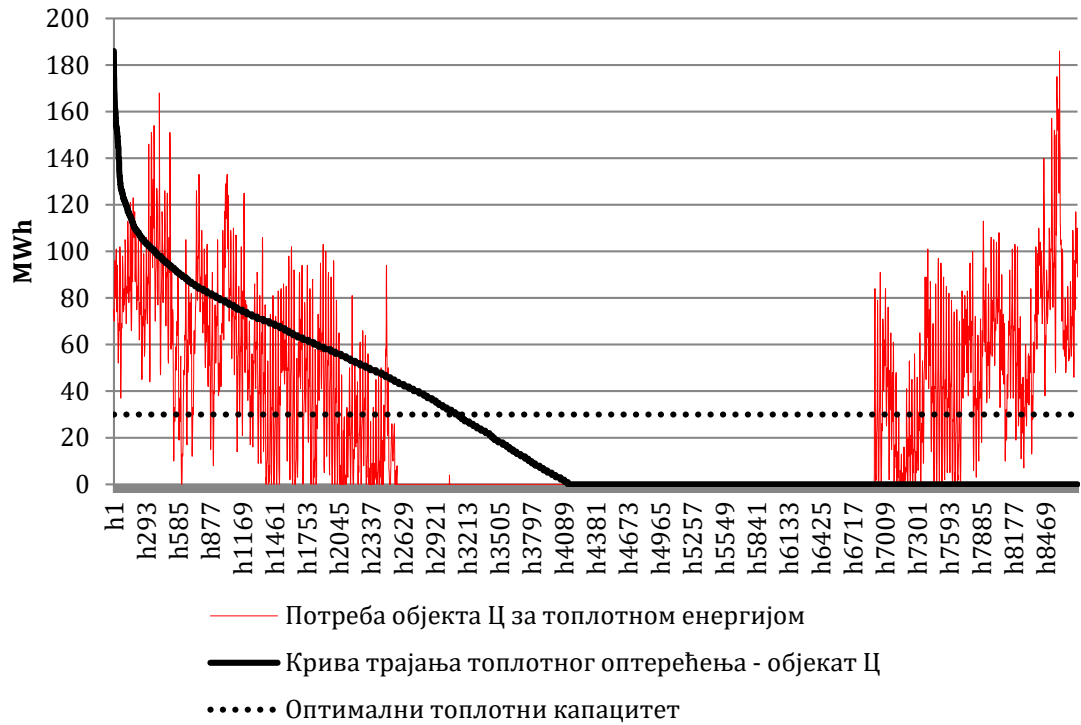
Слика 4.12 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекте А и Ц ФИНК



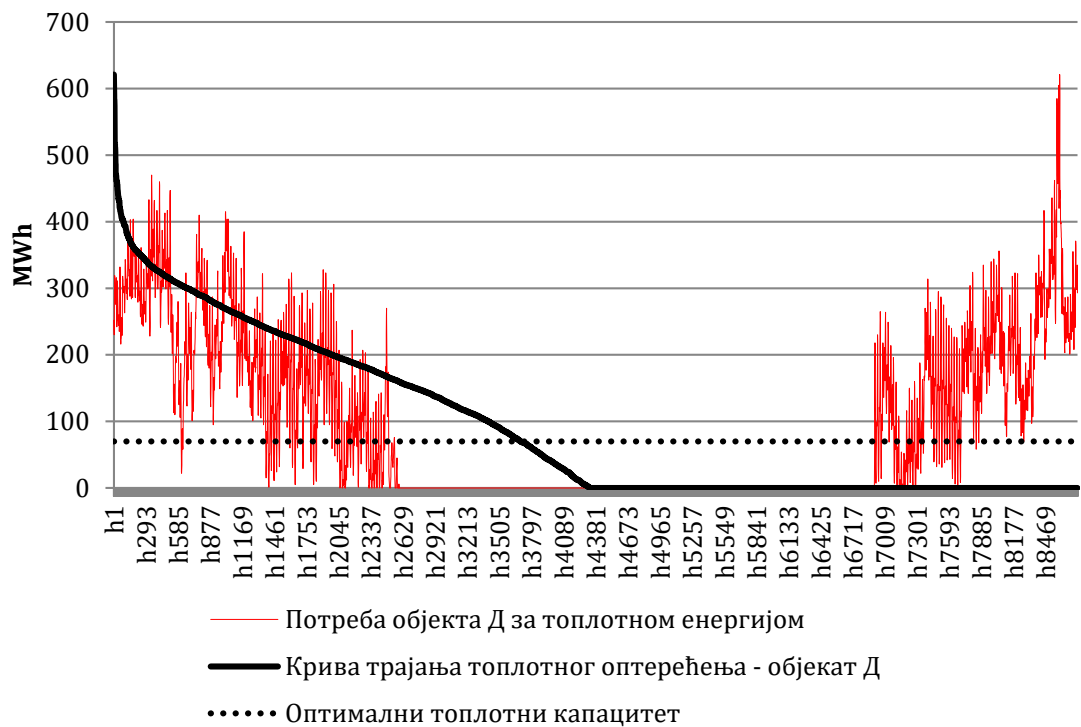
Слика 4.13 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат А ФИНК



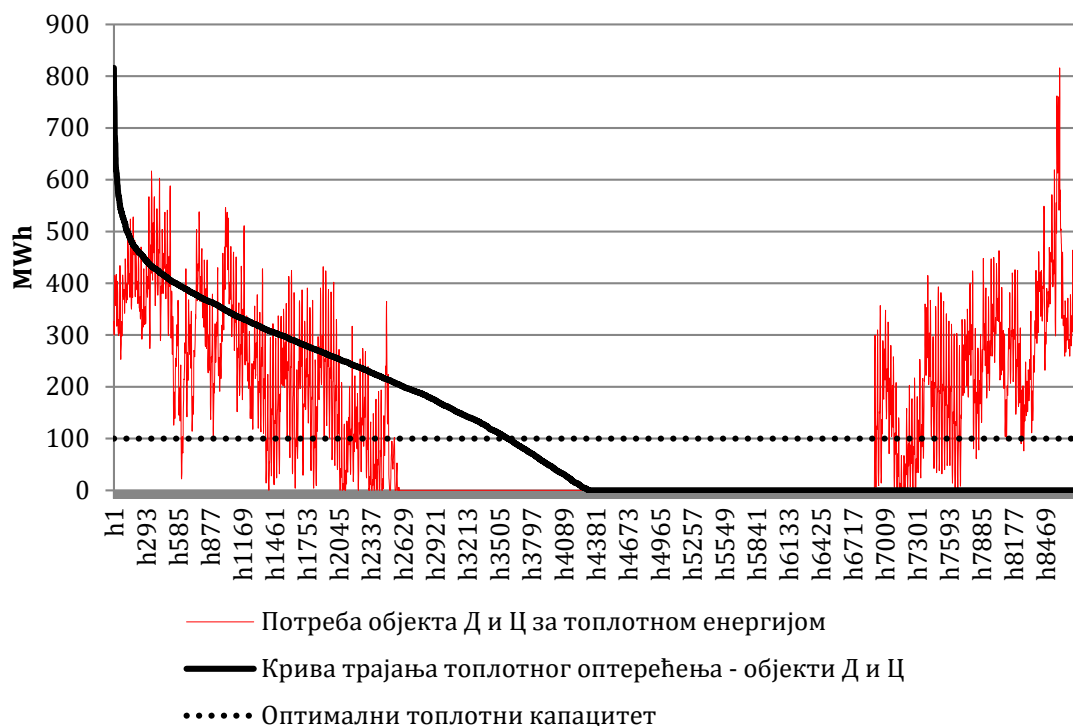
Слика 4.14 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Б ФИНК



Слика 4.15 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Ц ФИНК

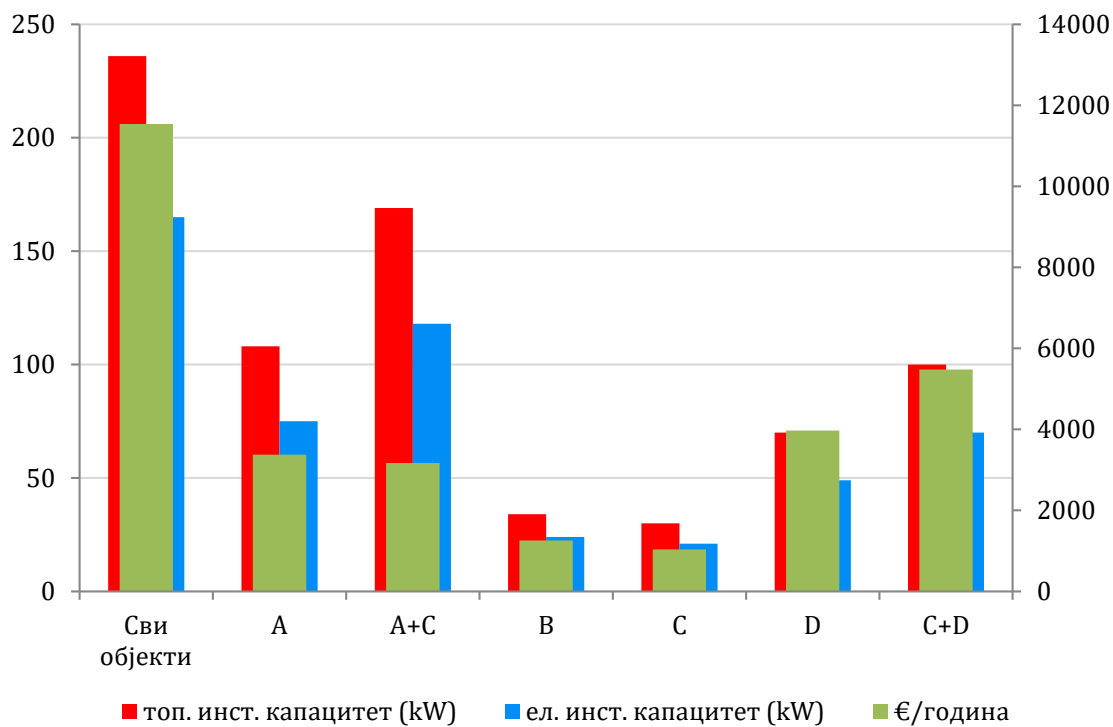


Слика 4.16 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Д ФИНК

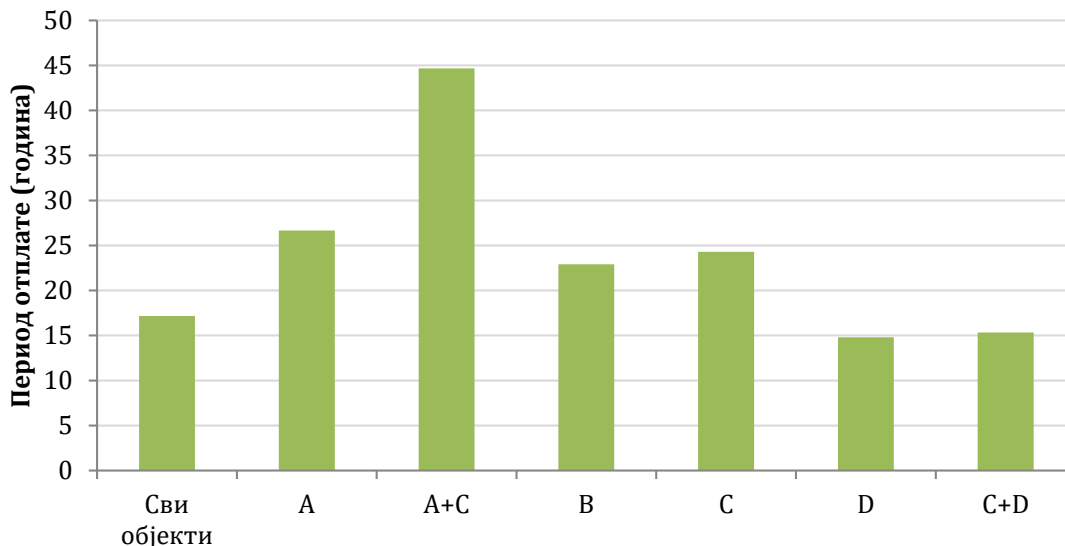


Слика 4.17 Карактер оптерећења и предложени оптимални капацитет постројења за објекат Д и Ц ФИНК

Збирни преглед претходно приказаних резултата за основни сценарио, заједно са периодима отплате, дати су на сликама 4.18. и 4.19.



Слика 4.18 Инсталирани топлотни и електрични капацитет – лево (kW), и очекивани приход (€/година) – десно, у зависности од сценарија



Слика 4.19 Периоди отплате за основне сценарије

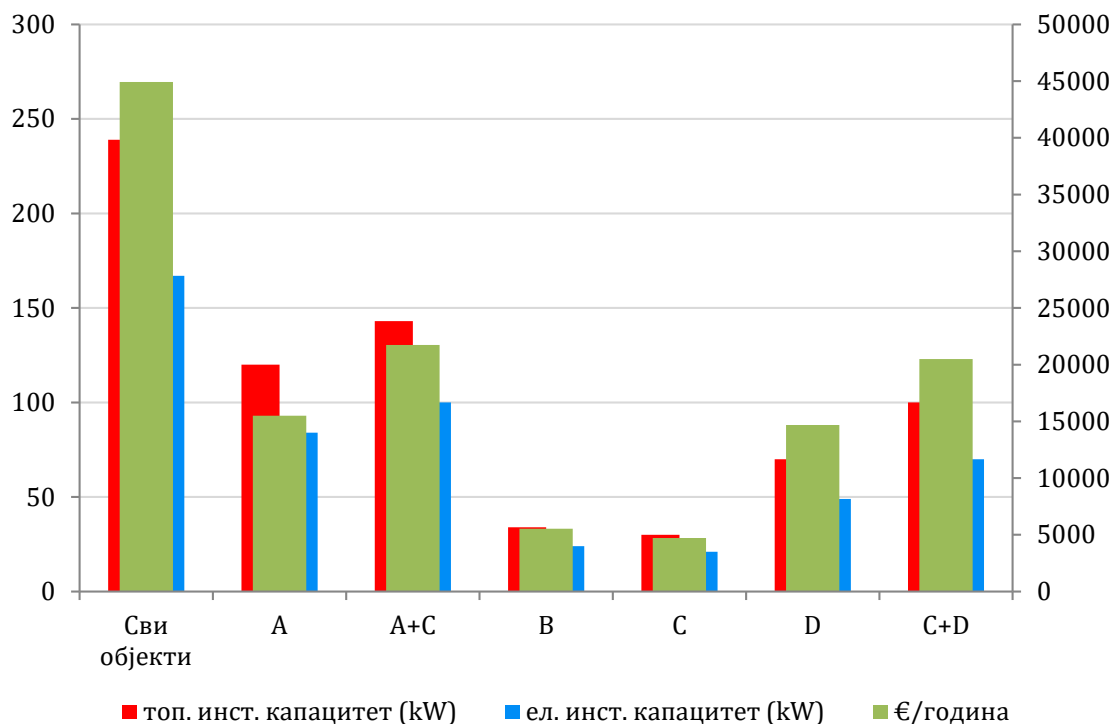
На основу резултата добијених оптимизацијом и периода отплате приказаних на слици 4.19 може се закључити да се употреба когенерације не исплати у поменутих случајевима, јер се периоди отплате крећу од 15 до 45 година, што је неприхватљиво за већину инвеститора. Разлоге за овакве резултате треба тражити у:

- малом броју радних сати годишње и
- ниској цени електричне енергије.

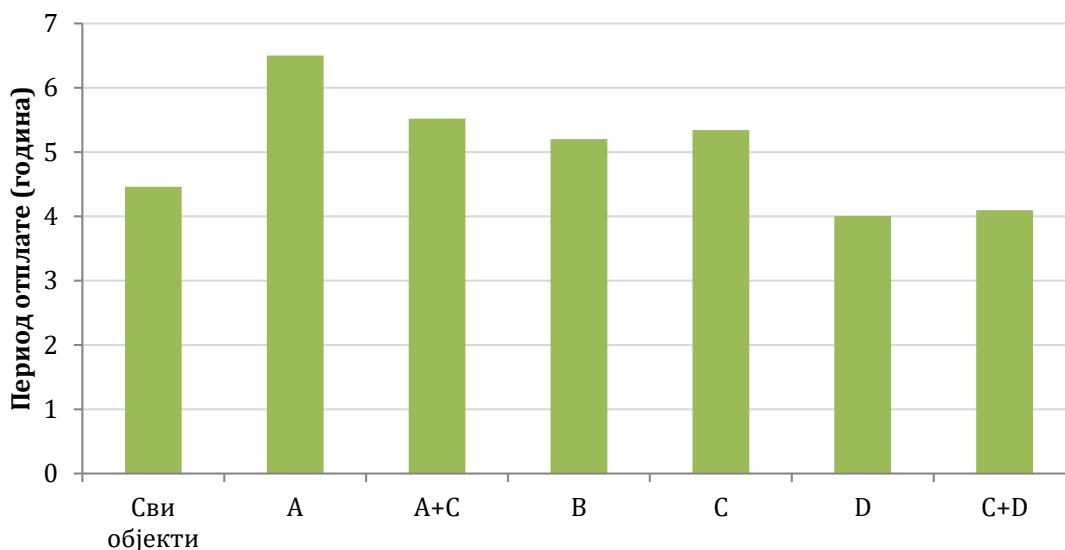
Да би се извршила провера методологије за одабир когенерационог постројења извршена је провера осетљивости модела на промену цена енергената. Два су разлога за такву анализу:

1. у одељку 3.4 је већ речено да није реално очекивати повећање броја радних сати годишње и
2. на основу прегледа енергетских политика у свету (одељак 1.1.1) евидентно је да ће се и енергетска политика РС кретати у правцу повећања цена енергената, на првом месту електричне енергије.

На сликама 4.20 и 4.21 приказани су подаци који су добијени за већ поменуте, исте сценарије са разликом у ценама енергената - примењене су цене природног гаса, електричне и топлотне енергије које су на снази у Савезној Републици Немачкој. Иако су тамошње цене природног гаса више од цена у Републици Србији, а цена ДГ слична, приближно четири пута виша цена електричне енергије превела је претходно разматране периоде отплате пројеката из неприхватљивих у прихватљиве.



Слика 4.20 Инсталирани топлотни и електрични капацитет – лево (kW), и очекивани приход (€/година) – десно, у зависности од сценарија („Немачки сценарио“)

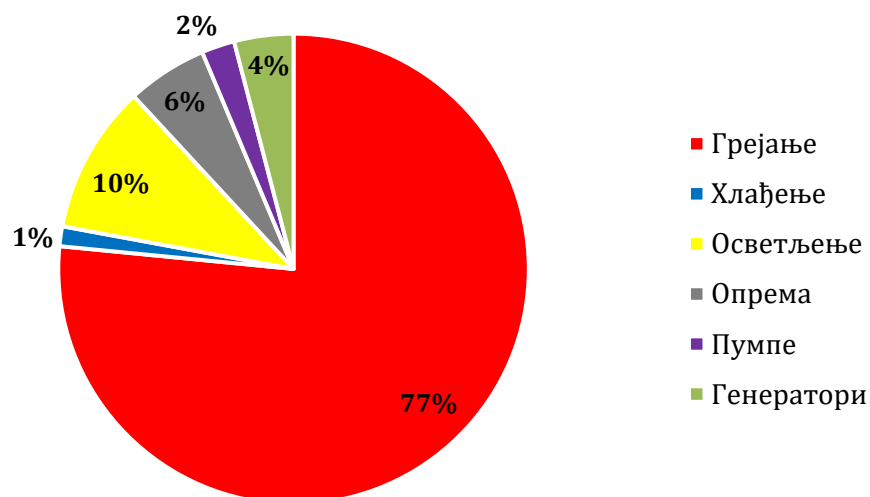


Слика 4.21 Периоди отплате за основне сценарије („Немачки сценарио“)

По „немачком сценарију“ периоди отплате крећу се од 4 до 6,5 година, што је, имајући у виду да се и даље разматра случај постројења које ради током грејне сезоне тј. половину године – одличан резултат.

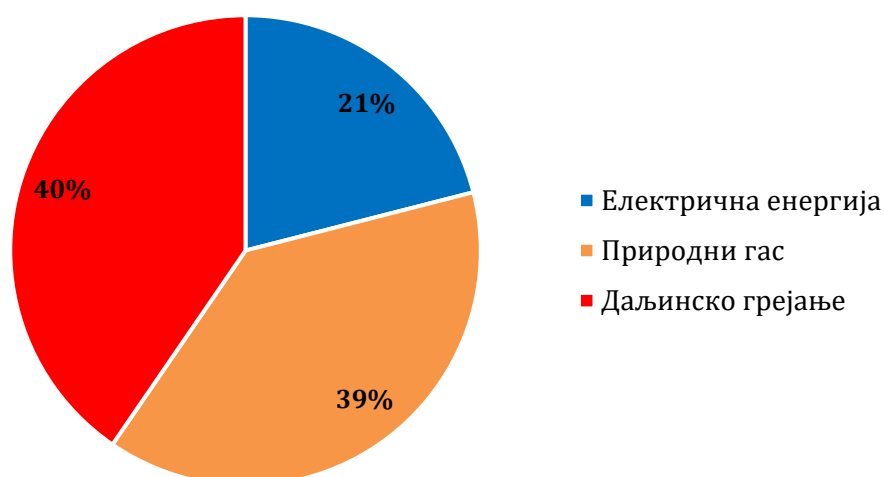
Иако когенерационо постројење није исплативо у РС, најоптималније решење, за објекат Д је укључено у енергетски модел (слике 4.22, 4.23, 4.24).

На слици 4.22 је дат приказ укупне годишње потрошње енергије уколико би се на основном моделу направила измена на систему грејања објекта Д. Објекат Д би се у том случају грејао коришћењем котла на природни гас и когенерационог постројења са СУС мотором, капацитета 50 kW_e, добијеног DNLP анализом. Остали објекти би наставили да се снабдевају топлотном енергијом из система ДГ, с тим што би се објекат Ц снабдевао грејањем из подстанице објекта А.



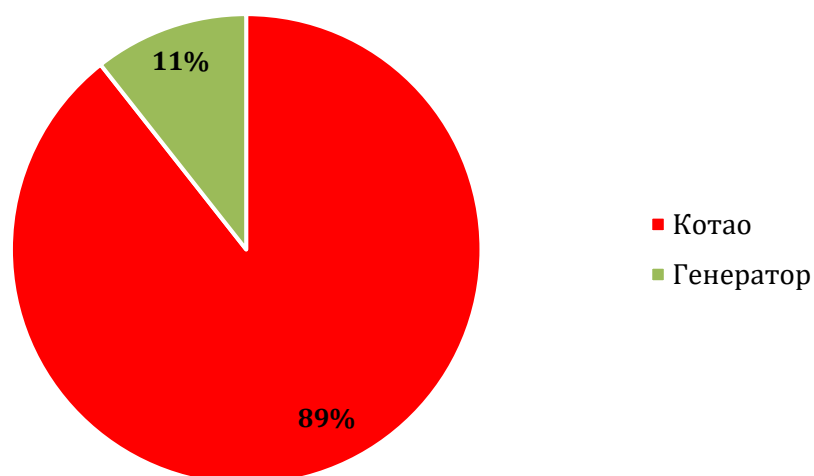
Слика 4.22 Потрошња енергије у објектима ФИНК у kWh на годишњем нивоу

Са слике 4.23 се уочава да се за грејање објекта Д користи иста количина топлотне енергије као и за преостала три објекта (А, Б и Ц). На основу тога реконструкција термичког омотача објекта Д може да постави као приоритет у примени енергетских мера.



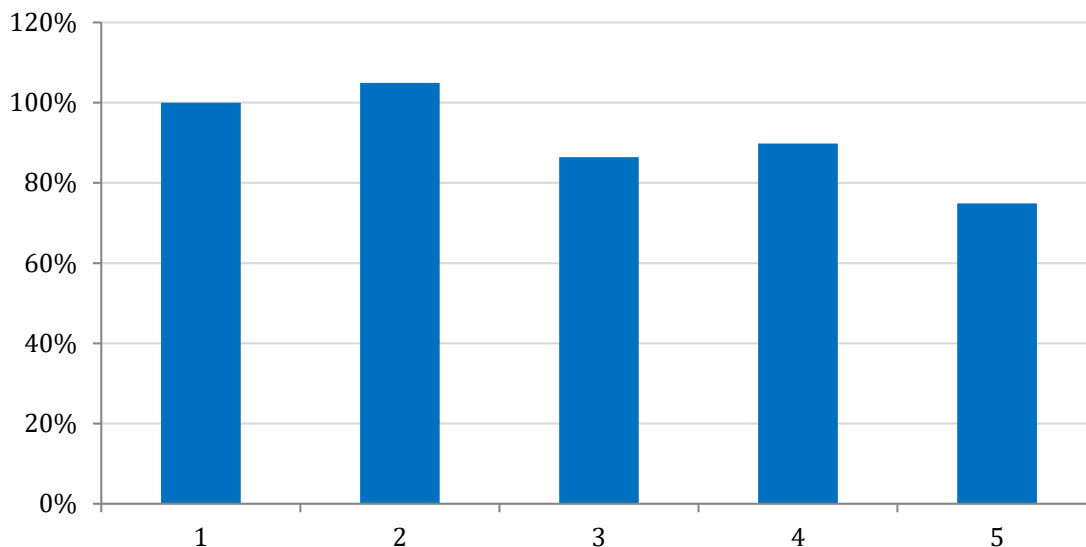
Слика 4.23 Потрошња енергената у објектима ФИНК у kWh на годишњем нивоу

На слици 4.24 је дат приказ удела (11%) когенерационог постројења у потрошњи природног гаса.



