

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Бранко П. Славковић, маг.инж.арх.

**МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ
СОЛАРНИХ СИСТЕМА ПРИ САНАЦИЈИ
ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ**

Докторска дисертација

Београд, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Branko P. Slavković, M.Arch.

**MODES OF APPLICATION OF PASSIVE
SOLAR SYSTEMS FOR REHABILITATION
OF INDUSTRIAL BUILDINGS IN SERBIA**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2016

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Ментор:

Др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор, Универзитет у Београду,
Архитектонски факултет

Чланови комисије:

Др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор, Универзитет у Београду,
Архитектонски факултет

Др Ана Радивојевић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски
факултет

Др Цветко Црнојевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински
факултет

Датум одбране докторске дисертације: _____

ЗАХВАЛНИЦА

Ова докторска дисертација је производ дугогодишњег рада и великог одрицања током целокупног временског периода колико је њено стварање трајало. Рад на овој тези изискивао је коришћење великог броја ресурса, како временских и финансијских, тако и научних и људских.

Захваљујем се свима који су на било који начин допринели овом исцрпном процесу. Захваљујем се свима који су ме подржавали при изради докторске дисертације, као и у току докторских студија.

Нарочито се захваљујем свом ментору, проф. др Александри Крстић-Фурунџић, која ме је усмеравала у раду и помагала ми својим знањем и искуством да што успешније савладам целокупан процес и принципе научно-истраживачког рада и да ово дело доведем до завршетка.

Такође се захваљујем, проф. др Ани Радивојевић са Архитектонског факултета Универзитета у Београду на конструктивним консултацијама и предлозима у току докторских студија и током израде докторске дисертације, као и проф. др Цветку Црнојевићу, редовном професору Машинског факултета Универзитета у Београду на несебичној помоћи и подршци током научног рада.

Научно-истраживачки рад на докторским студијама изискује претходно обезбеђену подлогу, како образовну тако и материјалну. Стога се захваљујем својој породици што ми је омогућила да се бавим архитектуром и науком и надам се да ћу у наредном периоду успети да кроз рад и даље напредовање у струци повратим макар оно што је у мене уложено.

На подршци и помоћи током докторских студија захваљујем се свом оцу Петру и мајци Јаворки Славковић, брату Светиславу Славковићу и баки Миломирки Славковић. Захваљујем се на искреној подршци свом најбољем другу Сретену Сретеновићу, који је веровао у мене и био пријатељ када ми је у току докторских студија било најтеже. На искреној подршци и помоћи захваљујем се свом куму Срећку и куми Бојани Глишовић.

Највећу захвалност упућујем својој супрузи Марти и сину Игњату на инспирацији ка научном напредовању и на искреној подршци и пожртвовању. Тата се нада да ће након одбране дисертације имати све време света да вам посвети за игру и дружење како би свима нама надокнадио пропуштено. Њима посвећујем ову докторску дисертацију.

МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ СОЛАРНИХ СИСТЕМА ПРИ САНАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ

Резиме:

Овај рад испитује могућности унапређења енергетских својстава постојећих индустријских објеката применом двоструке фасаде при санацији омотача објекта у климатским условима Републике Србије. Циљ је испитати утицај двоструке фасаде, при санацији, на енергетске потребе индустријских објеката за грејањем и хлађењем, као и допринос примењених мера за побољшање енергетских својстава на одабраним типовима и моделима индустријских објеката. Енергетске карактеристике објеката добијене су коришћењем софтвера DesignBuilder и симулационе платформе EnergyPlus, узимајући у обзир параметре топлотног комфора и климатске податке за подручје Републике Србије. Извршена је упоредна анализа добијених резултата енергетских симулација према критеријуму остварења што веће уштеде енергије и смањења емисије угљен-диоксида. Методолошки приступ у овом истраживању обухвата креирање типологије индустријских објеката у Србији, одабир конкретних објеката према чијим својствима су нумеричком симулацијом испитане могућности енергетске санације омотача и компаративном анализом добијених резултата рангирање типова објеката са аспекта енергетских својстава зграде. Примарни задатак овог истраживања је да испита утицај двоструке фасаде на енергетске карактеристике различитих типова индустријских објеката и да утврди енергетски најоптималнији приступ санацији постојећих индустријских објеката са применом двоструке фасаде за климатске услове Републике Србије.

Кључне речи: индустријски објекат, двострука фасада, санација, енергетска ефикасност, енергетска симулација.

Научна област: Архитектура и урбанизам

Ужа научна област: Технологије у архитектури и биоклиматска и еколошка архитектура

УДК број: 692.232.4:691.6:620.92(043.3)

MODES OF APPLICATION OF PASSIVE SOLAR SYSTEMS FOR REHABILITATION OF INDUSTRIAL BUILDINGS IN SERBIA

Resume:

This paper examines the possibilities of improving the energy performance of existing industrial buildings by application of the double skin façade on the rehabilitation of the building envelope in the climatic conditions of the Republic of Serbia. The aim is to examine the impact of the double skin façade when rehabilitation is being done on the energy needs of industrial buildings for heating and cooling, as well as the contribution of the measures implemented to improve the energy performance of the selected types and models of industrial buildings. The energy performance of buildings were obtained using the software DesignBuilder and EnergyPlus simulation platform, taking into account the parameters of thermal comfort and climate data for the Republic of Serbia. The comparative analysis of the results of energy simulation according to the criterion of achieving greater energy savings and reduced carbon dioxide emissions. The methodological approach in this research involves creating of a typology of industrial buildings in Serbia, selection of the specific objects according to whose properties by numerical simulation possibilities for energy rehabilitation depletion were investigated and comparative analysis of the obtained results was performed, ranking the types of objects in terms of the energy performance of the building. The primary objective of this research was to investigate the effect of the double skin façade on the energy performance of different types of industrial facilities and to determine the optimal approach to energy rehabilitation of existing industrial buildings with the implementation of the double skin façade under the climatic conditions of the Republic of Serbia.

Keywords: industrial building, double skin facade, rehabilitation, energy efficiency, energy simulation.

Scientific field: Architecture and urbanism

Area of expertise: Technology in architecture and bioclimatic and ecological architecture

UDC number: 692.232.4:691.6:620.92(043.3)

САДРЖАЈ

УВОД	1
Уводне напомене о теми и актуелност теме	1
Образложење предмета и проблема истраживања.....	4
Библиографски извори о предмету истраживања	5
Критички осврт на досадашња истраживања	13
Обухват истраживања	14
Основни циљеви и задаци истраживања.....	14
Научна и друштвена оправданост дисертације, очекивани резултати и њихова примена	16
Полазне хипотезе истраживања	19
Програм истраживања – материјал и научне методе истраживања	20
Преглед садржаја рада	21
1. РЕФЕРЕНТНИ ОКВИР УТИЦАЈА НА ИНДУСТРИЈСКЕ ОБЈЕКТЕ	23
1.1. Климатске промене и одрживи развој индустрије у свету и Европи	24
1.2. Кључни документи о одрживом развоју индустријских објеката.....	26
1.3. Одрживи индустријски развој и потенцијал Републике Србије.....	27
1.4. Индустријско наслеђе, примери адаптације и пренамене.....	31
1.5. Пасивни соларни системи	38
1.5.1. Стакленик	38
1.5.2. Тромбеов зид.....	39
1.5.3. Двострука фасада.....	41
2. ОДАБИР РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА И МЕРЕ ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ ЗА КЛИМАТСКЕ УСЛОВЕ СРБИЈЕ	46
2.1. Типологија индустријских објеката према критеријумима који утичу на потрошњу енергије.....	46
2.2. Избор модела за анализу	47

2.2.1.	Модел М1: Индустриска хала са кровом шед конструкције	48
2.2.2.	Модел М2: Индустриска хала са двоводним кровом	51
2.2.3.	Модел М3: Индустриска хала са равним кровом	54
2.3.	Упоредни приказ термичких карактеристика омотача изабраних индустриских модела.....	58
2.3.1.	Опште карактеристике омотача изабраних индустриских модела.....	58
2.3.2.	Термичке перформансе омотача изабраних индустриских модела.....	62
2.3.3.	Трансмисиони топлотни губици кроз омотач зграде	68
2.4.	Предлог мера санације одабраних индустриских модела	71
2.5.	Методолошки приступ у испитивању енергетских перформанси референтних модела индустриских објеката.....	77
2.5.1.	Климатске карактеристике значајне за енергетску анализу	78
2.5.2.	Сертификација енергетски ефикасних и индустриских објеката	82
2.5.3.	Нумеричка симулација енергетских перформанси одабраних модела индустриских објеката	87
2.5.4.	Режим коришћења простора	90
3.	РЕЗУЛТАТИ ЕНЕРГЕТСКИХ СИМУЛАЦИЈА ИЗАБРАНИХ МОДЕЛА	93
3.1.	Потребна финална енергија за грејање и хлађење изабраних модела	93
3.1.1.	Годишња финална енергија за грејање зграде	94
3.1.2.	Годишња финална енергија за хлађење зграде	101
3.1.3.	Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде	107
3.2.	Допринос и негативни утицај топлотних добитака у зградама	111
3.3.	Интерни топлотни добици и соларни добици у зградама	112
3.4.	Анализа емисије угљен-диоксида.....	116
3.5.	Алтернативе за побољшање енергетских карактеристика индустриских хала са двоструком фасадом	127
3.5.1.	Предлог мера унапређења енергетских карактеристика индустриских хала са двоструком фасадом	128

3.5.2.	Годишња финална енергија за грејање зграде	129
3.5.3.	Годишња финална енергија за хлађење зграде	136
3.5.4.	Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде	142
3.5.5.	Интерни топлотни и соларни добици у зградама	147
3.5.6.	Анализа емисије угљен-диоксида	151
3.6.	Дискусија	162
ЗАКЉУЧАК		179
ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА		186
ПРИЛОГ 1.....		198
ПРИЛОГ 2.....		235
ПРИЛОГ 3.....		272
БИОГРАФИЈА АУТОРА		283
ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ		287
ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА		288
ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ		289

СКРАЋЕНИЦЕ, ОЗНАКЕ, ИНДЕКСИ

Скраћеница Пун назив

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BJR	Bivše Jugoslovenske Republike
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (German Sustainable Building Council)
EEA	European Environment Agency
EIONET	European Environment Information and Observation Network
<i>ERBD</i>	<i>Energy performance of buildings Directive</i>
<i>HVAC</i>	<i>Heating, ventilation and air-conditioning</i>
<i>LED</i>	<i>Light emitting diode</i>
<i>LEED</i>	<i>Leadership in energy and Enviromental Design</i>
<i>TICCIH</i>	The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage
<i>UN</i>	<i>United Nations</i>
<i>UNEP</i>	<i>United Nations Enviromental Programme</i>
UNFCCC	United Nations Freamwork Convention on Climate Change
ГСБ	Гасови стаклене баште
ЕЕ	Енергетска Ефикасност
КГХ	Климатизација, грејање и хлађење
ОИЕ	Обновљиви извори енергије
СТВ	Санитарна топла вода
ТК	Текстилни комбинат

Ознака	Значење
A	Површина [m^2]
f_0	Фактор облика зграде [m^{-1}]
F_{xi}	Фактор корекције температуре
H_{Ts}	Површински трансмисиони губици топлоте
n	Број измена ваздуха на сат [h^{-1}]
$Q_{H,a}$	Годишња потребна енергија за грејање зграде [MJ, GJ, kWh]
t	Температура [$^{\circ}C$]
U	Коефицијент пролаза топлоте [MJ, GJ, kWh]
V	Запремина [m^3]

Индекси	Значење
a	Годишње
C	Хлађење
H	Грејање
max	Максимално
min	Минимално
rel	Релативно

РЕЧНИК ТЕРМИНА (ГЛОСАРИЈУМ)

Адаптација зграде је извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту, којима се врши: промена организације простора у објекту, замена уређаја, постројења, опреме и инсталација истог капацитета, а којима се не утиче на стабилност и сигурност објекта, не мењају конструктивни елементи, не мења спољни изглед и не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја, заштите од пожара и животне средине.

Годишња потребна топлота за грејање зграде, $Q_{an,H}$ [kWh/a] је рачунски одређена количина топлоте коју грејаним системом треба довести у зграду током године да би се обезбедило одржавање унутрашњих пројектних температура.

Годишња потребна топлота за хлађење зграде, $Q_{an,C}$ [kWh/a] је рачунски одређена количина топлоте коју расхладним системом треба одвести из зграде током године да би се обезбедило одржавање унутрашњих пројектних температура.

Енергетска санација зграде је извођење грађевинских и других радова на постојећој згради, као и поправка или замена уређаја, постројења, опреме и инсталација истог или мањег капацитета, а којима се не утиче на стабилност и сигурност објекта, не мењају конструктивни елементи, не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја, не утиче на заштиту од пожара и заштиту животне средине, али којима може да се мења спољашњи изглед уз потребне сагласности, у циљу повећања енергетске ефикасности зграде.

Енергетски ефикасан индустријски објекат је индустријски објекат који за своје функционисање троши што мање енергије на начин да не угрожава комфор боравка у објекту.

„Зелени“ индустријски објекти су индустријски објекти који својим физичким и пословним деловањем не угрожавају животну средину.

Индустријска архитектура је архитектура индустријских зграда и комплекса.

Климатски подаци јесу скуп одабраних климатских параметара који су карактеристични за неко географско подручје.

Одржива архитектура је архитектура која узима у обзир еколошки, економски и друштвени аспект и аспект утицаја на животну средину;

Референтни климатски подаци су скуп одабраних климатских параметара који су карактеристични за неко географско подручје.

Санација зграде је извођење грађевинских и других радова на постојећем објекту којима се врши поправка уређаја, постројења и опреме, односно замена

конструктивних елемената објекта, којима се не мења спољни изглед, не утиче на безбедност суседних објеката, саобраћаја и животне средине и не утиче на заштиту природног и непокретног културног добра, евидентиране непокретности добра које ужива претходну заштиту, његове заштићене околине, осим конзерваторских и рестаураторских радова.

Стварни климатски подаци јесу климатски подаци добијени статистичком обрадом према метеоролошкој станици која је најближа локацији анализиране зграде.

Унутрашња пројектна температура [$^{\circ}\text{C}$] је задата температура унутрашњег ваздуха за израчунавање топлотних губитака и топлотног оптерећења.

Фактор облика $f_0 = A/V_e$, [m^{-1}] је однос између површине термичког омотача зграде и њиме обухваћене бруто запремине зграде.

ПОПИС СЛИКА, ТАБЕЛА И ДИЈАГРАМА

Попис слика:

- Слика 1.** Ниво индустријске производње у односу на 1990. годину.
Извор: Агенција за заштиту животне средине, 2007.
- Слика 2.** Локалитети индустријског наслеђа на UNESCO - вој листи.
Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.
- Слика 3.** Локалитети индустријског наслеђа – проширена листа са листом условних локалитета. Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.
- Слика 4.** Локалитети индустријског наслеђа – проширена листа са листом условних локалитета. Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.
- Слика 5.** Изглед објекта Tip Top Tailors Building пре и након реконструкције
Извор: <http://static.torontopubliclibrary.ca/da/images/MC/pictures-r-2845.jpg>
- Слика 6.** Изглед фабрике тепиха у Торонту пре и након реконструкције
Извор: <http://www.brynmawr.edu/iconog/king/k44c.jpg>
- Слика 7.** Изглед фабрике тепиха у Торонту пре и након реконструкције
Извор: <https://tayloronhistory.files.wordpress.com/2013/01/dscn9066.jpg>
Извор: https://tayloronhistory.files.wordpress.com/2013/01/f1244_it72061192_0.jpg
- Слика 8.** Изглед Старог силоса за житарице у Кејптауну након реконструкције
Извор: <http://inhabitat.com/thomas-heatherwicks-va-waterfront-gallery-in-cape-town-will-be-carved-from-an-old-grain-silo/>
- Слика 9.** Изглед фабрике свиле у *Cavaso del Tomba* са предлогом реконструкције
Извор: Ballestini, G., Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin facade in Mediterranean climates
- Слика 10.** Стакленик
- Слика 11.** Тромбеов зид – начин функционисања
Извор: Пуцар, 2006.
- Слика 12.** Фасада са другим слојем – начин функционисања
- Слика 13.** Двоструки или „Вох“ прозор – начин функционисања

- Слика 14.** Коридорни тип фасаде – начин функционисања
- Слика 15.** Шахтно-касетни тип фасаде – начин функционисања
- Слика 16.** Наизменична фасада – начин функционисања
- Слика 17.** Интегрисана фасада – начин функционисања
- Слика 18.** Одабрани референтни модели за анализу
Извор: <https://www.google.rs/maps/@43.1532693,20.5298567,366m/data=!3m1!1e3?hl=sr>
- Слика 19.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М1 – постојеће стање
- Слика 20.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М2 – постојеће стање
- Слика 21.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М3 – постојеће стање
- Слика 22.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М1 – након санације према сценарију 2
- Слика 23.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М2 – након санације према сценарију 2
- Слика 24.** Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М3 – након санације према сценарију 2
- Слика 25.** Ружа ветрова за град Краљево. Извор: Републички хидрометеоролошки завод Србије

Попис табела:

- Табела 1.** Број становника у Србији, број радника у индустрији и њихов међусобни однос
- Табела 2.** Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М1
- Табела 3.** Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М1
- Табела 4.** Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М2
- Табела 5.** Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М2

- Табела 6.** Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М3
- Табела 7.** Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М3
- Табела 8.** Површине и запремине одабраних модела индустријских објеката
- Табела 9.** Површина омотача одабраних модела индустријских објеката
- Табела 10.** Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М1
- Табела 11.** Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М2
- Табела 12.** Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М3
- Табела 13.** Дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача зграде – постојеће стање
- Табела 14.** Дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача зграде – након санације
- Табела 15.** Подаци о одабраним моделима
- Табела 16.** Површина елемената термичког омотача зграде A [m^2]
- Табела 17.** Фактор корекције температуре конструктивних елемената зграде
- Табела 18.** Површински трансмисиони губици по елементу термичког омотача H_{Ts} [W/K] – постојеће стање
- Табела 19.** Површински трансмисиони губици по елементу термичког омотача H_{Ts} [W/K] – након санације
- Табела 20.** Специфични трансмисиони губици топлоте кроз омотач зграде
- Табела 21.** Предлог мера санације одабраних индустријских модела
- Табела 22.** Изгледи модела након предвиђених сценарија санације
- Табела 23.** Средње месечне, годишње и екстремне вредности 1981-2010. године. Извор: Републички хидрометеоролошки завод
- Табела 24.** Релативне честине ветра по правцима и тишине у промилима и средње брзине ветра у m/s 1981-2010. год. Извор: Републички хидрометеоролошки завод
- Табела 25.** Климатски пројектни подаци за Краљево и утицај ветра на зграду. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011.

- Табела 26.** Средње суме сунчевог зрачења. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011
- Табела 27.** Енергетски разреди зграда намењених пословању. Извор: Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, 2011
- Табела 28.** Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте за омотач зграде. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011
- Табела 29.** Прорачунски подаци за пројектовање индустријских објеката. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011
- Табела 30.** Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011
- Табела 31.** Специфичне емисије CO₂ за поједине врсте енергената. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011
- Табела 32.** Табела 32. Распоред топлотних зона у одабраним моделима
- Табела 33.** Оптерећења топлотних зона одабраних модела индустријских објекта од осветљења, електричне опреме, људске активности, заузетости и комбинација распореда њиховог коришћења у зонама модела - намена индустрија. Извор: софтвер DesignBuilder и Правилник о енергетској ефикасности зграда
- Табела 34.** Оптерећења топлотних зона одабраних модела индустријских објекта од осветљења, електричне опреме, људске активности, заузетости и комбинација распореда њиховог коришћења у зонама модела - намена пословање. Извор: софтвер DesignBuilder и Правилник о енергетској ефикасности зграда
- Табела 35.** Временски распоред унутрашње пројектне температуре за поједине врсте простора у постојећим моделима – намена индустрија
- Табела 36.** Временски распоред унутрашње пројектне температуре за поједине врсте простора у постојећим моделима - намена пословни објекат
- Табела 37.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Табела 38.** Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

- Табела 39.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија
- Табела 40.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање
- Табела 41.** Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање
- Табела 42.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање
- Табела 43.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Табела 44.** Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија
- Табела 45.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија
- Табела 46.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање
- Табела 47.** Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање
- Табела 48.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање
- Табела 49.** Интерни и соларни добици топлоте модел M1 [MWh] - намена индустрија
- Табела 50.** Интерни и соларни добици топлоте модел M2 [MWh] - намена индустрија
- Табела 51.** Интерни и соларни добици топлоте модел M3 [MWh] - намена индустрија
- Табела 52.** Соларни добици [MWh] - намена индустрија
- Табела 53.** Интерни и соларни добици модел M1 [MWh] - намена пословање
- Табела 54.** Интерни и соларни добици модел M2 [MWh] - намена пословање
- Табела 55.** Интерни и соларни добици модел M3 [MWh] - намена пословање
- Табела 56.** Соларни добици [MWh] - намена пословање
- Табела 57.** Годишња примарна енергија за грејање објекта - намена индустрија
- Табела 58.** Годишња примарна енергија за хлађење објекта - намена индустрија

- Табела 59.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта - намена индустрија
- Табела 60.** Годишња примарна енергија за грејање објекта - намена пословање
- Табела 61.** Годишња примарна енергија за хлађење објекта - намена пословање
- Табела 62.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта - намена пословање
- Табела 63.** Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена индустрија
- Табела 64.** Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена индустрија
- Табела 65.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена индустрија
- Табела 66.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена индустрија
- Табела 67.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена индустрија
- Табела 68.** Годишња емисија CO₂ за грејање објекта намена пословање
- Табела 69.** Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена пословање
- Табела 70.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена пословање
- Табела 71.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена пословање
- Табела 72.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена пословање
- Табела 73.** Предлог мера алтернативне санације одабраних индустријских модела
- Табела 74.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Табела 75.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Табела 76.** Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија
- Табела 77.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија
- Табела 78.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање
- Табела 79.** Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