Слика 4.24 Потрошња природног гаса у објекту Д у kWh на годишњем нивоу

На укупном нивоу когенерационо постројење би производило 4% потребне електричне енергије, али уколико би се посматрао објекат Д издвојено, когенерационо постројење би производило 15% потребне електричне енергије. Међутим, осим што финансијски није оправдано улагање у когенерационо постројење, са оваквим стањем термичког омотача објекта Д, није оправдано улагање ни ако се посматра као мера уштеде енергије. Већ је напоменуто да се ДГ, са аспекта потрошача, посматра као грејање ефикасности 100%. Исто би могло да се каже и за електричну енергију, тако да је приликом инсталације котла и когенерационог постројења, у објекту Д повећана потрошња енергената за 4,9% у односу на основни сценарио (слика 4.25). Уколико би се на објекту Д изоловали постојећи зидови од цигле и заменили прозори, потрошња енергената би се смањила за 25,1%, а период отплате ове мере износи 21,8 година. Ако се има у виду неповољан период отплате замене прозора, предлог је да се садашњих 37% застакљених површина смањи за 10% (садашњи прозори на учионицама и светларници на степеништу су погодни за ову измену) и на тај начин повећају уштеде енергије и смањи период отплате.



Слика 4.25 Утицај примене мера енергетске ефикасности на објекту Д (1 – основни сценарио – објекат Д – даљинско грејање; 2 – котлоустанак на гас и когенерационо постројење; 3 – изоловање зидова; 4 – замена прозора; 5 – изолација зидова и замена прозора)

Треба, још, напоменути и да је за потребе реализације пројекта „Истраживање когенерационих потенцијала у комуналним и индустријским енергетским објектима Републике Србије и могућности за ревитализацију постојећих и градњу нових когенерационих постројења“ купљена когенерациона јединица (слика 4.26). Постојеће постројење је снаге 20 kW_e и 39 kW_t и планирано је да се инсталира у објекту Б. Прорачунска вредност добијена коришћењем модела за објекат Б износи 24 kW_e и 34 kW_t. Због техничких препрека постројење у тренутку писања ове тезе није почело са радом, тако да није било могуће на овај начин верификовати добијени резултат.



Слика 4.26 Когенерационо постројење Vitobloc 200 EM-20/39 Viessmann

5. ЗАКЉУЧАК

Предвиђање је увек неизвесно, али у случају енергетског тржишта окарактерисаног убрзаним напретком земаља у развоју, ограниченим ресурсима и повећањем свести о утицају који потрошња енергије оставља на животну средину, извесно је да ће пројекти оптимизације потрошње енергије добијати на значају у будућности. Са ограниченим енергетским ресурсима и трком за освајање нових и усавршавањем постојећих технологија, ефикасност производње финалне енергије ће расти. Когенерација као познат и до сада недовољно искоришћени концепт ће засигурно наставити са развојем и применом, а примена когенерације у нерезиденцијалним објектима (првенствено средње и велике зграде) представљају значајан потенцијал. Уколико се настави са постојећим трендом развоја микро когенерације, милиони кућа у којима је могућа примена ове технологије представљају потенцијал који може да измени садашње пројекције о потрошњи енергије у будућности.

Да би се овај потенцијал искористио неопходно је увођење једноставне и широко примењиве методологије чијом применом је могуће вредновати когенерационе пројекте у зградарству. Ова дисертација управо нуди једно од могућих решења овог проблема.

У првом поглављу дисертације изнете су чињенице везане за одрживи развој и улогу когенерације, као и правац којим се крећу развијене земље у ЕУ и свету у развоју когенерације. Посебан нагласак је стављен на примере добре праксе у области енергетске политике, јер је она главни промотер когенерације у зградарству. У наставку је дат критички осврт на енергетску политику Републике Србије. У овом поглављу је обрађен и значај когенерације у зградарству и дат преглед стања истраживања везаних за примену когенерације у комерцијалним, јавним и стамбеним објектима, као и у системима ДГ, пошто се поменути врста грађевинских објеката, који су и предмет истраживања ове дисертације, налазе у густо насељеним градским срединама у којима се ДГ или примењује или га је могуће примењивати.

Друго поглавље посвећено је опису поступка који, према истраживањима ауторке дисертације, резултира адекватним вредновањем пројеката когенерације у зградарству. Такав поступак подразумева интегрисани приступ пројектима оптимизације потрошње енергије и примену корака за успешну имплементацију ових пројеката. Током истраживања како дефинисати методологију тако да буде примењива у комерцијалне сврхе, једноставна за измене и интерпретацију резултата, ауторка дисертације је предложила кораке које треба спровести како би се омогућило вредновање и поређење пројеката когенерације примењених у различитим условима. У примени ових корака који су детаљно описани у одељку 2.3 посебно је важан одабир софтвера за симулацију и оптимизацију, па је у другом поглављу нагласак дат на процес енергетског моделирања, процес дефинисања оптималног капацитета когенерационе јединице помоћу математичког DNNP модела и одабир одговарајућих софтвера. Софтвери који су одабрани и коришћени у дисертацији су:

1. OpenStudio – софтвер за симулацију енергетског модела;
2. GAMS – софтвер за математичко програмирање;
3. PAT – софтвер за параметарску анализу.

У оквиру трећег поглавља је извршена провера квалитета методологије описане у претходном поглављу кроз конкретну студију случаја која се односи на грађевинске

објекте ФИНК, описана је методологија израде и приказан сам енергетски модел објеката ФИНК, па, затим, у наставку, обављена и тзв. калибрација развијеног модела. Да би се поступак израде енергетског модела у зградарству стандардизовао у условима РС, на основу истраживања [48], [50], указује се могућност за будућа истраживања. Истраживања би се одвијала у области развоја и примене методологије за прикупљање података о потрошњи енергије у зградарству у РС. Оваква истраживања направљена у складу са потребама енергетског моделирања и софтверима за симулацију би додатно олакшала и скратила време потребно за примену предложене методологије за вредновање пројекта когенерације и оптимизације потрошње енергије у најширем смислу.

На основу истраживања технолошких решења примењивих у пројектима мале когенерације у зградама, за разматрање у даљем току дисертације, одабрано је когенерационо постројење са СУС мотором као покретачком јединицом. У наставку трећег поглавља приказани су улазни подаци добијени симулацијом енергетског модела ФИНК потребни за избор оптималног капацитета когенерационог постројења. На крају поглавља дефинисани су сценарији за уградњу когенерационих постројења на основу којих је, у оквиру развијеног софтвера, програмиран DNLP математички модел и приказане су математичке једначине које чине тај модел.

Четврто поглавље је посвећено приказу резултата, добијених током студије случаја ФИНК применом развијених енергетских и математичких модела и анализи тих резултата. Приказани су резултати за основни сценарио, са посебним нагласком на годишње и месечне потрошње енергије, а затим је размотрен предлог основних мера за повећање енергетске ефикасности анализираних објеката.

Приликом енергетског моделирања објеката ФИНК циљ је био да основни сценарио што тачније одражава његово стварно, тренутно, енергетско стање да би могла да се провери тачност предложене методологије. Моделом добијена максимална дозвољена годишња потребна количина финалне енергије за грејање ($Q_{H,nd}$) износи $79 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ и према овом податку, а у складу са Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима РС, сврстава посматрани објекат у С енергетски разред.

Према резултатима симулације енергетског модела највише енергије се користи за загревање објеката, а што се тиче потрошње енергента, потрошња топлотне енергије је 3,5 пута већа од потрошње електричне енергије, што одговара потрошњи ФИНК према испорученим рачунима за топлотну и електричну енергију. Расподела потрошње електричне енергије по потрошачима на месечном нивоу ФИНК не постоји, али резултати добијени симулацијом су очекивани за овај тип јавног објекта – највећи потрошач електричне енергије је унутрашња расвета. Што се тиче потрошње топлотне енергије, модел је „загрејао“ објекат (ови услови нису били задовољени око 130 до 160 сати током грејне сезоне), али топлотни комфор у појединим просторијама објекта није био задовољен практично ни у једном тренутку током целе грејне сезоне. Ова појава је очекивана обзиром на стање термичког омотача објекта и начин на који се управља системом грејања.

Посматрањем резултата добијених симулацијом дејства одабраних мера енергетске ефикасности (смањење температуре у просторијама викендом, замена свих прозора, постављање изолације на зидове грађене циглом, потпуна ресконструкција спољашњих зидова са додавањем термоизолације, постављање фасадне заштите од сунца (сенила) и замена пумпи константног протока са пумпама са фреквентним регулаторима) на

објекте Финк и посматраних у односу на основни сценарио уочавају се мале уштеде електричне енергије, највише 6%, док уштеде топлотне енергије могу да буду и до 25%, што је такође очекивано, имајући у виду да се предложене мере односе на стање термичког омотача објеката и контролу грејања. Посматрањем потрошње електричне енергије за хлађење објекта уочава се обрнуто пропорционално деловање појединих мера на потрошњу енергије за грејање и хлађење, као нпр. приликом изоловања објекта смањује се потрошња топлотне енергије, али са друге стране повећава потреба за хлађењем, односно повећава се време потребно да се топлота акумулирана лети ослободи. Са друге стране, побољшањем квалитета столарије повећава се и потреба за проветравањем, па су уштеде топлотне енергије мање изражене од уштеда енергије за хлађење. Приликом постављања фасадних заштита од сунца само на јужним и источним странама, уштеда електричне енергије за хлађење износи 28%, али је у зимском периоду потребно повећати потрошњу топлотне енергије за 2,6% како би се надокнадио губитак који би иначе настао услед осунчаности стаклених површина. Слична је ситуација и код замене пумпи константног протока пумпама са фреквентним регулаторима. Уштеда укупне електричне енергије износи 4,5%, али потребно је повећати количину топлотне енергију за 1,5%, јер се сви губици унутар пумпе као и успутни губици у цевоводу претварају у топлотну енергију коју је потребно надокнадити када се време рада пумпи скрати, а проток кроз пумпе смањи [88].

Иако у овој дисертацији није рађена детаљна финансијска анализа, јасно је да замена прозора, изолација зидова и замена зидова спадају у капиталне инвестиције пре чему уштеде топлотне енергије не прелазе 25%, док се применом једноставне контроле грејања трокраким вентилима са сензором спољашње температуре, који спадају у мере ниских инвестиција, може остварити уштеда топлотне енергије од 8%. У мере ниских инвестиција спада и коришћење пумпи са фреквентним регулаторима чијом инсталацијом се може уштедети до 30% електричне енергије која се троши за погон пумпи за грејање.

Што се тиче мера за смањење потрошње електричне енергије руководило се истраживањима [48], [89] која налазе да је електрична орема која се користи у канцеларијама претежно нова, енергетски ефикасна орема и да је врло тешко утицати на смањење потрошње енергије променом понашања запослених с обзиром на њихову запосленост и сталну потребу коришћења опреме. Друга мера која би могла да се примени је мера смањења потрошње електричне енергије за осветљење. Пошто је у објектима ФИНК извршена замена инкадесцентних сијалица флуо цевима, следећи корак је контрола осветљења. Према [48], у зависности да ли је контрола осветљења спроведена у 50% или 100% просторија објекта, уштеде у електричној енергији за осветљење ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) могу да износе од 25% до 72% (у зависности од климатских услова). У климатским условима који владају на подручју РС, може се очекивати је да уштеде могу да износе од 26% (ако 50% просторија има аутоматску регулацију) до 52% (ако 100% просторија има аутоматску регулацију), што би на моделу ФИНК на годишњем нивоу износило од 12,5% до 25% уштеде укупно потрошене електричне енергије.

Због лакшег прегледа, уколико се примене две или више мера енергетске ефикасности, у четвртном поглављу коришћена је и параметарска анализа предложених мера. На основу резултата параметарске анализе, а ако се као циљ постави прелазак објеката ФИНК у В енергетски разред, закључује се да је потребно је да се смањи потрошња топлотне енергије за 25% што би значило да је минимално потребно применити мере које обухватају замену свих прозора, изолацију постојећих зидова од цигле и замену пумпи константног протока пумпама са променљивим бројем обртаја. Што се тиче примене когенерације, ова мера није разматрана приликом параметарске анализе, јер мера

интегрисања когенрационог постројења у објект није примењива у софтверу за параметарску анализу. Правац будућег истраживања и унапређења методологије је превазилажење ограничења која се тренутно односе на имплементацију когенерације у коришћеним софтверским алатима.

Као што је речено у другом поглављу интегрисани приступ пројектима оптимизације потрошње енергије захтева мултидисциплинарност и то се током израде дисертације нарочито испољило приликом економске анализе. За потребе провере предложене методологије ауторка дисертације је исплативост мера процењивала на основу простог периода отплате. Са садашњим ценама енергената у РС и уштедама које могу да се направе реконструкцијом зграда ФИНК, а на основу цена опреме, економски оравдане би биле само мера уградње контроле грејања (прост период отплате износи 0,7 година) и изолација постојећих зидова од цигле (прост период отплате износи 3,6 година). Замена прозора у умереним климатским условима је економски неисплатива мера (прост период отплате за студију случаја износи 20 година). Обзиром да прост период отплате није довољан за процену исплативости пројекта, нарочито када су у питању мере са дужим периодом отплате, један од правца у којем ће се развијати и унапређивати предложена методологија је развој поузданијих економских показатеља.

У последњем одељку четвртог поглавља (одељак 4.4) детаљно је разјашњена методологија избора оптималног капацитета когенрационог постројења и приказани су најважнији резултати спроведене DNLP анализе.

На основу резултата добијених оптимизацијом капацитета когенрационог постројења и периода отплате може се закључити да се употреба когенерације, према сценаријима дефинисаним у одељку 3.4, не исплати, јер се периоди отплате крећу од 15 до 45 година, зависно од сценарија, што је неприхватљиво за већину инвеститора. Разлоге за овакве резултате треба тражити у:

- малом броју радних сати годишње и
- ниској цени електричне енергије.

Да би се извршила провера примењене методологије за одабир когенрационог постројења, извршена је провера осетљивости модела на промену цена енергената. Два су разлога за такву анализу:

1. у одељку 3.4 је већ речено да није реално очекивати повећање броја радних сати годишње и
2. на основу прегледа енергетских политика у свету (одељак 1.1.1) евидентно је да ће се и енергетска политика РС кретати у правцу повећања цена енергената, на првом месту електричне енергије.

Приликом ове анализе коришћени су исти улазни подаци и исти сценарији само су цене енергената промењене – примењене су цене природног гаса, електричне и топлотне енергије које су на снази у Савезној Републици Немачкој. Иако су тамошње цене природног гаса више од цена у РС, а цена ДГ слична, захваљујући приближно четири пута вишој цени електричне енергије периоди отплате се крећу од 4 до 6,5 година, што је, имајући у виду да се и даље разматра случај постројења које ради током грејне сезоне тј. половину године – одличан резултат.

Иако когенрационо постројење није исплативо у РС, најоптималније решење је примена когенрационог постројења на делу објекта ФИНК, на објекту Д, и то решење је укључено у енергетски модел. Објект Д би се у том случају грејао коришћењем котла на

природни гас и когенерационог постројења са СУС мотором, капацитета 50 kW_e. Према овом сценарију, остали објекти би наставили да се снабдевају топлотном енергијом из система ДГ. Приликом анализе уочава се да се за грејање објекта Д користи иста количина топлотне енергије као и за преостала три објекта ФИНК, па на основу тога реконструкција термичког омотача објекта Д може да се постави као приоритет у примени енергетских мера.

На крају треба напоменути и да предложена методологија није ограничена само на случај примене когенерационих постројења, већ да је уз њену помоћ могуће оценити и примену соларних колектора, фотонапонских панела, горивих ћелија, топлотних пумпи и других технологија којима се може утицати на енергетску ефикасност објекта, што би био један од могућих праваца будућих истраживања.

СПИСАК ОДАБРАНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

1. K. Alanne, A. Saari, *Distributed energy generation and sustainable development*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, 2006, pp. 539-558.
2. T. Ackermann, G. Andersson, L. Soder, *Distributed generation: a definition*, Electric Power Systems Research, Vol. 57, 2001, pp. 195-204.
3. Cogeneration Observatory and Dissemination Europe, *Cogeneration Case Studies Handbook*, CODE project report, 2011.
4. Cogeneration Observatory and Dissemination Europe, *European summary report on CHP support schemes - A comparison of 27 national support mechanisms*, CODE project report, 2010.
5. Cogeneration Observatory and Dissemination Europe, *Micro-CHP potential analysis European level report*, CODE2 project report, 2014.
6. Government of Japan, *Innovative Strategy for Energy and the Environment*, Energy and Environment Council (EEC), Tokyo, 2012.
7. International Energy Agency, *Cogeneration and District Energy*, IEA, 2009.
8. Robert Beith, *Small and micro combined heat and power (CHP) systems*, Woodhead Publishing Limited, 2011, ISBN 978-1-84569-795-2.
9. Neil Petchers, *Combined Heating, Cooling and Power handbook: Technologies and Application*, The Fairmont Pres, Marcel Dekker, 2003, ISBN 0-88173-433-0.
10. Bernard R. Kolanowski, *Small-scale cogeneration handbook*, The Fairmont Press, Marcel Dekker, 2003, ISBN 0-88173-419-5.
11. International Energy Agency, *Combined Heat and Power*, IEA, 2008.
12. Eurostat,
<http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc350>, [На мрежи] [Цитирано: 15.2.2016.]
13. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: Finland*, IEA, 2013.
14. European Parliament and Council, *Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council*, Official Journal of the European Union, 2004.
15. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: Finland*, IEA, 2008.
16. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard Netherlands*, IEA, 2008.
17. Si-Doek Oh, Ho-Jun Lee, Jung-Yeul Jung, Ho-Young Kwak, *Optimal planning and economic evaluation of cogeneration system*, Energy, Elsevier, Vol. 32, 2007, pp. 760-771.
18. Amanda D. Smith, Pedro J. Mago, Nelson Fumo, *Benefits of thermal energy storage option combined with CHP system for different commercial building types*, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Elsevier, Vol. 1, 2013, pp. 3-12.

19. O.A. Shaneb, G. Coates, P.C. Taylor, *Sizing of residential CHP systems*, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 43, 2011, pp. 1991-2001.
20. Ton Monasso, Michiel Houwing, Ivo Bouwmans, *Key variables in cost-driven decision on instaling micro-chp in households*, International Journal of Distributed Resources, Vol. 6(1), 2010, pp. 19-39.
21. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: Germany*, IEA, 2008.
22. Barbara Praetorius, Lambert Schneider, *Micro cogeneration: towards a decentralized and sustainable German energy system*, 29th IAEE International Conference, Potsdam, 2006.
23. Adi Goldbach, *German policy and market update*. COGEN Europe Webinar, 20.09.2012.
24. <http://www.cospp.com/articles/print/volume-15/issue-3/features/is-german-chp-in-jeopardy.html>, [На мрежи] [Цитирано: 19.3.2015.]
25. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: UK*, IEA, 2008.
26. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: United States*, IEA, 2014.
27. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: USA*, IEA, 2008.
28. International Energy Agency, *CHP/DHC Country Scorecard: Denmark*, IEA, 2008.
29. K. Sperling, F. Hvelplund, B Vad Mathiesen, *Centralisation and decentralisation in strategic municipal energy planing in Denmark*, Energy Policy, Vol. 39, 2011, pp. 1338-1351.
30. O. Odgaard, M. H. Jørgensen, *Heat Supply in Denmark - Who What Where and Why*, Danish Energy Authority, 2005.
31. Влада Републике Србије, *Уредба о мерама подстицаја за повлашћене произвођаче електричне енергије*, Службени гласник Републике Србије, 8/2013, 2013.
32. Влада Републике Србије, *Уредба о условима и поступку стицања статуса повлашћеног произвођача електричне енергије*, Службени гласник Републике Србије, 72/2009, 2009.
33. Poslovno udruženje "Toplane Srbije", *Pokazatelji daljinskog grejanja u toplanama članicama poslovnog udruženja "Toplane Srbije" za 2009/2010*, Poslovno udruženje "Toplane Srbije", 2011.
34. Давор Кончаловић, *Методологија за одређивање когенерационог потенцијала топлана - докторска дисертација*, Факултет инжењерских наука, 2015.
35. Kari Alanne, Arto Saari, *Sustainable small-scale CHP technologies for buildings: the basis for multi_perspective decision-making*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, Vol. 8, 2004, pp. 401-431.
36. Влада Републике Србије, *Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Службени гласник Републике Србије, 061/2011, 2011.
37. Влада Републике Србије, *Уредба о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период 2007. до 2012. године*, Службени гласник Републике Србије, 99/2009, 2009.

38. Влада Републике Србије, *Уредба о изменама и допунама Уредбе о утврђивању програма остваривања стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2015. године за период од 2007. до 2012. године*, Службени гласник Републике Србије, 27/2010, 2010.
39. Влада Републике Србије, *Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године*, Службени гласник Републике Србије, 101/2015, 2015.
40. Midwest CHP Application Center, *Combined Heat & Power (CHP) Resource Guide (Second edition)*, MAC, 2005.
41. International Energy Agency, *Annual Energy Outlook 2007*, IEA, 2007.
42. Thomas Ackermann, Goran Andersson, Lennart Soder, *Distributed generation: a definition*, Electric Power Systems Research, Elsevier, Vol. 57, 2001, pp. 195-204.
43. Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen, *Energy, environment and sustainable development*, Applied Energy, Elsevier, Vol. 64, 1999, pp. 427-440.
44. Kyle Siler-Evans, M. Granger Morgan, Ines Lima Azevedo, *Distributed cogeneration for commercial buildings: Can we make the economics work?*, Energy Policy, Elsevier, Vol. 42, 2012, pp. 580-590.
45. Jerry Jackson, *Promoting energy efficiency investments with risk management decision tools*, Energy Policy, Elsevier, Vol. 38, 2010, p. 3865/3873.
46. Kari Alanne, Krzysztof Klobut, *A decision-making tool to support integration of sustainable technologies in refurbishment projects*, Building Simulation 2003, Eight International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, 2003.
47. B.Griffith, *Assessment of the Technical Potential for Micro-Cogeneration in Small Commercial Buildings across the United States*, First International Conference and Workshop on Micro-Cogeneration Technologies and Applications, Ottawa, Canada, 2008.
48. A. Boyano, P. Hernandez, O. Wolf, *Energy demands and potential savings in European office buildings: Case studies based on EnergyPlus simulations*, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 65, 2013, pp. 19-28.
49. Amir Roth, David Goldwasser, Andrew Parker, *There's a measure for that!*, Energy and Buildings, Elsevier, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.056>.
50. B. Griffith, N. Long, P. Torcellini, R. Judkoff, D.Crawley, J. Ryan, *Commercial Sector Methodology for Modeling Building Energy Performance across the Commercial Sector*, National Renewable Energy Laboratory, March 2008.
51. Marija Trcka, Michael Wetter and Jan Hensen, *Comparison of co-simulation approaches for building and HVAC/R system simulation*, 10th IBPSA Building Simulation Conference, Beijing, Tsinghua University, 2007, pp. 1418-1425.
52. Simge Andolsun, Charles Culp, *Comparison of DOE-2.1 with EnergyPlus and TRNSYS for ground coupled residential buildings in hot and humid climates*, Energy Systems Laboratory, Texas Engineering Experiment Station, 2013.
53. Joana Sousa, *Energy Simulation Software for Buildings: Review and Comparison*, International Workshop on Information Technology for Energy Applications - IT4Energy, Lisbon, 2012.

54. Matthew J. Duffy, Marion Hiller, David E. Bradley, Werner Keilholz, Jeff W. Thornton, *TRNSYS - Features and Functionality*, Building Simulation, Eleventh International IBPSA Conference 2009, Glasgow, Scotland, 2009.
55. Evan Weaver, Nicholas Long, Katherine Fleming, Marjorie Schott, Kyle Benne, and Elaine Hale, *Rapid Application Development with OpenStudio*, 2012 ACEEE Summer Study, Pacific Grove, California, 2012.
56. R. Guglielmetti, D. Macumber, N. Long, *OpenStudio: An OpenSource Integrated Analysis Platform*, Building Simulation 2011, Sydney, Australia, 2011.
57. Ian Beausoleil-Morrison, Alex Ferguson, Brent Griffith, Nick Kelly, François Maréchal, Andreas Weber, *Specifications for Modelling Fuel Cell and Combustion-Based Residential Cogeneration Devices within Whole-Building Simulation Programs*, Annex 42 of the International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, 2007, ISBN 978-0-662-47116-5.
58. Alex Ferguson, Nick Kelly, Andreas Weber, Brent Griffith, *Modelling residential-scale combustion-based cogeneration in building simulation*, Journal of Building Performance Simulation 2010, ISSN: 1940-1507.
59. Tetsuya Wakui, Ryohei Yokoyama, *Optimal sizing of residential gas engine cogeneration system for power interchange operation from energy-saving viewpoint*, Energy, Vol. 36, 2011, pp. 3816-3824.
60. Zhang Beihong, Long Weiding, *An optimal sizing method for cogeneration plants*, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 38, 2006, pp. 180-195.
61. Si-Doek Oh, Hoo-Suk Oh, Ho-Young Kwak, *Economic evaluation for adoption of cogeneration system*, Applied Energy, Elsevier, Vol. 84, 2007, pp. 266-278.
62. Hycienth I. Onovwiona, V. Ismet Ugursal, Alan S. Fung, *Modeling of internal combustion engine based cogeneration systems for residential applications*, Applied Thermal Engineering, Elsevier, Vol. 27, 2007, pp. 848-861.
63. Tuula Savola, Ilkka Keppo, *Off-design simulation and mathematical modeling of small-scale CHP plants at part loads*, Applied Thermal Engineering, Vol. 25, 2005, pp. 1219-1232, DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2004.08.009.
64. Tuula Savola, Carl-Johan Fogelholm, *Increased power to heat ratio of small scale CHP plants using biomass fuels and natural gas*, Energy Conversion and Management, Vol. 47, 2006, pp. 3105-3118, DOI: 10.1016/j.enconman.2006.03.005.
65. Tuula Savola, Carl-Johan Fogelholm, *MINLP optimisation model for increased power production in small-scale CHP plants*, Applied Thermal Engineering, Vol. 27, 2007, pp. 89-99, 10.1016/j.applthermaleng.2006.05.002.
66. Elaine Hale, Daniel Macumber, Kyle Benne, and David Goldwasser, *Scripted Building Energy Modeling and Analysis*, IBPSA-USA SimBuild 2012, Madison, Wisconsin, USA, 2012.
67. Elaine Hale, Lars Lisell, David Goldwasser, Daniel Macumber, Jesse Dean, Ian Metzger, Andrew Parker, Nicholas Long, Brian Ball, Marjorie Schott, Evan Weaver, and Larry Brackney, *Cloud-Based Model Calibration Using OpenStudio*, eSim 2014, Ottawa, Canada, 2014.