- Табела 80.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање
- Табела 81.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Табела 82.** Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање
- Табела 83.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине kWh/(m³a)] – намена пословање
- Табела 84.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање
- Табела 85.** Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање
- Табела 86.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање
- Табела 87.** Интерни и соларни добици топлоте модел M1 [MWh] - намена индустрија
- Табела 88.** Интерни и соларни добици топлоте модел M2 [MWh] - намена индустрија
- Табела 89.** Интерни и соларни добици топлоте модел M3 [MWh] - намена индустрија
- Табела 90.** Соларни добици [MWh] - намена индустрија
- Табела 91.** Интерни и соларни добици топлоте модел M1 [MWh] - намена пословање
- Табела 92.** Интерни и соларни добици топлоте модел M2 [MWh] - намена пословање
- Табела 93.** Интерни и соларни добици топлоте модел M3 [MWh] - намена пословање
- Табела 94.** Соларни добици [MWh] - намена пословање
- Табела 95.** Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a] - намена индустрија
- Табела 96.** Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија
- Табела 97.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија
- Табела 98.** Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a] - намена пословање
- Табела 99.** Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена

пословање

Табела 100. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање

Табела 101. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена индустрија

Табела 102. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена индустрија

Табела 103. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена индустрија

Табела 104. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија

Табела 105. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена индустрија

Табела 106. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена пословање

Табела 107. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена пословање

Табела 108. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена пословање

Табела 109. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена пословање

Табела 110. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена пословање

Табела 111. Сумирани резултати одабрани за дискусију

Табела 112. Резултати симулација за случај када се врши замена копилит стакла и када се копилит стакло задржава при санацији модела М1 – намена пословање

Табела 113. Поредак одабраних модела према фактору облика зграде у зависности од намене одабраног модела

Табела 114. Поредак одабраних модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици површине

Табела 115. Поредак одабраних модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици запремине

Попис дијаграма:

Дијаграм 1. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

- Дијаграм 2.** Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за грејање целог објекта – намена индустрија
- Дијаграм 3.** Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за грејање целог објекта – намена индустрија
- Дијаграм 4.** Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање
- Дијаграм 5.** Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за грејање целог објекта – намена пословање
- Дијаграм 6.** Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за грејање целог објекта – намена пословање
- Дијаграм 7.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија
- Дијаграм 8.** Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за хлађење целог објекта – намена индустрија
- Дијаграм 9.** Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за хлађење целог објекта – намена индустрија
- Дијаграм 10.** Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање
- Дијаграм 11.** Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за хлађење целог објекта – намена пословање
- Дијаграм 12.** Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за хлађење целог објекта – намена пословање
- Дијаграм 13.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 14.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 15.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 16.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 17.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 18.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија

- Дијаграм 19.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 20.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 21.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија
- Дијаграм 22.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 23.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 24.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 25.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 26.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 27.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 28.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 29.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 30.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање
- Дијаграм 31.** Соларни добици [MWh] - намена индустрија
- Дијаграм 32.** Соларни добици [MWh] - намена пословање
- Дијаграм 33.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија
- Дијаграм 34.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање
- Дијаграм 35.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена индустрија
- Дијаграм 36.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена индустрија

Дијаграм 37. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена индустрија

Дијаграм 38. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена пословање

Дијаграм 39. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] -намена пословање

Дијаграм 40. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] -намена пословање

Дијаграм 41. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

Дијаграм 42. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Дијаграм 43. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

Дијаграм 44. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање

Дијаграм 45. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Дијаграм 46. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Дијаграм 47. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија

Дијаграм 48. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Дијаграм 49. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

Дијаграм 50. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање

Дијаграм 51. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Дијаграм 52. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Дијаграм 53. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена индустрија

- Дијаграм 71.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 72.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 73.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 74.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 75.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 76.** Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена пословање
- Дијаграм 77.** Соларни добици [MWh] - намена индустрија
- Дијаграм 78.** Соларни добици [MWh] - намена пословање
- Дијаграм 79.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија
- Дијаграм 80.** Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање
- Дијаграм 81.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена индустрија
- Дијаграм 82.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија
- Дијаграм 83.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] -намена индустрија
- Дијаграм 84.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена пословање
- Дијаграм 85.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] -намена пословање
- Дијаграм 86.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена пословање
- Дијаграм 87.** Потребна количина енергије за грејање по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија и пословање
- Дијаграм 88.** Потребна количина енергије за грејање по јединици запремине [kg/m³a] - намена индустрија и пословање

Дијаграм 89. Потребна количина енергије за хлађење по јединици површине [$\text{kg/m}^2\text{a}$] - намена индустрија и пословање

Дијаграм 90. Потребна количина енергије за хлађење по јединици запремине [$\text{kg/m}^3\text{a}$] - намена индустрија и пословање

Дијаграм 91. Потребна количина примарне енергије по јединици површине [$\text{kg/m}^2\text{a}$] - намена индустрија и пословање

Дијаграм 92. Годишња емисија угљен-диоксида [t] – намена индустрија и пословање

Дијаграм 93. Годишња емисија CO_2 за грејање и хлађење објекта по јединици површине [$\text{kg/m}^2 \text{ a}$] -намена пословање

**МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ СОЛАРНИХ СИСТЕМА ПРИ
САНАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ**

УВОД

Уводне напомене о теми и актуелност теме

Овим истраживањем се документовано и научно аргументовано утврђује и објашњава на који начин је на постојећем фасадном омотачу индустријских објеката у Србији могуће применити пасивне соларне системе градње и на тај начин остварити уштеде топлотне енергије. У дисертацији, пошло се од претпоставке да ово истраживање примене пасивних соларних принципа градње при санацији постојећих индустријских објеката може бити веома упутно и инспиративно за пројектовање одрживих и енергетски ефикасних зграда. У складу са тим, анализирана је енергетска санација постојећих индустријских објеката која обухвата унапређење енергетских перформанси постојећих транспарентних и нетранспарентних површина омотача објекта и примену пасивних соларних фасадних система, конкретно двоструке фасаде. Предлозима санације омотача одабраних индустријских објеката испитане су могућности уштеде енергије уколико посматрани индустријски објекат задржава намену индустријске зграде и уколико посматрани индустријски објекат мења намену у функцији пословне зграде. Компаративном анализом остварених уштеда енергије и смањења емисије угљен-диоксида, за поменуте опције енергетске санације омотача, дат је предлог за пројектовање и пренамену енергетски ефикасних индустријских објеката у процесу санације омотача у климатским условима Новог Пазара.

Напуштена индустријска постројења и руинирани индустријски комплекси, обично смештени у деловима града који су у време индустријске револуције били језгра развоја, у развијеним земљама не представљају ругло као што је то сада случај у Србији. Браунфилд инвестиције, које поред оживљавања старих објеката подразумевају и ревитализацију загађеног грађевинског земљишта, у свету су актуелне већ двадесетак година. Корист коју градови имају од браундфилд пројеката је вишеструка, док инвеститори најчешће заузврат добијају већ изграђену инфраструктуру. Предност браунфилд пројеката се, између осталог, огледа у томе што се уређују запуштене области које се често налазе у самом центру града или на обалама река. Адаптација индустријских објеката може довести не само до унапређења простора, већ и до изградње позитивног имица, економског напретка и промоције простора (Cizler, 2014).

Непрекидан технолошки развој, који је у последње време све очигледнији, од великог је утицаја на животну средину и доводи до прокламовања да се мора темељити на принципима одрживости. У области архитектонског пројектовања то подразумева примену одрживог планирања, пројектовања, изградње и коришћења објеката. Поред еколошког, социјалног, економског, организационог и техничког аспекта одрживости у архитектури, енергетска ефикасност објеката је аспект који дотиче три највећа проблема данашњице – заштиту животне средине, климатске промене и енергетску сигурност. Уз то, пожељна је примена принципа биоклиматског пројектовања и употреба обновљивих извора енергије, уградња ефикасних система за климатизацију, грејање и хлађење, затим ефикасно управљање водом, материјалима и другим ресурсима, као и коришћење локалне радне снаге и материјала.

Енергетски ефикаснији објекат има мањи негативан утицај на животну средину, јер је главни узрочник климатских промена управо прекомерна емисија угљен - диоксида у атмосферу, насталог сагоревањем фосилних горива. Градња у складу са контекстом и климатским условима који на локацији преовлађују, као и примена одговарајућих материјала и архитектонских концепата којима се постиже већа енергетска ефикасност објеката, најважнији су фактори које пројектанти треба да узму у обзир при санацији постојећих, а нарочито приликом пројектовања нових објеката.

Зграде троше око 40% укупне енергије у Европској унији (*Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings [EPBD]*, 2010). Грађевински сектор је у експанзији, што додатно повећава потрошњу енергије. Енергетска ефикасност и коришћење енергије из обновљивих извора представљају важне мере које су потребне да би се смањила потрошња енергије у зградама и загађивање животне средине (Пуцар, 2013). Све нове зграде у Европској унији од краја 2020. године морају имати скоро нулту потрошњу енергије (*EPBD*, 2010). Иако то изгледа немогуће, такве зграде се већ више од једне деценије граде широм Европе. Скоро нулта или веома ниска количина енергије треба да буде покривена у веома значајној мери из обновљивих извора, и то пре свега оних који су доступни локално, на парцели или у њеној близини.

Истраживање у овој дисертацији се креће у областима материјализације енергетски ефикасних архитектонских објеката и архитектонског пројектовања при санацији и пренамени индустријских објеката са једне стране и примене стакла у пасивним соларним системима, са друге стране. Иако је реч о уско стручној теми, због неопходног интердисциплинарног профилисања планираног истраживања, коришћена

су сазнања из различитих научних и стручних области: механика, грађевинска физика, климатологија, итд.

Количина потребне енергије за грејање зграде је резултат техничких и архитектонско-пројектантских одлука током процеса планирања и пројектовања (Lylykangas, 2009).

Пројектантска решења која утичу на количину потребне енергије за грејање зграде су:

- локација, оријентација и микро-клима,
- облик зграде,
- површине прозора и врата, оријентација,
- коришћење унутрашњих топлотних добитака, поготово пасивних соларних добитака,
- термичка маса,
- топлотна изолација омотача зграде, врата и прозори,
- проветравање кроз омотач зграде,
- опоравак система за грејање и система вентилације.

Прва три наведена чиниоца потичу од архитектонског дизајна.

Најважније одлуке које имају утицај на енергетске карактеристике зграде, доносе се у првој фази пројектовања. Прорачун енергије се обично може почети након што је урађено прво идејно решење. Постоје многе методе за испитивање компактности волумена зграде. Неки од ових метода узимају у обзир различите топлотне губитке кроз под, зидове и кров. Овакав приступ представља метод један корак ближе прорачуну реалне потрошње енергије за грејање, али такође сложенији и спорији за израчунавање. У почетној фази, брз резултат и једноставан начин евалуације су потребни за поређење опционих идеја и архитектонских концепата. У складу са тим, у дисертацији је дискутован утицај фактора облика зграде на количину потребне енергије за грејање објекта и енергетске карактеристике зграде уопште.

Предмет и проблем истраживања су сагледани у односу на досадашња истраживања, објављене изворе и објављене теоријске радове који су референтни за изабрани предмет рада. Анализа енергетских карактеристика зграда је тема која је истражена кроз низ значајних научних радова, кроз поједностављене и детаљне моделе на основу својстава прозора, дизајна зграде и климатских услова (Анђелковић *et al.*, 2015). Утицај врсте стакла и застора на енергетске карактеристике зграде је у великој мери истражена тема (Baldinelli, 2009, Gratia, 2007, Perez-Grande, 2005). Симулације топлотних добитака применом пасивних соларних система са аспекта енергије су довољно испитани у бројним актуелним истраживањима (Вујошевић, 2016).

Нумеричке симулације топлотног комфора у зградама са природном вентилацијом су значајно заступљене у приступу одређивања квантитативне вредности топлотне удобности (Žana, doi:10.2298/TSCI150414171S, Slavković, doi:10.2298/TSCI160524179S). Бројни су предлози примене пасивних соларних система у циљу смањења годишњих потреба за енергијом за грејање и хлађење, као на пример двоструке фасаде који представљају додатни слој стакла на спољном зиду зграде (Игњатовић, 2012). Постоји мали број истраживања о примени двоструке фасаде при реконструкцији омотача индустријских објеката, којим су до сада испитиване могућности у погледу очувања топлотне енергије (Ballestini, 2005). Утицај фактора облика зграде на енергетске карактеристике зграде јесте тема која је у научном погледу значајно испитана са аспекта концептуалних апроксимативних модела зграда (Lylykangas, 2009), док класификација индустријских објеката са аспекта енергетске потрошње зграде и њен однос према фактору облика зграде при санацији индустријских објеката до сада није испитана.

Актуелност теме је у томе што је енергетска ефикасност данас неизоставна карактеристика сваког новог или реконструисаног објекта, како због захтева регулативе и смањења трошкова за енергију, тако и због све израженије свести о очувању животне средине.

Образложење предмета и проблема истраживања

Количина енергије која се троши у објектима, квалитет микроклиме унутрашњег простора, као и загађење животне средине наводе на потребу за комплексном анализом елемената у склопу објекта. С обзиром да се кроз омотач зграде одвијају све интеракције између спољашње средине и унутрашњег простора, он представља један од кључних елемената објекта од кога директно зависи комфор унутрашњег простора, спољашњи изглед, као и енергетски биланс објекта. Са усложњавањем и порастом потреба корисника, повећавају се и захтеви који се постављају пред омотач зграде.

Предмет истраживања су могућности унапређења енергетских перформанси индустријских објекта применом пасивних соларних фасадних система у материјализацији омотача објекта у климатским условима Србије. Основни фокус истраживања је смањење топлотних губитака санацијом омотача објекта као и испитивање потенцијала остварења топлотних добитака применом пасивних система, конкретно применом двоструке фасаде, чији склоп чини стакло као основни материјал.

Следећи фокус се односи на свеобухватно сагледавање параметара од утицаја на примену пасивних соларних система на индустријским објектима у климатским условима Србије. Индустријски објекти у Србији су у истраживању узети као модел на коме се спроводи истраживање, јер су то објекти чија намена подразумева значајну потрошњу енергије за грејање и хлађење зграде. Типолошки карактеристични индустријски објекти се посебно детаљно разматрају са становишта могућег интегрисања пасивних соларних система на њиховим фасадним зидовима. Анализа карактеристичних индустријских објеката се спроводи са енергетског и еколошког аспекта. За климатске услове Србије, и специфичне климатске услове локације где се одабрани индустријски објекти конкратно налазе, разматрани су потенцијали примене пасивних соларних система са енергетског аспекта. Методологија оцене унапређења енергетских перформанси одабраних индустријских објеката подразумева примену компјутерски подржаног процеса пројектовања и квантитативне анализе енергетске ефикасности.

Истраживање је усмерено и на проблем формирања критеријума за примену и одабир пасивних соларних система, чији склоп чини стакло као основни материјал, при реконструкцији омотача индустријских објекта (реконструкција прозорских отвора, примена двоструке фасаде, као и реконструкција нетранспарентних површина омотача). Формирани критеријуми омогућавају анализу и евалуацију различитих решења примене стакла у пасивним соларним системима на индустријским објектима за климатске услове у Србији, са акцентом на двоструким фасадама.

Библиографски извори о предмету истраживања

Рад на овом истраживању подразумевао је прикупљање широког спектра информација. Доступна писана литература, пројектна документација и електронске информације омогућили су сагледавање различитих проблема индустријских објеката у Србији и њихових енергетских особина, као и одговарајућих стратегија које доприносе њиховом побољшању. Посматрајући ово истраживање као део сложених процеса у архитектури, прикупљене информације досадашњих истраживања можемо сврстати на следећи начин:

- Општа истраживања која се баве утицајем феномена климатских промена, одрживости, енергетске ефикасности на архитектуру, посебно са освртом на индустријске објекте, и
- Истраживања која се баве конкретном применом нових техника и технологија на савременим индустријским објектима.

Предмет истраживања се третира кроз следеће групе извора информација:

- Истраживања на тему утицаја климатских промена на развој савремених приступа у архитектонском пројектовању;
- Истраживања на тему одрживе архитектуре и примене принципа биоклиматског пројектовања код индустријских објеката;
- Истраживања на тему енергетске ефикасности и пројектовања енергетски ефикасних индустријских објеката;
- Истраживање на тему адаптације и енергетске санације омотача постојећих индустријских објеката;
- Истраживање на тему адаптације и пренамене постојећих индустријских објеката;
- Истраживања која се односе на индустријске објекте и типологију индустријских објеката.

Прва група истраживања бави се поводом који је покренуо рад на овој дисертацији. Климатске промене су један од главних узрока забринутости за будућност планете и спровођења разних акција у сврху њиховог ублажавања. Из тог разлога произилази потреба за одрживим пројектовањем и одговорним односом према животној средини. Ова област је релативно добро обрађена, што се види из референтне литературе:

- Council of the European Union. (2008). *Energy and climate package - elements of the final compromise agreed by the European Council*. Brussels: Council of the European Union.
- European Commission. (2011). *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Brussels: European Commission
- European Environment Agency. (2012). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Copenhagen*: European Environment Agency.

- European Environment Agency. (2012). *Environmental indicator report 2012*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Фремптон, К. (2004). *Модерна архитектура, критичка историја*. Београд: Орион арт.
- International Energy Agency. (2012). *CO2 Emissions from fuel combustion: Highlights*. Paris: The International Energy Agency.
- IPCC (1990). *First assessment report*. Cambridge: University Press.
- Krstić-Furundžić, A., Djukic, A. (2009). Serbia. U Jones, P., Pinho, P., Patterson, J., Tweed, C. (ur.), *European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment* (156-170). Cardiff: The Welsh School of Architecture, Cardiff University.
- Ministry of Environment and Spatial Planning. (2010). *Initial national communication of the Republic of Serbia under the United Nations framework convention on climate change*. Belgrade: The Ministry of Environment and Spatial Planning.
- *Национална стратегија одрживог развоја*, Службени гласник Републике Србије, бр. 57/2008.
- *Национални програм заштите животне средине и Стратегија биолошке разноврсности*, Службени гласник Републике Србије, бр. 13/2011.
- New Scientist. (2008). Special report: How our economy is killing the Earth. New Scientist 2678.
- Rifkin, J. (2011). *The Third industrial revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Секулић, Г., Димовић, Д., Јовић, З., Тодоровић, Н. (2012). *Процена рањивости на климатске промене – Србија*. Београд: WWF (Светски фонд за природу) и Центар за унапређење животне средине.
- *Стратегија одрживог коришћења природних ресурса и добара*, Службени гласник Републике Србије, бр. 33/2012.
- United Nations. (1992). *Agenda 21*. New York: United Nations.
- United Nations. (1992). *Rio declaration on environment and development*. New York: United Nations
- United Nations. (1992). *United Nations framework convention on climate change*. New York: United Nations
- United Nations. (1998). *Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change*. New York: United Nations.

- United Nations. (2012). *The future we want*. New York: United Nations .

Друга група истраживања пружа увид у дефиницију одрживог развоја и основне карактеристике одрживе архитектуре. Разматрана су два приступа одрживом пројектовању: базиран на традиционалним и на савременим технологијама, а узети су у обзир основни принципи биоклиматског пројектовања и пројектовања енергетски ефикасних објеката. Односи се на циљеве Европске уније по том питању, стање по питању енергетске ефикасности у Србији, адаптацију, пренамену и експлоатацију изграђених индустријских објеката са становишта потрошње енергије и начинима за њено смањење. Ова група информација потиче из следеће литературе:

- Accor Hospitality. (nd). *Sustainable Development: International Guidelines - Construction & Refurbishment*. Paris: Accor Hospitality.
- ASHRAE. (1999). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ANSI/ASHRAE Standard 62-1999. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (2004b). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (2009). *2009 ASHRAE Handbook of Fundamentals*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (2011). *2011 ASHRAE HVAC Applications Handbook*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Chartered Institution of Building Services Engineers. (2001). *CIBSE Guide B: Heating, Ventilating, Air Conditioning and Refrigeration*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings - EPBD. (2010). *Official Journal of the European Union*, 153, 13-35.
- Гбурчик П., (ур.) (2004). *Студија енергетског потенцијала Србије за коришћење сунчевог зрачења и енергије ветра*. Београд: Институт за мултидисциплинарна истраживања.
- Golic, K., Kosoric, V., Krstic-Furundzic, A. (2011). *General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment - Potential energy*

savings and environmental impact. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15 (3), 1533-1544.

- Институт за стандардизацију Србије. (2010). *Стандард SRPS EN ISO 13790:2010 Енергетске перформансе зграда – Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора*. (2010). Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- International Union of Architects. (2009). *Copenhagen declaration: Sustainable by design*. Paris: International Union of Architects.
- Косорић, В. (2010). *Примена топлотних пријемника сунчеве енергије у циљу унапређења енергетских перформанси зграда у Београду*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.
- Krstić, A. (1997). Design and energy performances of greenhouses located in attics. U *Proceedings 4th International PLEA '97: Bioclimatic Design in Cold Climates* (57-62). Kushiro: Architectural Institute of Japan.
- Крстић, А. (1998). Застакљења као функционални елементи омотача енергетски ефикасних зграда. У *Зборник међународне конференције Алтернативни извори енергије и будућност њихове примене у Југославији* (109-114). Подгорица: Црногорска Академија наука и умјетности.
- Крстић, А. (1999). Еколошки приступ у изградњи нових и обнови постојећих стамбених градских зона. У Бајић-Брковић, М. (ур.), *Одрживост и град* (31-39). Београд: Архитектонски факултет.
- Krstić-Furundžić, A. (2012). Energy efficiency. U Di Giulio, R. (ur.), *Suburbanscapes, COST Action TU0701* (31-36). Florence, Italy: Universita di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Alinea Editrice.
- Krstić-Furundžić, A., Kosić, T. (2012). Assessment of the scenarios of an office building in terms of energy and environmental sustainability. U Olabi A. G., Benyounis, K.Y. (ur.), *Environment & Clean Technologies, Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Energy&Environmental Protection-SEEP 2012, Part II* (79-84). Dublin: Dublin City University, School of Mechanical & Manufacturing Engineering.
- Krstić-Furundžić, A., Kosić, T. (2011). Analysis of energy efficiency of the office building in downtown of Belgrade. U Yigiteanlar, T., Fachinelli, A. C. (ur.), *Proceedings of the 4th Knowledge Cities World Summit-KCWS 2011* (209-220). Bento Goncalves: The World Capital Institute and Ibero-American Community for

Knowledge Cities.