68. Andrew Parker, Kyle Benne, Larry Brackney, Elaine Hale, Dan Macumber, Marjorie Schott and Evan Weaver, *A Parametric Analysis Tool for Building Energy Design Workflows: Application to a Utility Design Assistance Incentive Program*, 2014 ACEEE Summer Study, 2014.
69. Daniel L. Macumber, Brian L. Ball, and Nicholas L. Long, *A Graphical Tool for Cloud-Based Building Energy Simulation*, 2014 ASHRAE/IBPSA-USA, Atlanta, GA, USA, 2014.
70. Jelić, D., Gordić, D., Babić, M., Končalović, D., Šušteršič, V., *Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia*, Thermal Science Suppl, Vol. 14, 2010, pp. 1-14, ISSN 0354-9836.
71. Dušan Gordić, Milun Babić, Dubravka Jelić, Davor Končalović, Vladimir Vukašinović, *Integrating Energy and Environmental Management in Wood Furniture Industry*, The Scientific World Journal, Vol. 2014, p. 18 pages, 2014, doi:10.1155/2014/596958.
72. Gordić, D., Babić, M., Jelić, D., Končalović, D., Jovičić, N., Šušteršič, V., *Energy auditing and energy saving measures in 'Zastava automobili' factory*, Thermal Science, Vol. 13, 2009, pp. 185-193.
73. Gordic, D., Babic, M., Sustersic, V., Jovicic, N., Koncalovic, D., Jelic, D., *Development of Energy Management System - Case Study of Serbian Car Manufacturer*, Energy Conversion and Management, Vol. 51, 2010, pp. 2783-2790, ISSN 0196-8904.
74. Chris Pine, *Learn to Program*, 2009, ISBN 978-1-93435-636-4.
75. GAMS. An Introduction to GAMS, [На мрежи] [Цитирано: 1.10.2013.] <http://www.gams.com/docs/intro.htm>.
76. McCarl, Bruce A. McCarl Expanded GAMS User Guide, Version 24.0, [На мрежи] [Цитирано: 8.2.2013.] http://www.gams.com/mccarl/mccarlhtml/gams_user_guide_2005.htm.
77. Vladimir Vukašinović, Dušan Gordić, Milun Babić, Dubravka Jelić, and Davor Končalović, *Review of efficiencies of cogeneration units using internal combustion engine*, International Journal of Green Energy, Taylor&Francis, 2016, DOI 10.1080/15435075.2014.962032.
78. Jan de Wit, Mikael Nasund, *Mini and micro cogeneration*, Danish Gas Technology Centre, The European Portal For Energy Efficiency In Buildings-Build Up, 2011.
79. Vukašinović V, Babić M, Gordić D, Jelić D, Končalović D., *Pregled dostupnih modela gasnih turbina i motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji se mogu koristiti u kogeneracionim sistemima*, Energija, ekonomija, ekologija, Vol. 15, 2013, стр. 265-278.
80. J. Ortiga, J.C. Bruno, A. Coronas, *Selection of typical days for the characterisation of energy demand in cogeneration and trigeneration optimiyation models for buildings*, Energy Conversion and Management, Elsevier, Vol. 52, 2011, pp. 1934-1942.
81. Fernando Domínguez-Munoz, José M. Cejudo-López, Antonio Carrillo-Andrés, Manuel Gallardo-Salazar, *Selection of typical demand days for CHP optimization*, Energy and Buildings Elsevier, Vol. 43, 2011, pp. 3036-3043.
82. Z. Milovanović, D. Miličić, *Parne turbine za kogeneracijsku proizvodnju energije*, Mašinski fakultet Banja Luka, Republika Srpska, 2012.
83. <http://energy.gov/eere/buildings/commercial-reference-buildings>, [На мрежи] [Цитирано: 8.2.2016.]

84. Todorović, Branislav, *Projektovanje postrojenja za centralno grejanje*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2009.
85. <http://energieinitiative.org/preis-kwh-strom/>, [На мрежи] [Цитирано: 8.2.2016.]
86. http://www.energieverbraucher.de/de/preise_621/, [На мрежи] [Цитирано: 8.2.2016.]
87. <http://www.verivox.de/verbraucherpreisindex-gas/>, [На мрежи] [Цитирано: 8.2.2016.]
88. Gerald Williams, *Fan Heat and Pump Heat: Its Source and Significance*, HVAC Engineering, 2005.
89. G.N. Spyropoulos, C.A. Balaras, *Energy consumption and potential of energy savings in Hellenic office buildings used as bank branches: a case study*, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 43, 2011, pp. 770-778.
90. Влада Републике Србије, *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда*, Службени гласник Републике Србије, 61/2011, 2011.
91. С. Крчевинац, М. Чангаловић, Б. Ковачевић-Вујчић, М. Мартић, М. Вујошевић. *Операциона истраживања 1*, Факултет организационих наука, Београд, 2009.
92. М. М. Месаровић, *Потенцијал когенерације топлотне и електричне енергије у Србији*, Термотехника, 2011, Vol. 2, стр. 197-209.
93. Миодраг Месаровић, Милан Ђаловић, *Потенцијал когенерације топлотне и електричне енергије у Србији*, Енергопројект - НИРЦ, Београд, 2007.
94. European Parliament and Council. *2008/952/EC Detailed guidelines for the implementation and application of Annex II to Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council*, Official Journal of the European Union, 2008.
95. U. S. Environmental Protection Agency, *Catalog of CHP Technologies*, Energy and Environmental Analysis, Arlington, Virginia, USA, 2008.
96. European Parliament and Council, *Directive 2012/27/EU of The European Parliament and of the Council*, Official Journal of the European Union, 2012.
97. European Parliament and Council, *Directive of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC*, Official Journal of the European Union, 2012.
98. UNEP United Nations Environmental Program, *Energy Technology Fact Sheet, Cogeneration*, Division of Technology, Industry and Economy, 2009.
99. Ministry of Finance, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Government of China, *Guiding Opinions on the Deployment of Gas-Fired Distributed Energy*, National Development and Reform Commission (NDRC), Beijing, China, 2011.
100. International Energy Agency, *Linking Heat and Electricity Systems*, IEA, 2014.
101. Milun J. Babić, Dušan R. Gordić, Dubravka N. Jelić, Davor N. Končalović, *Analysis of the electricity production potential in the case of retrofit of steam turbines in a district heating company*, Thermal Science, Vol. 14, 2010, Belgrade, DOI: 10.2298/TSCI100415027B.

102. Tuula Savola, *Modelling biomass-fuelled small-scale CHP plants for process synthesis optimisation - Doctoral Dissertation*, Helsinki University of Technology, Helsinki, 2007, ISBN 978-951-22-8801-4.

103. Zhi-Gao Sun, *Energy efficiency and economic feasibility analysis of cogeneration system driven by gas engine*, Energy and Buildings, Elsevier, Vol. 40, 2008, pp. 126-130.

104. Yasushi Ishida, Masaaki Bannai, Takahiko Miyazaki, Yasushi Harada, Ryuichi Yokoyama and Atsushi Akisawa, *The Optimal Operation Criteria for a Gas Turbine Cogeneration System*, Energies, Vol. 2, 2009, pp. 202-225.

ПРИЛОГ 1

Програмски код у GAMS програмском језику

```
$TITLE Optimalni kapacitet mikrokogeneracionog postrojenja u zgradarstvu
$eolcom //
option limrow = 100;
option limcol = 100;
option reslim = 1000000;
$offlisting
$if not set maxh $set maxh 8760
//8760
* "Odredjivanje optimalnog kapaciteta mikro CHP postrojenja"
SETS
      h TIME                               /h1*h%maxh%/;
Scalars
a          faktor amortizacije opreme           /0.0625/
LHV        donja toplotna moc prirodnog gasa [kJ per m3] /33500/
fuelCost   cena goriva [€ per m3]                /0.33/
eprice     cena el. energije [€ per kWh]         /0.073/
heatprice  cena toplotne energije [€ per kWh]   /0.09/
price      cena CHP jedinice po kWe [€ per kWe] /1200/;
$include heatdemandall.gms
$include edemandall.gms
Variables
      GOAL          dobit od CHP jedinice [€]
      heatrated     nazivna toplotna snaga CHP jedinice
      erated        nazivna el. snaga CHP jedinice
      heatCHP(h)    snaga toplotnog opterecenja koji se pokriva CHP
                    jedinicom [kW]
      eCHP(h)       snaga el. opterecenja koji se pokriva CHP jedinicom
                    [kW]
```

heatDH(h) snaga toplotnog opterećenja koji se pokriva iz mreže daljniskog grejanja [kW]
eNETWORK(h) snaga el. opterećenja koji se pokriva iz mreže [kW]
m(h) protok goriva ka CHP jedinici [m³ per h];

Nonnegative Variables

heatCHP

heatrated

heatDH

eCHP

erated

eNETWORK

m;

*heatrated.lo = 0;
*heatrated.l = 150;
*heatrated.up = 600;
*erated.lo = 0;
*erated.l = 100;
*erated.up = 300;
*m.lo(h) = 0;
*m.l(h) = 1;
*m.up(h) = 10;
*heatDH.lo(h) = 0;
*heatDH.l(h) = 50;
*heatDH.up(h) = 1500;
*heatCHP.lo(h) = 0;
*heatCHP.l(h) = 30;
*heatCHP.up(h) = 600;
*eNETWORK.lo(h) = 1;
*eNETWORK.l(h) = 50;
*eNETWORK.up(h) = 250;
*eCHP.lo(h) = 0;
*eCHP.l(h) = 50;
*eCHP.up(h) = 200;

Equations

```
*
                                GENERAL CONSTRAINS
OBJECTIVE                        Godišnja dobit (€ per year)
heatequilibrium(h)
eequilibrium(h)
ratio(h)
heatcapacity
ecapacity
efficiency(h);
OBJECTIVE..      GOAL =e=
                  - sum(h, m(h)) * fuelcost
                  + sum(h, heatCHP(h)) * heatprice
                  + sum(h, eCHP(h)) * eprice
                  - a * price * erated;

heatequilibrium(h)..      heatdemand(h) =e= heatCHP(h) + heatDH(h);
eequilibrium(h)..        edemand(h) =e= eCHP(h) + eNETWORK(h);
ratio(h)..                eCHP(h) =e= 0.7 * heatCHP(h);
heatcapacity..           heatrated =e= smax(h, heatCHP(h));
ecapacity..              erated =e= smax(h, eCHP(h));
efficiency(h)..          heatCHP(h) + eCHP(h) =e= LHV * m(h) * 0.8
                          / 3600;

model chp /all/;
chp.workspace = 1864;
*chp.workfactor = 10;
*chp.iterlim = 0;
option DNLP = CONOPT
solve chp using DNLP max GOAL;
```

ПРИЛОГ 2

Програмски код у Ruby програмском језику

SET EXTERIOR WALLS TO SELECTED CONSTRUCTION

```
class SetExteriorWallsToSelectedConstruction <
  OpenStudio::Ruleset::ModelUserScript

  def name
    return " SetExteriorWallsToSelectedConstruction"
  end

  def arguments(model)
    args = OpenStudio::Ruleset::OSArgumentVector.new
    construction_handles = OpenStudio::StringVector.new
    construction_display_names = OpenStudio::StringVector.new
    construction_args = model.getConstructions
    construction_args_hash = {}
    construction_args.each do |construction_arg|
      construction_args_hash[construction_arg.name.to_s] = construction_arg
    end
    construction_args_hash.sort.map do |key,value|
      construction_handles << value.handle.to_s
      construction_display_names << key
    end
    construction =
      OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeChoiceArgument("construction",
        construction_handles, construction_display_names,true)
    construction.setDisplayName("Select new material:")
    args << construction
    return args
  end

  def run(model, runner, user_arguments)
    super(model, runner, user_arguments)
    if not runner.validateUserArguments(arguments(model), user_arguments)
      return false
    end
    construction=
      runner.getOptionalWorkspaceObjectChoiceValue("construction",user_arguments,
        model)
    if construction.empty?
      handle = runner.getStringArgumentValue("construction",user_arguments)
      if handle.empty?
        runner.registerError("No construction was chosen.")
      else
        runner.registerError("The selected construction with handle '#{handle}' was
          not found in the model. It may have been removed by another measure.")
      end
      return false
    else
      if not construction.get.to_Construction.empty?
        construction = construction.get.to_Construction.get
      end
    end
  end
end
```

```

else
runner.registerError("Script Error - argument not showing up as
construction.")
return false
end
end
exterior_walls = 0
surfaces = model.getSurfaces
surfaces.each do |surface|
if surface.surfaceType == "Wall" and surface.outsideBoundaryCondition ==
"Outdoors"
surface.setConstruction(construction)
exterior_walls += 1
end
end
runner.registerInitialCondition("The initial model has
#{exterior_walls}_walls of exterior wall surfaces.")
finishing_spaces = model.getSpaces
runner.registerFinalCondition("All exterior walls surfaces now use
#{construction.name} for the construction.")
return true
end
end

```

SetExteriorWallsToSelectedConstruction.new.registerWithApplication

**CHANGE HEADERED CONSTANT SPEED PUMP WITH HEADERED VARIABLE
FREQUENCY PUMP**

```

class ChangeHeaderedConstantSpeedPumpWithHeaderedVariableFrequencyPump <
OpenStudio::Ruleset::ModelUserScript

def name
return " Change Headered Constant Speed Pump With Headered Variable
Frequency Pump "
end
def description
return "Change Headered Constant Speed Pump With Headered Variable
Frequency Pump"
end
def modeler_description
return "Change Headered Constant Speed Pump With Headered Variable
Frequency Pump"
end

def arguments(model)
args = OpenStudio::Ruleset::OSArgumentVector.new
pump_handles = OpenStudio::StringVector.new
pump_display_names = OpenStudio::StringVector.new
pump_hash = {}
pump_empty = false
pump_count = 0
model.getModelObjects.each do |pump|
if not pump.to_HeaderedPumpsConstantSpeed.empty?
pump_hash[pump.name.to_s] = pump
pump_count+=1
end
end
end

```

```

if pump_count == 0
pump_empty = true
end
if pump_empty
info_widget =
OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeBoolArgument("info_widget", true)
info_widget.setDisplayName("HeaderedPumpsConstantSpeed not found. This
Measure is not applicable to loaded Model. Read the description and choose
an appropriate baseline model.")
info_widget.setDefaultValue(true)
args << info_widget
return args
else
pump_hash.sort.map do |pump_name, pump|
pump_handles << pump.handle.to_s
pump_display_names << pump_name
end
pumps = OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeChoiceArgument("pumps",
pump_handles, pump_display_names,true)
pumps.setDisplayName("Headered Constant Speed Pumps")
pumps.setDefaultValue(pump_display_names[0])
args << pumps
return args
end
end

def run(model, runner, user_arguments)
super(model, runner, user_arguments)
if not runner.validateUserArguments(arguments(model), user_arguments)
return false
end
pumps =
runner.getOptionalWorkspaceObjectChoiceValue("pumps",user_arguments,model)
if pumps.empty?
runner.registerError("PumpConstantSpeed not found.")
return false
end
selected_pump = nil
if pumps.empty?
handle = runner.getStringArgumentValue("pumps",user_arguments)
if handle.empty?
runner.registerError("No pump was chosen.")
return false
else
runner.registerError("The selected pump with handle '#{handle}' was not
found in the model. It may have been removed by another measure.")
return false
end
end
selected_pump = pumps.get.to_HeaderedPumpsConstantSpeed.get
runner.registerInfo("Current pump: #{selected_pump}")
new_pump = OpenStudio::Model::HeaderedPumpsVariableSpeed.new(model)
new_pump.setName("Headered VFD Pump")
prev_node = selected_pump.inletModelObject.get.to_Node.get
next_node = selected_pump.outletModelObject.get.to_Node.get
next_node = selected_pump.outletModelObject.get.to_Node.get
new_pump.addToNode(next_node)
selected_pump.remove

```

```
return true
end
end
```

```
ChangeHeaderedConstantSpeedPumpWithHeaderedVariableFrequencyPump.new.registerWithApplication
```

CHANGE CONSTANT SPEED PUMP WITH VARIABLE FREQUENCY PUMP

```
class ChangeConstantSpeedPumpWithVariableFrequencyPump <
  OpenStudio::Ruleset::ModelUserScript

  def name
    return "Change Constant Speed Pump With Variable Frequency Pump"
  end
  def description
    return "Change Constant Speed Pump With Variable Frequency Pump"
  end
  def modeler_description
    return "Change Constant Speed Pump With Variable Frequency Pump"
  end

  def arguments(model)
    args = OpenStudio::Ruleset::OSArgumentVector.new
    pump_handles = OpenStudio::StringVector.new
    pump_display_names = OpenStudio::StringVector.new
    pump_hash = {}
    pump_empty = false
    pump_count = 0
    model.getModelObjects.each do |pump|
      if not pump.to_PumpConstantSpeed.empty?
        pump_hash[pump.name.to_s] = pump
        pump_count+=1
      end
    end
    if pump_count == 0
      pump_empty = true
    end
    if pump_empty
      info_widget =
        OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeBoolArgument("info_widget", true)
      info_widget.setDisplayName("PumpConstantSpeed not found. This Measure is
        not applicable to loaded Model. Read the description and choose an
        appropriate baseline model.")
      info_widget.setDefaultValue(true)
      args << info_widget
      return args
    else
      pump_hash.sort.map do |pump_name, pump|
        pump_handles << pump.handle.to_s
        pump_display_names << pump_name
      end
      pumps = OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeChoiceArgument("pumps",
        pump_handles, pump_display_names, true)
      pumps.setDisplayName("Constant Speed Pumps")
      pumps.setDefaultValue(pump_display_names[0])
      args << pumps
    end
    return args
  end
end
```

```

end
end

def run(model, runner, user_arguments)
  super(model, runner, user_arguments)
  if not runner.validateUserArguments(arguments(model), user_arguments)
    return false
  end
  pumps =
  runner.getOptionalWorkspaceObjectChoiceValue("pumps",user_arguments,model)
  if pumps.empty?
    runner.registerError("PumpConstantSpeed not found. ")
    return false
  end
  selected_pump = nil
  if pumps.empty?
    handle = runner.getStringArgumentValue("pumps",user_arguments)
    if handle.empty?
      runner.registerError("No pump was chosen.")
      return false
    else
      runner.registerError("The selected pump with handle '#{handle}' was not
found in the model. It may have been removed by another measure.")
      return false
    end
  end
  selected_pump = pumps.get.to_PumpConstantSpeed.get
  runner.registerInfo("Current pump: #{selected_pump}")
  new_pump = OpenStudio::Model::PumpVariableSpeed.new(model)
  new_pump.setName("VFD Pump")
  prev_node = selected_pump.inletModelObject.get.to_Node.get
  next_node = selected_pump.outletModelObject.get.to_Node.get
  next_node = selected_pump.outletModelObject.get.to_Node.get
  new_pump.addToNode(next_node)
  selected_pump.remove

  return true
end
end

ChangeConstantSpeedPumpWithVariableFrequencyPump.new.registerWithApplicatio
n

```

CHANGE DISTRICT HEATING WITH HOT WATER BOILER FINAL

```

class AChangeDistrictHeatingWithHotWaterBoilerFinal <
OpenStudio::Ruleset::ModelUserScript

def name
  return " Change District Heating With Hot Water Boiler FINAL"
end
def description
  return "Change District Heating With Hot Water Boiler "
end
def modeler_description
  return "Change District Heating With Hot Water Boiler "
end
end

```

```

def arguments(model)
  args = OpenStudio::Ruleset::OSArgumentVector.new
  heating_source_handles = OpenStudio::StringVector.new
  heating_source_display_names = OpenStudio::StringVector.new
  heating_source_hash = {}
  heating_source_empty = false
  heating_source_count = 0
  model.getModelObjects.each do |heating_source|
    if not heating_source.to_DistrictHeating.empty?
      heating_source_hash[heating_source.name.to_s] = heating_source
      heating_source_count+=1
    end
  end
  if heating_source_count == 0
    heating_source_empty = true
  end
  if heating_source_empty
    info_widget =
      OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeBoolArgument("info_widget", true)
    info_widget.setDisplayName("DistrictHeating not found. This Measure is not
      applicable to loaded Model. Read the description and choose an appropriate
      baseline model.")
    info_widget.setDefaultValue(true)
    args << info_widget
    return args
  else
    heating_source_hash.sort.map do |heating_source_name, heating_source|
      heating_source_handles << heating_source.handle.to_s
      heating_source_display_names << heating_source_name
    end
    heating_sources =
      OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeChoiceArgument("heating_sources",
        heating_source_handles, heating_source_display_names, true)
    heating_sources.setDisplayName("DistrictHeating")
    heating_sources.setDefaultValue(heating_source_display_names[0])
    args << heating_sources
    return args
  end
end

def run(model, runner, user_arguments)
  super(model, runner, user_arguments)
  if not runner.validateUserArguments(arguments(model), user_arguments)
    return false
  end
  heating_sources =
    runner.getOptionalWorkspaceObjectChoiceValue("heating_sources", user_argumen
      ts, model)
  if heating_sources.empty?
    runner.registerError("heating_sourceConstantSpeed not found. ")
    return false
  end
  selected_heating_source = nil
  if heating_sources.empty?
    handle = runner.getStringArgumentValue("heating_sources", user_arguments)
    if handle.empty?
      runner.registerError("No heating_source was chosen.")
      return false
    end
  end

```

```

else
runner.registerError("The selected heating_source with handle '#{handle}'
was not found in the model. It may have been removed by another measure.")
return false
end
end
selected_heating_source = heating_sources.get.to_DistrictHeating.get
runner.registerInfo("Current heating_source: #{selected_heating_source}")
new_heating_source = OpenStudio::Model::BoilerHotWater.new(model)
new_heating_source.setName("HW Boiler")
prev_node = selected_heating_source.inletModelObject.get.to_Node.get
next_node = selected_heating_source.outletModelObject.get.to_Node.get
next_node = selected_heating_source.outletModelObject.get.to_Node.get
new_heating_source.addToNode(next_node)
selected_heating_source.remove
return true
end
end

```

AChangeDistrictHeatingWithHotWaterBoilerFinal.new.registerWithApplication

CHANGE SCHEDULED HW TEMP WITH OA TEMP RESET

```

class ChangeScheduledHWTempWithOATempReset <
OpenStudio::Ruleset::ModelUserScript

def name
return "Change Scheduled HW Temp With OA Temp Reset"
end
def description
return "Change Scheduled HW Temp With OA Temp Reset"
end
def modeler_description
return "Change Scheduled HW Temp With OA Temp Reset"
end

def arguments(model)
args = OpenStudio::Ruleset::OSArgumentVector.new
setpoint_manager_handles = OpenStudio::StringVector.new
setpoint_manager_display_names = OpenStudio::StringVector.new
setpoint_manager_hash = {}
setpoint_manager_empty = false
setpoint_manager_count = 0
model.getModelObjects.each do |setpoint_manager|
if not setpoint_manager.to_SetpointManagerScheduled.empty?
setpoint_manager_hash[setpoint_manager.name.to_s] = setpoint_manager
setpoint_manager_count+=1
end
end
if setpoint_manager_count == 0
setpoint_manager_empty = true
end
if setpoint_manager_empty
info_widget =
OpenStudio::Ruleset::OSArgument::makeBoolArgument("info_widget", true)
info_widget.setDisplayName("SetpointManagerScheduled not found. This
Measure is not applicable to loaded Model. Read the description and choose
an appropriate baseline model.")

```

```

info_widget.setDefaultVaue(true)
args << info_widget
return args
else
setpoint_manager_hash.sort.map do |setpoint_manager_name, setpoint_manager|
setpoint_manager_handles << setpoint_manager.handle.to_s
setpoint_manager_display_names << setpoint_manager_name
end
setpoint_managers =
OpenStudio::RuleSet::OSArgument::makeChoiceArgument("setpoint_managers",
setpoint_manager_handles, setpoint_manager_display_names,true)
setpoint_managers.setDisplayName("Setpoint_managers")
setpoint_managers.setDefaultVaue(setpoint_manager_display_names[0])
args << setpoint_managers
return args
end
end

def run(model, runner, user_arguments)
super(model, runner, user_arguments)
if not runner.validateUserArguments(arguments(model), user_arguments)
return false
end
setpoint_managers =
runner.getOptionalWorkspaceObjectChoiceValue("setpoint_managers",user_arguments,model)
if setpoint_managers.empty?
runner.registerError("SetpointManagerScheduled not found...")
return false
end
selected_setpoint_manager = nil
if setpoint_managers.empty?
handle = runner.getStringArgumentValue("setpoint_managers",user_arguments)
if handle.empty?
runner.registerError("No setpoint_manager was chosen.")
return false
else
runner.registerError("The selected setpoint_manager with handle '#{handle}'
was not found in the model. It may have been removed by another measure.")
return false
end
end
selected_setpoint_manager =
setpoint_managers.get.to_SetpointManagerScheduled.get
runner.registerInfo("Current setpoint_manager:
#{selected_setpoint_manager}")
new_setpoint_manager =
OpenStudio::Model::SetpointManagerOutdoorAirReset.new(model)
new_setpoint_manager.setName("SetpointManagerOutdoorAirReset")

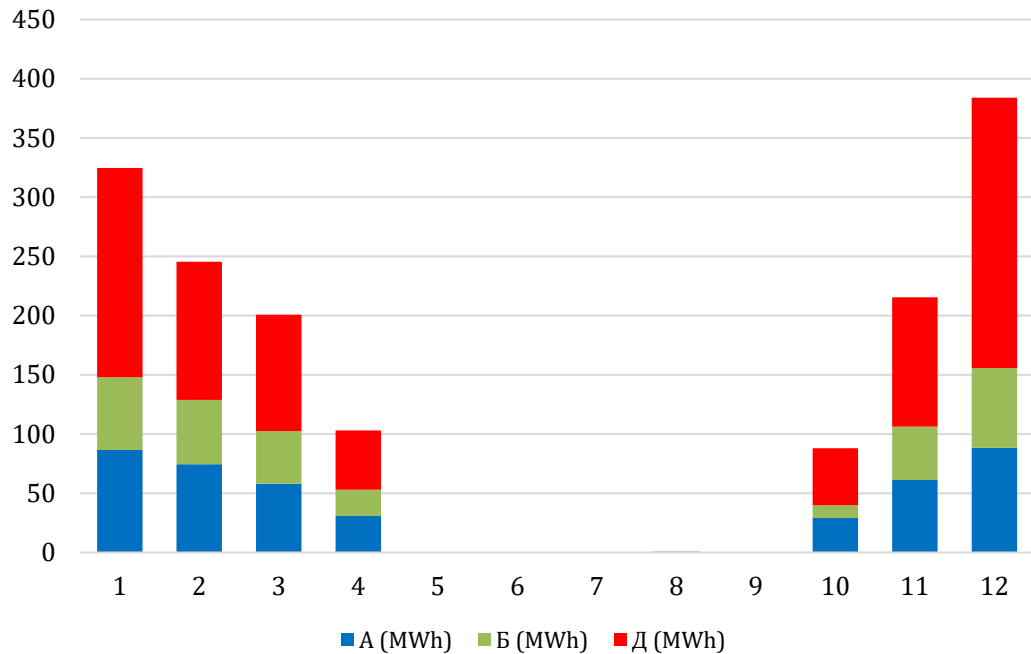
node = selected_setpoint_manager.setpointNode.get
selected_setpoint_manager.remove
new_setpoint_manager.addToNode(node)
return true
end
end

ChangeScheduledHWTmpWithOATmpReset.new.registerWithApplication

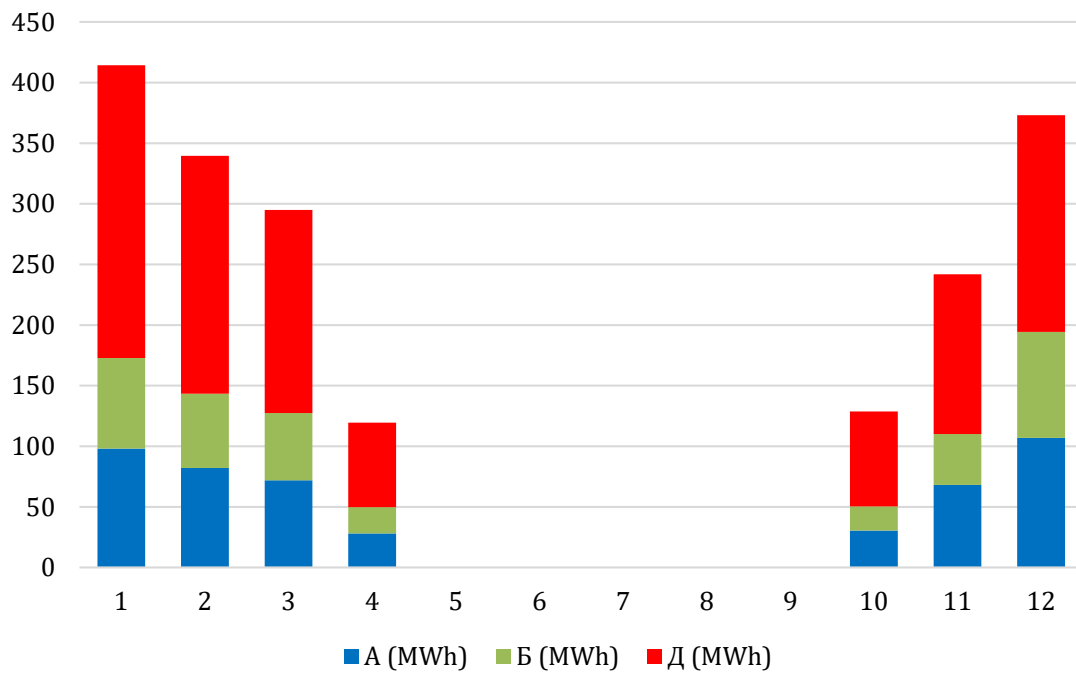
```

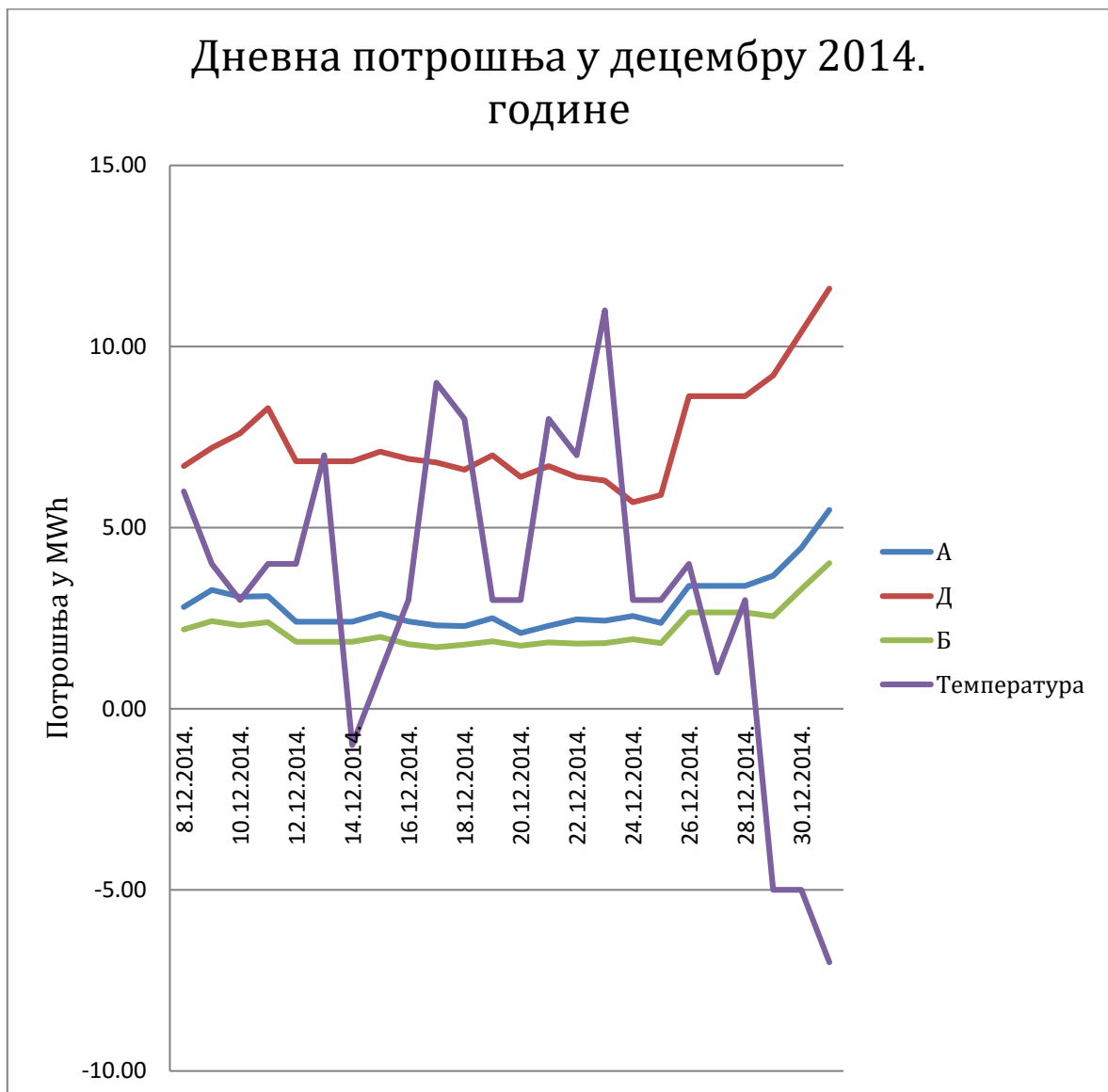

ПРИЛОГ 3

МЕСЕЧНА ПОТРОШЊА ОЧИТАНА У 2014. ГОДИНИ НА КАЛОРИМЕТРИМА У ПОДСТАНИЦАМА ОБЈЕКТА А, Б И Д

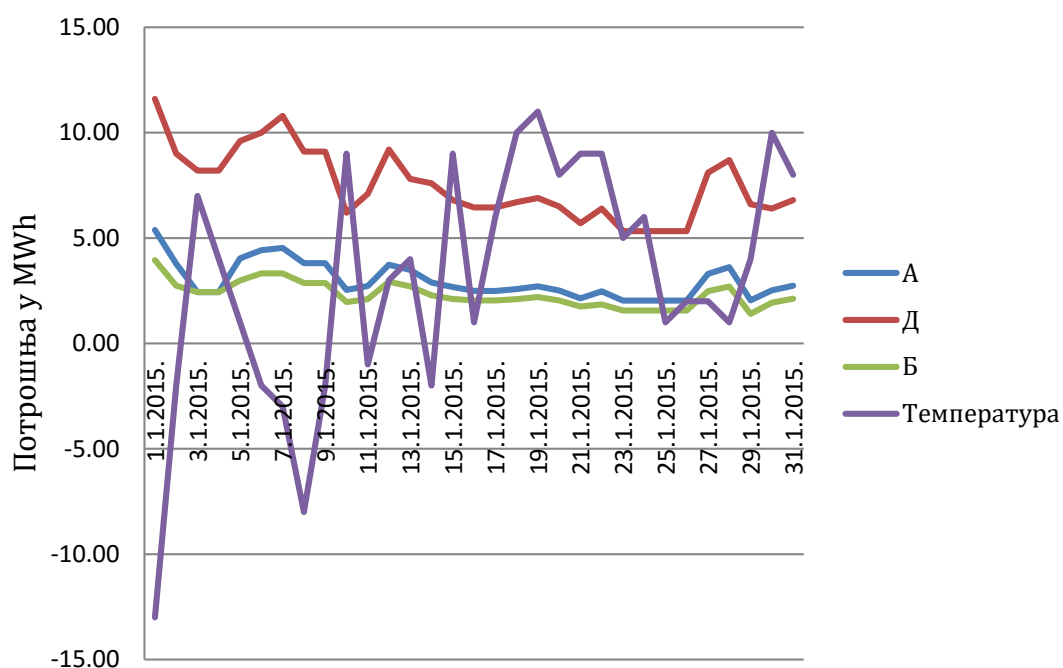


МЕСЕЧНА ПОТРОШЊА ОЧИТАНА У 2015. ГОДИНИ НА КАЛОРИМЕТРИМА У ПОДСТАНИЦАМА ОБЈЕКТА А, Б И Д

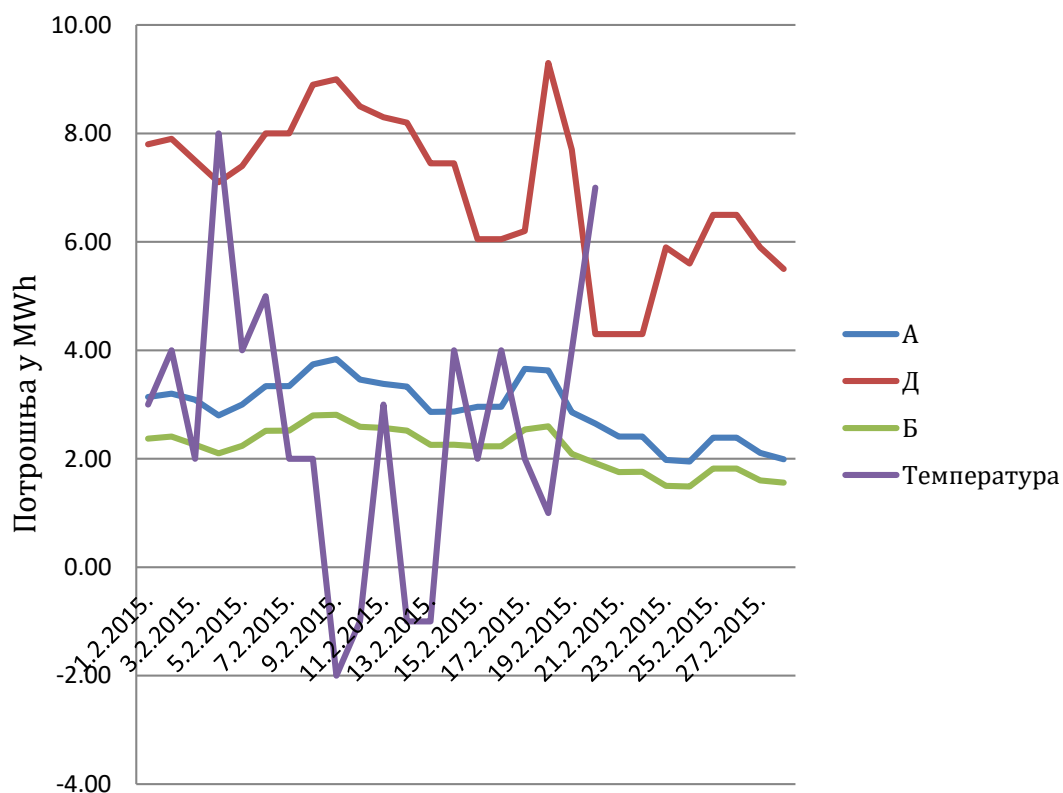




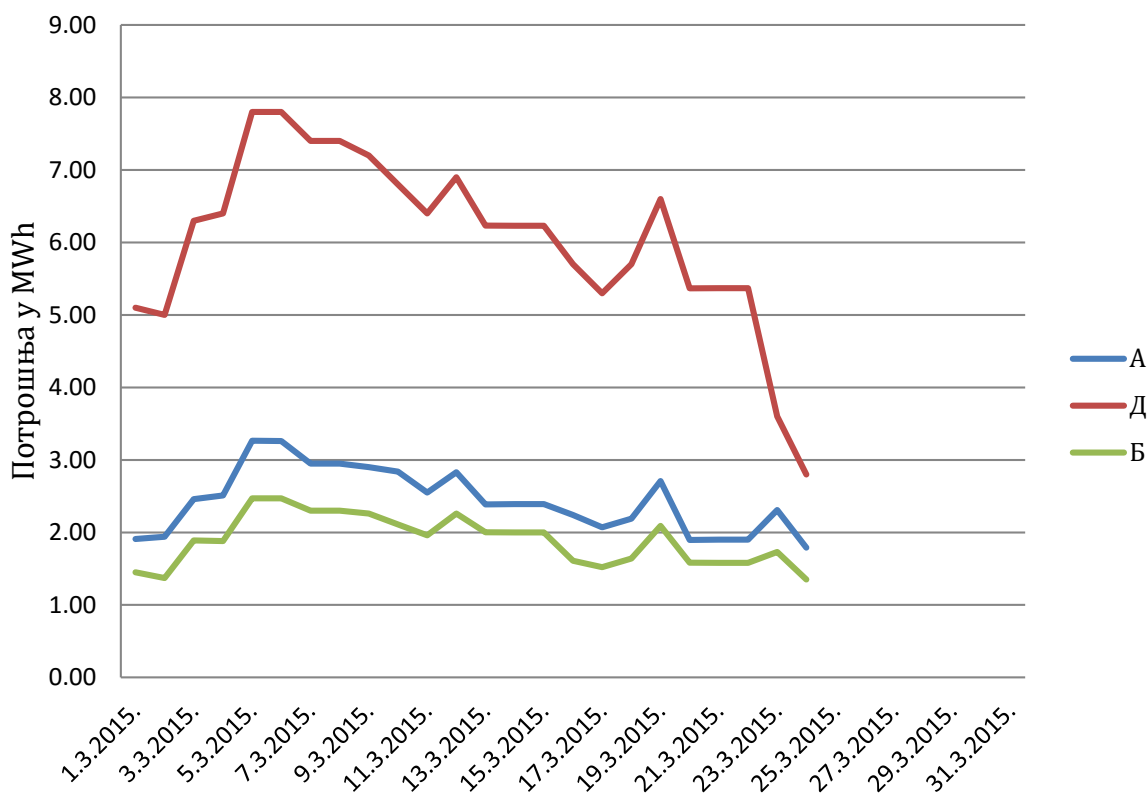
Дневна потрошња у јануару 2015. године



Дневна потрошња у фебруару 2015. године



Дневна потрошња у марту 2015. године



Дневна потрошња у априлу 2015. године



OpenStudio Results

Model Summary

Building Summary

Information	Value	Units
Building Name	Fakultet inzenjerskih nauka	building_name
Net Site Energy	7,646,192	kBtu
Total Building Area	239,273	ft^2
EUI (Based on Net Site Energy and Total Building Area)	31.96	kBtu/ft^2

Weather Summary

	Value
Weather File	BELGRADE - SRB IWECC Data WMO#=132720
Latitude	44.82
Longitude	20.28
Elevation	99.00
Time Zone	1.00
North Axis Angle	0.00

Sizing Period Design Days

	Maximum Dry Bulb (F)	Daily Temperature Range (F)	Humidity Value	Humidity Type	Wind Speed (mph)	Wind Direction
BELGRADE ANN CLG .4% CONDNS DB=>MWB	92.84	53.06	71.24	Wetbulb [F]	6.71	30.0
BELGRADE ANN CLG .4% CONDNS DP=>MDB	79.88	53.06	69.08	Dewpoint [F]	6.71	30.0
BELGRADE ANN CLG .4% CONDNS ENTH=>MDB	87.62	53.06	29.41	Enthalpy [Btu/lb]	6.71	30.0
BELGRADE ANN CLG .4% CONDNS WB=>MDB	87.62	53.06	73.4	Wetbulb [F]	6.71	30.0
BELGRADE ANN HTG 99.6% CONDNS DB	12.2	32.0	12.2	Wetbulb [F]	4.92	270.0
BELGRADE ANN HTG WIND 99.6% CONDNS WS=>MCDB	33.26	32.0	33.26	Wetbulb [F]	25.72	270.0
BELGRADE ANN HUM_N 99.6% CONDNS DP=>MCDB	14.18	32.0	8.24	Dewpoint [F]	4.92	270.0

Unmet Hours Summary

Time Setpoint Not Met	Time (hr)
During Heating	134.75
During Cooling	19.5
During Occupied Heating	37.0
During Occupied Cooling	16.75

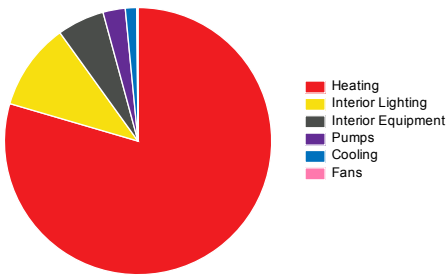
Unmet Hours Tolerance

Tolerance for Time Setpoint Not Met	Temperature (F)
Heating	0.36
Cooling	0.36

Annual Overview

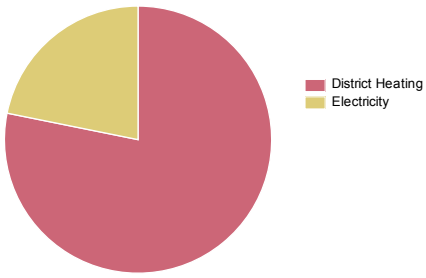
End Use - view table

End Use	Consumption (kBtu)
Heating	6,081,223
Cooling	105,189
Interior Lighting	805,237
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	436,621
Exterior Equipment	0
Fans	11,772
Pumps	206,141
Heat Rejection	0
Humidification	0
Heat Recovery	0
Water Systems	0
Refrigeration	0
Generators	0



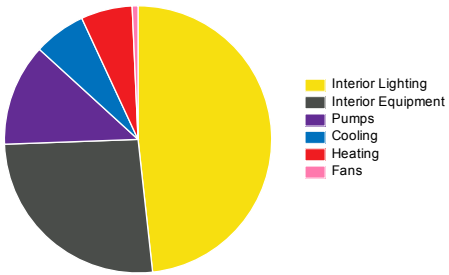
Energy Use - view table

Fuel	Consumption (kBtu)
Electricity	1,668,623
Natural Gas	0
Additional Fuel	0
District Cooling	0
District Heating	5,977,570



EUI - Electricity - view table

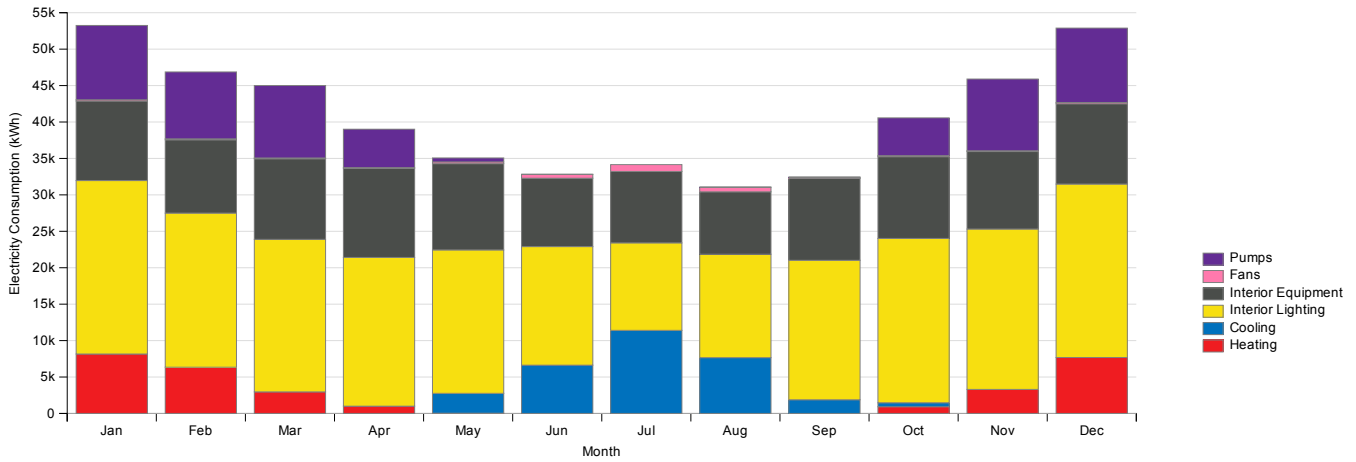
End Use	Consumption (kWh)
Heating	30,378
Cooling	30,828
Interior Lighting	235,992
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	127,961
Exterior Equipment	0
Fans	3,450
Pumps	60,414
Heat Rejection	0
Humidification	0
Heat Recovery	0
Water Systems	0
Refrigeration	0
Generators	0



EUI - Gas - view table

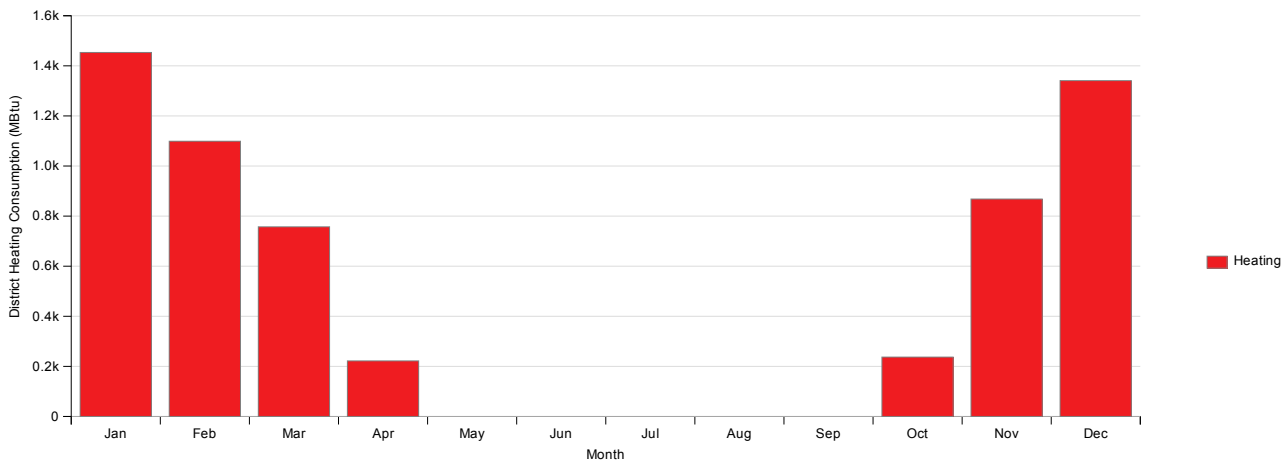
Monthly Overview

Electricity Consumption (kWh) - view table

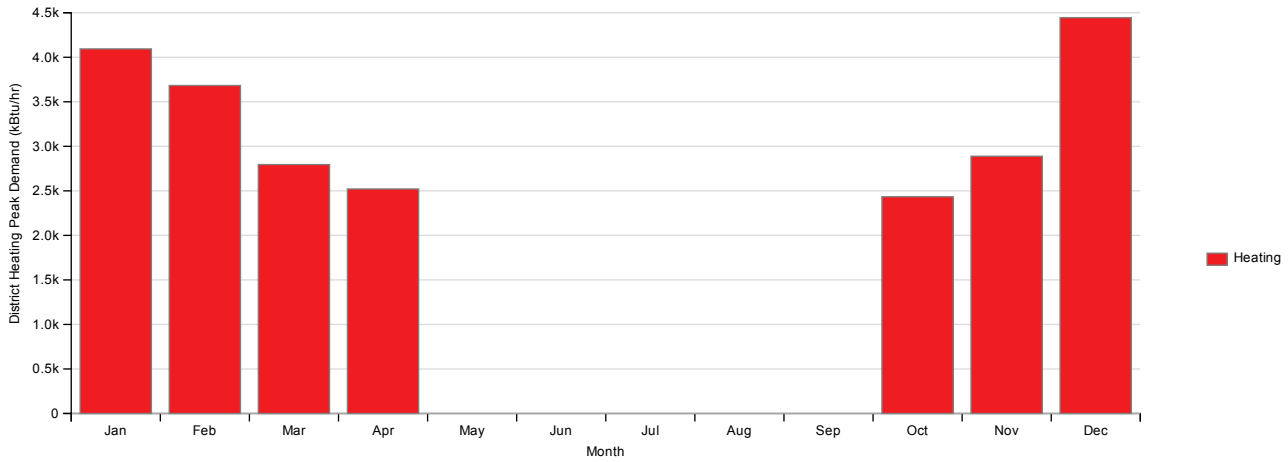


District Heating Consumption (MBtu) - view table

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Heating	1453.37	1098.9	757.25	221.89						237.07	868.16	1340.93	5977.57
Cooling													
Interior Lighting													
Exterior Lighting													
Interior Equipment													
Exterior Equipment													
Fans													
Pumps													
Heat Rejection													
Humidification													
Heat Recovery													
Water Systems													
Refrigeration													
Generators													
Total	1453.37	1098.9	757.25	221.89						237.07	868.16	1340.93	5977.57