- Krstić-Furundžić A., Kosorić V. (2009). *Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems*. *Spatium International Review*, 20, 19-22.
- Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. (2009). *Le Grenelle Environnement: Ecology, Energy, Sustainable Development & the Sea*. Paris: Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer.
- Norton, J. (1999). Sustainable architecture: a definition. *Habitat debate - construction and architecture*, 5 (2), 60.
- Petrović, S., Pucar, M. (2011). Energy Certification Experience and Requirements in Republika Srpska. U *The Proceedings of the 42nd Congress on HVAC&R* (230-239). Beograd: SMEITS I KGH Srbije.
- Pike Research. (2011). *Energy Efficient Buildings: Europe*. Boulder: PIKE Research LLC.
- *Правилник о енергетској ефикасности зграда*. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда*. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- Пуцар, М. (1999). *Параметри планирања и пројектовања застакљеног простора као елемента биоклиматске архитектуре*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.
- Пуцар, М. (2006). *Биоклиматска архитектура: застакљени простори и пасивни соларни системи*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије.
- Pucar, M. (2007). Principles of Ecological and Energy Efficient Urban Planning and Application of Renewable Energy Sources – Present Conditions and Possibilities. U *International Scientific Conference: „Sustainable Spatial Development of Towns and Cities”*, Thematic Conference Proceedings - Volume 1 (247-278). Belgrade: Institute of architecture and urban & spatial planning of Serbia.
- Pucar, M. (2008). Contemporary Concept in Planning, Designing and Construction of Bioclimatic and Energy-Efficient Buildings. U *Savremena građevinska praksa* (201-227). Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka i Društvo građevinskih inženjera Novog Sada.
- Пуцар, М., Пајевић, М., Јовановић-Поповић, М. (1994). *Биоклиматско*

планирање и пројектовање: урбанистички параметри. Београд: Завет.

- Пуцар, М., Пајевић, М., Јовановић-Поповић, М. (1998). *Биоклиматске карактеристике неких историјских насеља у Србији и Црној Гори*. Архитектура и урбанизам, 4, 17-24.
- Reckangel, H., Sprenger, E., Schramek, E.R., Čeperković, Z. (2004). *Grejanje i klimatizacija 05/06*. Vrnjačka Banja: Interklima.
- United Nations Environment Programme. (2012). *Moving towards a climate neutral UN: The UN system's footprint and efforts to reduce it*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- United Nations. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: Our common future*. New York: United Nations.
- Wang, L., Wong, N. H. (2009). *Coupled simulations for naturally ventilated rooms between building simulation (BS) and computational fluid dynamics (CFD) for better prediction of indoor thermal environment*. Building and Environment, 44 (1), 95-112.
- Закон о планирању и изградњи. (2014). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 132/2014.
- Zisko-Aksamija, A., Whalley, L. (2007). *Sustainable architecture: social, cultural and technological aspects in reconstruction of war-torn societies*. U *Rebuilding sustainable communities in Iraq: Policies, programs and projects* (161-180). Boston: University of Massachusetts.

Трећа група истраживања бави се темом адаптације и енергетске санације постојећих индустријских објеката. Разматрају се могућности примене обновљивих извора енергије при енергетској санацији омотача и њихов утицај на топлотни комфор у објекту. Разматра се типологија индустријских објеката – област која је најмање истражена са енергетског аспекта, у оквиру које се очекује извесни допринос докторске дисертације. Разматрају се разне класификације према архитектонско-урбанистичким и архитектонско-конструктивним критеријумима. Ова група информација потиче из следеће литературе:

- Alfrey, J. (2002). *The Industrial Heritage*. London-New York: Routledge.
- Bordass, B. (1996). *Museum Collections in Industrial Buildings: A selection and adaptation guide*. London, UK: Bigwood and Staple.

- Cantell, S., F. (2005). *The Adaptive Reuse of Historic Industrial Buildings: Regulation Barriers, Best Practices and Case Studies*. Virginia: Polytechnic Institute and State University.
- Chan, R., C. (2011). *Old Buildings, New Ideas: Historic Preservation and Creative Industry Development as Complementary Urban Revitalization Strategies*. (Masters Thesis). Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
- Corey, A., W.(2010). *ADAPTIVE REUSE of INDUSTRIAL BUILDINGS in TORONTO, ONTARIO: Evaluating Criteria for Determining Building Selection*. Kingston. Ontario. Canada: Queen's University.
- Langston, C., Shen, L. (2010). *Application of the adaptive reuse potential model in Hong Kong: A case study of Lui Seng Chun*. London: Taylor & Francis.
- Moreno, R., A., Skea, J. (1994). *Industry, Energy, and Transportation: Impacts and Adaptation*.
- The Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht. (2012). *Shaping the Future: Case Studies in Adaptation and Reuse in Historic Urban Environments*.
- Wilkinson, S., J., James, K., Reed, R., G. (2010). *Building Adaptation in the Melbourne CBD: The relationship between adaptation and building characteristics*. Sydney, Australia: FIG Congress.
- Zabala, A. (2012). *Energy balance in the adaptive reuse of historic urban industrial buildings*. Sheffield, UK: The University of Sheffield, School of Architecture.
- Група аутора, (2003). Анализа структуре грађевинског фонда, фаза 1. *Научно истраживачки пројекат „Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре“*. Архитектонски факултет Универзитета у Брограду. Београд.
- Група аутора, (2003). Могућности унапређења енергетских карактеристика грађевинског фонда, фаза 2. *Научно истраживачки пројекат „Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре“*. Архитектонски факултет Универзитета у Брограду. Београд.
- Дамјановић, В. (1980). *Индустријски комплекси и зграде*. Грађевинска књига. Београд.
- Којић, Б. (1962). *Индустријска архитектура – пројектовање привредних зграда*. Научна књига. Београд.
- Радовић, Р. (1977). *Физичке структуре*. Београд: Архитектонски факултет

Критички осврт на досадашња истраживања

Проблем уштеде енергије, као и питање квалитета животне средине, представљају предмет многих истраживања широм света. Данас се у развијеним земљама изузетно велика пажња посвећује питању енергетске ефикасности зграда, па самим тим и могућностима за уштеду енергије интензивирањем употребе обновљивих извора енергије, као што је нпр. топлотна енергија Сунца. Здрав живот представља приоритет савременог доба, због чега квалитет унутрашњег комфора представља веома важан циљ сваке инвестиције у грађевинарству.

У нашој земљи, као и у осталим земљама у развоју, ова тема још увек не завређује онолико пажње колико би требало. Не постоји довољно писаних информација заснованих на савременим светским искуствима, које се баве проблематиком оптимизације енергетских перформанси индустријских објеката. Утицај комбиноване употребе обновљивих и конвенционалних извора енергије, нарочито у области индустријских објеката, као и утицај специфичних техничких елемената омотача на побољшање енергетске ефикасности ових објеката у климатским условима Србије, још увек нису довољно истражени.

На основу увида у релевантне изворе закључује се да је до данас најмање истражена тема типологије индустријских објеката са енергетског аспекта, те да се на том пољу истраживања може постићи одређени допринос. Као основ типологије индустријских објеката у енергетском смислу вршена је класификација према: морфологији омотача објекта, оријентацији објекта, заступљености транспарентних и нетранспарентних површина на фасади и крову објекта, осунчаности фасаде, начину вентилисања објекта. Класификација је вршена на овај начин јер се сматра да ове карактеристике појединачних објеката директно утичу на енергетски биланс зграде, могућност апликације пасивних соларних фасадних система, конкретно двоструке фасаде, као на одређивање потенцијалних места апликације двоструке фасаде. Типови индустријских објеката који су истражени овом дисертацијом су следећи: индустријски објекти са кровом шед конструкције, индустријски објекти са двоводним косим кровом, индустријски објекти са равним кровом.

Постоји јасна потреба за применом нумеричких симулација у циљу предочавања утицаја архитектонског решења на енергетску ефикасност индустријских објеката и квалитет унутрашњег комфора у њима. Суштински је важно познавати кретања у

области архитектонског инжењерства у развијеним земљама и приближити их домаћој стручној јавности. Из тог разлога су за ово истраживање значајна светска искуства из ове области. Ово истраживање испитује допринос коришћења обновљивих извора енергије, посебно Сунчеве енергије, како у погледу енергетских уштеда, тако и у погледу унапређења комфора боравка у унутрашњем простору. Главни акценат је на истраживању утицаја двоструке фасаде код различитих типова индустријских објеката на енергетску ефикасност целог објекта, као и на формирању оптималног модела индустријског објекта за подручје Србије, посматрано са енергетског аспекта. Дата решења су посматрана у циљу њихове примене у поступку реконструкције постојећих индустријских објеката као и у поступку адаптације и пренамене индустријских објеката у објекте пословне намене.

Обухват истраживања

Предложена тема је последица проблема и трендова који су у овом тренутку актуелни како у свету, тако и у Србији. Они обухватају климатске промене, одрживост, енергетску ефикасност, као и правни оквир који их регулише. Предмет истраживања односи се на санацију омотача постојећих индустријских објеката са циљем повећања енергетске ефикасности објекта и примену пасивних соларних система као основних полазишта у процесу пројектовања и санације индустријских објеката.

Предметно истраживање обухвата област архитектонског пројектовања и материјализације објеката, као и проблематику топлотног комфора у зградама. У том смислу анализирани су различити типови индустријских објеката за климатске услове Србије. Интегралним приступом кроз нумеричке симулације које обухватају климатске податке за подручје града Новог Пазара, као и параметре потребног термичког комфора, одређује се модел примене пасивних соларних система на индустријским објектима у процесу енергетске оптимизације за Нови Пазар.

Основни циљеви и задаци истраживања

Циљ истраживања јесте да се испитају могућности унапређења енергетских перформанси индустријских зграда кроз анализу потенцијала примене пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Новог Пазара, односно енергетских и еколошких потенцијала.

На теоријском плану, циљ истраживања је сагледавање проблематике примене пасивних соларних фасадних система на постојећем омотачу индустријских објеката, са акцентом на двоструким фасадама, кроз дефинисање релевантних параметара, карактеристика и критеријума примене и одабира, који су кључни за формирање методолошког поступка и препорука за примену пасивних соларних фасадних система у процесу санације постојећих и пројектовања нових индустријских објеката.

Циљ истраживања је да се на бази прикупљених података сложеном анализом карактеристика индустријских објеката, које су релевантне за примену пасивних соларних фасадних система као урбанистички параметри (локација објекта, оријентација, засенчење), капацитети индустријских објеката (површина објекта, систем грејања индустријских објеката), типологија и архитектонске карактеристике индустријских објеката (просторна организација и структура, организација релевантних садржаја, конструкција објекта, материјализација омотача, потенцијална места примене пасивних соларних фасадних система), идентификују препоруке и методолошки поступак за примену пасивних соларних фасадних система на постојећим индустријским објектима. Циљ је да се одаберу референтни модели енергетске санације индустријских објеката у Србији.

Практични циљ истраживања се остварује испитивањем могућности примене и интегрисања двоструке фасаде на одабраним индустријским објектима кроз анализу различитих решења примене стакла у овим системима и евалуацију разматраних решења, као и проверу енергетске ефикасности помоћу рачунарских симулација и термичких прорачуна.

Циљ рада је и доношење релевантних закључака и дефинисање препорука за пројектовање и примену пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Србије.

Основни задаци истраживања проистичу из циљева. Као основни задаци могу се издвојити:

- Идентификација и анализа кључних карактеристика релевантних и неопходних за истраживање могућности примене пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Србије;

- Систематизација критеријума који утичу на формирање архитектонске типологије индустријских објеката са енергетског аспекта;
- Идентификација и дефинисање критеријума и методологије пројектовања двоструке фасаде у поступцима енергетске санације индустријских објеката;
- Дефинисање релевантних критеријума за евалуацију решења примене двоструких фасада у пасивним соларним фасадним системима индустријских објеката при реконструкцији истих;
- Дефинисање референтних модела индустријских објеката у Србији за анализу, односно апликацију пасивних соларних система;
- Идентификација, анализа, евалуација и систематизација потенцијалних решења која јасно треба да представе могућности и ограничења примене двоструких фасада на индустријским објектима у Србији уз сагледавање енергетског и еколошког аспекта;
- Нумеричке симулације енергетских перформанси одабраних модела индустријских објеката у климатским условима Републике Србије. Нумеричке симулације смањења емисије CO₂. Нумеричке симулације су неопходан алат у поступку енергетске санације као саставни део интегралног пројектантског процеса;
- Анализа и валоризација модела пре и после санације да би се уочили остварени добици, а потом и упоредна анализа модела енергетске санације;
- Дефинисање препорука за примену пасивних соларних фасадних система на новим индустријским објектима и у санацији постојећих.

Научна и друштвена оправданост дисертације, очекивани резултати и њихова примена

Првенствени задатак је да се истраже оптималне могућности примене пасивних соларних система, двоструке фасаде, при реконструкцији индустријских објеката у енергетском и еколошком смислу.

Научна оправданост истраживања

Научна оправданост предметног истраживања повезана је и условљена доприносом истраживања у архитектонској и осталим техничким наукама које су уско повезане са пројектовањем и извођењем објеката у чијој материјализацији фасадних зидова се примењује стакло у функцији формирања или креирања пасивних соларних система. Допринос овог истраживања је у следећим областима:

- Примени пасивних соларних система на фасади објекта, систематизацији релевантних параметара карактеристичних за примену пасивних соларних система, као и објашњењу условљености одабира функционалних карактеристика пасивних соларних система и релевантних карактеристика индустријских објеката у чији се фасадни зид пасивни соларни систем интегрише;
- Приступу истраживања проблематике енергетске санације индустријских објеката применом двоструке фасаде, свеобухватној и комплексној анализи релевантних карактеристика објекта, затим анализа локације узимајући у обзир релевантне климатске услове Србије, и анализи и евалуацији модалитета примене пасивних соларних система; ово истраживање доприноси унапређењу логичко-сазнајног приступа разматрања целокупног процеса примене двоструке фасаде при санацији индустријских објеката.

Друштвена оправданост истраживања

Повод за истраживање је чињеница да архитектонско-грађевинска пракса у будућности треба да тежи концептима енергетски ефикасних објеката, уштеди конвенционалних извора енергије и коришћењу обновљивих извора енергије, првенствено Сунчеве енергије.

Коришћење Сунчеве енергије применом пасивних соларних система на грађевинским објектима на подручју Србије представља економски исплативу инвестицију, посебно на објектима са великом потрошњом енергије за грејање. Међутим, евидентно је да у Србији примена пасивних соларних система, готово да није присутна, те ово истраживање испитује и показује могућности енергетских уштеда применом двоструке

фасаде у климатским условима Србије у циљу побуђивања стручне и шире јавности за примену пасивних соларних система.

Актуелност теме је у значају и потенцијалима примене пасивних соларних система при санацији различитих типова постојећих индустријских објеката у циљу унапређења у енергетском и еколошком смислу. Тема је актуелна како са теоријског, тако и са практичног становишта, јер је усмерена на истраживање примене двоструке фасаде на конкретним постојећим индустријским објектима у Србији у циљу повећања енергетске ефикасности. Самим тим, представља тему која је отворена за дефинисање нових теоријских концепата у оквиру проблематике примене пасивних соларних система, а са друге стране резултати истраживања су веома корисни јер представљају реална решења за конкретне услове и објекте и директно су применљиви у пракси.

Очекивани резултати истраживања и њихова примена

Резултати рада представљају конкретна сазнања произашла из анализе реалне могућности примене пасивних соларних система на индустријским објектима у климатским условима Републике Србије.

Резултати ове докторске дисертације директно дају доприносе пројектантским процесима и концептима. Очекивани резултати докторске дисертације представљају значајан допринос архитектонској струци, као и струкама машинских и грађевинских инжењера, пошто савремени архитектонски концепти енергетски ефикасног грађења захтевају блиску сарадњу архитекте са машинским и грађевинским инжењерима.

Архитектима, машинским и грађевинским инжењерима су намењене релевантне информације, препоруке и методолошки поступак за пројектовање грађевинских објеката са применом стакла као основним материјалом у пасивним соларним фасадним системима, јер пројектовање и примена поменутих система захтева поседовање адекватних информација и знања о пасивним соларним системима и могућностима њихове примене.

Посебан допринос ове докторске дисертације садржан је у чињеници да је у оквиру ње представљена проблематика пројектовања и извођења двоструке фасаде, а у циљу енергетских уштеда коришћењем сунчеве енергије као обновљивог извора. Истраживања у овом раду представљају базу података значајну за приближавање идеје примене двоструке фасаде у домаћој пракси и представљају подлогу за даља

истраживања у функцији формирања стратегије пројектовања и извођења енергетски ефикасних зграда у домаћим условима, као незаобилазног концепта у савременом архитектонском стваралаштву. Конкретне анализе директно представљају методолошки приступ, а резултати указују на решења за обнову постојећих индустријских објеката и пројектовање нових у климатским условима Србије.

Полазне хипотезе истраживања

У складу са изнетим предметом, проблемима и циљевима истраживања, дефинисане су следеће хипотезе:

Хипотеза 1: *Примена двоструких фасада при енергетској санацији индустријских објеката у Србији омогућава да се остваре значајне енергетске уштеде.*

Предметно истраживање представља методолошки поступак оптимизације енергетских перформанси индустријских објеката у климатским условима Србије, што је показано кроз дефинисање и анализу референтних модела индустријских објеката. Ова претпоставка се доказује квантитативном анализом резултата дигиталних симулацијом и прорачунима редукације топлотних губитака и остварења топлотних добитака, затим упоредном анализом потребне енергије за грејање и хлађење објеката за постојеће стање и стања након санације омотача одабраних референтних модела индустријских објеката.

Хипотеза 2: *Примена пасивних соларних система код индустријских објеката условљена је типологијом објеката.*

Индустријски објекти се могу довољно детаљно класификовати према архитектонским критеријумима материјализације, форме и оријентације, који директно утичу на потребу објекта за енергијом. Формирањем типологије индустријских објеката, са енергетског аспекта и аспекта примене пасивних соларних фасадних система, указује се на могућности и олакшава рад како пројектаната, тако и других стручњака који се баве пројектовањем и енергетском санацијом индустријских објеката који остварују одговарајуће енергетске перформансе.

Хипотеза 3: *Мере унапређења које обухватају примену соларне енергије - апликацију пасивних соларних система, захтевају посебна техничка решења у случају обнове индустријских објеката.*

У зависности од концепта пасивног соларног система различит је и приступ у изради техничких решења. Постојеће стање објекта, архитектонско-урбанистички услови,

положај транспарентних и нетранспарентних елемената на фасади, специфични захтеви при обнови, санацији и адаптацији објекта, захтевају посебна и најоптималнија техничка решења којима је потребно обезбедити непходан топлотни комфор у објекту и уштеду топлотне енергије.

Програм истраживања – материјал и научне методе истраживања

С обзиром на комплексност теме рада, приликом рада су коришћене опште, посебне и специфичне научне методе истраживања у областима које су предмет истраживања. Природа рада је условила да истраживање буде спроведено у три основна правца, односно дела истраживања што подразумева више различитих научно-истраживачких метода.

Први правац истраживања се огледа у прикупљању података и анализи претходних истраживања, у сагледавању и утврђивању чињеничног стања у области грађевинског фонда индустријских објеката у Србији. Такође обухвата анализу климатских карактеристика Србије, са аспекта примене пасивних фасадних соларних система на грађевинским објектима.

Други правац је теоретски и у њему се одређују критеријуми и параметри на основу којих се генерално може извршити евалуација квалитета примене пасивних соларних фасадних система на грађевинским објектима.

Трећи правац истраживања је практичан и у њему се дефинишу референтни модели енергетске санације индустријских објеката, анализирају и вреднују са енергетског и еколошког аспекта.

У складу са самом тематиком, у овом раду су коришћене следеће научно-истраживачке методе:

- Анализа садржаја и компаративна метода, које се примењују у разматрању претходних истраживања из области релевантних за сагледавање могућности примене пасивних фасадних соларних система на грађевинским објектима, како би се адекватно формирала слика чињеничног стања и прикупили подаци који ће представљати базу за касније фазе истраживања у раду;
- Прикупљање и анализа техничких података везаних за пасивне соларне системе и њихову примену на индустријским објектима, као и релевантних података о индустријским објектима, неопходних за

адекватно и квалитетно сагледавање проблематике примене двоструке фасаде на индустријским објектима;

- Анализа термодинамичких и енергетских симулација, дијаграма, графикона, табеларних података пројектованих и изведених архитектонских објеката са пасивним соларним системима, а све у циљу успостављања и дефинисања критеријума за евалуацију примене пасивних соларних система при санацији индустријских објеката;
- Нумеричка симулација енергетских перформанси различитих решења примене двоструке фасаде, као модалитета пасивне соларне архитектуре, у омотачу индустријских објеката помоћу рачунарских програма DesignBuilder и Energy Plus;
- Квантитативна анализа енергетских перформанси референтних модела енергетске санације индустријских објеката у Србији која обухвата апликацију двоструке фасаде;
- Синтеза свих претходно прикупљених података и резултата спроведених анализа, како би се установили основни принципи и закључци за примену двоструке фасаде при реконструкцији индустријских објеката у климатским условима Републике Србије.

Преглед садржаја рада

Рад је подељен у три поглавља.

Прво поглавље је резултат теоријског истраживања о узроцима и поводима за истраживање предложене теме. Описују се и тумаче чињенице које доводе до бољег разумевања значаја предмета истраживања. Говори о индустрији и индустријском развоју у свету и у Србији, као о једном од водећих сектора светске привреде. Даље говори о високом броју напуштених индустријских објеката у Србији, о браунфилд инвестицијама, адаптацији и пренамени индустријских објеката у Србији што представља повод за ово истраживање. Представља значај на формирање свести о могућности искоришћења постојећег грађевинског фонда, унапређењу његових енергетских карактеристика и имплементацију одрживости у целом процесу обнове и санације.

У другом поглављу третира се проблематика индустријских објеката, њихов утицај на животну средину и потрошњу енергије, и даје се типологија индустријских објеката са

енергетског аспекта. Приказују се концепти за остварење енергетске ефикасности у индустријским објектима, системи за сертификацију енергетски ефикасних објеката и одговорност према животној средини. Врши се одабир конкретних модела индустријских објеката и спроводе се анализе њихових енергетских перформанси. Формира се методолошки приступ изради сценарија санације према коме се врши санација омотача одабраних објеката, од чега четири сценарија санације представљају примену двоструке фасаде при санацији док један не садржи примену двоструке фасаде. Даје се опис параметара који утичу на нумеричку симулацију енергетских перформанси модела, као што су климатски услови, физичке карактеристике објеката, топлотно оптерећење и режим коришћења простора.

У трећем поглављу пореде се резултати енергетских симулација изабраних модела и њихових алтернатива према критеријумима потребне енергије за климатизацију, као и према топлотним добицима. Дају се предлози за унапређење енергетских карактеристика модела и анализирају се доприноси предложених мера. Закључци анализа и препоруке за пројектовање енергетски ефикасних индустријских објеката са применом двоструке фасаде у процесу санације приказују се у дискусији на крају овог поглавља.

У Закључку даје се приказ резултата истраживања, потврђују постављене хипотезе, образлаже применљивост постигнутих резултата и указује на правце даљих истраживања.

1. РЕФЕРЕНТНИ ОКВИР УТИЦАЈА НА ИНДУСТРИЈСКЕ ОБЈЕКТЕ

Развитком друштва и сталним научним и технолошким напретком, привреда се стално усавршава, јача и све се више исказује као основни чинилац који условљава моћ друштва и живот човека уопште. Посматрајући данашњицу уочава се да је индустрија највећа грана привреде савременог друштва. Инвестициона улагања у индустрију су чак и код великих и развијених земаља и даље значајно велика. Развитац и напредовање технологије често изискује изградњу нових објеката. Нова улагања повлаче за собом друга друштвена улагања у изградњу индустрије и свеукупне привреде, која су знатно већа од инвестирања намењених изградњи објеката такозване утилитарне архитектуре, зграда друштвеног значаја (Damjanović, 1980).

Развитком друштва мењала су се схватања и увећавали захтеви у погледу намене индустријских објеката. Сазнање да радионички простор није само производно добро, да човек проведе читавих десет година на свом радном месту, уочавање да продуктивност радне снаге у многоме зависи од радних услова и подобности средине, указало је на потребу другачијег и студиознијег приступа при пројектовању индустријских објеката.

Индустријска архитектура, посебан сектор архитектонског стваралаштва, настала је упоредо са развојем индустрије, као функционални захтев саме индустрије. Својствени израз она добија тек током прве половине 19. века у технички развијеним земљама западне Европе (Којић, 1962).

У почетку, она је решавала само конструктивну проблематику стварања простора који ће одговарати индустријским технолошким процесима. Током 19. века она још није обухватала целину архитектонске проблематике већ су преовлађавали нагли развој, рационалност и искоришћење материјала и људства, одсуство бриге за човека, запостављање биолошких, психолошких и естетских фактора.

Касније, индустријском архитектуром су се бавили углавном инжењери-конструктори, дајући на значају развоју конструктивних система и облика, упознавању значаја људских фактора, класификацији појмова технолошких процеса и њиховог одраза на општу композицију индустријског комплекса и појединачних објеката.

Савремена индустријска архитектура је постала права архитектонска категорија са свим одликама пуног архитектонског стваралаштва. Она има своје посебности које се огледају у чврстини функционалних захтева, одређености технолошких процеса,

разноликости услова које постављају разнолики процеси и који се морају исправно и рационално задовољити, комплексности у нужности решавања разноликих проблема који настају из захтева технолошког процеса производње и потребе да се људству створе максимално повољни физиолошки и психолошки услови рада.

Индустрија може имати у знатној мери негативне еколошке, економске и друштвене утицаје. Ови утицаји су у знатној мери повезани са изградњом и управљањем инфраструктуром као што су путеви, саобраћајни и индустријски објекти и сл. Индустријски објекти широм света оптерећују град и живот у њему, загађујући животну средину. Лоше организована индустрија може вршити огроман притисак на животни простор, може довести до повећане загађености ваздуха и земљишта. Коначно, емисија угљен-диоксида (CO₂) која се односи посебно на ваздушни простор, представља велики проблем у смислу одрживости.

Са друге стране, индустрија има потенцијал да допринесе заштити животне средине и да прошири свест о еколошким проблемима на планети. С обзиром да индустријски процеси имају велики утицај на окружење, неопходан је одрживи развој у индустрији, пре свега у погледу енергетски ефикасног процеса производње, санација постојећих индустријских зграда и система индустријске производње и пројектовање и изградња енергетски ефикасних индустријских објеката.

1.1. Климатске промене и одрживи развој индустрије у свету и Европи

Промене у клими представљају смене метеоролошких услова које трају одређен број година или дуже (Burroughs, 2007). До почетка индустријске револуције, промене климе биле су резултат промене природних околности. Данас се термином климатске промене означавају промене климе које се дешавају од почетка 20. века, а које представљају резултат човекове активности у природи (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Оквирна конвенција Уједињених Нација о промени климе – UNFCCC дефинисала је појам климатске промене као ону промену климе која је „директно или индиректно условљена људским активностима које изазивају промене у саставу глобалне атмосфере и која је суперпонирана на природна колебања климе“ (Popović i dr., 2009: 1).

Светска политика је у последње време све више усмерена ка актуелним проблемима ограничености енергетских ресурса, еколошке кризе и климатских промена. Анализе

су показале да је изграђена средина највећи потрошач енергије и емитер штетних гасова, те да управо на том пољу треба најпре деловати.

Осетљивост насељеног места на климатске промене значајно варира у зависности од типа самог насеља, док се у појединим случајевима може мењати и у оквиру тог истог насеља. Локација, урбана структура, доминантан тип објеката у оквиру изграђене структуре, као и друштвено-економски контекст и укупни институционални капацитет за митигацију и адаптацију на последице климатских промена кључни су фактори који одређују осетљивост и степен прилагодљивости насељених места и ширих урбаних региона (Storch i dr., 2009).

Имајући у виду чињеницу да се климатске промене у градовима највише везују за повећање концентрације угљен-диоксида, неопходно је кренути од највећих узрочника. Како изграђени објекти имају релативно дуг животни век, све активности предузете данас имаће значајан утицај на животну средину у будућности. Највећи део људског приватног, друштвеног, пословног и културног живота одвија се у зградама. У зградама се проводи и до 90% времена током дана. Стога, изграђена средина представља примарни изазов у борби за ублажавање последица изазваних климатским променама.

Просечна потрошња енергије у зградама у већини земаља износи између 40% и 60% укупне потрошње (Directive, 2010/31/EU). Усвајањем прописа о енергетској ефикасности и применом нових принципа пројектовања и изградње планира се остваривање значајних енергетских уштеда. Међутим, просечна годишња потрошња топлотне енергије у већини постојећих објеката градских средина Србије још увек је изразито велика. Стога се, поред планирања и пројектовања енергетски ефикасних зграда, морају разматрати и санација и реконструкција постојећих насеља и објеката. Овај рад је усмерен ка разматрању могућих начина енергетске уштеде при санацији постојећих индустријских објеката у случаји када индустријски објекти задржавају првобитну намену и у случају када се врши пренамена у пословну зграду, ради смањења емисије CO₂ и ублажавања последица на животну средину. У складу са тим, при санацији постојећих индустријских објеката, неопходно је утврдити да ли су посматрани објекти активни или не, да ли је неопходно извршити и санацију земљишта и спровести неопходне мере санације зграда у складу са актуелном законском регулативом.

1.2. Кључни документи о одрживом развоју индустријских објеката

Израз *одржива индустрија* се по први пут помиње 1990. године у причи о пошумљавању тропских шума како би помогли у стварању одрживе индустрије за локално становништво. Убрзо након тога, студија под називом "Посао у одрживој економији" Michael Rennera са Worldwatch Института објављен је, користећи термин одржива индустрија (1991).

Овај извештај из 1991. године закључује да ће покрет ка еколошки одрживој глобалној економији створити много више радних места него што их елиминише. Као главни разлог наводи се да не загађују животну средину, да еколошки одрживе индустрије имају тенденцију да буду суштински радно интензивније и да троше мање ресурса од традиционалних процеса. Међу карактеристикама одрживе индустрије јесу енергетска ефикасност, очување ресурса за потребе будућих генерација, безбедно и вешто повећање радних услова, низак производни процес отпада, као и коришћење сигурних и еколошки компатибилних материјала. Неке од погодности, међутим, ће бити надокнађене вишим ценама (због трошкова рада) и теоретски већи број радника ће бити потребан да се изврши иста количина рада.

У фебруару 2003. године први пут је објављен пословни часопис *Одржива индустрија*, нудећи вести и анализу кључних индустрија и пропагирајући вести о чистој енергији и зеленој градњи. (извор: https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_industries).

Кључни документи који се тичу одрживе индустрије су: Агенда 21 (1992), Кјото протокол (11. децембар 1997.), Директива о великим постројењима за сагоревање и Директива о индустријској емисији (што представља прерађену Директиву 2008/1/ЕЗ о интегрисаној контроли и спречавању загађења), Директива о управљању буком у животној средини (2002/79/ЕС), Директива о емисији у индустрији (IED) и др.

Агендом 21 (*Agenda 21 – Protection of the atmosphere - B. Promoting sustainable development - Industrial development*) представљено је да је индустрија од суштинске важности за производњу робе и услуга и представља главни извор запошљавања и прихода, и индустријски развој, је од суштинског значаја за економски раст. Истовремено, индустрија је велики ресурс и материјални корисник и самим тим индустријске активности резултирају високом емисијом CO₂ у атмосферу и околину у целини. Заштита атмосфере може бити побољшана, између осталог, кроз повећање ресурса и материјала, ефикасности у индустрији, инсталирања или побољшање

смањење загађења технологије и замена хлорофлуороугљеника (CFCs) и других гасова који оштећују озонски омотач одговарајућим заменама, као и смањење отпада и нуспроизвода.

Основни циљ овог програма је да подстакне области индустријског развоја на начин који минимизује негативне утицаје на атмосферу, између осталог, повећање ефикасности у производњи и потрошњи индустрија свих ресурса и материјала, побољшањем од загађивања технологијама и развојем нових еколошки безбедних технологија (Strategija, 2011).

1.3. Одрживи индустријски развој и потенцијал Републике Србије

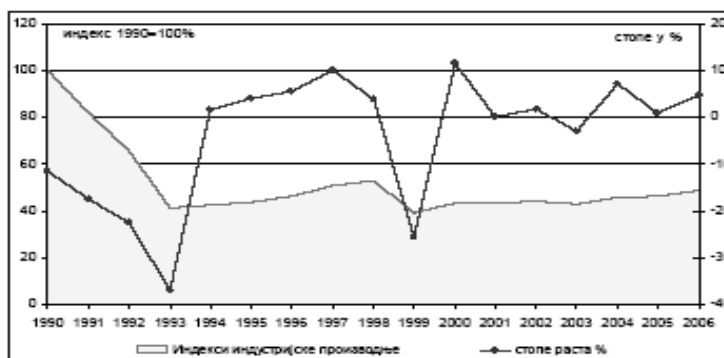
Удео Србије у светској додатој вредности индустрије износио је 0,151% у 1970. години, повећан је на 0,21% у 1979, и био је рекордних 0,228% у 1989. години, да би до 1994. године био смањен на 0,07% и 2000. на 0,036%. Повећан је на 0,069% у 2008. да би у 2010. био оборен на 0,047%. (Извор: <http://www.makroekonomija.org/medunarodno-okruzenje/industrija-1970-2010-svetska-kretanja-i-istocna-evropa-relativan-pad-bjr/>)

У табели 1 приказани су подаци броја радника у индустрији са подацима броја становника у Републици Србији у периоду 1971-2010 године. Наведени подаци показују изразит пад броја радника у последњих 25 година, што је резултовало великом броју напуштених индустријских објеката у Републици Србији. У табели 1 дати су детаљни подаци за сваки округ Републике Србије.

Табела 1 – Број становника у Србији, број радника у индустрији и њихов међусобни однос

Место/округ	Становника			Индустрија			Радника на 100 становника		
	1971	1991	2010	1971	1991	2010	1971	1991	2010
Србија	7 212 000	7 581 437	7 320 807	596 241	920 710	374 683	7,9	12,1	5,1
Војводина	1 954 000	1 970 195	1 968 356	143 612	238 536	102 722	7,3	12,1	5,2
Централна србија, без БГ	5 055 010	5 414 686	3 721 869	281 688	521 801	188 738	7,0	12,9	5,1
Колубарски	202 990	196 556	180 293	7 404	20 982	11 928	3,6	10,7	6,6
Београд	1 209 361	1 552 151	1 630 582	112 528	160 373	83 223	9,3	10,3	5,1
Браничевски	263 016	220 225	189 556	7 033	16 343	8 317	2,7	7,4	4,4
Сремски	285 474	303 216	325 734	12 639	27 298	13 070	4,4	9,0	4,0
Средње-банатски	231 486	216 754	193 067	16 509	25 740	11 992	7,1	11,9	6,2
Поморавски	262 055	240 715	216 186	23 316	27 769	11 848	8,9	11,5	5,5
Северно-банатски	191 632	117 542	153 708	15 021	24 711	10 467	7,8	13,9	6,8
Пчињски	230 375	241 999	228 254	10 707	29 154	12 247	4,6	12,0	5,4
Јужно-бачки, без НС	236 418	282 757	280 107	19 019	32 478	13 608	8,0	11,5	4,9
Јужно-банатски	331 285	315 633	300 874	20 342	36 951	14 971	6,1	11,7	5,0
Борски	175 848	163 229	132 464	13 491	25 586	10 032	7,7	15,7	7,6
Нишавски, без НИ	169 783	144 656	118 538	4 164	9 790	3 817	2,5	6,8	3,2
Северно-бачки	205 932	202 493	192 118	18 721	29 493	11 130	9,1	14,6	5,8
Пиротски	136 008	115 970	95 861	9 656	19 396	7 275	7,1	16,7	7,6
Мачвански	324 427	329 226	310 839	16 519	30 012	11 239	5,1	9,1	3,6
Рашки	251 230	293 311	299 155	15 276	29 080	10 290	6,1	9,9	3,4
Златиборски	324 065	332 470	296 858	24 602	52 450	17 668	7,6	15,8	6,0
Шумадијски	264 344	303 484	289 496	29 906	51 315	16 041	11,3	16,9	5,5
Западно-бачки	220 671	210 679	195 573	16 276	27 846	8 560	7,4	13,2	4,4
Ниш	195 362	245 182	255 479	31 413	40 871	12 215	16,1	16,7	4,8
Зајечарски	172 427	154 176	124 423	12 300	21 698	5 887	7,1	14,1	4,7
Јабланички	260 983	251 301	227 116	17 988	27 676	6 154	6,9	11,0	2,7

Дужи период главни носилац привредног развоја Републике Србије била је индустријска производња, базирана на неефикасним производним системима. Индустријски развој у Србији је неспремно дочекао технолошке и структурне промене у светској привреди, а током деведесетих година прошлог века, заједно са осталим деловима привреде, запао је у тешку кризу праћену великим падом производње и запослености, са недостатком секторских стратегија за развој одређених грана индустрије.



Слика 1. Ниво индустријске производње у односу на 1990. годину.

Извор: Агенција за заштиту животне средине, 2007.

Иако су последњих година предузимане значајне мере у области заштите животне средине, стање у индустрији није задовољавајуће. Индустријска производња доприноси загађењу животне средине из више разлога, од којих се издвајају следећи: технолошки процеси су застарели, мало се користе секундарне сировине, енергетска ефикасност је ниска, постоји велика количина затеченог и незбринутог отпада, а нарочито опасног отпада, технолошка дисциплина је слаба, не постоје стимулативне мере које би резултовале мањим загађењем, велика је количина отпада по јединици производа и не поступа се на одговарајући начин са индустријским отпадом. Општи је проблем то што нема постројења и опреме за смањење загађења (посебно постројења за третман отпадних вода, отпадних гасова као и опасног отпада). С тим у вези, скоро 90 % индустријских отпадних вода се испушта, а да претходно нису третиране.

Секторски циљеви одрживог индустријског развоја са становишта заштите животне средине обухватају:

1) усклађивање националних прописа у области заштите ваздуха, вода, земљишта, поступања са отпадом и хемикалијама, те хармонизацију прописа с прописима ЕУ;

2) изградњу и/или реконструкцију инфраструктуре у индустрији за заштиту животне средине;

3) реконструкцију или иновирање постојећих технолошких процеса, успостављање система издавања интегрисаних дозвола за индустријска постројења и активности у складу са Законом о интегрисаном спречавању и контроли загађења животне средине („Службени гласник РС”, број 135/04) увођење ВАТ-а и ВЕР-а;

4) санацију загађених индустријских локација;

5) увођење чистије производње и повећање енергетске и сировинске ефикасности уз смањено стварање отпада;

6) примену управљања животном средином у предузећима ISO 14.000, система EMAS;

Да би се наведени циљеви испунили, неопходно је ревидирати постојеће законодавство у овој области. Веома је важна блиска сарадња министарства надлежног за индустријску политику с министарством надлежним за заштиту животне средине. Треба успоставити јединствени катастар загађивача и одредити стандард за базе података о животној средини према ЕЕА¹ и EIONET² директивама. Треба ојачати Центар за чистију производњу као чвориште свих активности везаних за увођење система чистије производње у индустрију као и за обучавање свих заинтересованих, те развити критеријуме праћења кроз акредитоване националне лабораторије. У том смислу, треба успоставити и стандарде за индустријске производе и стандарде рада у посебним индустријским гранама, као и акредитовати националне лабораторије за контролу поштовања поменутих стандарда. Треба спровести Закон о енергетској ефикасности зграда, према Правилнику, са циљем унапређења енергетских карактеристика зграде.

Највећи део територије Републике Србије припада умерено континенталној клими с мање или више израженим локалним карактеристикама. Република Србија је сукцесор Монреалског протокола („Службени лист СФРЈ”, број 16/90), Оквирне конвенције УН о климатским променама и Бечке конвенције. Република Србија је ратификовала и сва четири амандмана Монреалског протокола („Службени гласник РС”, број 24/04) и Кјото протокол. У Републици Србији се не производе супстанце које оштећују озонски омотач. Министарство надлежно за заштиту животне средине од 2004. године прати и води евиденцију о увозу и извозу супстанци које оштећују озонски омотач, као и „алтернативних супстанци” које не оштећују озонски омотач, али доприносе глобалном загревању и до неколико хиљада пута више од угљен-диоксида.

Ратификацијом Кјото протокола 24. септембра 2007. године, као земља која није чланица Анекса I Оквирне конвенције УН о климатским променама, односно земља

¹ European Environment Agency

² European Environment Information and Observation Network

нечланица Анекс Б групе Кјото протокола, Република Србија је себи отворила могућности да учествује у механизму чистог развоја. Препоруке за деловања у складу са Оквирном конвенцијом о климатским променама и Кјото протоколом проистичу и на основу потписаног Уговора о енергетској заједници југоисточне Европе. Неопходно је извршити анализу националних потреба и развити институционалну структуру за примену Кјото протокола (за прорачун емисија и израду инвентара гасова са ефектом стаклене баште, учествовање у флексибилним механизмима Кјото протокола, спровођење политике и информисање јавности). Такође је неопходно утврдити приоритете у примени флексибилних механизма из протокола. Република Србија такође мора да донесе стратегију примене механизма чистог развоја. Осим тога, сви пројекти сузбијања емисије гасова са ефектом стаклене баште морају се третирати као вредни национални ресурси којима ће Република Србија испуњавати своје будуће обавезе у погледу смањења емисије гасова стаклене баште. Иначе, тим ефектима се може трговати на светским берзама карбон-кредита када се за то стекну услови, после прикључења Републике Србије групи земаља наведених у Анексу I Конвенције, односно Анексу Б Кјото протокола.

1.4. Индустијско наслеђе, примери адаптације и пренамене

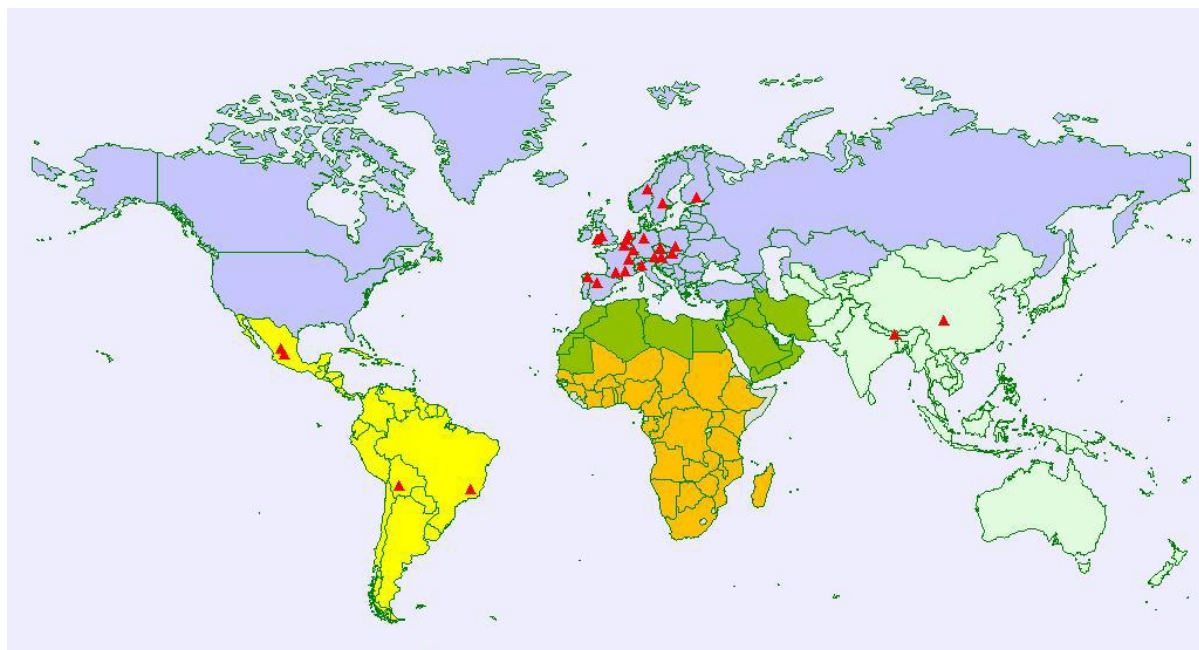
Испитујући напуштене просторе како кроз потенцијал везе напуштеног и наслеђеног, тако и кроз могућност брисања границе између приватног и јавног, сагледава се потенцијал њиховог позиционирања као равноправних актера у процесу привременог коришћења, те њихово укључење у савремене токове урбаног живота кроз примену разноврсних пројеката различитог просторног и временског формата.

Чињеница је да савремено друштво великом брзином старе објекте и просторе замењује новим, производећи при томе напуштене урбане просторе. Са једне стране, као урбане руине, они негативно утичу на атрактивност и економску виталност простора, а са друге, кроз трансформацију, представљају позитиван стимуланс унапређењу идентитета локалне заједнице и развоја града у целини (Никезић, 2011).