Refrigeration										
Generators										
Total	4094.25	3683.16	2795.37	2521.24				2434.14	2888.89	4445.23



Utility Bills/Rates

No Data to Show for Utility Bills/Rates

Envelope

Base Surface Constructions

Construction	Net Area (ft ²)	Surface Count	R Value (ft ² *h*R/Btu)
Donja ploca	77,855	1	2.45
Kosi krov	57,266	63	11.36
Ravan krov	23,859	9	1.22
Zid od cigle	41,699	110	1.82
Zid od metala sa 10cm tervola	56,938	296	2.63

Sub Surface Constructions

Construction	Area (ft ²)	Surface Count	U-Factor (Btu/ft ² *h*R)
90.1 Windows Window Fixed 2111 Mt-Clr-Std-Clr	18,833	121	
90.1 Windows Window Fixed 2411 Brk-Clr-Ins-Clr	13,364	89	
Exterior Door	1,452	18	
Sgl Ref-B-H Clr 6mm	9,425	40	

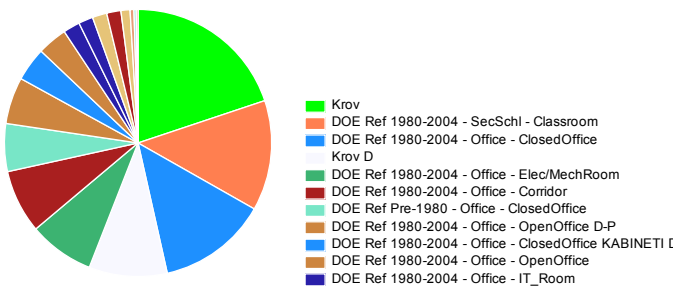
WWR & Skylight Ratio

Description	Total (%)	North (%)	East (%)	South (%)	West (%)
Gross Window-Wall Ratio	30.73	25.91	38.96	30.09	30.42
Gross Window-Wall Ratio (Conditioned)	35.02	30.11	44.15	33.53	34.73
Skylight-Roof Ratio	0.0				

Space Type Breakdown

Space Type Breakdown - view table

Space Type Name	Floor Area (ft^2)
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice	31,745
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice KABINETI D	9,747
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor	18,386
DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom	18,962
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room	4,849
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Potkrovlje	4,195
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice	8,665
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice D-P	13,533
DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair	1,118
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium	2,628
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom	31,948
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library	4,195
DOE Ref Pre-1980 - Office - ClosedOffice	13,845
DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor	4,115
DOE Ref Pre-1980 - Office - OpenOffice	643
DOE Ref Pre-1980 - Office - Stair	527
Krov	47,535
Krov D	22,639



Space Type Summary

DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice
(20 spaces and 20 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice People Definition	0.0048	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Electric Equipment Definition	0.8700	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Ventilation (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice KABINETI D
(2 spaces and 2 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice People Definition	0.0048	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Electric Equipment KABINET1 objekta D	0.4055	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OBJEKAT D Lights Definition	1.0855	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Infiltration 1	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Ventilation (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor
(15 spaces and 15 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor People Definition	0.0010	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor Electric Equipment Definition	0.1042	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor Lights Definition	0.6921	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom
(5 spaces and 5 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom Electric Equipment Definition 1	0.2700	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom Lights Definition 1	0.6921	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - Elec/MechRoom Ventilation 1 (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room
(2 spaces and 2 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room People Definition	0.0050	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Electric Equipment Definition	2.0000	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Potkrovlje
(2 spaces and 2 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room People Definition	0.0050	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Electric Equipment Definition	2.0000	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Infiltration 1	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - IT_Room Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice
(5 spaces and 5 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice People Definition	0.0052	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Electric Equipment Definition	0.9600	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Ventilation (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice D-P
(2 spaces and 2 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice People Definition	0.0052	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Electric Equipment D-P sever i jug	0.2168	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OBJEKAT D Lights Definition	1.0855	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Infiltration 1	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Ventilation (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair
(5 spaces and 5 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair Lights Definition	0.5992	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium
(1 spaces and 1 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium People Definition	0.0929	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium Electric Equipment Definition	0.2276	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium Lights Definition	1.1200	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Auditorium Ventilation (outdoor air method Sum)	15.0000	cfm/person	

DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom
(5 spaces and 5 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom People Definition	0.0232	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom Electric Equipment Definition	0.2276	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom Lights Definition	1.5200	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	

DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Classroom Ventilation (outdoor air method Sum)	15.0000	cfm/person	
--	---------	------------	--

DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library
(1 spaces and 1 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library People Definition	0.0213	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library Electric Equipment Definition	0.2276	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library Lights Definition	1.1200	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref 1980-2004 - SecSchl - Library Ventilation (outdoor air method Sum)	15.0000	cfm/person	

DOE Ref Pre-1980 - Office - ClosedOffice
(6 spaces and 6 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref Pre-1980 - Office - ClosedOffice People Definition 3	0.0048	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Electric Equipment Definition	0.8700	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - ClosedOffice Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref Pre-1980 - Office - ClosedOffice Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref Pre-1980 - Office - ClosedOffice Ventilation 3 (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor
(2 spaces and 2 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor People Definition	0.0010	people/ft^2	1.0
DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor Electric Equipment Definition	0.2900	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - Corridor Lights Definition	0.6921	W/ft^2	1.0
DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref Pre-1980 - Office - Corridor Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

DOE Ref Pre-1980 - Office - OpenOffice
(1 spaces and 1 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref Pre-1980 - Office - OpenOffice People Definition 3	0.0052	people/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Electric Equipment Definition	0.9600	W/ft^2	1.0
DOE Ref 1980-2004 - Office - OpenOffice Lights Definition	1.1784	W/ft^2	1.0
DOE Ref Pre-1980 - Office - OpenOffice Infiltration 2	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref Pre-1980 - Office - OpenOffice Ventilation 3 (outdoor air method Sum)	20.0000	cfm/person	

DOE Ref Pre-1980 - Office - Stair
(2 spaces and 2 thermal zones)

--	--	--	--

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
DOE Ref 1980-2004 - Office - Stair Lights Definition	0.5992	W/ft^2	1.0
DOE Ref Pre-1980 - Office - Stair Infiltration	0.2232	cfm/ext surf area ft^2	
DOE Ref Pre-1980 - Office - Stair Ventilation (outdoor air method Sum)	0.0500	cfm/floor area ft^2	

Krov
(25 spaces and 25 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
------------	-------	------	------------------

Krov D
(5 spaces and 5 thermal zones)

Definition	Value	Unit	Inst. Multiplier
------------	-------	------	------------------

Interior Lighting Summary

Interior Lighting Summary

	Zone	Lighting Power Density (W/ft^2)	Total Power (W)	Schedule Name	Scheduled Hours/Week (hr)	Actual Load Hours/Week (hr)	Return Air Fraction	Consumption (kWh)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	1.18	1403.75	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1850.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	1.18	1403.75	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1850.0
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	1.18	352.55	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	463.89
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	1.18	352.55	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	463.89
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	1.18	1478.14	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1947.22
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	1.18	1478.14	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1947.22
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	1.18	781.25	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1027.78
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	1.18	657.46	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	866.67
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	1.18	2640.77	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3477.78
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	1.18	781.25	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1027.78
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11

THERMAL ZONE: JUG 2 B-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	1.18	1592.99	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	2097.22
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	1.18	1385.73	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1825.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: JUG A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG A-I	1.18	1472.62	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1938.89
THERMAL ZONE: JUG A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG A-P	1.18	1472.62	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1938.89
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: SEVER A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER A-I	1.18	3995.48	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	5261.11
THERMAL ZONE: SEVER A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER A-II	1.18	3995.48	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	5261.11
THERMAL ZONE: SEVER A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CLOSED OFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER A-P	1.18	3995.48	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	5261.11
THERMAL ZONE: ISTOK D-I LIGHTS 1	THERMAL ZONE: ISTOK D-I	1.09	5290.27	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	6341.67
THERMAL ZONE: ISTOK D-P LIGHTS 1	THERMAL ZONE: ISTOK D-P	1.09	5290.33	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	6341.67
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	0.69	323.02	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	425.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	0.69	1479.39	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1947.22
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	0.69	577.72	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	761.11
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	0.69	1702.88	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	2241.67
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	0.69	790.48	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1041.67
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	0.69	1170.64	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1541.67
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	0.69	790.48	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1041.67
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	0.69	558.73	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	736.11
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	0.69	558.73	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	736.11
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P	0.69	558.73	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	736.11
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	0.69	782.22	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1030.56

THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	0.69	782.22	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1030.56
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	0.69	782.22	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1030.56
THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	0.69	1260.85	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1661.11
THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D DOE REF 1980-2004 - OFFICE - CORRIDOR LIGHTS	THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D	0.69	606.88	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	800.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - ELEC/MECHROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	0.69	1622.54	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	2136.11
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - ELEC/MECHROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	0.69	2458.39	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3238.89
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - ELEC/MECHROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	0.69	3581.35	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	4716.67
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - ELEC/MECHROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	0.69	1129.37	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1486.11
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - ELEC/MECHROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	0.69	4332.13	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	5705.56
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - IT_ROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	1.18	4942.85	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	6508.33
THERMAL ZONE: SEVER B-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - IT_ROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER B-II	1.18	770.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1013.89
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE DOE REF 1980-2004 - OFFICE - IT_ROOM LIGHTS 1	THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	1.18	2471.43	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3255.56
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1 DOE REF 1980-2004 - OFFICE - IT_ROOM LIGHTS 1	THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	1.18	2471.43	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3255.56
THERMAL ZONE: A DEKANAT I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - OPENOFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: A DEKANAT I	1.18	2867.87	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3777.78
THERMAL ZONE: A DEKANAT P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - OPENOFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: A DEKANAT P	1.18	2867.87	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3777.78
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - OPENOFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	1.18	1403.75	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1850.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - OPENOFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	1.18	1478.14	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1947.22
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - OPENOFFICE LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	1.18	1592.99	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	2097.22
THERMAL ZONE: JUG D-P LIGHTS 4	THERMAL ZONE: JUG D-P	1.09	7258.72	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	8702.78
THERMAL ZONE: SEVER D-P LIGHTS 4	THERMAL ZONE: SEVER D-P	1.09	7431.06	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	8908.33
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-I DOE REF 1980-2004 - OFFICE - STAIR LIGHTS	THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-I	0.6	145.64	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	191.67
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-II DOE REF 1980-2004 - OFFICE - STAIR LIGHTS	THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-II	0.6	145.64	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	191.67

THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III DOE REF 1980-2004 - OFFICE - STAIR LIGHTS	THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III	0.6	145.64	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	191.67
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P DOE REF 1980-2004 - OFFICE - STAIR LIGHTS	THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P	0.6	145.64	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	191.67
THERMAL ZONE: STEPENISTE B DOE REF 1980-2004 - OFFICE - STAIR LIGHTS	THERMAL ZONE: STEPENISTE B	0.6	87.07	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	113.89
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - AUDITORIUM LIGHTS	THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	1.12	2943.13	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	3527.78
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - CLASSROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	1.52	9514.33	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	11405.56
THERMAL ZONE: JUG D-I DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - CLASSROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG D-I	1.52	9117.25	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	10930.56
THERMAL ZONE: JUG D-II DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - CLASSROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: JUG D-II	1.52	9117.25	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	10930.56
THERMAL ZONE: SEVER D-I DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - CLASSROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER D-I	1.52	10405.69	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	12475.0
THERMAL ZONE: SEVER D-II DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - CLASSROOM LIGHTS	THERMAL ZONE: SEVER D-II	1.52	10405.69	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	12475.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A DOE REF 1980-2004 - SECSCHL - LIBRARY LIGHTS	THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	1.12	4697.94	SCHOOL BLDG LIGHT 1*	22.99	22.99	0.0000	5630.56
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P LIGHTS 2	THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P LIGHTS 2	THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I LIGHTS 2	THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P LIGHTS 2	THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P LIGHTS 2	THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	1.18	2722.63	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3586.11
THERMAL ZONE: ZAPAD D-P LIGHTS 2	THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	1.18	2702.14	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	3558.33
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P LIGHTS 3	THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	0.69	1260.85	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	1661.11
THERMAL ZONE: ZAPAD D-I LIGHTS 3	THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	0.69	1587.03	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	2088.89
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA LIGHTS 5	THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	1.18	757.87	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	997.22
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG LIGHTS 8	THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	0.6	186.54	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	244.44
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER LIGHTS 8	THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	0.6	128.99	OFFICE BLDG LIGHT 2*	25.26	25.26	0.0000	169.44

Plug Loads Summary

Electric Plug Load Consumption

	Electricity Annual Value (kWh)
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	1502.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	1502.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	377.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	377.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	1580.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	1580.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	836.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	702.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	2825.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	836.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	1705.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	1483.33
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG A-I	1575.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG A-P	1575.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER A-I	4275.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER A-II	4275.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER A-P	4275.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK D-I	2438.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK D-P	2438.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	69.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	322.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	125.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	372.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	172.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	255.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	172.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	122.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	122.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P	122.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	169.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	169.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	169.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	275.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D	133.33
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	916.67
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	1388.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	2025.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	638.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	2450.0
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	12158.33
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER B-II	1894.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	6080.56

InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	6080.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A DEKANAT I	3386.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A DEKANAT P	3386.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	1658.33
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	1744.44
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	1880.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG D-P	1788.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER D-P	1830.56
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	738.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	1758.33
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG D-I	1686.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG D-II	1686.11
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER D-I	1922.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER D-II	1922.22
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	1177.78
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	2913.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	2891.67
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	766.67
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	963.89
InteriorEquipment:Electricity:Zone:THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	894.44

Exterior Lighting

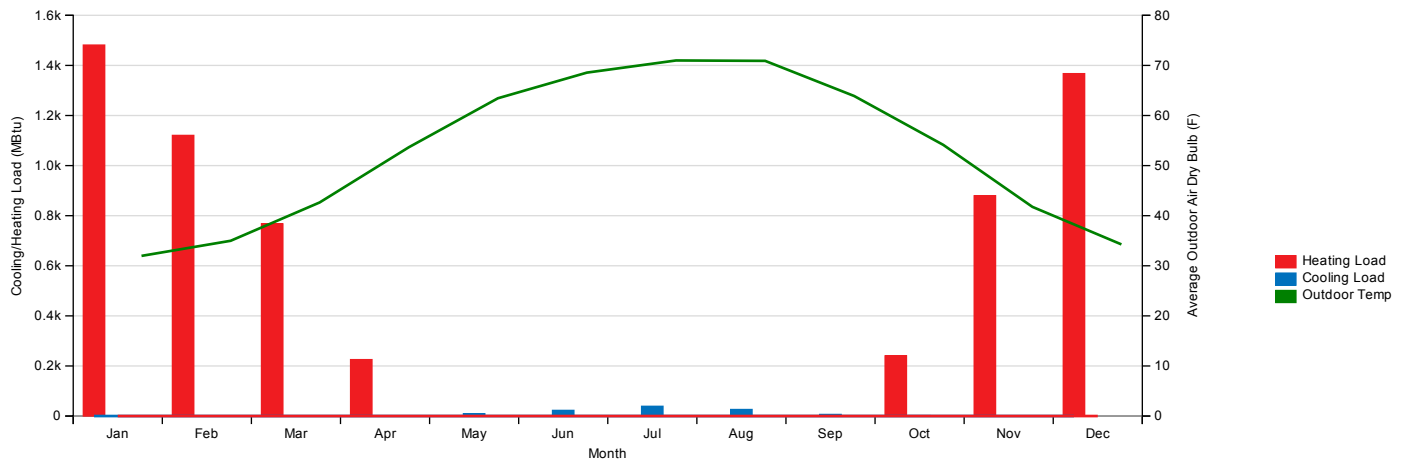
No Data to Show for Exterior Lighting

Water Use Equipment

No Data to Show for Water Use Equipment

HVAC Load Profiles

Monthly Load Profiles - view table



Zone Conditions

Temperature (Table values represent hours spent in each temperature range)

Zone	Unmet Htg (hr)	Unmet Htg (Occ) (F)	< 56 (F)	56- 61 (F)	61- 66 (F)	66- 68 (F)	68- 70 (F)	70- 72 (F)	72- 74 (F)	74- 76 (F)	76- 78 (F)	78- 83 (F)	>= 88 (hr)	Unmet Clg (F)	Unmet Clg (Occ)	Mean Temp (F)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	25	25	30	69	1060	502	1942	817	517	580	690	1703	719	5	5	73.6 (F)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	43	43	17	72	1253	625	2504	1169	747	624	506	884	347	0	0	71.6 (F)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	48	48	185	311	1535	551	2670	911	403	367	467	1013	308	0	0	70.6 (F)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	0	0	159	1464	1182	1705	960	408	406	356	475	1101	454	11	11	69.5 (F)
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	0	0	71	141	1286	486	2497	859	454	496	608	1347	482	3	3	72.1 (F)
THERMAL ZONE: A DEKANAT KROV	0	0	3095	979	783	316	361	346	381	435	423	841	540	0	0	64.0 (F)
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	0	0	55	161	1462	603	2666	1007	507	469	513	1026	291	2	2	71.1 (F)
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	13	13	40	587	3364	571	548	576	644	604	520	958	348	0	0	69.6 (F)
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ KROV	0	0	1963	1695	1037	353	357	456	436	512	578	1031	337	0	0	65.7 (F)
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	48	48	46	118	1306	513	2596	1014	553	593	498	1116	366	1	1	71.7 (F)
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA KOSI KROV	0	0	2568	1328	891	312	343	383	384	430	490	921	564	0	0	65.2 (F)
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA RAVAN KROV	0	0	2344	1533	958	336	357	385	414	431	470	936	500	0	0	65.3 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	40	40	117	243	1473	548	2807	909	431	427	345	740	497	0	0	71.3 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	49	49	179	286	1513	521	2834	862	369	382	326	669	518	0	0	71.2 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV	0	0	2141	1667	1001	328	344	376	372	416	441	941	573	0	0	65.8 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV 1	0	0	2711	1557	731	324	315	330	384	404	406	900	569	0	0	64.8 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	4	4	55	949	3989	575	582	609	528	482	366	574	51	0	0	67.5 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P KROV	0	0	2436	1695	930	390	415	444	494	500	449	749	236	0	0	64.3 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	28	28	41	447	2940	586	500	519	499	536	581	1112	734	0	0	71.4 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	16	16	63	624	3366	445	416	478	451	426	484	1108	729	0	0	70.6 (F)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	25	25	0	337	3414	841	794	819	839	670	497	547	2	0	0	68.8 (F)
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	30	30	59	186	1404	607	2790	1016	552	560	392	777	374	0	0	71.0 (F)
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR KROV	0	0	3535	796	672	242	255	311	446	445	383	878	646	0	0	63.0 (F)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-I	3	3	198	1194	3369	343	348	376	330	338	285	599	448	0	0	70.8 (F)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-II	3	3	319	1277	3528	346	349	312	332	288	240	522	410	0	0	69.8 (F)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III	4	4	336	1315	3768	369	361	354	323	301	241	521	402	0	0	68.3 (F)

THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P	2	2	148	1253	3878	495	499	472	412	339	284	565	338	0	0	67.6 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	85	85	17	76	1289	578	2615	971	612	505	417	801	617	0	0	72.3 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-KROV	0	0	2803	1185	768	260	288	335	342	379	430	985	644	0	0	65.5 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	1	1	41	86	1155	440	2273	863	411	446	625	1572	674	5	5	73.3 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	0	0	82	155	1244	460	2524	829	386	403	543	1418	591	8	8	72.5 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-KROV	0	0	246	2147	1833	384	278	267	337	394	412	1241	939	0	0	69.7 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	0	0	38	75	1121	424	2210	837	419	424	637	1651	732	2	2	73.6 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	82	82	16	64	1231	528	2509	965	569	542	443	872	626	0	0	72.8 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	0	0	64	139	1241	469	2363	825	422	409	561	1442	647	4	4	72.8 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	0	0	114	196	1323	486	2553	830	385	384	487	1312	559	6	6	72.1 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-KROV	0	0	2928	1106	743	259	276	339	346	385	403	969	633	0	0	65.2 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	47	47	38	140	1360	564	2589	962	499	459	361	740	591	0	0	72.4 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK D-KROV	0	0	3389	861	654	234	179	232	331	439	368	941	830	0	0	64.2 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	0	0	56	103	1302	469	2786	847	392	395	598	1506	304	2	2	71.9 (F)
THERMAL ZONE: ISTOK D-P	0	0	31	95	1349	507	2895	1031	517	562	677	1046	50	0	0	71.1 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	31	31	99	168	1310	478	2106	714	400	354	351	716	579	0	0	75.8 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	29	29	113	205	1357	483	2266	736	410	379	378	763	591	0	0	74.1 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	0	0	134	270	1507	555	2733	922	482	401	470	1041	245	0	0	70.7 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-KROV	0	0	3324	1021	772	322	339	361	396	425	396	781	462	0	0	62.8 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	32	32	61	150	1411	566	2384	872	504	464	379	788	558	0	0	72.8 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 C-KROV	0	0	2059	1484	981	256	249	297	337	336	407	1163	843	0	0	67.2 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	0	0	72	135	1242	464	2431	820	387	434	588	1466	613	1	1	72.6 (F)
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	41	41	44	126	1324	521	2639	934	510	502	438	816	599	0	0	72.3 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	0	0	66	121	1216	501	2071	755	485	444	579	1449	770	1	1	73.5 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	0	0	96	158	1294	486	2226	757	431	420	555	1412	714	0	0	72.9 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	41	41	44	111	1324	568	2270	916	553	491	419	852	613	0	0	73.1 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 C-KROVO	0	0	2038	1451	990	265	233	283	332	333	391	1188	868	0	0	67.5 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	0	0	71	125	1223	447	2408	808	387	424	583	1502	653	1	1	72.8 (F)
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	40	40	43	109	1283	507	2579	916	500	491	446	837	631	0	0	72.7 (F)
THERMAL ZONE: JUG A-KROV 1	0	0	2186	1478	990	328	323	388	364	427	473	1018	611	0	0	66.1 (F)
THERMAL ZONE: JUG A	0	0	3077	1093	861	356	374	362	422	452	397	778	422	0	0	63.6

KROV 2																(F)
THERMAL ZONE: JUG A-I	0	0	78	161	1313	514	2482	848	483	510	600	1297	444	0	0	71.9 (F)
THERMAL ZONE: JUG A-P	0	0	41	151	1465	639	2714	1054	627	488	515	920	146	0	0	70.8 (F)
THERMAL ZONE: JUG D KROV	0	0	3311	853	621	259	210	228	239	399	397	852	846	0	0	64.6 (F)
THERMAL ZONE: JUG D-I	20	20	66	110	1217	445	2500	865	468	442	386	1034	729	0	0	73.2 (F)
THERMAL ZONE: JUG D-II	8	8	78	115	1231	428	2591	835	405	400	335	998	751	0	0	73.4 (F)
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	0	0	200	286	1484	510	2857	784	333	366	316	668	500	0	0	71.5 (F)
THERMAL ZONE: JUG D-P	20	20	92	174	1459	602	2917	935	474	471	418	774	385	0	0	70.9 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	4	4	135	1115	3617	374	422	412	406	369	294	587	449	0	0	69.6 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1 KROV	0	0	3265	908	703	285	313	336	346	384	401	899	619	0	0	63.8 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	12	12	69	968	3775	448	450	462	498	424	344	661	400	0	0	69.0 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2 KROV	0	0	2583	1340	879	318	335	358	385	407	456	956	566	0	0	65.4 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	11	11	91	1077	3987	488	472	537	428	352	337	636	331	0	0	67.8 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1 KROV	0	0	3263	1070	757	362	374	398	444	453	409	776	384	0	0	63.0 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	3	3	88	1215	4299	554	590	501	473	371	284	366	19	0	0	66.5 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2 KROV	0	0	3099	1387	900	407	453	477	497	469	383	590	98	0	0	62.6 (F)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	39	39	0	599	4072	890	787	859	743	524	251	35	0	0	0	67.1 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C KROV	0	0	2218	1526	888	232	239	279	303	332	385	1128	872	0	0	67.0 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	0	0	69	127	1198	465	2565	843	357	376	566	1477	627	2	2	72.6 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	42	42	44	141	1338	541	2739	923	479	467	401	819	578	0	0	72.1 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C KROV	0	0	2263	1548	898	228	268	314	323	366	435	1085	770	0	0	66.5 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	0	0	78	172	1285	497	2560	841	402	416	573	1362	507	2	2	72.1 (F)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	43	43	50	168	1409	589	2810	933	517	439	375	788	519	0	0	71.5 (F)
THERMAL ZONE: SEVER A KROV	0	0	2963	1097	763	281	282	348	336	363	388	944	630	0	0	65.0 (F)
THERMAL ZONE: SEVER A-I	80	80	5	37	938	551	2181	1008	591	516	462	1343	889	0	0	73.8 (F)
THERMAL ZONE: SEVER A-II	64	64	41	80	1171	438	2484	863	424	442	370	1077	813	0	0	73.7 (F)
THERMAL ZONE: SEVER A-P	78	78	0	22	1064	646	2601	1390	921	815	602	687	12	0	0	71.2 (F)
THERMAL ZONE: SEVER B-II	70	70	72	152	1320	512	2576	900	445	453	439	857	609	0	0	72.5 (F)
THERMAL ZONE: SEVER D KROV	0	0	3501	797	628	223	193	262	306	431	388	835	796	0	0	63.7 (F)
THERMAL ZONE: SEVER D-I	28	28	52	131	1318	444	2791	939	454	411	467	1004	604	0	0	72.1 (F)
THERMAL ZONE: SEVER D-II	12	12	83	144	1311	432	2784	879	406	374	379	1004	625	0	0	72.4 (F)