Индустијско наслеђе чине напуштени објекти везани за индустрију, а који имају историјску, друштвену, архитектонску и научну вредност. То могу бити индустријски објекти који су изгубили своју првобитну функцију, али такође и старе машине,

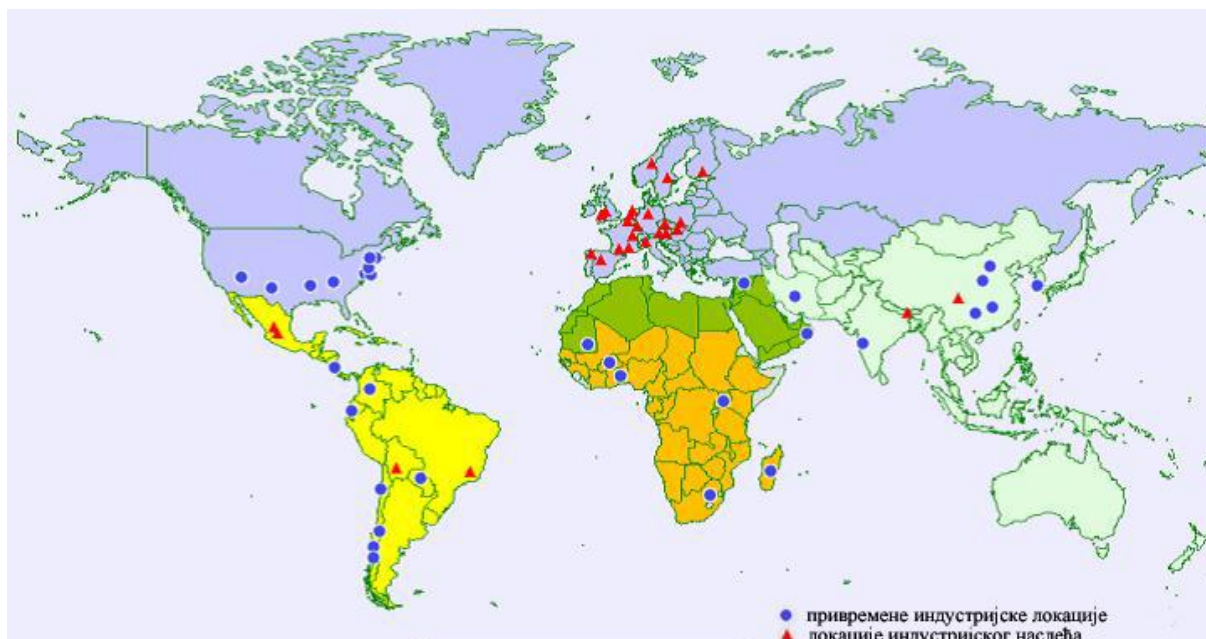
рудници, инфраструктура, стамбени и јавни објекти грађени за раднике (ТICСИH³, 2003). Прошлост и одржавање успомена важни су за локалну заједницу, њен идентитет и доживљај простора – меморија је значајан део структуре простора и она га на неки начин дефинише (Castello, 2006). Историјско окружење помаже креирању заједница са јаким осећајем локалног идентитета и има друштвену вредност као сећање о животу грађана – фабрике су биле свакодневно окружење за генерације радника и представљале су пример индустријског прогреса као и понос за становништво (English Heritage, 2004, 2009). Као такве, њих је потребно укључити и у савремени живот града, јер урбани развој подразумева поштовање културе свих група и није могућ без богатог урбаног и културног наслеђа (Pušić, 2004).

У свету је уписано 759 индустријских локалитета, од којих се око 45 локалитета сматра за индустријско наслеђе (око 6%) (слика 2). Удео броја локалитета индустријског наслеђа у укупном броју локалитета се повећава ако се посматра и листа условних локалитета, што показује њихову растућу популарност (слика 2-4).



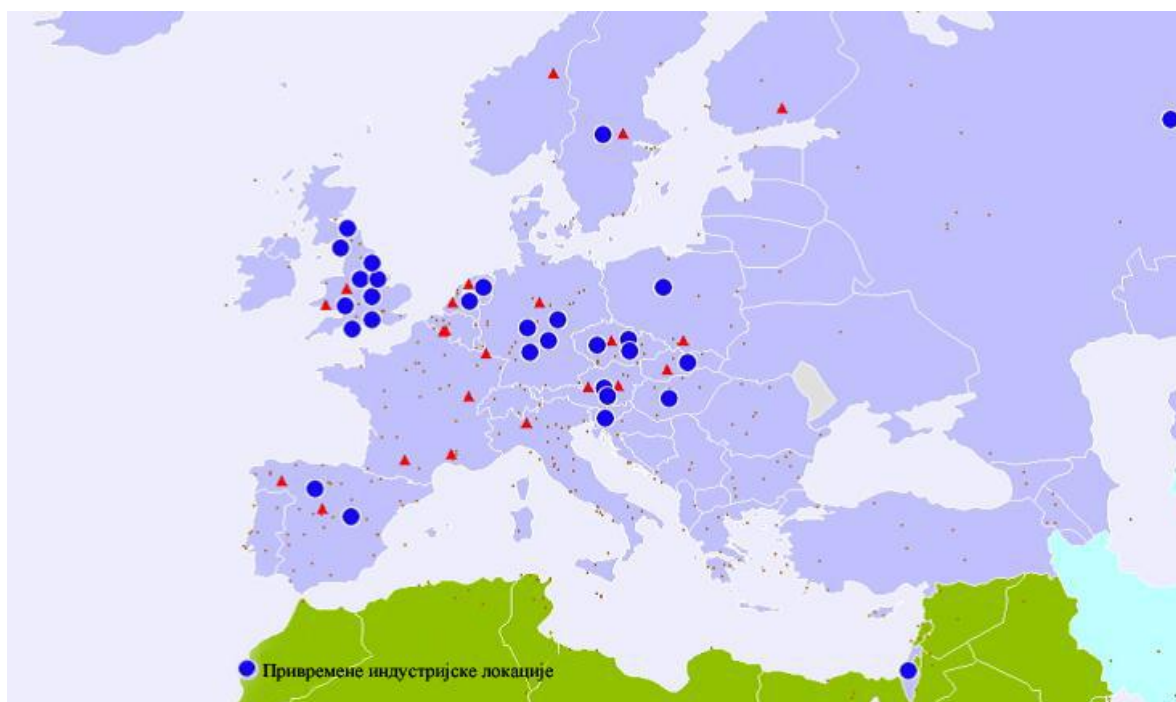
Слика 2. Локалитети индустријског наслеђа на UNESCO - вој листи
Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.

³ The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage



Слика 3. Локалитети индустријског наслеђа – проширена листа са листом условних локалитета

Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.



Слика 4. Локалитети индустријског наслеђа – проширена листа са листом условних локалитета - Европа

Извор: Global Strategy Studies: Industrial Heritage Analysis, 2001.

Индустријско наслеђе представља потенцијал за промену еколошке слике и карактера индустријског подручја. Поновна употреба индустријских објеката омогућава уштеду ресурса, енергије, времена потребног за изградњу и уштеду на инфраструктури. У

даљем тексту, наведени су примери успешних санација и пренамена индустријских објеката.

Tip Top Tailors Building, Торонто

Зграда је архитектонско дело Bishop and Miller Architects изграђена је 1929. године за потребе фабрике Tip Top Tailors Ltd., у којој је смештена малопродаја мушке одеће, производња, складиште и пословни простор. Зграда је пројектована у Арт деко стилу, укључујући симетрију фасаде са наглашеним вертикалним линијама и куполом, и разним геометријским и фигуралним украсима. Главни материјал изградње је био бетон са великим пространим прозорима на свакој страни зграде. Првобитно зграда се састојала од пет спратова, додатни спратови су изграђени у 1951. где се налази знак „Tip Top Tailors“. У време велике економске кризе, фабрика је продата и убрзо је запуштена.

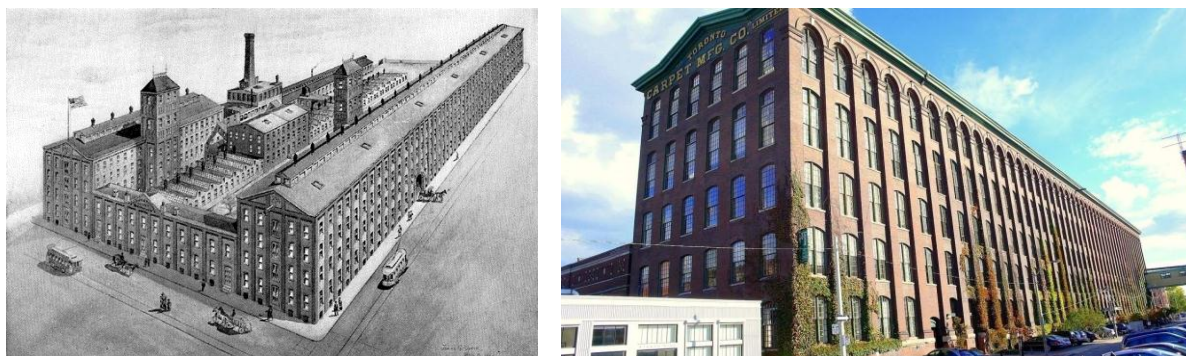


Слика 5. Изглед објекта Tip Top Tailors Building пре и након реконструкције
Извор: <http://static.torontopubliclibrary.ca/da/images/MC/pictures-r-2845.jpg>

У 2002. години, Tip Top Tailors Building је реконструисана у више од 250 стамбених јединица (Context Developments, 2009). Шест нових спратова су додати на већ постојећу конструкцију објекта помоћу челичне конструкције повучене на унутра у односу на постојећи спољашњи зид и тиме представља јасну разлику између новоизграђеног и постојећег. Надоградња допуњује оригиналну зграду, са одговарајућим ритмом вертикала на фасади и транспарентним волуменом који одаје изглед стаклене кутије (Macht, 2006).

Фабрика тепиха, Торонто

Ова зграда је изграђена 1899. године за потребе фабрике тепиха у Торонту, у њој је смештен производни погон, складиште и канцеларијски простор. Због повећања обима производње, у року од пет година компанија је тражила доградњу која ће бити прилагођена проширеној производњи. Зграда је део комплекса уз периферне зграде које формирају четвороугао са машинском зградом у средини. Конструкцију чине носећи зидови од опеке, дрвени стубови и греде. Зграда има чисту висину просторије од 3,6 до 7,2 метра у зависности од намене просторије. Пространи прозори обавијају целу зграду, правећи ритам на фасадном зиду од пуне црвене опеке (York Heritage Properties, 2009).



Слика 6. Изглед фабрике тепиха у Торонту пре и након реконструкције

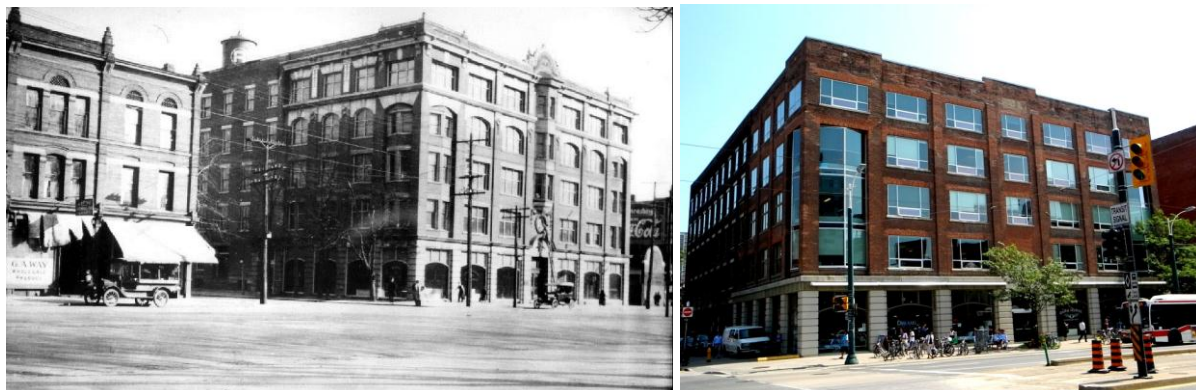
Извор: <http://www.brynmawr.edu/iconog/king/k44c.jpg>

Зграда фабрике тепиха у Торонту је претворена у пословни простор где је смештено више од 150 различитих врста пословања, почевши од компанија видео продукције до адвокатских канцеларија. Процес рестаурација зграде је завршен 2008. године. Унутрашњи простор указује на постојећу функцију. Комплекс канцеларија је допуњен са потребним садржајима и технологијама у пословним зградама у 21. веку за својим закупцима као корисницима (Извор: <http://torontocarpetfactory.ca/>)

Зграда Робертсон, Торонто

Зграда Робертсон је саграђена је 1911. године, пројектанти Denison and Stephenson Architects, за потребе компаније Џејмс Робертсона, за производњу и дистрибуцију водоводне арматуре и прибора. Изглед зграде чине спољашњи зидови који су од опеке.

Чисте висине просторија од најмање 4 метра у зависности од намене (Urbanspace Property Group, 2009).



Слика 7. Изглед зграде Робертсон у Торонту пре и након реконструкције

Извор: <https://tayloronhistory.files.wordpress.com/2013/01/dscn9066.jpg>

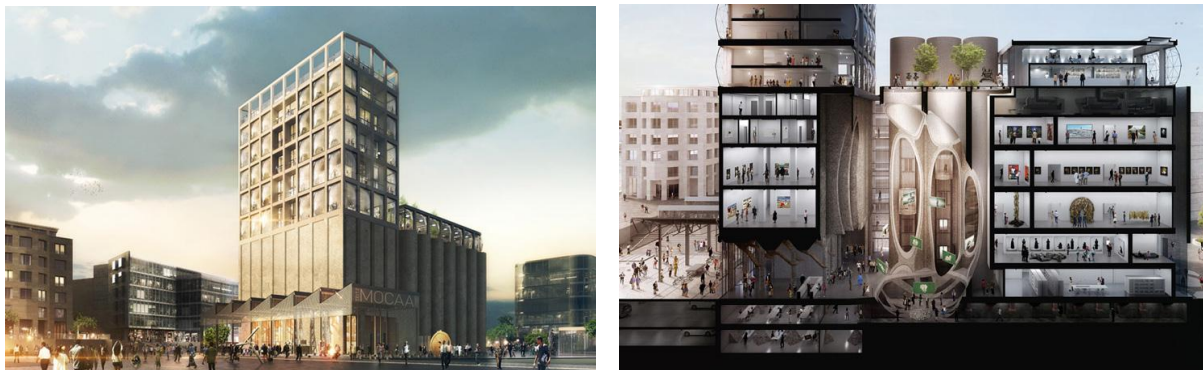
Извор: https://tayloronhistory.files.wordpress.com/2013/01/f1244_it72061-1920.jpg

У 2002. години, зграда Робертсон је претворена у пословни простор где су смештени различити корисници, укључујући Центар за социјалне иновације који се састоји од више од 170 непрофитних организација, социјалних предузећа, уметника, активиста, и социјалних предузетника. Обновљање и реновирање простора је трајало две године како би био прилагођен да одговара потребама корисника указујући на оригиналне карактеристике зграде. Неколико зелених елемената, као што је зид од 250 квадратних метара и широки зелени кров, који пружају еколошки допринос по животну средину и здравље је од јавног и приватног интереса.

Стари силос за житарице, Кејптаун – пројекат пренамене

На конференцији Design Indaba представљен је пројекат Лондонског архитектонског бироа Thomas Heatherwick који представља трансформацију старог силоса за житарице у објекат намењен садржајима културе. Нови музеј и галерија под називом *V&A Waterfront* састојаће се од 80 галеријских простора са уметничким експонатима савремене афричке уметности, од књижара, образованих објеката, интерактивних простора, кафеа и осталих пратећих садржаја. Основна идеја архитеката јесте да се наслеђе индустријског силоса интегрише у новопроектвану намену објекта. Објекат ће настати клесањем и обједињавањем постојеће вертикалне бетонске конструкције силоса, са отвореним кровом којим би се атријумски уводила светлост у објекат.

Надограђени део са стакленим цилиндричним формама у вишим етажама представљаће ноћу осветљени део зграде попут светионика.



Слика 8. Изглед Старог силоса за житарице у Кејптауну након реконструкције
Извор: <http://inhabitat.com/thomas-heatherwicks-va-waterfront-gallery-in-cape-town-will-be-carved-from-an-old-grain-silo/>

Фабрика свиле у Cavaso del Tomba, Италија – пројекат пренамене

Постојећа фабрика свиле у *Cavaso del Tomba* (Италија, 60 километара северно од Венеције) изграђена је 1897. године и напуштена 1962. године као застарео и непродуктиван објекат. Пројектом реконструкције зграде предвиђа се намена простора за потребе удружења планинара. Објекат се састоји из 4 етажe где се предлогом пренамене предвиђа унутрашња организација са:

- подрумом: Архива и складишта,
- приземљем: инфо-пулт, канцеларијски простор и кафе-бар,
- првим спратом: изложбени простор са осталим канцеларијама,
- другим спратом: аудиторијум за стотину корисника и још два мање дворане за семинаре.

Предлогом реконструкције и пренамене објекта предвиђа се примена двоструке вентилисане фасаде у поступку санације омотача зграде.



Слика 9. Изглед фабрике свиле у *Cavaso del Tomba* са предлогом реконструкције
Извор: Ballestini, G., Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin facade in Mediterranean climates

1.5. Пасивни соларни системи

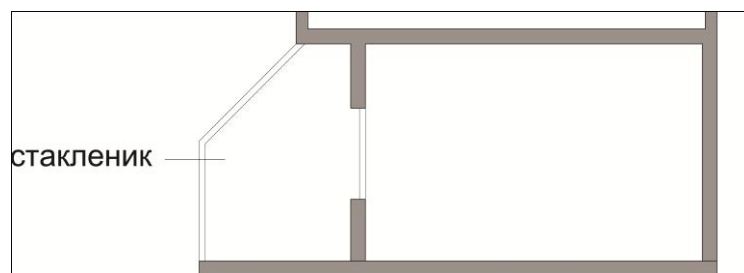
1.5.1. Стакленик

Стакленик је један од најважнијих елемената пасивне соларне архитектуре помоћу кога се захвата и користи Сунчева енергија (Пуцар, 2006). Стакленик је најчешће примењиван и најефикаснији пасивни соларни систем, због тога што су ефекти соларног грејања уочљиви веома брзо. Поред енергетске улоге, стакленик представља јединствену спону спољњег са унутрашњим простором и уједно представља визуелну и термички прелазну зону. Стакленик представља високо вредан употребни простор нарочито у зимском периоду, поготово ако се користи и за гајење биљака.

Основни принцип за пројектовање пасивне соларне зграде са стаклеником је да се она постави и обликује тако да захвата што више сунчеве енергије зими, а да се лети заштити од претераног загревања. Дефинисањем положаја зграде као и њеним односом према околним објектима обезбеђује се осунчаност зграде, као основни услов за коришћење енергије Сунца.

Стакленик се обично формира на јужној страни објекта, испред једне или више просторија, као саставни део објекта, или као придодат део. У енергетском погледу је најефикаснији ако има јужну и југозападну оријентацију са мањим одступањима ка истоку и западу (Лукић, 1994). Већа одступања од јужне оријентације могу се донекле превазићи обликовањем стакленика, како би макар поједине његове површине добиле јужну оријентацију.

Функционисање стакленика заснива се на максималном захватању сунчевог зрачења, које захваљујући транспарентним стакленим површинама, доспева до зидова и пода, који имају улогу апсорбера (слика 10).



Слика 10. Стакленик

За акумулирање сунчеве енергије у стакленицима се поставља таман под, најчешће од керамичких плочица и тамног шљунка, масивни или Тромбов зид, резервоари за воду итд.

Према досадашњим искуствима са зградама које имају стакленике, најбоље је енергију која се акумулира у стакленику расподелити на три једнака дела (Пуцар, 2006):

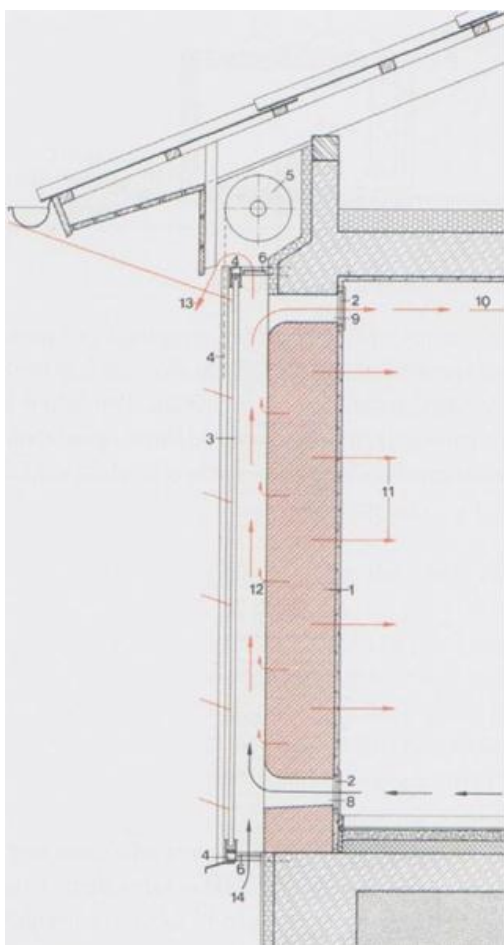
- део који се дистрибуира одмах у остале делове куће;
- део који се депонује у зиду иза стакленика;
- део који се депонује у подно складиште.

1.5.2. Тромбеов зид

Један од основних елемената пасивног пријема Сунчеве енергије је и Тромбеов зид, који носи назив по свом изумитељу Феликсу Тромбу (Felix Trombe), француском хемичару. Зид је део система који се састоји од архитектонских елемената који имају улогу захватања, чувања и дистрибуције топлоте, обједињених у целини коју представља масиван зид од бетона, опеке или камена изложен Сунцу, преко стаклене преграде (Лукић, 1994).

Сунчево зрачење пада на Тромбеов зид, који је обојен мат црном или тамном бојом и застакљен са једним или више стаклених покривача који се налазе на међусобном растојању од 2 до 10 цм. Такав зид апсорбује на пријемној страни топлоту, која га постепено загрева и топлоту проводи ка унутрашњој страни зида. Стога се може закључити да је Тромбеов зид истовремено соларни пријемник, складиште топлоте и грејно тело (Ламбић, 1999).

Топлота се са спољашње на унутрашњу страну преноси кондуктивним путем. Брзина преношења топлоте кроз Тромбеов зид зависи од материјала и од кога је направљен и његове дебљине. Максимална температура унутрашње стране Тромбеовог зида обично се постигне 6-8 часова после дејства сунчевог зрачења. У току ноћи Тромбеов зид ослобађа топлоту и загрева унутрашње просторије (слика 11). Поред овога, око 30% топлоте Тромбеовог зида се пренесе у унутрашње просторије слободном циркулацијом ваздуха кроз отворе у његовом горњем делу и основи (Павловић, 2007).



- 1- масивни зид начињен од материјала великог топлотног капацитета у коме се акумулира топлотна енергија, споља обојен тамном бојом,
- 2- отвори за циркулацију ваздуха чија површина зависи од интензитета сунчевог зрачења и износи око 1%,
- 3- двоструко застакљење, удаљено од зида 15-20 см,
- 4- носећа конструкција стакла,
- 5- ролетна – повремена заштита од Сунца,
- 6- вентилациони отвор са затварачима,
- 7- међуспратна конструкција,
- 8- отвор за улаз хладног ваздуха зими, ноћу затворен,
- 9- отвор за пролаз топлог ваздуха, лети затворен,
- 10- ток топлог ваздуха директно у просторији, или кроз специјалне канале до северне фасаде,
- 11- одавање акумулиране енергије са временским закашњењем,
- 12- хлађење лети, одавањем топлоте прикупљене у зиду из простора собе,
- 13- проветравање простора између зида и стакла, у току лета излаз топлог ваздуха,
- 14- улаз свежег ваздуха.

Слика 11. Тромбеов зид – начин функционисања

Извор: Пуцар, 2006.

Да би се спречило прегревање просторија у току лета, или хлађење у току зимских ноћи, поставља се топлотни изолатор са спољашње стране масивног термалног зида. Према начину преноса топлоте Тромбеов зид може бити (Радосављевић, 2010):

- Тромбеов зид са уграђеним вентусним отворима и термосифонском циркулацијом ваздуха;

- Тромбеов зид са уграђеним вентусним отворима и форсираном циркулацијом ваздуха;
- класичан Тромбеов зид без циркулације ваздуха.

1.5.3. Двострука фасада

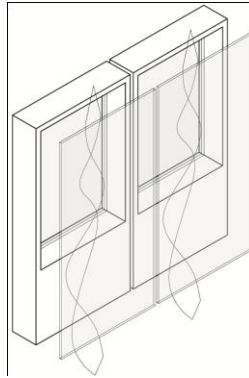
Двострука фасада представља активну конструкцију омотача зграде која се састоји из два интегрисана слоја између којих се налази међупростор кроз који струји ваздух (Анђелковић, 2015). Кључна разлика између двоструке фасаде и традиционалне фасаде је намерно и најчешће константно струјање ваздуха у међупростору.

Спољашњи слој увек представља стаклена површина, док унутрашњи слој може бити стаклена или традиционална фасада (комбинација зида и прозора). Најчешћа ширина међупростора је од 40 до 100 cm, струјање ваздуха може бити контролисано помоћу вентилатора или површине попречног пресека отвора, или да је неконтролисано и обавља се помоћу отвора променљиве површине попречног пресека. Међупростор доноси главне предности овог типа фасаде у смислу потрошње енергије, комфора и естетике. Конструкција овог слоја може бити састављена од фиксних или покретних панела, који служе као заштита од прегревања.

Данашња примена концепта двоструких фасада користи се као пројектантско решење и као решење при обнови и заштити фасада историјских и других зграда.

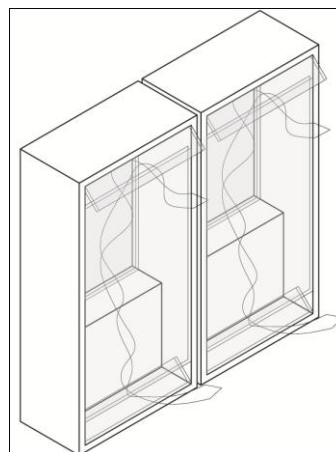
Посматрајући конструкцију двоструке фасаде и подељеност међупростора, у пракси су позната следећа пројектантска решења (Кнааск, 2007):

- *фасада са другим слојем*, добија се додавањем другог слоја стакла преко целе спољашње површине зграде. Овај тип има предност техничке и структурне једноставности уз чињеницу да не укључује велики број покретних делова спољашњег слоја стакла. Једноставно се монтира на унутрашњу фасадну структуру. Механизам вентилације се обезбеђује на горњим и доњим зонама фасаде. Недостатак је то што нуди мало могућности контролисање унутрашњег комфора зграде, тако да постоји ризик од прегревања;



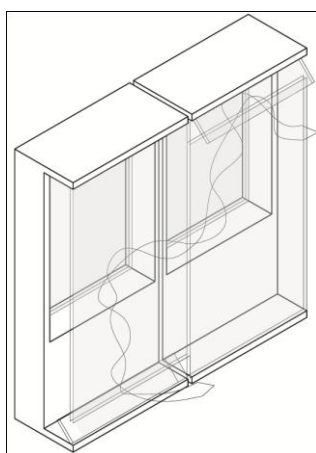
Слика 12. Фасада са другим слојем – начин функционисања

- *двоструки или „Вох“ прозор* се састоји од рама, који на врху и дну има отворе. Карактеристика међупростора јесте да је издељен и хоризонтално и вертикално, дели фасаду на мање и независне делове (боксове). Ово решење има значајну примену на објектима који захтевају висок степен приватности и заштите од буке. Такође, корисници имају могућност контроле без нарушавања потреба осталих корисника објекта. Као недостатак се може навести нижи степен прегревања ваздуха, због мање висине прозора у поређењу са осталим типовима двоструких фасада. Постоји и могућност дијагоналног струјања ваздуха, како би се избегло мешање ваздуха између боксова. Овај тип фасаде може имати и флексибилне покретне елементе, који омогућавају међусобни контакт ваздуха из суседних боксова. Висина је, такође, ограничена на један спрат;



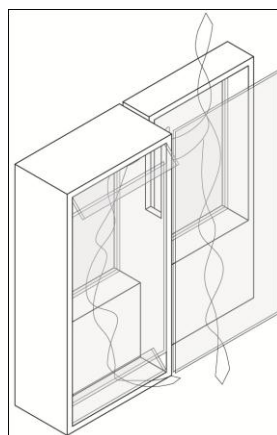
Слика 13. Двоструки или „Вох“ прозор – начин функционисања

- *коридорни тип* фасаде је ограничен на један спрат и представља тип фасаде који карактерише шири међупростор, који омогућава кретање људи у њему. То омогућава стаблина платформа која се налази на сваком спрату. Међупростор је хоризонталним преградама издељен по спратовима, док вертикалних преграда нема. Улаз ваздуха се налази при дну фасаде, док је излаз при врху сваког спрата. Отвори могу бити тако постављени да спречавају мешање излазног и улазног ваздуха. Као предност овог типа фасаде наводи се побољшано кретање ваздуха, смањен ризик од летњег прегревања, док је недостатак слабија звучна и мирисна изолација између просторија;



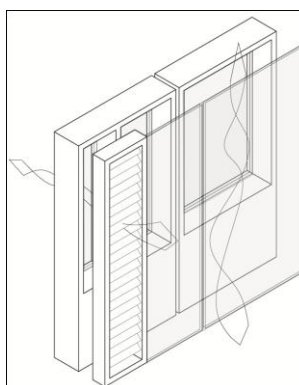
Слика 14. Коридорни тип фасаде – начин функционисања

- *шахтно-касетни тип* фасаде суштински представља концепт поспешивања природне вентилације, односно усвајањем ове конфигурације међупростора, узгонска сила се појачава у односу каква је била код спратно издељене фасаде. Овом типу фасаде су придодати вертикални вентилациони водови, који се могу простирати и до неколико спратова. Сваки спратни сегмент фасаде је повезан са вертикалним водом. У току зиме вертикални водови могу бити затворени и на тај начин предгрејати ваздух, који се може убацивати у објекат. Лети, због повећања узгонске силе, смањује се ризик од прегревања и поспешује вентилација фасаде. Примена овог типа фасаде је ограничена само на фасаде са природном вентилацијом;



Слика 15. Шахтно-касетни тип фасаде – начин функционисања

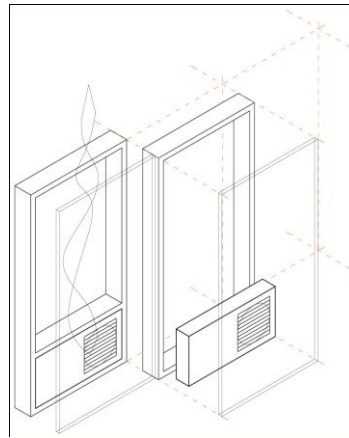
- *Наизменична фасада.* Двоструке фасаде које су претходно описане не нуде комплетна решења на проблем са променљивим условима вентилације. Један од приступа овом проблему је развој наизменичних фасада. То су у основи једнослојне фасадне конструкције који се могу локално конвертовати у структуру двоструких фасада додавањем другог слоја. Циљ је да се комбинују предности једноставности једнослојне фасаде са тампон зоном двоструке фасаде;



Слика 16. Наизменична фасада – начин функционисања

- *Интегрисана фасада.* Развој идеја двоструког омотача додатно је развијен интеграцијом функција, како система вентилације, тако и климатизације и контроле нивоа осветљења у фасади. Такав развој је резултирао системом који се обично назива „модуларна фасада“ или „хибридна фасада“. Имајући у виду фасаду као засебну структуру, ова двострука фасада нуди могућност ослобађања зграде се свих функција, поред тога што је само-носећа структура, укључује и функцију еколошког инжењеринга у функцију фасаде. Овакав конструктивни

приступ изазива синергију између фасадне конструкције и контроле унутрашњег простора и очувања животне средине, што доводи до фундаменталне промене у дизајну зграде.



Слика 17. Интегрисана фасада – начин функционисања

2. ОДАБИР РЕФЕРЕНТНИХ МОДЕЛА ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА И МЕРЕ ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ ЗА КЛИМАТСКЕ УСЛОВЕ СРБИЈЕ

2.1. Типологија индустријских објеката према критеријумима који утичу на потрошњу енергије

Индустријски објекти троше значајну количину енергије по јединици површине. Поред енергије потребне за системе климатизације, грејања и хлађења, осветљење и стандардну опрему објеката, енергија је потребна за припрему санитарне топле воде, одржавање система зграде и остало.

За постизање енергетске ефикасности индустријског објекта најважније је правилно пројектовање објекта. У исто време треба водити рачуна и о решавању система грејања, хлађења и климатизације, као и о изворима енергије који ће се користити (разматрати коришћење обновљивих извора енергије). Енергетски ефикасан објекат је објекат који користи што мање енергије за грејање, хлађење, климатизацију, осветљење и опрему на начин да не угрози комфор боравка у објекту (Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011). Услови комфора су сви они у којима се човек осећа угодно (топлотни, ваздушни, светлосни, звучни).

Иако је неопходно задовољити све услове комфора, на енергетску ефикасност објекта највећи утицај има топлотни комфор, јер се тежи смањењу потрошње енергије која у највећој мери одлази на климатизовање простора (Вујошевић, 2015). Топлотни комфор представља психолошко стање које одговара угодном осећају топлотних услова у простору, односно, којима је постигнута топлотна равнотежа организма.

Објективни параметри топлотног комфора су: температура ваздуха, средња температура зрачења површина, брзина кретања и влажност ваздуха. Главни циљ градње енергетски ефикасног објекта је да се рационално користе енергија и ресурси, смањи загађење животне средине и побољшају услови боравка у објекту.

На потрошњу енергије у највећој мери утиче тип објекта (конструктивни склоп зграде, материјализација, оријентација, волуметрија зграде и др.) из чега следи класификација индустријских објеката према енергетском аспекту. Класификација је одређена на основу морфологије омотача зграде, чисте висине етажне, кубатуре објекта, оријентације и др. У складу са наведеним, за потребе доктората, дефинисани су следећи типови индустријских објеката:

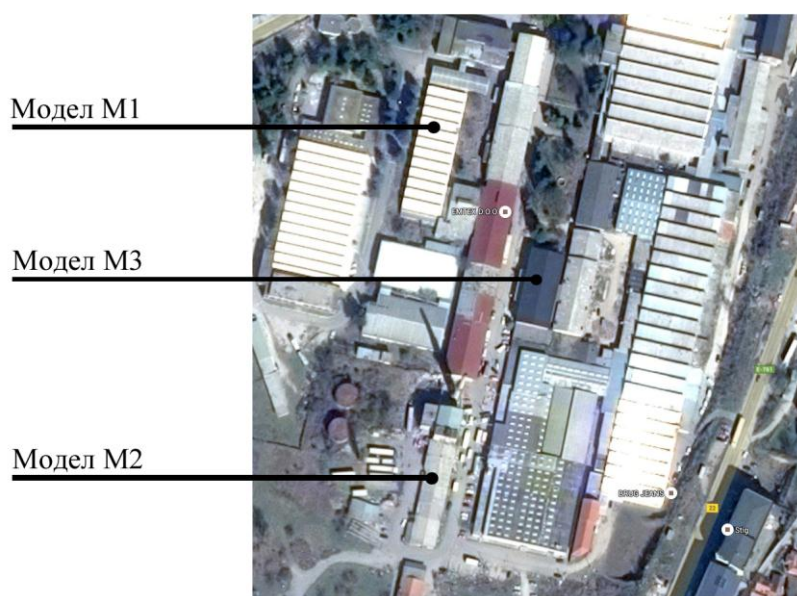
- Индустијска хала са кровом шед конструкције,
- Индустијска хала са двоводним кровом, и
- Индустијска хала са равним кровом.

2.2. Избор модела за анализу

У складу са дефинисаним типовима индустријских зграда, одабрани су референтни модели за испитивање могућности унапређења енергетских карактеристика. Одабрани модели индустријских хала припадају индустријском комплексу ТК „Рашка“ у Новом Пазару. Одабрани модели су:

- Модел М1: Индустијска хала за шивење, ТК „Рашка“, Нови Пазар,
- Модел М2: Индустијска хала за конфекцију, ТК „Рашка“, Нови Пазар, и
- Модел М3: Индустијска хала за бојење, ТК „Рашка“, Нови Пазар.

Сви модели се налазе на истој локацији и исте су оријентације, а различите површине и волуметрије. (слика 18). У докторату су коришћени подаци из пројектне документације наведених објеката, обзиром да су објекти претрпели извесне промене у смислу функционисања зграда и материјализације истих.



Слика 18. Одабрани референтни модели за анализу

Извор: <https://www.google.rs/maps/@43.1532693,20.5298567,366m/data=!3m1!1e3?hl=sr>

2.2.1. Модел М1: Индустијска хала са кровом шед конструкције

Одабрани индустријски објекат јесте хала за шивење која је припадала комплексу текстилног комбината "Рашка" у Новом Пазару. Овај објекат је дело архитекте Симовић В., саграђен 1974. године и представља типичан објекат индустријске хале са шед кровном конструкцијом, грађен у Југославији у том периоду. Објекат је индустријска зграда у којој је смештен производни погон, тоалети и магацини за потребе радника. Основа објекта је правоугаоног облика оријентације север – југ са одступањем од правца север-југ за 13° , спратности П + 0.

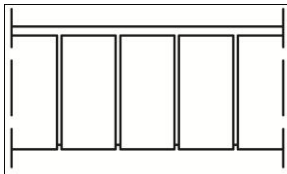
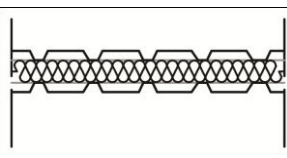
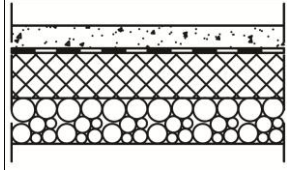
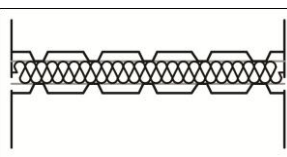
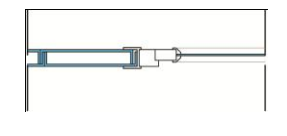
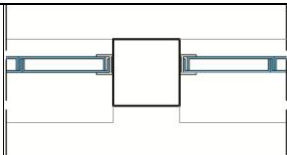
У непосредном окружењу објекта, налазе се објекти који су представљали пратеће објекте текстилног комбината "Рашка". На основу положаја објекта на ужој локацији, константована је спратност околних објеката. Уз северну фасаду посматране зграде налази се управна зграда ТК "Рашка", док се уз источну фасаду налази други објекат који представља засебан садржај ТК "Рашка". Наведени објекти својим положајем, висином и сенком утичу на осунчаност посматраног објекта (табела 3).

Производни погон се налази у северном делу зграде, док се улаз у објекат са тоалетима и помоћним просторијама налази у јужном делу зграде. Објекат има мање отворе на тоалетима на јужној фасади и већи број отвора на источној и западној фасади са уједначеним распоредом праћеним конструктивним растером.

Укупна површина објекта износи $1657,8 \text{ m}^2$, а запремина грејаног простора $8359,5 \text{ m}^3$. Конструктивни склоп индустријске хале чини челична конструкција скелетног типа са челичном решетком као гредним носачем. Спољни зидови до висине парапета су од опеке дебљине 25 cm малтерисани са унутрашње стране продужним малтером у слоју од 2 cm. Остатак спољних зидова јесте алуформ сендвич панел са термоизолационим слојем од 5 cm. Кров зграде јесте коси тестерасти кров шед конструкције са алуформ сендвич панел са термоизолационим слојем од 5 cm. Плоча на тлу се састоји од набијеног бетона дебљине 10 cm, на тампон шљунку у слоју од 10 cm, са ливеним терацом као финалним слојем.

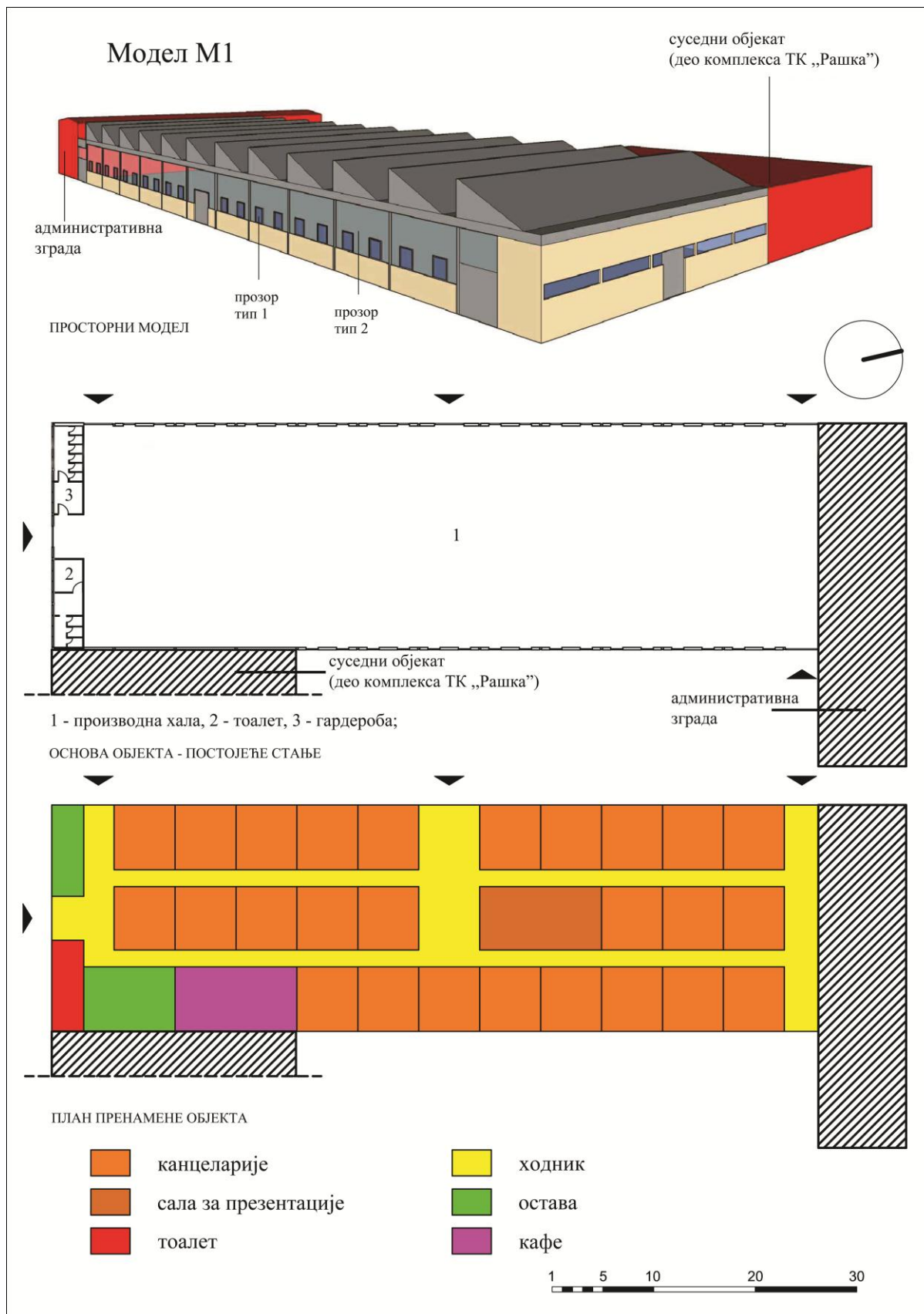
У табели 2 дате су карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача.

Табела 2. Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М1

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	U (W/m ² K)
Спољни зид 1		- Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm	1,835
Спољни зид 2		- Лим 0,1 cm - Термоизолација 5 cm - Лим 0,5 cm	0,769
Плоча на тлу		- Ливени терацо 5 cm - Хидроизолација 1 cm - Набијени бетон 10 cm - Шљунак 10 cm	1,994
Кровни покривач		- Лим 0,1 cm - Термоизолација 5 cm - Лим 0,5 cm	0,769
Прозор тип 1		Једноструки са једнослојним стаклом дебљине 6mm са коефицијентом пролаза топлоте U=5,8 W/m ² K и металним оквиром без термопрекида са коефицијентом пролаза топлоте U=6,0 W/m ² K.	5,86
Прозор тип 2		Двоструко копилит стакло ниске пропусности соларног зрачења и дифузне пропусности дневног светла.	2,80

У табели 3 су дате основе постојећег стања објекта са предлогом пренамене у зграду пословне намене.