THERMAL ZONE: SEVER D-P	29	29	52	161	1465	622	3017	970	517	529	430	773	222	0	0	70.6 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A KROV	0	0	2876	1250	689	258	253	310	336	426	428	996	734	0	0	65.3 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	20	20	15	160	2887	839	606	445	412	407	446	1353	1010	0	0	72.1 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	9	9	70	751	3569	390	326	329	351	376	400	1073	784	0	0	70.7 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P	14	14	0	83	3265	1048	755	665	696	752	577	870	49	0	0	69.6 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A KROV	0	0	1802	1865	1030	281	270	316	369	379	403	1036	718	0	0	67.0 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	34	34	27	487	3610	509	399	405	421	432	499	1234	661	0	0	70.4 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	10	10	58	689	3708	371	310	339	372	400	425	1128	796	0	0	70.4 (F)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	31	31	0	316	3779	721	673	647	704	710	545	637	28	0	0	68.7 (F)
THERMAL ZONE: STEPENISTE B	3	3	208	1315	4020	454	461	440	351	316	277	539	315	0	0	67.2 (F)
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	0	0	243	1216	3879	304	277	332	331	320	262	624	433	0	0	69.0 (F)
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	0	0	197	1174	3793	327	306	311	345	326	303	649	493	0	0	69.3 (F)
THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	1	1	122	1051	3298	390	335	374	422	406	392	784	543	0	0	70.6 (F)
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C KROV	0	0	2745	1204	767	242	284	293	357	334	399	1006	766	0	0	65.9 (F)
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	0	0	94	1035	3739	472	479	478	468	492	377	725	369	0	0	68.4 (F)
THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D	0	0	3710	823	925	391	382	375	307	257	255	477	388	0	0	60.2 (F)
THERMAL ZONE: ZAPAD D KROV	0	0	3697	693	602	205	199	253	319	420	346	850	783	0	0	63.2 (F)
THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	0	0	104	1042	3756	322	325	379	374	363	410	862	528	0	0	69.5 (F)
THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	61	61	31	102	1395	532	2941	956	479	543	567	985	227	0	0	71.2 (F)

Humidity (Table values represent hours spent in each Humidity range)

Zone	< 30 (%)	30-35 (%)	35-40 (%)	40-45 (%)	45-50 (%)	50-55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	>= 80 (%)	Mean Relative Humidity (%)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	2279	986	1335	1347	1019	716	581	303	136	55	3	39.3 (%)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	1462	647	654	685	816	890	950	849	741	461	307	49.6 (%)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	2630	912	832	758	708	601	569	551	529	365	190	42.4 (%)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	2058	792	1132	1101	913	642	569	547	462	317	147	43.2 (%)
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	2295	972	1077	1095	1013	762	663	469	252	108	50	40.7 (%)
THERMAL ZONE: A DEKANAT KROV	4109	703	739	744	802	581	440	332	159	74	32	34.7 (%)
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	2430	926	874	848	825	722	712	576	442	288	97	42.1 (%)
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	1952	1071	966	994	951	915	821	583	351	124	32	42.3 (%)
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ KROV	4266	1027	1284	1161	779	186	34	23	0	0	0	31.0 (%)
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	1397	591	628	717	975	1079	1198	878	599	347	155	48.7 (%)

THERMAL ZONE: B SVECANA SALA KOSI KROV	4158	869	986	1099	747	556	228	69	23	17	8	32.3 (%)
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA RAVAN KROV	4117	943	1121	1203	721	474	111	42	15	13	0	32.0 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	2689	953	884	751	672	717	705	658	394	225	92	41.0 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	2711	986	926	716	678	609	615	591	430	262	153	41.2 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV	4153	1011	1218	1179	695	379	83	19	23	0	0	31.4 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV 1	3949	713	1151	1382	823	501	167	37	21	16	0	32.7 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	1717	970	773	807	809	787	931	767	670	359	152	45.7 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P KROV	3925	896	1243	1455	836	320	54	31	0	0	0	32.6 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	2088	1201	1193	1153	1030	924	643	333	141	48	6	40.0 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	1797	1163	1198	1239	1146	991	645	350	161	63	7	41.0 (%)
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	1792	1060	836	787	878	949	907	765	502	225	52	44.3 (%)
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	1306	499	473	476	561	646	888	751	664	535	395	57.2 (%)
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR KROV	3931	591	588	669	883	722	465	369	263	154	75	36.3 (%)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-I	2572	1166	972	778	616	553	554	520	453	269	168	41.6 (%)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-II	2420	1144	984	763	608	491	488	488	436	402	235	43.2 (%)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III	2014	1130	1004	814	642	516	505	552	508	452	281	45.1 (%)
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P	1861	982	915	835	693	599	614	658	665	468	315	45.9 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	2240	1047	1034	921	806	841	734	588	331	184	33	41.5 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A KROV	4160	745	894	1038	838	570	341	103	35	13	17	32.6 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	2321	1119	1427	1324	900	616	540	290	159	57	7	38.8 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	2473	1081	1265	1138	878	602	593	376	190	115	44	39.2 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A KROV	4882	1860	1597	360	61	0	0	0	0	0	0	27.0 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	2424	1145	1540	1332	805	622	463	255	132	38	4	38.0 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	2278	1120	1095	929	856	820	698	523	297	123	21	40.7 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	2550	1101	1271	1167	824	554	583	361	211	108	26	38.9 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	2592	1044	1174	1046	773	579	540	480	278	153	76	39.7 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-KROV	4137	729	835	921	857	575	424	164	61	24	11	33.1 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	2462	1125	1071	842	749	705	646	567	337	202	48	40.6 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK D KROV	4041	588	621	783	916	658	444	307	211	139	12	34.9 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	2332	982	942	1071	1207	881	682	333	217	94	19	40.2 (%)
THERMAL ZONE: ISTOK D-P	2335	950	747	811	937	992	888	611	337	124	28	41.8 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	3559	1136	854	639	606	547	562	423	209	141	61	36.8 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	3186	1155	904	680	628	591	611	484	259	157	71	38.4 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	2443	901	840	803	820	715	679	607	490	271	137	42.5 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-KROV	3857	679	771	774	852	631	447	329	236	81	43	36.0 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	2876	1046	889	691	661	660	678	548	391	213	91	40.2 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 C KROV	4427	963	1102	996	669	447	100	32	17	7	0	30.4 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	2453	1044	1206	1169	953	631	626	362	187	92	33	39.3 (%)
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	2451	1028	996	869	889	799	769	486	319	110	41	40.6 (%)
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	2796	983	1177	995	804	664	578	396	217	108	37	38.6 (%)

THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	2776	948	1115	967	790	662	623	449	231	130	50	39.2 (%)
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	2777	1080	925	764	702	718	656	496	387	183	64	40.0 (%)
THERMAL ZONE: JUG 2 C KROVO	4472	951	1098	976	663	444	100	32	17	7	0	30.2 (%)
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	2473	1073	1228	1194	949	640	593	327	162	86	33	39.0 (%)
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	2494	1055	1071	887	913	802	703	418	284	97	34	40.0 (%)
THERMAL ZONE: JUG A KROV 1	4328	951	1100	1098	675	456	100	28	19	5	0	31.1 (%)
THERMAL ZONE: JUG A KROV 2	3948	765	836	847	878	619	450	237	88	49	13	34.7 (%)
THERMAL ZONE: JUG A-I	2374	985	1093	1073	879	711	702	492	260	125	60	40.6 (%)
THERMAL ZONE: JUG A-P	2293	927	814	792	843	778	797	656	499	253	94	42.8 (%)
THERMAL ZONE: JUG D KROV	4136	561	645	667	759	623	413	350	260	224	69	35.1 (%)
THERMAL ZONE: JUG D-I	1936	913	994	1062	1315	976	737	432	251	107	37	41.9 (%)
THERMAL ZONE: JUG D-II	1946	949	1032	1121	1329	917	701	377	244	110	34	41.5 (%)
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	2667	1058	869	760	691	652	680	527	382	250	114	41.2 (%)
THERMAL ZONE: JUG D-P	2529	877	772	740	805	797	894	653	396	201	83	41.9 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	2198	1169	1036	831	691	612	588	579	478	316	183	42.8 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1 KROV	4063	629	686	691	762	654	427	377	279	86	50	35.4 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	1942	1124	958	932	800	794	728	667	450	273	80	43.2 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2 KROV	4133	849	1017	1233	841	513	120	30	23	1	0	32.0 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	1823	939	910	954	835	695	692	670	562	386	222	45.1 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1 KROV	3881	673	807	876	971	616	478	290	91	32	19	35.3 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	1732	916	752	662	692	669	749	804	744	596	309	47.5 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2 KROV	3617	799	1042	1476	1006	572	169	48	20	11	0	34.5 (%)
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	1723	1066	767	611	704	873	859	895	697	363	180	46.0 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C KROV	4311	891	1112	1096	710	465	112	33	20	10	0	30.7 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	2382	1053	1215	1206	1024	757	536	324	158	79	22	39.3 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	2400	1022	982	898	886	796	770	511	318	138	35	40.9 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C KROV	4238	893	1134	1137	724	459	112	35	20	8	0	31.1 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	2361	1010	1150	1120	954	704	622	427	230	133	44	40.2 (%)
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	2367	980	879	866	797	799	814	612	402	187	51	41.8 (%)
THERMAL ZONE: SEVER A KROV	4116	725	823	915	885	590	417	168	63	26	10	33.3 (%)
THERMAL ZONE: SEVER A-I	1180	976	1053	1347	1312	1234	820	507	235	92	4	44.0 (%)
THERMAL ZONE: SEVER A-II	1921	1068	1323	1258	1206	871	566	336	159	51	1	40.4 (%)
THERMAL ZONE: SEVER A-P	1186	894	851	901	841	966	906	963	674	371	146	47.9 (%)
THERMAL ZONE: SEVER B-II	2332	1057	1058	935	955	831	785	454	220	105	26	40.5 (%)
THERMAL ZONE: SEVER D KROV	3995	562	593	647	783	725	426	358	232	241	122	36.2 (%)
THERMAL ZONE: SEVER D-I	1838	766	829	848	1076	1181	887	680	380	185	68	44.1 (%)
THERMAL ZONE: SEVER D-II	1883	798	896	934	1190	1072	838	567	310	193	63	43.4 (%)
THERMAL ZONE: SEVER D-P	2405	905	671	675	770	931	979	682	477	218	44	42.7 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A KROV	4094	691	921	1171	847	577	321	84	22	20	12	32.7 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	1874	1269	1430	1346	1183	859	480	242	70	7	0	39.5 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	1804	1244	1378	1239	1089	844	591	303	198	62	8	40.5 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1	1699	1167	963	881	921	1089	886	680	328	136	10	43.3 (%)

A-P												
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A KROV	4269	1045	1359	1224	666	147	34	16	0	0	0	30.2 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	1554	1091	1234	1344	1280	1084	660	372	119	22	0	41.6 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	1562	1095	1279	1387	1356	933	607	339	163	38	1	41.3 (%)
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	1561	1071	948	844	941	1028	959	825	398	174	11	44.5 (%)
THERMAL ZONE: STEPENISTE B	1804	927	909	844	714	595	588	620	623	563	368	46.6 (%)
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	1910	1199	1148	932	731	573	569	553	421	322	217	43.7 (%)
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	1937	1196	1140	994	772	606	612	532	417	251	166	43.1 (%)
THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	2129	1271	1131	927	825	714	662	533	298	161	80	41.3 (%)
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C KROV	4191	775	894	1040	790	584	346	89	25	16	10	32.2 (%)
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	1781	974	944	930	892	808	853	746	420	279	108	44.3 (%)
THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D	385	454	528	607	667	793	904	983	1066	1069	768	58.3 (%)
THERMAL ZONE: ZAPAD D KROV	3908	533	541	567	767	838	504	377	256	236	154	36.9 (%)
THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	1779	1106	1063	1031	1104	938	687	497	299	177	70	42.5 (%)
THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	2118	908	822	770	938	1060	933	655	369	134	52	42.8 (%)

Zone Overview

Zone Summary

	Area (ft ²)	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume (ft ³)	Multiplier	Gross Wall Area (ft ²)	Window Glass Area (ft ²)	Lighting (W/ft ²)	People (ft ² /person)	Plug and Process (W/ft ²)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	4194.59	Yes	Yes	56698.4	1.00	1486.07	692.87	1.18	199.99	2.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	4194.59	Yes	Yes	56698.4	1.00	1486.07	691.8	1.12	46.82	0.23
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	2097.35	Yes	Yes	33303.5	1.00	1563.35	57.48	1.18	199.99	2.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	2097.35	Yes	Yes	33303.5	1.00	1315.67	277.82	1.18	199.99	2.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	2433.72	Yes	Yes	22647.65	1.00	1398.34	324.21	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: A DEKANAT KROV	2433.72	No	Yes	20121.24	1.00	1319.87	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	2433.72	Yes	Yes	33005.44	1.00	2037.82	610.64	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	466.72	Yes	Yes	12617.58	1.00	240.36	82.24	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ KROV	466.72	No	Yes	1225.07	1.00	23.36	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	6259.43	Yes	Yes	82144.74	1.00	2143.2	826.78	1.52	43.06	0.23
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA KOSI KROV	5297.89	No	Yes	40099.45	1.00	1266.48	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA RAVAN KROV	2095.3	No	Yes	7423.85	1.00	317.86	0.0	0.0	0.0	0.0

THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	2137.6	Yes	Yes	30335.3	1.00	1948.27	500.52	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	834.74	Yes	Yes	27360.75	1.00	1197.92	259.73	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV	753.47	No	Yes	2027.06	1.00	127.98	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II KROV 1	834.74	No	Yes	2190.92	1.00	124.97	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	2460.52	Yes	Yes	33334.22	1.00	1682.29	393.31	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P KROV	322.92	No	Yes	847.55	1.00	43.06	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	1142.16	Yes	Yes	14988.96	1.00	232.5	0.0	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	1691.44	Yes	Yes	20088.75	1.00	217.65	0.0	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	1142.16	Yes	Yes	13864.89	1.00	215.06	0.0	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	2627.79	Yes	Yes	52575.42	1.00	2184.21	879.73	1.12	10.76	0.23
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR KROV	2628.01	No	Yes	7774.17	1.00	469.41	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B- I	243.05	Yes	Yes	3189.62	1.00	494.92	161.46	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B- II	243.05	Yes	Yes	2886.62	1.00	627.11	142.08	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B- III	243.05	Yes	Yes	1566.56	1.00	279.0	43.06	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B- P	243.05	Yes	Yes	2950.54	1.00	445.84	0.0	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	1191.24	Yes	Yes	16102.08	1.00	577.38	344.77	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A KROV	1191.24	No	Yes	8207.48	1.00	423.24	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	1191.24	Yes	Yes	16102.08	1.00	577.38	344.77	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	1191.24	Yes	Yes	18290.88	1.00	891.9	344.77	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A KROV	299.24	No	Yes	2061.32	1.00	28.2	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	299.24	Yes	Yes	4044.24	1.00	144.99	81.7	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	299.24	Yes	Yes	4044.24	1.00	144.99	81.7	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	1254.32	Yes	Yes	16955.28	1.00	985.01	537.87	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	1254.32	Yes	Yes	19259.91	1.00	1354.85	530.77	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-KROV	1254.32	No	Yes	8642.21	1.00	502.35	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	1254.32	Yes	Yes	16955.28	1.00	985.01	529.26	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: ISTOK D KROV	4873.68	No	Yes	7994.89	1.00	428.3	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	4873.68	Yes	Yes	43972.06	1.00	2355.36	1020.42	1.09	210.54	0.41

THERMAL ZONE: ISTOK D-P	4873.68	Yes	Yes	43971.7	1.00	2355.36	1021.5	1.09	210.54	0.41
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	662.95	Yes	Yes	8183.47	1.00	835.6	279.0	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	557.89	Yes	Yes	6626.44	1.00	763.16	209.25	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	2241.05	Yes	Yes	31714.34	1.00	2203.7	217.0	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 1 B-KROV	2241.05	No	Yes	12160.61	1.00	875.54	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	662.95	Yes	Yes	8048.21	1.00	748.2	279.0	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 1 C KROV	2310.47	No	Yes	7169.94	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	2310.47	Yes	Yes	22740.88	1.00	1462.82	539.27	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	2310.47	Yes	Yes	27289.06	1.00	1755.38	888.45	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	1351.84	Yes	Yes	17740.68	1.00	1139.68	403.0	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	1351.84	Yes	Yes	6010.91	1.00	1288.98	403.0	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	1175.96	Yes	Yes	14275.25	1.00	985.76	403.0	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 2 C KROVO	2310.47	No	Yes	7169.94	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	2310.47	Yes	Yes	22740.88	1.00	1462.82	539.27	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	2310.47	Yes	Yes	27289.06	1.00	1755.38	888.45	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG A KROV 1	813.75	No	Yes	2189.16	1.00	117.11	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG A KROV 2	435.94	No	Yes	2731.94	1.00	299.13	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG A-I	1249.69	Yes	Yes	16892.06	1.00	745.08	359.19	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG A-P	1249.69	Yes	Yes	16892.06	1.00	745.08	342.83	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: JUG D KROV	5998.19	No	Yes	29518.82	1.00	2689.15	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-I	5998.19	Yes	Yes	80684.48	1.00	5202.74	2057.2	1.52	43.06	0.23
THERMAL ZONE: JUG D-II	5998.19	Yes	Yes	80684.12	1.00	5386.37	2186.37	1.52	43.06	0.23
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	643.14	Yes	Yes	6936.51	1.00	1042.05	504.83	1.18	190.52	0.96
THERMAL ZONE: JUG D-P	6687.08	Yes	Yes	104522.23	1.00	7068.34	1460.34	1.09	190.52	0.22
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	2344.38	Yes	Yes	69685.37	1.00	4051.21	1386.82	0.69	0.0	0.27
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1 KROV	2344.38	No	Yes	9229.84	1.00	625.17	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	3552.09	Yes	Yes	70855.35	1.00	3085.37	1158.2	0.69	0.0	0.27
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2 KROV	3552.09	No	Yes	37641.9	1.00	1023.22	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	5174.64	Yes	Yes	93374.45	1.00	4122.25	1071.76	0.69	0.0	0.27
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1 KROV	5174.64	No	Yes	24616.79	1.00	1064.34	0.0	0.0	0.0	0.0

THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	1631.81	Yes	Yes	19808.7	1.00	1278.43	312.58	0.69	0.0	0.27
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2 KROV	1631.81	No	Yes	4832.81	1.00	210.54	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	6259.43	Yes	Yes	75983.75	1.00	1302.33	78.47	0.69	0.0	0.27
THERMAL ZONE: SEVER 1 C KROV	2310.47	No	Yes	7169.94	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	2310.47	Yes	Yes	22740.88	1.00	1462.82	539.27	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	2310.47	Yes	Yes	27289.06	1.00	1755.38	888.45	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER 2 C KROV	2310.47	No	Yes	7169.94	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	2310.47	Yes	Yes	22740.88	1.00	1462.82	539.27	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	2310.47	Yes	Yes	27289.06	1.00	1755.38	888.45	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER A KROV	3390.63	No	Yes	39268.14	1.00	1474.55	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-I	3390.63	Yes	Yes	45831.38	1.00	465.65	239.28	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER A-II	3390.63	Yes	Yes	52060.88	1.00	965.2	425.07	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER A-P	3390.63	Yes	Yes	45831.38	1.00	465.65	239.28	1.18	210.54	0.87
THERMAL ZONE: SEVER B-II	654.02	Yes	Yes	7767.11	1.00	458.76	146.6	1.18	199.99	2.0
THERMAL ZONE: SEVER D KROV	6845.85	No	Yes	33690.19	1.00	2034.38	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-I	6845.85	Yes	Yes	92086.53	1.00	5106.61	1497.26	1.52	43.06	0.23
THERMAL ZONE: SEVER D-II	6845.85	Yes	Yes	92086.53	1.00	5560.64	2261.07	1.52	43.06	0.23
THERMAL ZONE: SEVER D-P	6845.85	Yes	Yes	96578.55	1.00	5060.33	2203.8	1.09	190.52	0.22
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A KROV	807.29	No	Yes	1674.97	1.00	42.84	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	807.29	Yes	Yes	10912.23	1.00	110.87	65.98	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	807.29	Yes	Yes	20738.54	1.00	429.91	65.98	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P	807.29	Yes	Yes	10912.23	1.00	110.87	65.98	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A KROV	1130.21	No	Yes	4597.97	1.00	93.43	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	1130.21	Yes	Yes	15277.13	1.00	155.22	92.03	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	1130.21	Yes	Yes	12051.13	1.00	213.99	45.85	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	1130.21	Yes	Yes	15277.13	1.00	155.22	92.03	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: STEPENISTE B	145.31	Yes	Yes	5396.79	1.00	714.4	0.0	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	311.29	Yes	Yes	17214.49	1.00	2575.16	1305.77	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	215.28	Yes	Yes	10400.17	1.00	1572.07	755.2	0.6	0.0	0.0
THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	1821.79	Yes	Yes	17931.02	1.00	1828.03	458.43	0.69	999.97	0.1

THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C KROV	1821.79	No	Yes	2655.31	1.00	15.07	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	1821.79	Yes	Yes	21517.23	1.00	2193.68	633.35	0.69	999.97	0.29
THERMAL ZONE: TOPLI PRELAZ B-D	876.83	No	Yes	7070.7	1.00	1478.21	515.91	0.69	999.97	0.1
THERMAL ZONE: ZAPAD D KROV	2293.04	No	Yes	6085.07	1.00	344.34	0.0	0.0	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	2293.04	Yes	Yes	24728.39	1.00	1710.6	779.63	0.69	999.97	0.29
THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	2293.04	Yes	Yes	19065.68	1.00	1078.87	129.38	1.18	210.54	0.87
Total	239273.34			2651219.64		134827.99	41621.46	0.78	156.83	0.38
Conditioned Total	168222.7			2295960.85		117366.35	41105.54	1.11	110.33	0.54
Unconditioned Total	71050.74			355258.82		17461.65	515.91	0.01	81027.38	0.0
Not Part of Total	0.0			0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Zone Sensible Cooling and Heating Sensible Sizing

	Heating/Cooling	Calculated Design Load	Design Load With Sizing Factor	Calculated Design Air Flow (ft ³ /min)	Design Air Flow With Sizing Factor (ft ³ /min)	Date/Time Of Peak	Outdoor Temperature at Peak Load (F)	Outdoor Humidity Ratio at Peak Load (lbWater/lbAir)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	Cooling	7.72 (ton)	8.87 (ton)	4733.58	5443.4	7/21 14:30:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	Heating	40.4 (kBtu/h)	50.5 (kBtu/h)	1086.99	1358.2	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	Cooling	4.12 (ton)	4.74 (ton)	2527.82	2907.1	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	Heating	52.23 (kBtu/h)	65.29 (kBtu/h)	1406.94	1758.67	1/21 06:30:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	Cooling	4.73 (ton)	5.44 (ton)	2902.87	3339.35	7/21 15:45:00	91.89	0.01
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	Heating	84.75 (kBtu/h)	105.94 (kBtu/h)	2277.8	2847.77	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	Cooling	5.15 (ton)	5.93 (ton)	3161.37	3636.0	7/21 10:15:00	85.62	0.01
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	Heating	80.46 (kBtu/h)	100.58 (kBtu/h)	2163.38	2703.69	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	Cooling	3.91 (ton)	4.5 (ton)	2398.57	2758.78	7/21 10:30:00	86.41	0.01
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	Heating	49.19 (kBtu/h)	61.48 (kBtu/h)	1322.18	1654.85	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	Cooling	3.73 (ton)	4.29 (ton)	2288.39	2633.77	7/21 10:45:00	87.21	0.01
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	Heating	57.98 (kBtu/h)	72.47 (kBtu/h)	1559.5	1949.37	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	Cooling	0.77 (ton)	0.88 (ton)	470.39	540.31	7/21 13:00:00	91.78	0.01
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	Heating	14.7 (kBtu/h)	18.38 (kBtu/h)	396.23	495.82	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	Cooling	6.8 (ton)	7.82 (ton)	4176.31	4803.5	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	Heating	90.81 (kBtu/h)	113.52 (kBtu/h)	2445.19	3055.43	1/21 06:15:00	12.2	0.0

THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	Cooling	3.08 (ton)	3.54 (ton)	1890.04	2173.97	7/21 15:15:00	92.52	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	Heating	72.99 (kBtu/h)	91.23 (kBtu/h)	1966.32	2455.78	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	Cooling	1.89 (ton)	2.17 (ton)	1156.91	1330.66	7/21 16:45:00	90.32	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	Heating	39.56 (kBtu/h)	49.45 (kBtu/h)	1065.8	1330.66	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	Cooling	1.54 (ton)	1.77 (ton)	942.9	1084.87	7/21 15:30:00	92.21	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	Heating	54.83 (kBtu/h)	68.54 (kBtu/h)	1476.86	1845.54	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	Cooling	1.18 (ton)	1.36 (ton)	726.78	834.84	7/21 14:45:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	Heating	13.58 (kBtu/h)	16.97 (kBtu/h)	366.57	457.68	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	Cooling	1.46 (ton)	1.68 (ton)	896.29	1029.78	7/21 14:45:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	Heating	24.13 (kBtu/h)	30.17 (kBtu/h)	650.5	811.53	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	Cooling	0.48 (ton)	0.55 (ton)	294.52	336.9	7/21 14:45:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	Heating	9.75 (kBtu/h)	12.19 (kBtu/h)	262.74	328.43	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	Cooling	6.47 (ton)	7.44 (ton)	3970.78	4566.19	7/21 13:45:00	92.57	0.01
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	Heating	106.35 (kBtu/h)	132.94 (kBtu/h)	2864.73	3663.54	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	Cooling	2.14 (ton)	2.46 (ton)	1313.71	1510.76	7/21 09:45:00	83.95	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	Heating	18.02 (kBtu/h)	22.53 (kBtu/h)	485.22	606.0	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	Cooling	3.25 (ton)	3.74 (ton)	1995.98	2294.75	7/21 09:15:00	82.15	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	Heating	18.96 (kBtu/h)	23.7 (kBtu/h)	510.65	637.78	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	Cooling	3.37 (ton)	3.88 (ton)	2070.15	2379.5	7/21 09:15:00	82.15	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	Heating	31.73 (kBtu/h)	39.66 (kBtu/h)	853.91	1067.92	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	Cooling	1.02 (ton)	1.17 (ton)	627.19	720.42	7/21 09:30:00	83.05	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	Heating	5.71 (kBtu/h)	7.14 (kBtu/h)	154.68	192.82	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	Cooling	0.71 (ton)	0.81 (ton)	434.37	497.94	7/21 09:45:00	83.95	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	Heating	5.25 (kBtu/h)	6.56 (kBtu/h)	141.96	175.87	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	Cooling	3.71 (ton)	4.26 (ton)	2273.56	2614.7	7/21 09:30:00	83.05	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	Heating	32.09 (kBtu/h)	40.11 (kBtu/h)	862.38	1078.51	1/21 06:00:00	12.2	0.0

THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	Cooling	3.85 (ton)	4.42 (ton)	2360.43	2714.29	7/21 09:45:00	83.95	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	Heating	46.54 (kBtu/h)	58.17 (kBtu/h)	1252.26	1563.73	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	Cooling	2.58 (ton)	2.97 (ton)	1584.92	1822.24	7/21 10:00:00	84.83	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	Heating	30.62 (kBtu/h)	38.28 (kBtu/h)	824.24	1031.89	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	Cooling	6.0 (ton)	6.9 (ton)	3680.49	4231.4	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	Heating	128.34 (kBtu/h)	160.42 (kBtu/h)	3453.77	4316.16	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK D-P	Cooling	4.03 (ton)	4.63 (ton)	2472.73	2843.54	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: ISTOK D-P	Heating	89.48 (kBtu/h)	111.84 (kBtu/h)	2407.05	3008.81	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	Cooling	2.83 (ton)	3.26 (ton)	1737.48	1998.1	7/21 13:30:00	92.32	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	Heating	26.61 (kBtu/h)	33.26 (kBtu/h)	716.18	896.29	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	Cooling	1.93 (ton)	2.22 (ton)	1182.34	1360.32	7/21 13:30:00	92.32	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	Heating	23.69 (kBtu/h)	29.61 (kBtu/h)	637.78	796.7	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	Cooling	3.43 (ton)	3.94 (ton)	2104.05	2419.76	7/21 14:45:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	Heating	70.93 (kBtu/h)	88.67 (kBtu/h)	1906.99	2383.74	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	Cooling	1.66 (ton)	1.91 (ton)	1017.06	1169.62	7/21 13:45:00	92.57	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	Heating	22.4 (kBtu/h)	28.0 (kBtu/h)	603.88	754.32	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	Cooling	4.81 (ton)	5.54 (ton)	2953.72	3396.56	7/21 16:00:00	91.58	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	Heating	51.56 (kBtu/h)	64.45 (kBtu/h)	1387.87	1733.24	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	Cooling	4.12 (ton)	4.73 (ton)	2525.71	2902.87	7/21 16:30:00	90.73	0.01
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	Heating	54.35 (kBtu/h)	67.94 (kBtu/h)	1464.15	1828.59	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	Cooling	3.43 (ton)	3.95 (ton)	2106.17	2421.88	7/21 13:30:00	92.32	0.01
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	Heating	34.8 (kBtu/h)	43.5 (kBtu/h)	936.54	1169.62	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	Cooling	3.62 (ton)	4.16 (ton)	2220.59	2555.37	7/21 13:45:00	92.57	0.01
THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	Heating	42.88 (kBtu/h)	53.6 (kBtu/h)	1152.67	1440.84	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	Cooling	2.31 (ton)	2.66 (ton)	1419.65	1633.66	7/21 13:45:00	92.57	0.01
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	Heating	29.54 (kBtu/h)	36.92 (kBtu/h)	794.58	993.75	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	Cooling	4.94 (ton)	5.68 (ton)	3032.12	3485.56	7/21 16:00:00	91.58	0.01
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	Heating	51.77 (kBtu/h)	64.72 (kBtu/h)	1392.1	1741.72	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	Cooling	4.34 (ton)	4.99 (ton)	2661.31	3059.66	7/21 16:15:00	91.15	0.01
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	Heating	54.64 (kBtu/h)	68.3 (kBtu/h)	1470.5	1839.19	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE:	Cooling	2.29 (ton)	2.63 (ton)	1402.7	1612.47	7/21	92.05	0.01

JUG A-I						13:15:00		
THERMAL ZONE: JUG A-I	Heating	28.27 (kBtu/h)	35.34 (kBtu/h)	760.68	951.38	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG A-P	Cooling	1.56 (ton)	1.8 (ton)	957.73	1101.82	7/21 12:45:00	91.36	0.01
THERMAL ZONE: JUG A-P	Heating	23.97 (kBtu/h)	29.96 (kBtu/h)	644.14	807.29	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-I	Cooling	11.32 (ton)	13.02 (ton)	6943.57	7983.94	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: JUG D-I	Heating	193.57 (kBtu/h)	241.96 (kBtu/h)	5212.44	6515.56	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-II	Cooling	12.79 (ton)	14.71 (ton)	7846.21	9024.31	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: JUG D-II	Heating	246.69 (kBtu/h)	308.36 (kBtu/h)	6642.69	8303.89	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	Cooling	2.3 (ton)	2.64 (ton)	1409.06	1620.94	7/21 15:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	Heating	63.05 (kBtu/h)	78.81 (kBtu/h)	1697.22	2123.12	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-P	Cooling	7.71 (ton)	8.86 (ton)	4727.22	5437.05	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: JUG D-P	Heating	263.77 (kBtu/h)	329.72 (kBtu/h)	7102.49	8878.11	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	Cooling	4.52 (ton)	5.19 (ton)	2771.49	3186.8	7/21 16:30:00	90.73	0.01
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	Heating	52.72 (kBtu/h)	65.9 (kBtu/h)	1417.53	1773.5	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	Cooling	4.03 (ton)	4.63 (ton)	2470.61	2841.42	7/21 16:30:00	90.73	0.01
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	Heating	54.84 (kBtu/h)	68.55 (kBtu/h)	1476.86	1845.54	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	Cooling	4.62 (ton)	5.32 (ton)	2837.18	3263.08	7/21 16:15:00	91.15	0.01
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	Heating	51.63 (kBtu/h)	64.54 (kBtu/h)	1389.99	1735.36	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	Cooling	3.74 (ton)	4.3 (ton)	2296.87	2640.12	7/21 16:15:00	91.15	0.01
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	Heating	54.48 (kBtu/h)	68.09 (kBtu/h)	1466.26	1832.83	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-I	Cooling	2.95 (ton)	3.39 (ton)	1809.52	2080.74	7/21 15:15:00	92.52	0.01
THERMAL ZONE: SEVER A-I	Heating	13.08 (kBtu/h)	16.34 (kBtu/h)	351.73	440.73	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-II	Cooling	4.25 (ton)	4.89 (ton)	2608.34	3000.33	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: SEVER A-II	Heating	42.87 (kBtu/h)	53.59 (kBtu/h)	1154.79	1442.96	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-P	Cooling	2.13 (ton)	2.45 (ton)	1309.47	1504.4	7/21 15:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: SEVER A-P	Heating	12.08 (kBtu/h)	15.1 (kBtu/h)	326.31	406.82	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER B-II	Cooling	1.2 (ton)	1.38 (ton)	735.25	845.43	7/21 15:30:00	92.21	0.01
THERMAL ZONE: SEVER B-II	Heating	14.7 (kBtu/h)	18.37 (kBtu/h)	396.23	493.7	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-I	Cooling	9.54 (ton)	10.97 (ton)	5850.23	6727.44	7/21 14:00:00	92.84	0.01
THERMAL ZONE: SEVER D-I	Heating	187.27 (kBtu/h)	234.09 (kBtu/h)	5042.93	6303.67	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-II	Cooling	12.31 (ton)	14.15 (ton)	7549.57	8683.17	7/21 14:00:00	92.84	0.01

THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-II	Heating	18.88 (kBtu/h)	23.6 (kBtu/h)	508.53	635.66	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III	Cooling	0.55 (ton)	0.63 (ton)	339.02	389.87	7/21 15:45:00	91.89	0.01
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-III	Heating	13.83 (kBtu/h)	17.29 (kBtu/h)	372.92	466.15	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P	Cooling	0.36 (ton)	0.42 (ton)	222.48	254.27	7/21 15:15:00	92.52	0.01
THERMAL ZONE: GLAVNO STEPENISTE B-P	Heating	12.24 (kBtu/h)	15.3 (kBtu/h)	330.55	411.06	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	Cooling	7.95 (ton)	9.15 (ton)	4877.66	5610.79	7/21 16:15:00	91.15	0.01
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-1	Heating	136.88 (kBtu/h)	171.1 (kBtu/h)	3686.85	4606.45	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	Cooling	7.38 (ton)	8.48 (ton)	4525.93	5203.97	7/21 17:00:00	89.89	0.01
THERMAL ZONE: LABORATORIJA A-2	Heating	104.67 (kBtu/h)	130.83 (kBtu/h)	2818.11	3523.7	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	Cooling	5.15 (ton)	5.93 (ton)	3161.37	3633.88	7/21 10:30:00	86.41	0.01
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-1	Heating	140.89 (kBtu/h)	176.11 (kBtu/h)	3792.8	4742.05	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	Cooling	1.11 (ton)	1.28 (ton)	684.4	786.1	7/21 17:00:00	89.89	0.01
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-2	Heating	44.94 (kBtu/h)	56.18 (kBtu/h)	1209.88	1512.88	1/21 19:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	Cooling	1.82 (ton)	2.09 (ton)	1116.65	1284.04	7/21 15:45:00	91.89	0.01
THERMAL ZONE: LABORATORIJA B-3	Heating	43.08 (kBtu/h)	53.85 (kBtu/h)	1159.03	1449.31	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: STEPENISTE B	Cooling	0.64 (ton)	0.73 (ton)	391.99	449.2	7/21 12:30:00	90.95	0.01
THERMAL ZONE: STEPENISTE B	Heating	23.54 (kBtu/h)	29.42 (kBtu/h)	633.55	792.46	1/21 06:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	Cooling	4.35 (ton)	5.01 (ton)	2671.91	3072.38	7/21 09:45:00	83.95	0.01
THERMAL ZONE: STEPENISTE D JUG	Heating	112.41 (kBtu/h)	140.51 (kBtu/h)	3027.88	3784.32	1/21 24:00:00	12.2	0.0
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	Cooling	2.66 (ton)	3.06 (ton)	1633.66	1879.45	7/21 16:15:00	91.15	0.01
THERMAL ZONE: STEPENISTE D SEVER	Heating	69.12 (kBtu/h)	86.4 (kBtu/h)	1860.38	2326.53	1/21 24:00:00	12.2	0.0

Zone Equipment Detail

Thermal Zone: A Biblioteka I

Thermal Zone: A Biblioteka i mali A

Thermal Zone: A Biblioteka Potkrovlje

Thermal Zone: A Biblioteka Potkrovlje 1

Thermal Zone: A Dekanat I

Thermal Zone: A Dekanat P

- Thermal Zone: A Glavni ulaz
- Thermal Zone: B Svecana sala
- Thermal Zone: Centralni hodnik A-I
- Thermal Zone: Centralni hodnik A-II
- Thermal Zone: Centralni hodnik A-P
- Thermal Zone: Centralni hodnik B-I
- Thermal Zone: Centralni hodnik B-II
- Thermal Zone: Centralni hodnik B-P
- Thermal Zone: D Amfiteatar
- Thermal Zone: Glavno stepeniste B-I
- Thermal Zone: Glavno stepeniste B-II
- Thermal Zone: Glavno stepeniste B-III
- Thermal Zone: Glavno stepeniste B-P
- Thermal Zone: Istok 1 A-P
- Thermal Zone: Istok 1 A-I
- Thermal Zone: Istok 1 A-II
- Thermal Zone: Istok 2 A-I
- Thermal Zone: Istok 2 A-P
- Thermal Zone: Istok 3 A-I
- Thermal Zone: Istok 3 A-II
- Thermal Zone: Istok 3 A-P
- Thermal Zone: Istok D-I
- Thermal Zone: Istok D-P
- Thermal Zone: Jug 1 B-I
- Thermal Zone: Jug 1 B-II
- Thermal Zone: Jug 1 B-III
- Thermal Zone: Jug 1 B-P
- Thermal Zone: Jug 1 C-I
- Thermal Zone: Jug 1 C-P
- Thermal Zone: Jug 2 B-I
- Thermal Zone: Jug 2 B-II
- Thermal Zone: Jug 2 B-P
- Thermal Zone: Jug 2 C-I
- Thermal Zone: Jug 2 C-P
- Thermal Zone: Jug A-I
- Thermal Zone: Jug A-P
- Thermal Zone: Jug D-I
- Thermal Zone: Jug D-II
- Thermal Zone: Jug D-III galerija
- Thermal Zone: Jug D-P
- Thermal Zone: Laboratorija A-1
- Thermal Zone: Laboratorija A-2
- Thermal Zone: Laboratorija B-1
- Thermal Zone: Laboratorija B-2
- Thermal Zone: Laboratorija B-3
- Thermal Zone: Sever 1 C-I

- Thermal Zone: Sever 1 C-P
- Thermal Zone: Sever 2 C-I
- Thermal Zone: Sever 2 C-P
- Thermal Zone: Sever A-I
- Thermal Zone: Sever A-II
- Thermal Zone: Sever A-P
- Thermal Zone: Sever B-II
- Thermal Zone: Sever D-I
- Thermal Zone: Sever D-II
- Thermal Zone: Sever D-P
- Thermal Zone: Sever Hodnik 1 A-I
- Thermal Zone: Sever Hodnik 1 A-II
- Thermal Zone: Sever Hodnik 1 A-P
- Thermal Zone: Sever Hodnik 2 A-I
- Thermal Zone: Sever Hodnik 2 A-II
- Thermal Zone: Sever Hodnik 2 A-P
- Thermal Zone: Stepeniste B
- Thermal Zone: Stepeniste D jug
- Thermal Zone: Stepeniste D sever
- Thermal Zone: Tola veza C-I
- Thermal Zone: Topla veza C-P
- Thermal Zone: Zapad D-I
- Thermal Zone: Zapad D-P

Air Loops Detail

No Data to Show for Air Loops Detail

Plant Loops Detail

Plant Loop 1

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:HeatExchanger:FluidToFluid						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump 1			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 11			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 12			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 19			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 20			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 21			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 13			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 14			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 15			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 26			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 27			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 28			

OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 29			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 30			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 31			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 32			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 33			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 43			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 44			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 49			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 50			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 51			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 56			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 57			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 58			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 59			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 61			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 60			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 70			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 71			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 75			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 76			
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	
Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Plant Loop 2

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:HeatExchanger:FluidToFluid						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 16			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 17			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 18			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 22			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 23			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 24			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 25			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 36			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 37			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 38			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 39			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 40			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 41			

OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 42			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 52			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 63			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 66			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 72			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 73			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 74			
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	
Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Plant Loop 3

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:HeatExchanger:FluidToFluid						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump 2			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 10			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 34			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 35			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 4			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 1			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 3			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 2			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 45			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 46			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 47			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 48			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 5			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 6			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 7			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 53			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 54			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 55			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 64			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 65			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 68			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 69			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 8			
OS:Coil:Heating:Water:Baseboard			Baseboard HW Htg Coil 9			
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	

Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Plant Loop 4

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:DistrictHeating						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump 3			
OS:HeatExchanger:FluidToFluid			Plant Loop	Plant Loop 1		
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	
Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Plant Loop 5

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:DistrictHeating						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump 4			
OS:HeatExchanger:FluidToFluid			Plant Loop	Plant Loop 2		
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	
Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Plant Loop 6

Object	Sizing	Sizing Units	Description	Value	Value Units	Count
(supply)						
OS:DistrictHeating						
OS:SetpointManager:Scheduled			Control Variable - Temperature	152.6 to 152.6	F	
(demand)						
OS:HeaderedPumps:ConstantSpeed			Headered Const Spd Pump 5			

OS:HeatExchanger:FluidToFluid			Plant Loop	Plant Loop 3		
(controls)						
Loop Flow Rate Range	Autosized	gal/min	Minimum Loop Flow Rate	0.0	gal/min	
Loop Temperature Range				32.0 to 212.0	F	
Design Loop Exit Temperature				179.60	F	
Loop Design Temperature Difference				19.80	R	

Outdoor Air

Average and Minimum Outdoor Air During Occupied Hours

	Average Number of Occupants	Nominal Number of Occupants	Zone Volume (ft ³)	Avg. Mechanical Ventilation (ach)	Min. Mechanical Ventilation (ach)	Avg. Infiltration (ach)	Min. Infiltration (ach)	Avg. Simple Ventilation (ach)	Min. Simple Ventilation (ach)
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I	7.68	20.97	56698	0.01	0.0	0.199	0.002	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA I MALI A	31.62	89.51	56698	0.0	0.0	0.182	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE	3.84	10.49	33303	0.017	0.0	0.87	0.008	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A BIBLIOTEKA POTKROVLJE 1	3.84	10.49	33303	0.018	0.0	0.812	0.008	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT I	4.68	12.78	22648	0.028	0.0	0.466	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A DEKANAT P	4.68	12.78	33005	0.015	0.0	0.466	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: A GLAVNI ULAZ	0.17	0.47	12618	0.0	0.0	0.201	0.002	0.0	0.0
THERMAL ZONE: B SVECANA SALA	51.34	145.34	82145	0.04	0.0	0.181	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-I	0.78	2.14	30335	0.0	0.0	0.621	0.006	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-II	0.31	0.83	27361	0.0	0.0	0.33	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK A-P	0.9	2.46	33334	0.0	0.0	0.414	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-I	0.42	1.14	14989	0.0	0.0	0.177	0.002	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-II	0.62	1.69	20089	0.0	0.0	0.168	0.002	0.0	0.0
THERMAL ZONE: CENTRALNI HODNIK B-P	0.42	1.14	13865	0.0	0.0	0.135	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: D AMFITEATAR	86.27	244.23	52575	0.0	0.0	0.288	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-P	2.07	5.66	16102	0.0	0.0	0.271	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-I	2.29	6.25	16102	0.023	0.0	0.271	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 1 A-II	2.07	5.66	18291	0.018	0.0	0.369	0.003	0.0	0.0

THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-I	0.52	1.42	4044	0.022	0.0	0.272	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 2 A-P	0.52	1.42	4044	0.0	0.0	0.271	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-I	2.41	6.59	16955	0.025	0.0	0.44	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-II	2.18	5.96	19260	0.019	0.0	0.532	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK 3 A-P	2.18	5.96	16955	0.0	0.0	0.44	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK D-I	8.18	23.15	43972	0.029	0.0	0.389	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ISTOK D-P	8.18	23.15	43972	0.019	0.0	0.389	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-I	1.15	3.15	8183	0.0	0.0	0.78	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-II	0.97	2.65	6626	0.0	0.0	0.876	0.008	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-III	3.9	10.64	31714	0.014	0.0	0.524	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 B-P	1.15	3.15	8048	0.0	0.0	0.705	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 C-I	4.02	10.97	22741	0.029	0.0	0.486	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 1 C-P	4.02	10.97	27289	0.0	0.0	0.499	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-I	2.6	7.1	17741	0.03	0.0	0.487	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-II	2.35	6.42	6011	0.075	0.0	1.625	0.015	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 B-P	2.05	5.59	14275	0.0	0.0	0.524	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-I	4.02	10.97	22741	0.03	0.0	0.487	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG 2 C-P	4.02	10.97	27289	0.0	0.0	0.5	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG A-I	2.17	5.94	16892	0.02	0.0	0.333	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG A-P	2.17	5.94	16892	0.012	0.0	0.332	0.003	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-I	49.2	139.28	80684	0.0	0.0	0.448	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-II	49.2	139.28	80684	0.0	0.0	0.464	0.008	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-III GALERIJA	1.24	3.38	6937	0.0	0.0	1.833	0.017	0.0	0.0
THERMAL ZONE: JUG D-P	12.4	35.11	104522	0.0	0.0	0.548	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-I	4.02	10.97	22741	0.026	0.0	0.486	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 1 C-P	4.02	10.97	27289	0.0	0.0	0.499	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-I	4.02	10.97	22741	0.026	0.0	0.486	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER 2 C-P	4.02	10.97	27289	0.0	0.0	0.499	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-I	5.9	16.11	45831	0.0	0.0	0.077	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER A-II	5.9	16.11	52061	0.0	0.0	0.14	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE:	5.9	16.11	45831	0.0	0.0	0.077	0.001	0.0	0.0

SEVER A-P									
THERMAL ZONE: SEVER B-II	1.2	3.27	7767	0.0	0.0	0.447	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-I	56.15	158.96	92087	0.0	0.0	0.384	0.006	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-II	56.15	158.96	92087	0.0	0.0	0.419	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER D-P	12.7	35.94	96579	0.0	0.0	0.384	0.004	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-I	0.3	0.81	10912	0.0	0.0	0.077	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-II	0.3	0.81	20739	0.0	0.0	0.156	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 1 A-P	0.3	0.81	10912	0.0	0.0	0.076	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-I	0.41	1.13	15277	0.0	0.0	0.076	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-II	0.41	1.13	12051	0.0	0.0	0.133	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: SEVER HODNIK 2 A-P	0.41	1.13	15277	0.0	0.0	0.076	0.001	0.0	0.0
THERMAL ZONE: TOLA VEZA C-I	0.67	1.82	17931	0.0	0.0	0.768	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: TOPLA VEZA C-P	0.67	1.82	21517	0.0	0.0	0.763	0.007	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ZAPAD D-I	0.84	2.29	24728	0.0	0.0	0.519	0.005	0.0	0.0
THERMAL ZONE: ZAPAD D-P	3.99	10.89	19066	0.0	0.0	0.437	0.004	0.0	0.0

Cash Flow

No Data to Show for Cash Flow

Site and Source Summary

Site and Source Energy

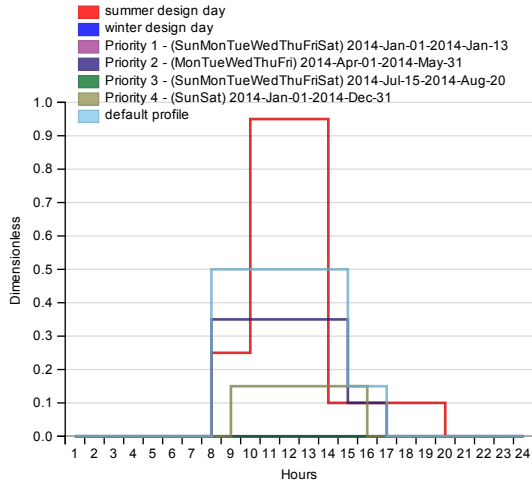
	Total Energy (kBtu)	Energy Per Total Building Area (kBtu/ft ²)	Energy Per Conditioned Building Area (kBtu/ft ²)
Total Site Energy	7646192.5	32.0	45.5
Net Site Energy	7646192.5	32.0	45.5
Total Source Energy	26883496.0	112.4	159.8
Net Source Energy	26883496.0	112.4	159.8

Site to Source Energy Conversion Factors

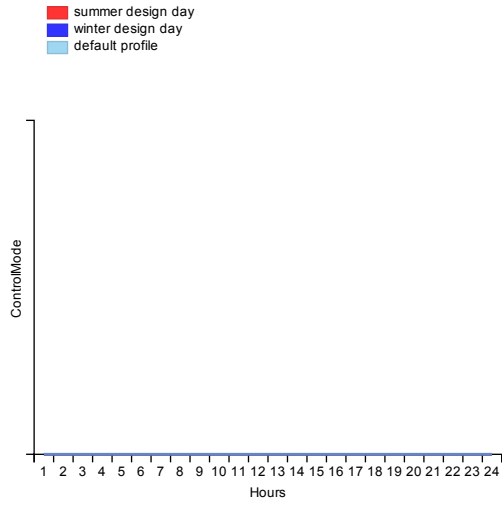
	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613