Табела 3. Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М1



2.2.2. Модел М2: Индустијска хала са двоводним кровом

Одабрани индустријски објекат јесте хала за конфекцију која је припадала комплексу текстилног комбината "Рашка" у Новом Пазару. Овај објекат је дело архитеката Д. Ђукућ и Р. Аврамовић, саграђен 1965. године и представља типичан објекат индустријске хале са двоводним кровом, грађен у Југославији у том периоду. Објекат је слободностојећа индустријска зграда у којој је смештен производни погон, тоалети и магацини за потребе радника. Основа објекта је правоугаоног облика оријентације север – југ са одступањем од правца север-југ за 13° , спратности $\text{II} + 0$.

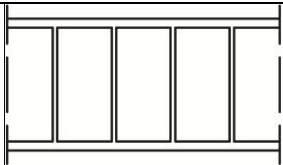
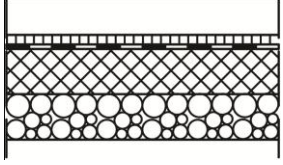
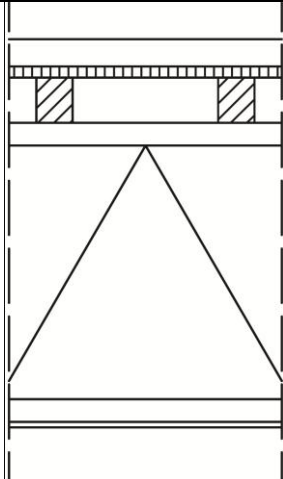
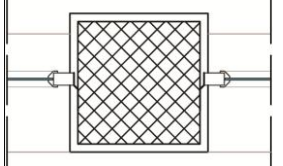
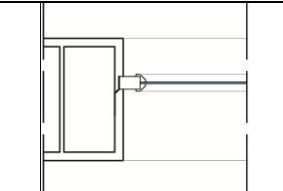
У непосредном окружењу објекта, налазе се објекти који су представљали пратеће објекте текстилног комбината "Рашка". На основу положаја објекта на ужој локацији, константована је спратност околних објеката. Посматрани објекти су ниже спратности и ниже укупне висине у односу на посматрани објекат и на довољној удаљености да не могу својим положајем, висином и сенком утицати на осунчаност посматраног објекта.

Производни погон се налази у северном делу зграде, док се улаз у објекат са тоалетима и помоћним просторијама налази у јужном делу зграде. Објекат има мање отворе на тоалетима на јужној фасади и већи број отвора на источној и западној фасади са уједначеним распоредом праћеним конструктивним растером (табела 5).

Укупна површина објекта износи $932,6 \text{ m}^2$, а запремина грејаног простора $3951,3 \text{ m}^3$. Конструктивни склоп индустријске хале чини армирано-бетонска конструкција бетонских стубова са челичном решерком као гредним носачем. Спољни зидови су од опеке дебљине 25 cm малтерисани са обе стране продужним малтером у слоју од по 2 cm. Кров зграде јесте двоводан кров са салонит плочама као завршним слојем. Плоча на тлу се састоји од неармираног бетона дебљине 10 cm на тампон шљунку у слоју од 10 cm, са паркетом на асфалту као финалним слојем.

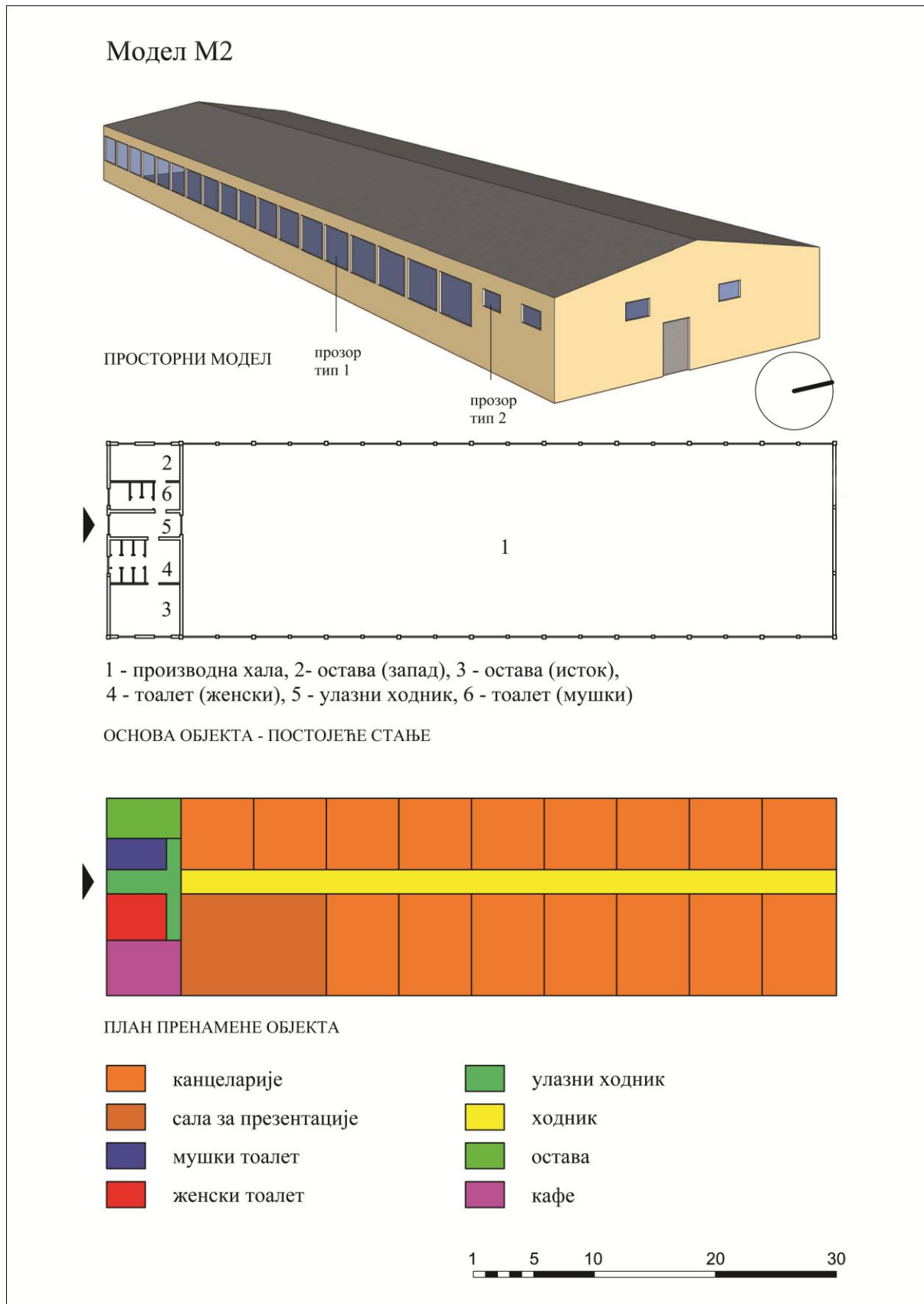
У табели 4 дате су карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача.

Табела 4. Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М2

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	U (W/m ² K)
Спољни зид		<ul style="list-style-type: none"> - Продужни малтер 2 cm - Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm 	1,746
Плоча на тлу		<ul style="list-style-type: none"> - Паркет 2,1 cm - Асфалт 1 cm - Набијени бетон 10 cm - Шљунак 10 cm 	2,431
Кровни покривач		<ul style="list-style-type: none"> - Салонит плоче 6 mm - Тер хартија - Дашчана подлога 2,5 cm - Подконструкција 8/10 cm - Спуштени плафон 66 cm - Фаздел плоча 1,2 cm 	1,961
Прозор тип 1		Једноструки са једнослојним стаклом дебљине 6mm са коефицијентом пролаза топлоте U=5,8 W/m ² K и металним оквиром без термопрекида са коефицијентом пролаза топлоте U=6,0 W/m ² K.	5,83
Прозор тип 2		Једноструки са једнослојним стаклом дебљине 6mm са коефицијентом пролаза топлоте U=5,8 W/m ² K и металним оквиром без термопрекида са коефицијентом пролаза топлоте U=6,0 W/m ² K.	5,84

У табели 5 су дате основе постојећег стања објекта са предлогом пренамене у зграду пословне намене.

Табела 5. Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М2



2.2.3. Модел М3: Индустијска хала са равним кровом

Одабрани индустријски објекат јесте хала за бојење која је припадала комплексу текстилног комбината "Рашка" у Новом Пазару. Овај објекат је дело архитеката Б. Стојадиновића, саграђен 1969. године и представља типичан објекат високе индустријске хале са равним кровом, грађен у Југославији у том периоду. Објекат је индустријска зграда у којој је смештен само производни погон за бојење. Основа објекта је правоугаоног облика оријентације север – југ са одступањем од правца север-југ за 13° , спратности П + 0.

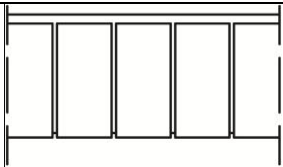
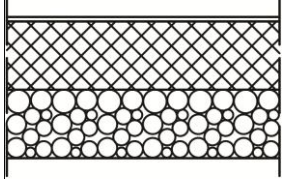
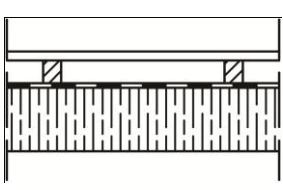
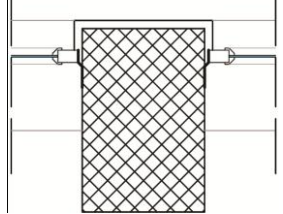
У непосредном окружењу објекта, налазе се објекти који су представљали пратеће објекте текстилног комбината "Рашка". На основу положаја објекта на ужој локацији, константована је спратност околних објеката. Уз јужну страну посматране зграде налази се нижа управна зграда ТК "Рашка", док се уз источну фасаду налази други објекат који представља засебан садржај ТК "Рашка". Наведени објекти својим положајем, висином и сенком делимично утичу на осунчаност посматраног објекта.

Објекат садржи транспарентне елементе на источној и западној фасади са уједначеним распоредом праћеним конструктивним растером.

Укупна површина објекта износи $764,3 \text{ m}^2$, а запремина грејаног простора $6387,5 \text{ m}^3$. Конструктивни склоп индустријске хале чини префабрикована армирано бетонска конструкција скелетног типа са челичном решетком као гредним носачем. Спољни зидови су од опеке дебљине 25 cm, малтерисани са унутрашње стране продужним малтером у слоју од 2 cm. Кров зграде јесте раван кров са дурисол, плочама и трапезастим лимом као завршним слојем. Плоча на тлу се састоји од набијеног бетона дебљине 15 cm на тампон шљунку у слоју од 15 cm, са керамичким плочицама као финалним слојем.

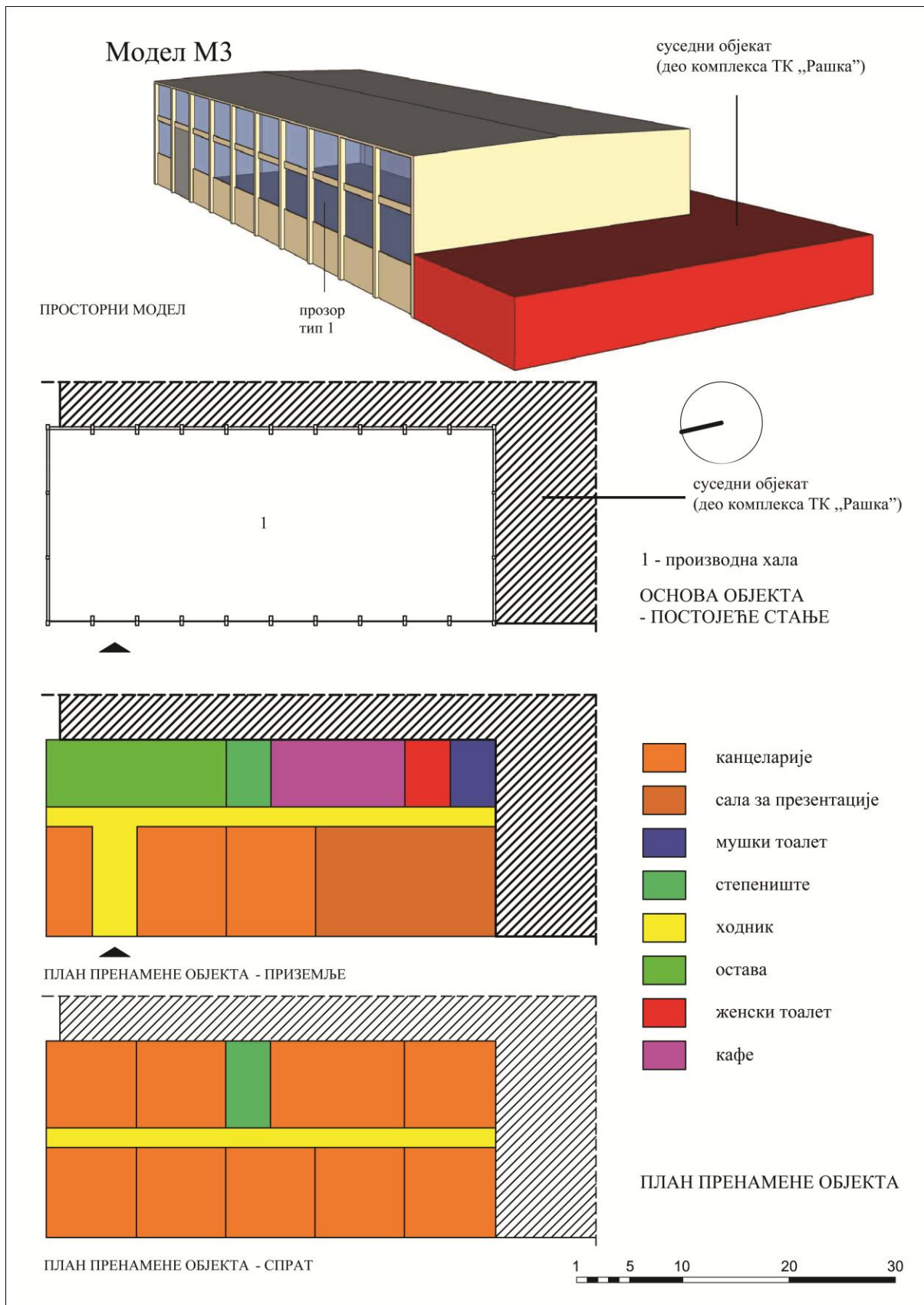
У табели 6 дате су карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача.

Табела 6. Карактеристике нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел МЗ

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	U (W/m ² K)
Спољни зид		- Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm	1,835
Плоча на тлу		- Керамичке плочице 1,0 cm - Набијени бетон 15 cm - Шљунак 15 cm	2,449
Кровни покривач		- Трапезасти лим 0,1 cm - Подконструкција 3/5 cm - Хидроизолација 1 cm - Дурисол плоча 14 cm	0,663
Прозор тип 1		Једноструки са једнослојним стаклом дебљине 6mm са коефицијентом пролаза топлоте U=5,8 W/m ² K и металним оквиром без термопрекида са коефицијентом пролаза топлоте U=6,0 W/m ² K.	5,84

У табели 7 су дате основе постојећег стања објекта са предлогом пренамене у зграду пословне намене.

Табела 7. Распоред функција у објекту у основи – постојеће стање и предлог пренамене за модел М3



Увидом у карактеристике одабраних модела индустријских зграда грађених у периоду 1965-1974. године можемо констатовати да садрже сличне карактеристике у погледу омотача зграде. Сви објекти су грађени у преиоду када није постојао дефинисан закон о енергетској ефикасности зграда. Сва три модела садрже спољни зид од опеке дебљине 25 cm малтерисан у продужном малтеру са унутрашње или са обе стране. Отвори на фасади су код свих модела једноструки прозори са једноструким застакљењем и металним оквиром без термопрекида, са изузетком код модела М1 који садржи и копилит стакло у великом проценту транспарентних површина модела М1. Копилит стакло се одликује веома ниским коефицијентом трансмисије соларног зрачења $g=0,40$ и високим коефицијентом пролаза топлоте $U=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, чијом заменом би се значајно повећали соларни добици, а смањили трансмисиони губици топлоте. Утицај застакљења на енергетске карактеристике код модела М1 је посебно дискутован у поглављу 3.6. Процент транспарентних делова омотача код сва три одабрана модела јесте испод 30%.

Сва три модела се налазе на истој локацији и исте су оријентације што омогућава исте услове за поређење са аспекта енергетских карактеристика.

Највећа различитост код сва три модела, која је од утицаја на енергетске карактеристике зграде, јесте чиста висина у објекту. Чиста висина за модел М1 износи 505 cm, за модел М2 360 cm и за модел М3 835 cm. Из наведеног разлога поређење одабраних модела према јединици површине неће бити најбољи показатељ енергетског учинка, као поредак модела према јединици запремине.

Као битан елемент у архитектури свакако јесте обликовање, а на енергетске карактеристике зграде велики утицај има фактор облика зграде⁴. Утицај фактора облика зграде на потребну енергију за грејање простора посебно је дискутован у поглављу 3.6.

⁴ Фактор облика зграде је однос површине термичког омотача зграде и њиме обухваћене бруто запремине зграде $f_o = A/V \text{ [m}^{-1}\text{]}$

2.3. Упоредни приказ термичких карактеристика омотача изабраних индустријских модела

У овом делу рада приказане су термичке карактеристике омотача одабраних модела индустријских зграда, са учинком редукације трансмисионих губитака у процесу енергетске санације.

2.3.1. Опште карактеристике омотача изабраних индустријских модела

Сва три модела индустријских објеката имају основу правоугаоног облика. Вредности површина и запремина зграде дати су у табели 8. Сва три модела заузимају правац север-југ са одступањем од 13°. Положај који зграде заузимају јесте умерено заклоњен, са више од три фасаде изложене ветру. Постојеће стање омотача зграде карактерише јако лоша заптивеност што ће утицати на велике губитке проветравањем у зимском периоду.

Табела 8. Површине и запремине одабраних модела индустријских објеката

	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Површина [m ²]	1657,8	932,5	764,3
Запремина грејаног простора [m ³]	8359,5	3951,2	6387,5
Бруто запремина зграде [m ³]	9271,5	5105	6910,8

Површина фасаде приказана је у табели 9 у укупном износу и посебно у односу на стране света, са површином застакљења и процентом застакљења. Кров модела М1 чини застакљење од 17,715 % шед крова, оријентисано према северу. Код остала два модела не постоји кровно застакљење.

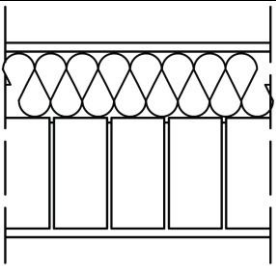
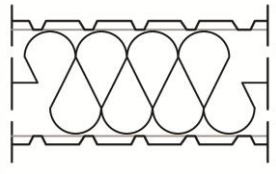
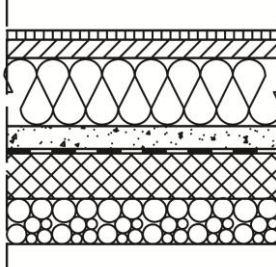
Табела 9. Површина омотача одабраних модела индустријских објеката

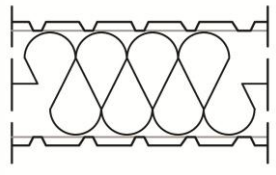
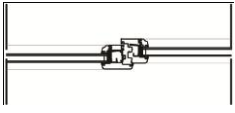
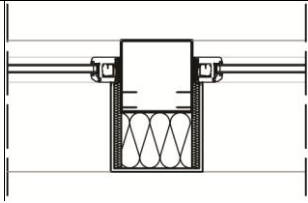
Омотач [m ²] Застакљење [m ²] Удео застакљења [%]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Северна фасада	101,547	86,145	160,475
	0	0	0
	0	0	0
Источна фасада	440,063	276,777	352,909
	148,275	100,52	101,4
	33,694	36,318	28,733

Јужна фасада	112,615	86,145	160,475
	19,439	6,002	0
	17,261	6,967	0
Западна фасада	440,063	276,777	352,909
	214,201	100,52	212,16
	48,675	36,318	60,117
Кров	2324,683	997,085	799,864
	411,816	0	0
	17,715	0	0
Укупно	3418,971	1722,929	1826,632
	793,731	207,042	313,56
	23,215	12,017	17,166
Под	1657,8	932,5	764,3
	0	0	0
	0	0	0

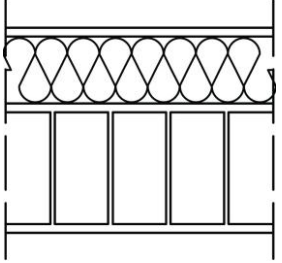
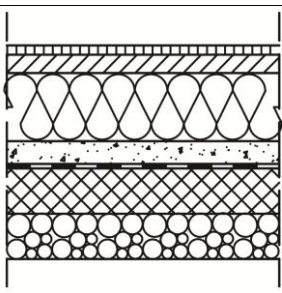
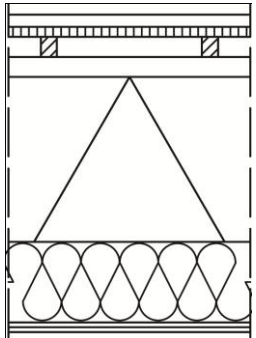
У табелама 10, 11 и 12 приказани су карактеристични пресеци нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача зграде након санације.