Schedule Overview

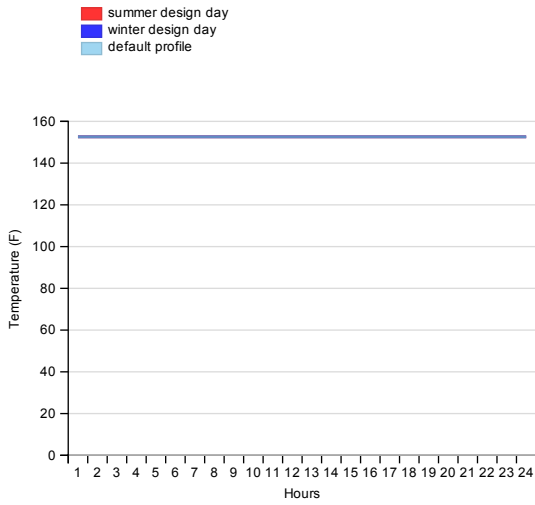
Auditorium Occ 1*



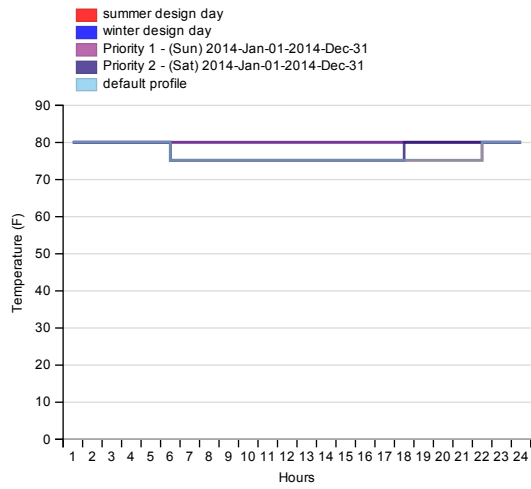
Cycling PTAC Fan Mode Always Zero



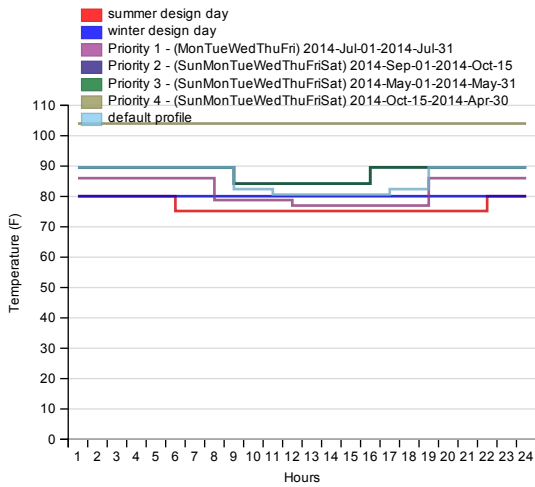
Hot Water Temperature



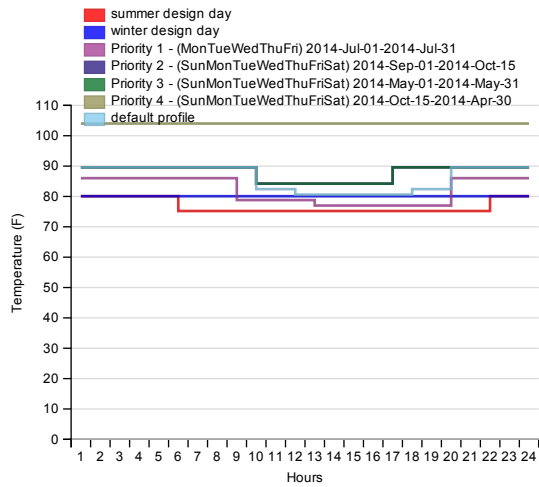
Large Office ClgSetp



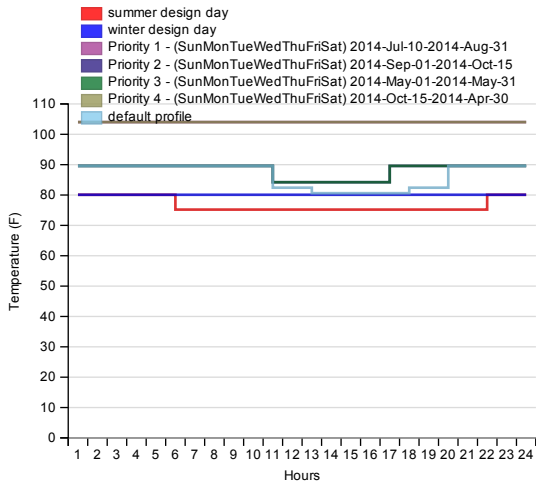
Large Office ClgSetp 1



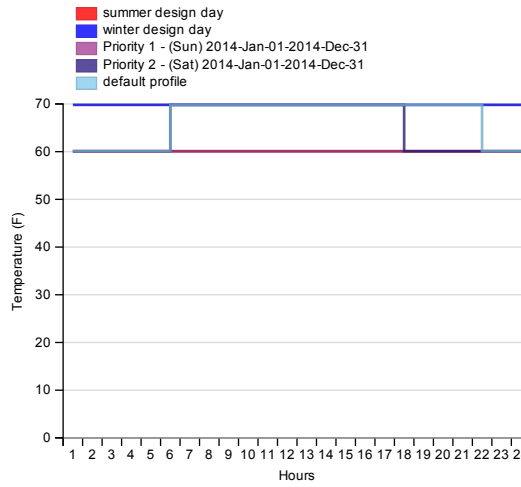
Large Office ClgSetp 1* A pokrovlje



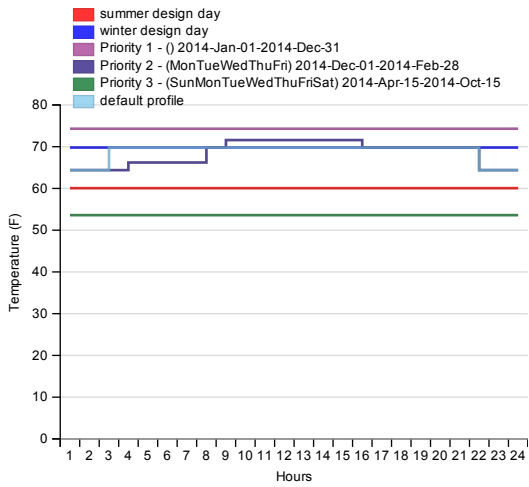
Large Office ClgSetp 1* B svecana sala



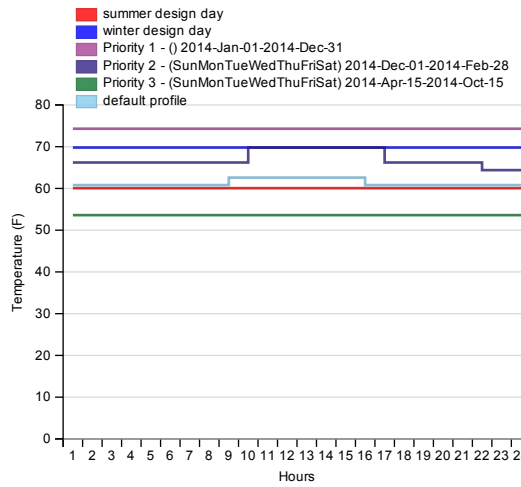
Large Office HtgSetp



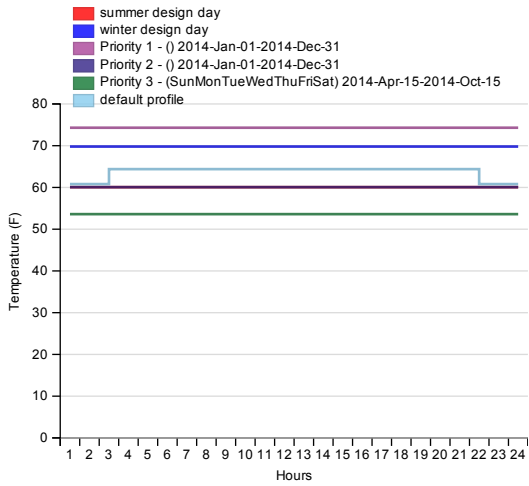
Large Office HtgSetp 1



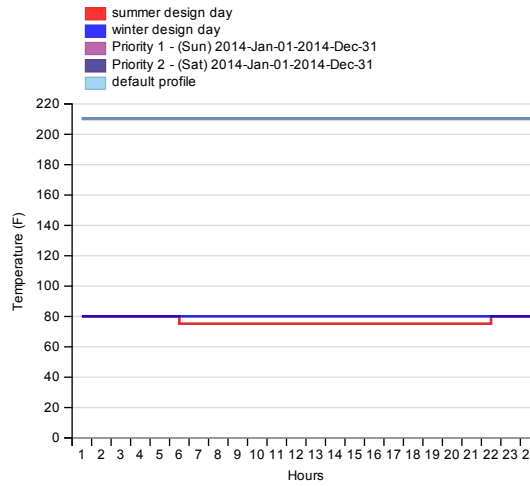
Large Office HtgSetp 1* A potkrovlje



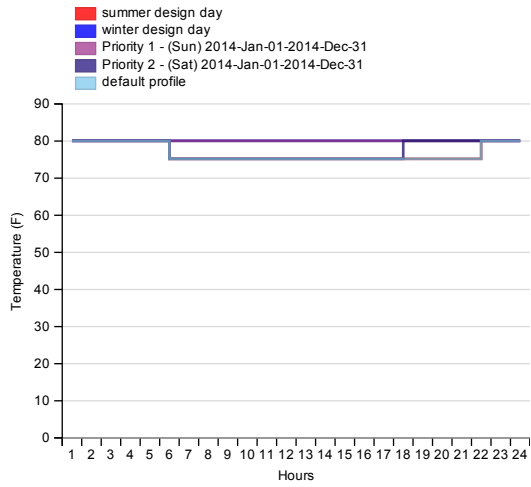
Large Office HtgSetp Corridors



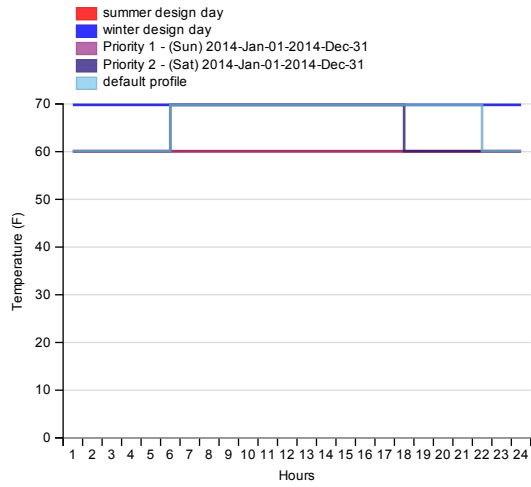
Large Office NO ClgSetp



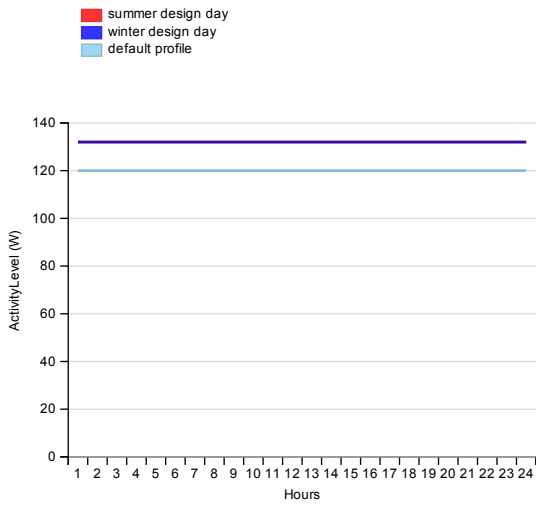
Medium Office ClgSetp



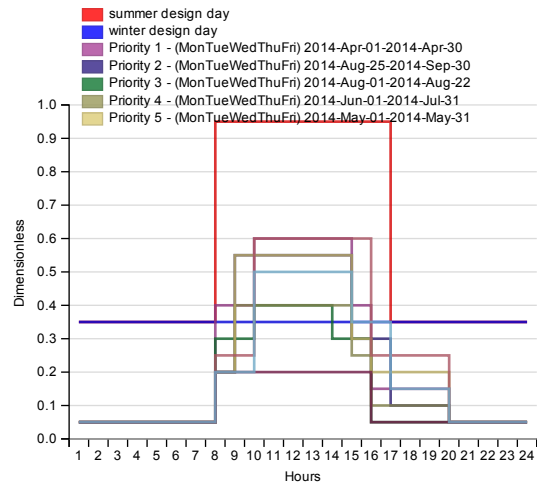
Medium Office HtgSetp



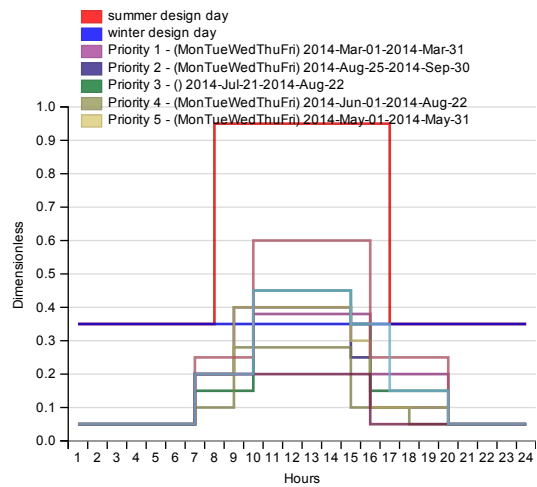
Office Activity



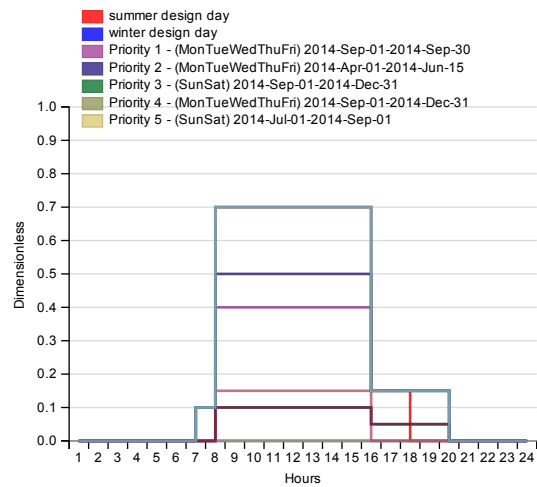
Office Bldg Equip 1*



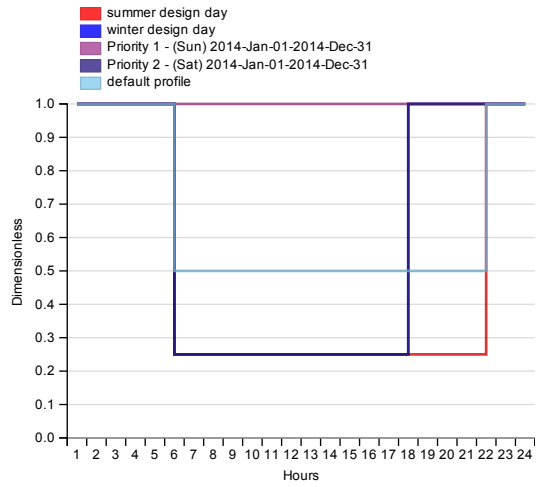
Office Bldg Light 2*



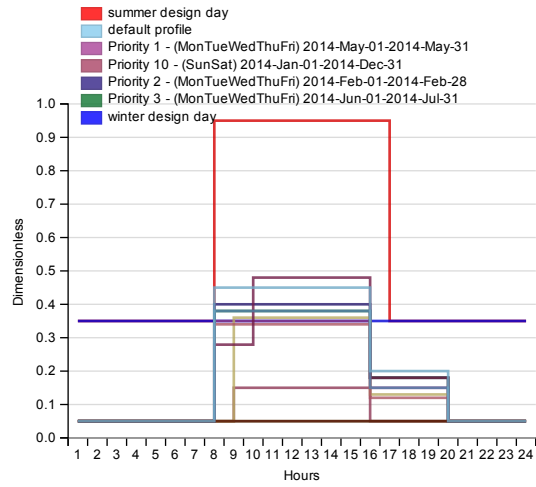
Office Bldg Occ 1*



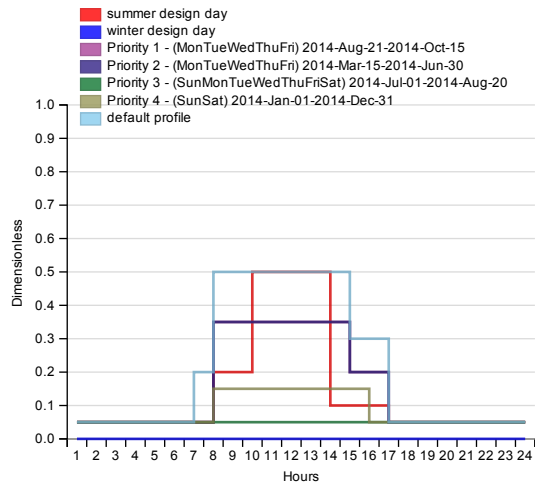
Office Infil Quarter On



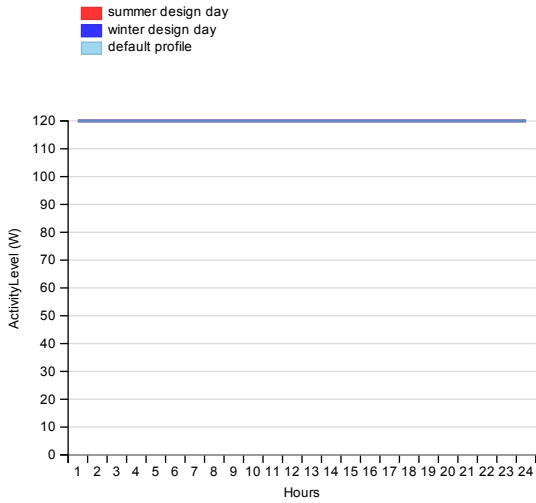
School Bldg Equip 1*



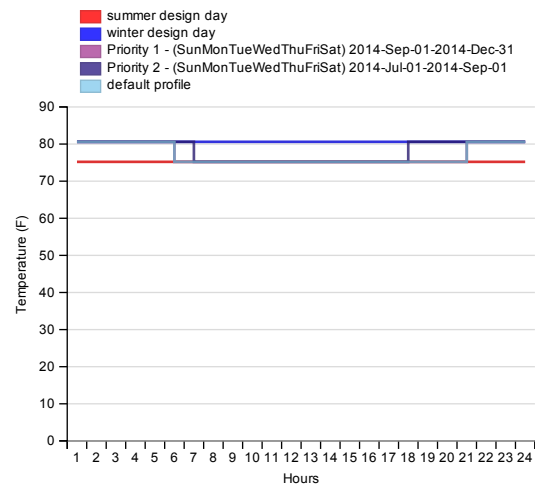
School Bldg Light 1*



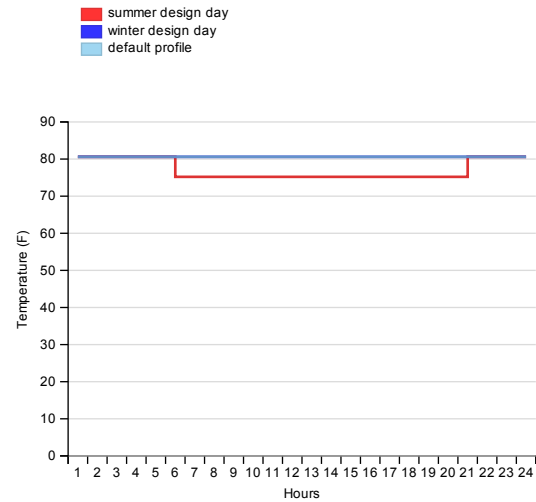
SecondarySchool Activity



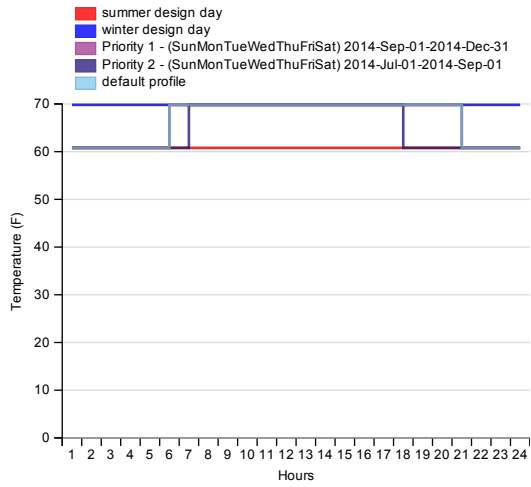
SecondarySchool ClgSetp



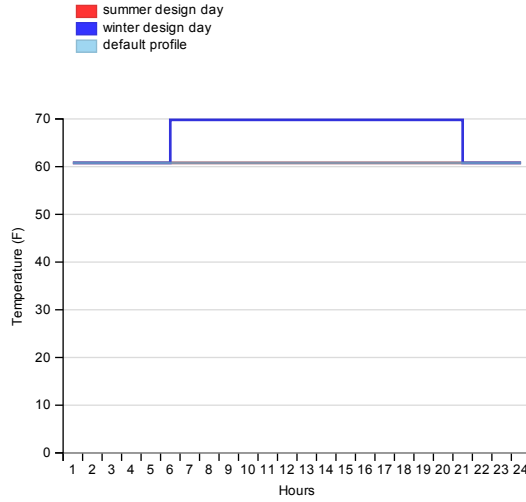
SecondarySchool ClgSetp BathCorrMechKitchen



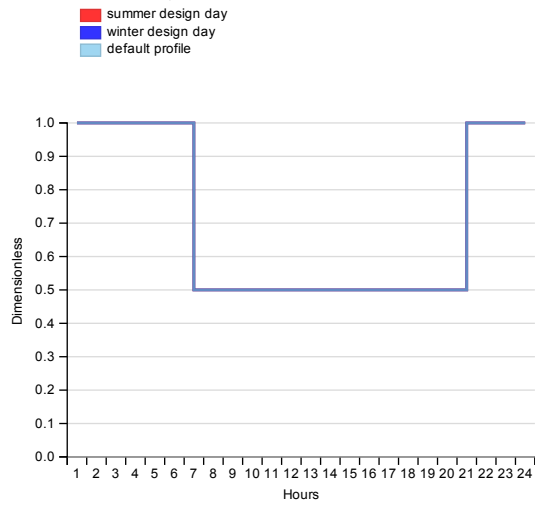
SecondarySchool HtgSetp



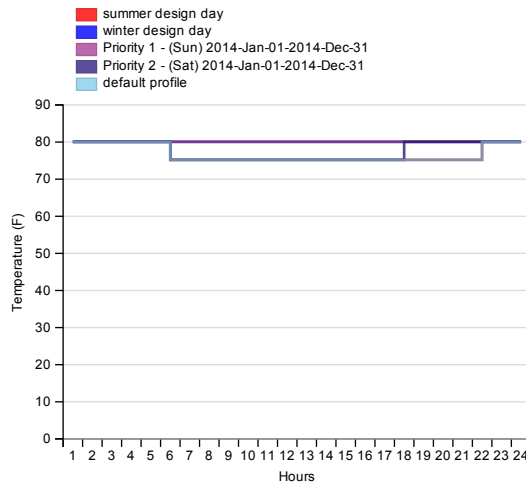
SecondarySchool HtgSetp BathCorrMechKitchen



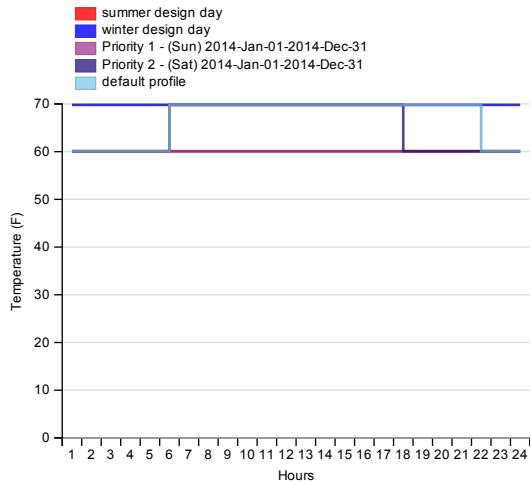
SecondarySchool Infil



Small Office ClgSetp



Small Office HtgSetp



Calibration Method

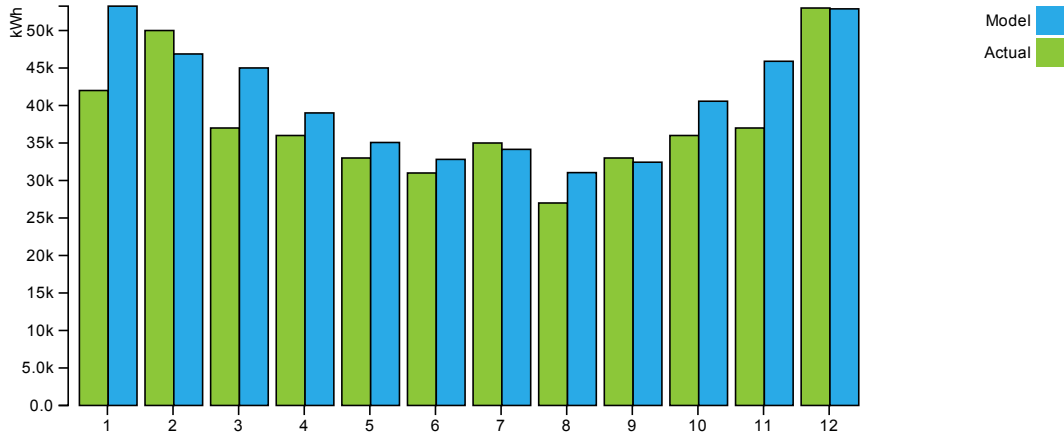
ASHRAE 14-2002

NBME of 5% or less and CV(RMSE) of 15% relative to monthly data.
 Must contain all utility data for one year and real weather data. Check the guideline for additional requirements.

Electricity Consumption (kWh)

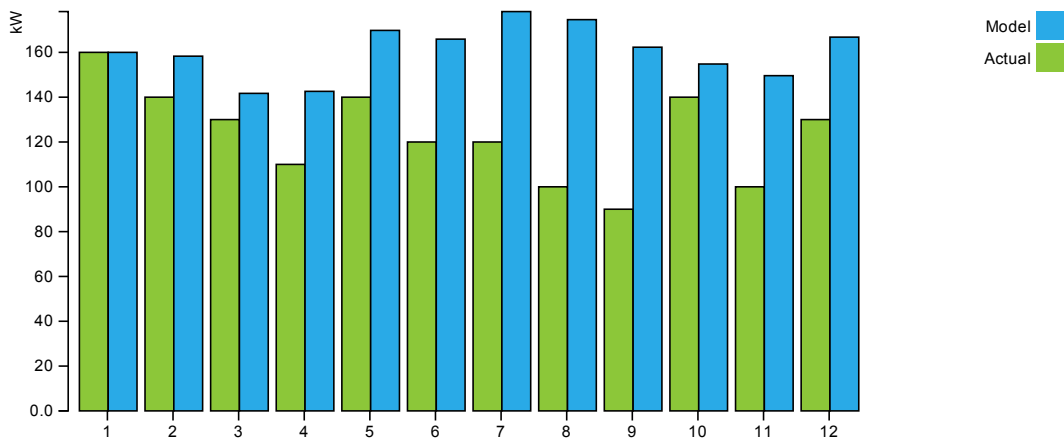
CV(RMSE) = 14.71

NMBE = -9.46



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Start	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1
End	1/31	2/28	3/31	4/30	5/31	6/30	7/31	8/31	9/30	10/31	11/30	12/31
Actual	42,000	50,000	37,000	36,000	33,000	31,000	35,000	27,000	33,000	36,000	37,000	53,000
Model	53,251	46,873	45,009	39,010	35,068	32,815	34,152	31,050	32,439	40,571	45,898	52,888
NMBE	26.79%	-6.25%	21.65%	8.36%	6.27%	5.85%	-2.42%	15%	-1.7%	12.7%	24.05%	-0.21%

Electricity Demand (kW)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Start	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1
End	1/31	2/28	3/31	4/30	5/31	6/30	7/31	8/31	9/30	10/31	11/30	12/31
Actual	160	140	130	110	140	120	120	100	90	140	100	130
Model	160	158.3	141.7	142.6	169.8	165.9	178.2	174.6	162.3	154.8	149.6	166.8
NMBE	—	13.08%	9.02%	29.64%	21.3%	38.27%	48.51%	74.59%	80.34%	10.58%	49.62%	28.27%