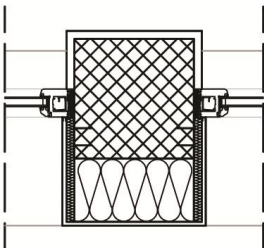
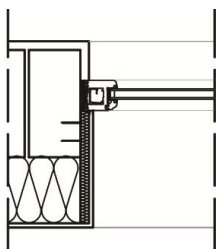
Табела 10. Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М1

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	U (W/m ² K)
Спољни зид 1		<ul style="list-style-type: none"> - Малтер 2 cm - Камена вуна 15 cm - Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm 	0,221
Спољни зид 2		<ul style="list-style-type: none"> - Лим 0,1 cm - Термоизолација 20 cm - Лим 0,5 cm 	0,276
Плоча на тлу		<ul style="list-style-type: none"> - Паркет 2,1 cm - Цементнакошуљица 4 cm - ПВЦ фолија 0,1 cm - Камена вуна 15 cm - Ливени терацо 5 cm - Хидроизолација 1 cm - Набијени бетон 10 cm - Шљунак 10 cm 	0,219

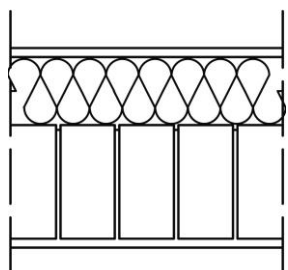
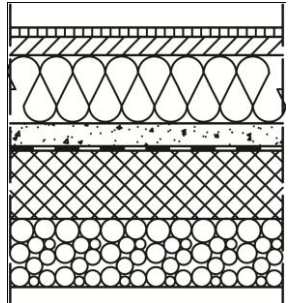
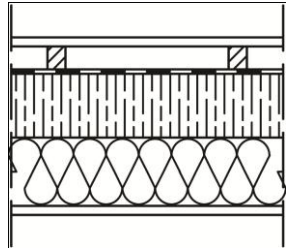
Кровни покривач		- Лим 0,1 cm - Термоизолација 25 cm - Лим 0,5 cm	0,168
Прозор тип 1		Једноструки са двослојним стаклом дебљине 4+12+4 mm (Kr) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ и ПВЦ оквиром са термопрекидом са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.	1,297
Прозор тип 2		Једноструки са двослојним стаклом дебљине 4+12+4 mm (Kr) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ и ПВЦ оквиром са термопрекидом са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.	1,10

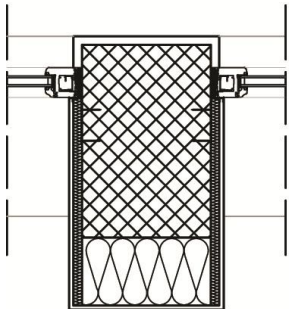
Табела 11. Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М2

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	$U \text{ (W/m}^2\text{K)}$
Спољни зид 1		- Малтер 2 cm - Камена вуна 15 cm - Продужни малтер 2 cm - Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm	0,22
Плоча на тлу		- Паркет 2,1 cm - Цементна кошуљица 4 cm - ПВЦ фолија 0,1 cm - Камена вуна 15 cm - Хидроизолација 1 cm - Асфалт 1 cm - Набијени бетон 10 cm - Шљунак 10 cm	0,226
Кровни покривач		- Трапезасти лим 0,3 cm - Подконструкција 3/5 cm - Тер хартија - Дашчана подлога 2,5 cm - Подконструкција 4/5 cm - Спуштени плафон 46 cm - Камена вуна 20 cm - Гипс-картонске плоче 2×1,25 cm	0,16

Прозор тип 1		Једноструки са двослојним стаклом дебљине 4+12+4 mm (Kg) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1$ W/m ² K и ПВЦ оквиром са термопрекидом са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4$ W/m ² K.	1,35
Прозор тип 2		Једноструки са двослојним стаклом дебљине 4+12+4 mm (Kg) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1$ W/m ² K и ПВЦ оквиром са термопрекидом са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4$ W/m ² K.	1,33

Табела 12. Карактеристике санираних нетранспарентних и транспарентних конструктивних елемената омотача – Модел М3

Конструктивни елемент	Графички приказ	Опис	U (W/m ² K)
Спољни зид 1		<ul style="list-style-type: none"> - Малтер 2 cm - Камена вуна 15 cm - Пуна опека 25 cm - Продужни малтер 2 cm 	0,221
Плоча на тлу		<ul style="list-style-type: none"> - Паркет 2,1 cm - Цементна кошуљица 4 cm - ПВЦ фолија 0,1 cm - Камена вуна 15 cm - Хидроизолација 1 cm - Набијени бетон 10 cm - Шљунак 10 cm 	0,219
Кровни покривач		<ul style="list-style-type: none"> - Трапезасти лим 0,3 cm - Подконструкција 3/5 cm - Хидроизолација 1 cm - Дурисол плоча 14 cm - Камена вуна 15 cm - Малтер 2 cm 	0,182

Прозор тип 1		<p>Једноструки са двослојним стаклом дебљине 4+12+4 mm (Кг) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1$ W/m^2K и ПВЦ оквиром са термопрекидом са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4$ W/m^2K.</p>	1,31
--------------	---	---	------

2.3.2. Термичке перформансе омотача изабраних индустријских модела

Коефицијент пролаза топлоте нетранспарентног грађевинског елемента, према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, $U[W/m^2K]$, прорачунава се, у општем случају – за грађевински елемент једноставне хетерогености, сагласно стандарду SRPS EN ISO 6946, на следећи начин⁵:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_m \frac{d_m}{\lambda_m} + R_{se}} \quad (1)$$

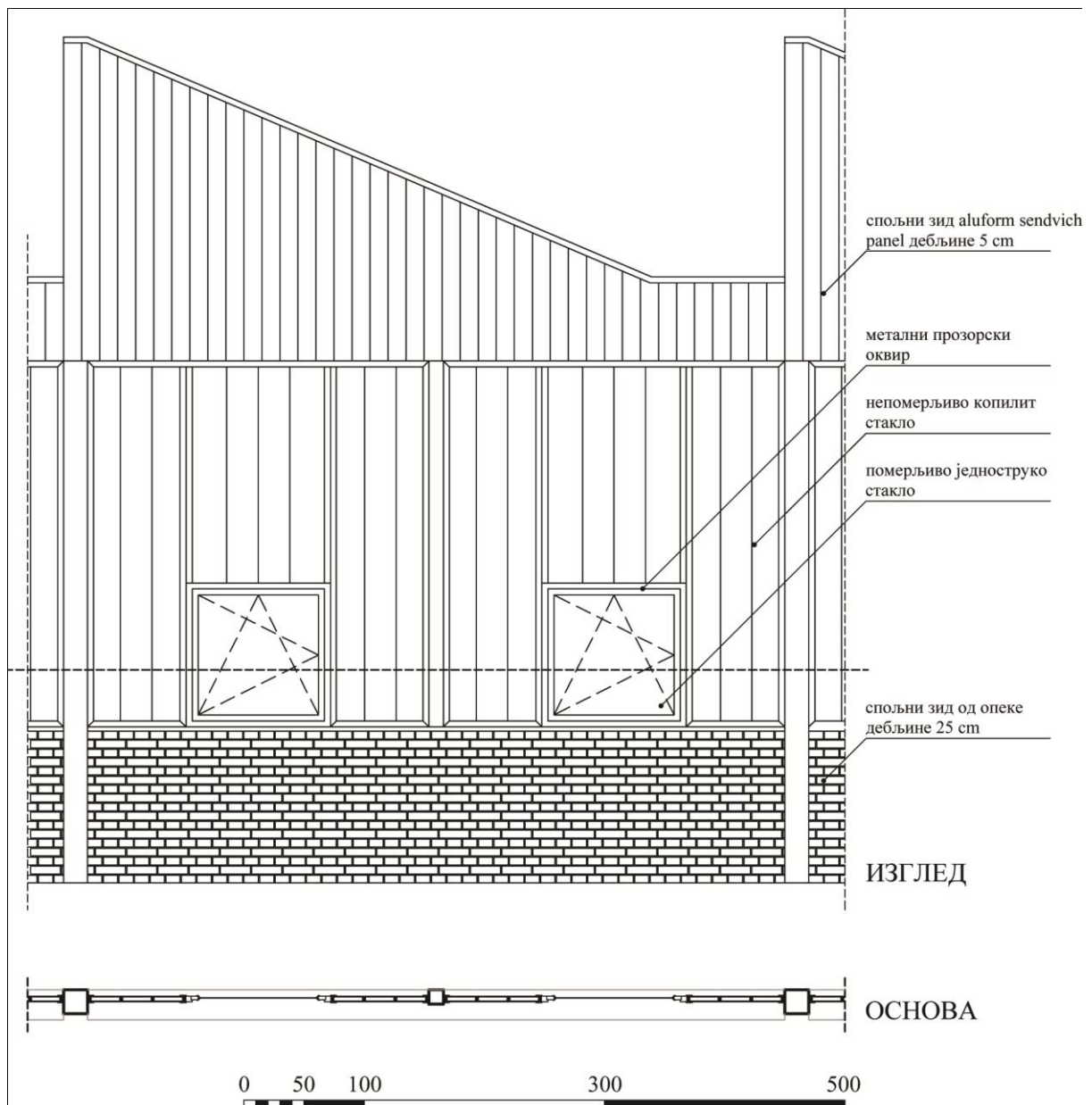
R_{si} и R_{se} – представљају унутрашњи и спољни отпор прелазу топлоте конструктивног елемента,

$\lambda_m [W/m \times K]$ – вредност топлотне проводљивости m -тог слоја елемента,

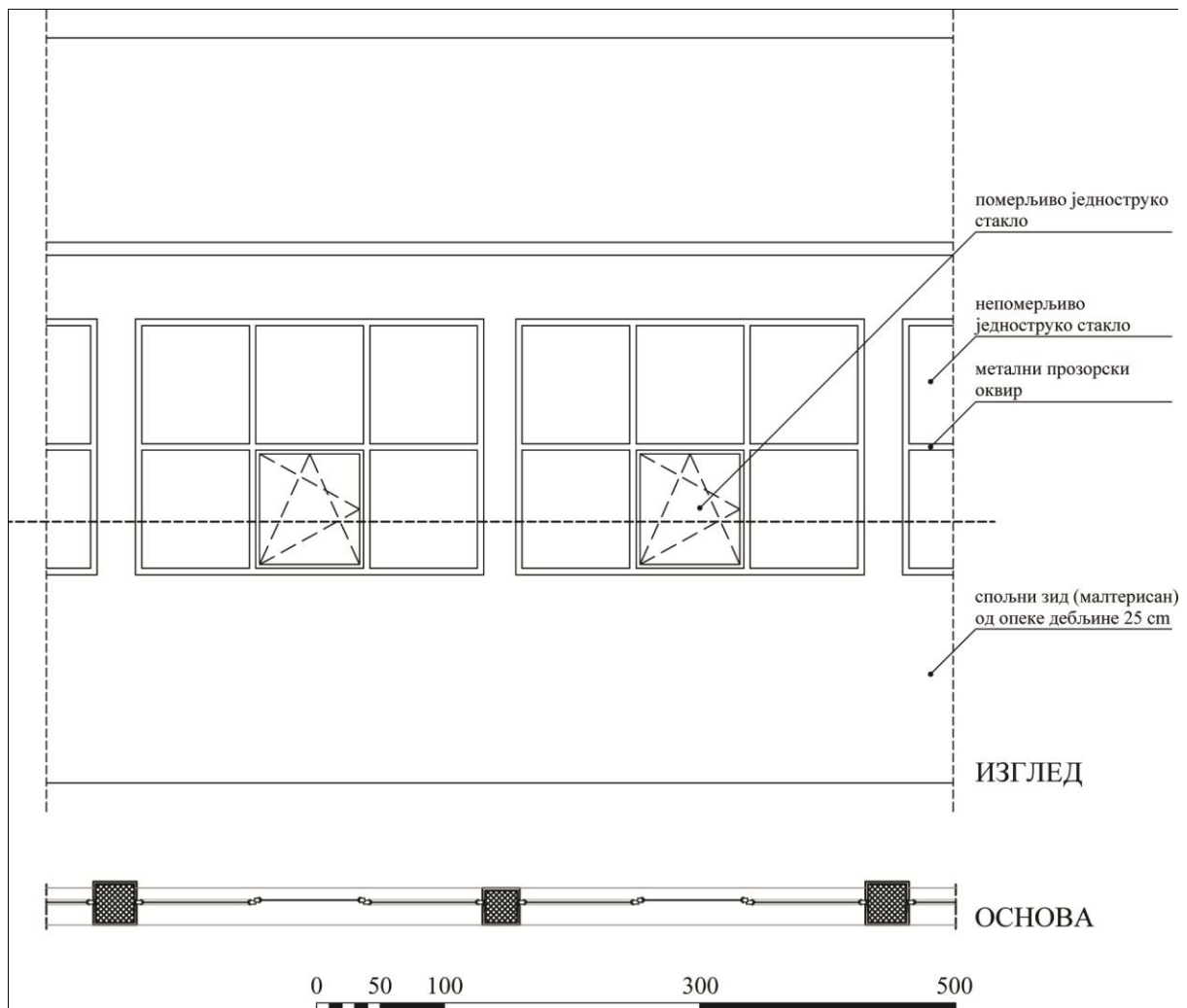
$d[m]$, – дебљина слоја елемента, у складу са важећим стандардима и прописима.

На сликама 17, 18 и 19 приказани су сегменти западних фасада са основом и изгледом, где је у оквиру једног конструктивног растера приказана примена материјала на фасади и начини уградње прозора у фасадном зиду. Приказани изгледи се тичу постојећег стања зграде, које је потребно унапредити у складу са наведеним сценаријима санације и у складу са предлозима санације наведеним у табелама 10,11 и 12.

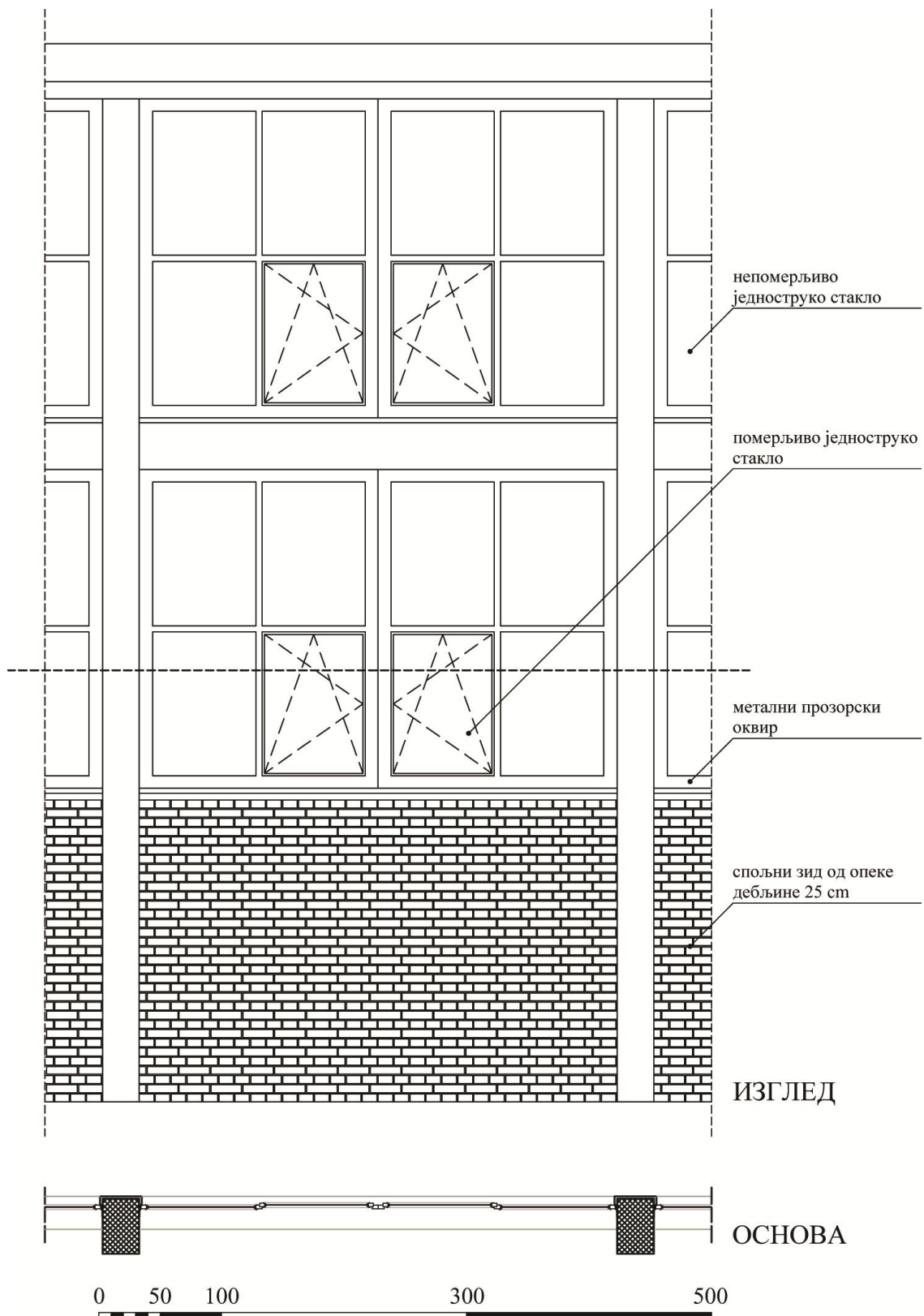
⁵ Правилник о енергетској ефикасности зграда, стр. 36



Слика 17. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М1– постојеће стање



Слика 18. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М2 – постојеће стање



Слика 19. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М3– постојеће стање

Коефицијент пролаза топлоте транспарентног грађевинског елемента одређујемо прорачуном, сагласно стандарду SRPS EN ISO 10077-1⁶:

$$U_w = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (2)$$

A_g – површина стакла [m^2]

U_g – коефицијент пролаза топлоте стакла [$W/m^2 \times K$]

A_f – површина оквира [m^2]

U_f – коефицијент пролаза топлоте оквира [$W/m^2 \times K$]

l_g – дужина споја стакло/оквир [m]

Ψ_g – фактор корекције температуре – спој стакло/оквир [$W/m \times K$]

Грађевински материјали и елементи постојеће зграде према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011), не задовољавају све прописане вредности у смислу максимално дозвољених вредности коефицијената пролаза топлоте. У табели 13 приказане су дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за грађевинске елементе омотача зграде за постојеће стање.

Табела 13. Дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача зграде – постојеће стање

Грађевински елемент	Коефицијент пролаза топлоте			
	Дозвољен U_{max} [$W/(m^2K)$]	Остварен М1 U_{max} [$W/(m^2K)$]	Остварен М2 U_{max} [$W/(m^2K)$]	Остварен М3 U_{max} [$W/(m^2K)$]
Спољни зид 1	0,40	1,835	1,746	1,835
Спољни зид 2	0,40	0,769	/	/
Кров изнад грејаног простора	0,20	0,769	1,961	0,663
Под према негрејаном простору	0,40	1,994	2,431	2,449
Прозори 1	1,50	5,86	5,83	5,84
Прозори 2	1,50	2,8	5,84	/
Улазна врата	1,50	3,124	3,124	3,124

Коефицијент пролаза топлоте зид завесе се израчунава сагласно стандарду: European standard EN 13947 - Thermal performance of curtain wall.

$$U_{cw} = \frac{\sum A * U + \sum \Psi * l}{A_{cw}} \quad (3)$$

⁶ Правилник о енергетској ефикасности зграда, стр. 46

Коефицијент пролаза топлоте двоструке фасаде сагласно стандарду: European standard EN 13947 - Thermal performance of curtain wall, израчунава се по формули:

$$U_{cw} = \frac{1}{\frac{1}{U_{cw1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{cw2}}} \quad (4)$$

R_{si} – унутрашњи отпор прелазу топлоте

R_s – топлотна отпорност невентилисаног ваздушног слоја ($m^2 \times K/W$)

R_{se} – унутрашњи отпор прелазу топлоте

Санацијом нетранспарентних елемената омотача посматраних зграда, додавањем термоизолационог слоја и заменом неадекватних финалних облога омотача зграде, грађевински елементи и материјали постојеће зграде доведени су на ниво који задовољава све прописане вредности према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011). У табели 14 приказане су дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за грађевинске елементе омотача зграде након санације.

Табела 14. Дозвољене и остварене вредности коефицијената пролаза топлоте за елементе омотача зграде – након санације

Грађевински елемент	Коефицијент пролаза топлоте			
	Дозвољен U_{max} [W/(m ² K)]	Остварен М1 U_{max} [W/(m ² K)]	Остварен М2 U_{max} [W/(m ² K)]	Остварен М3 U_{max} [W/(m ² K)]
Спољни зид 1	0,40	0,221	0,22	0,221
Спољни зид 2	0,40	0,276	/	/
Кров изнад грејаног простора	0,20	0,168	0,16	0,182
Под према негрејаном простору	0,40	0,219	0,226	0,219
Прозори 1	1,50	1,10	1,35	1,31
Прозори 2	1,50	1,297	1,33	/
Улазна врата	1,50	1,251	1,251	1,251

Увидом у податке наведене у табели 14 можемо констатовати да су овим приступом санације омотача зграде остварене значајно ниже вредности коефицијената пролаза топлоте у поређењу са дозвољеним вредностима.

2.3.3. Трансмисиони топлотни губици кроз омотач зграде

Специфични трансмисиони губици кроз омотач зграде један су од фактора који мора бити задовољен према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011).

За проверу трансмисионих губитака за дефинисане моделе потребно је извршити анализу површина термичког омотача, бруто запремину зграде, фактор облика зграде, удео транспарентних површина.

Физичке карактеристике омотача модела дате су у табели 15.

Табела 15. Подаци о одабраним моделима

Подаци о згради	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Површина термичког омотача зграде A [m ²]	5099,31	2705,82	2626,1
Запремина грејаног дела зграде V [m ³]	8359,5	3951,2	6387,5
Бруто запремина зграде V [m ³]	9271,5	5105	6910,8
Фактор облика зграде ⁷ f_o [m ⁻¹]	0,55	0,53	0,38
Удео транспарентних површина [%]	23,22	12,02	17,17

Површина делова омотача и целог омотача зграде кроз коју се врши трансмисија топлоте, дата је у табели 16.

Табела 16. Површина елемената термичког омотача зграде А [m²]

Тип елемента омотача зграде	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Спољни зид 1	357,37	518,80	713,21
Спољни зид 2	478,38	/	/
Кров изнад грејаног простора	1789,48	997,08	799,86
Врата	33,56	3,67	19,5
Под према негрејаном простору	1680,34	982,89	799,47
Прозори 1	65,26	196,86	294,06
Прозори 2	694,92	6,72	/
Укупно ΣA	5099,31	2705,82	2626,10

Површински трансмисиони губици топлоте (H_{Ts}) добијају се следећом формулом:

$$H_{Ts} = U \times A \times F_{xi} \quad (5)$$

где је:

U – Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента [W / (m²K)]

A – Површина термичког омотача зграде [m²]

F_{xi} – Фактор корекције температуре

⁷ Фактор облика зграде је однос површине термичког омотача зграде и њиме обухваћене бруто запремине зграде $f_o = A/V$ [m⁻¹]

Фактор корекције температуре, према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011) дат је у табели 17 за делове омотача зграде.

Табела 17. Фактор корекције температуре конструктивних елемената зграде

Тип елемента омотача зграде	Фактор корекције температуре F_{xi}
Спољни зид	1,0
Кров изнад грејаног простора	1,0
Под према негрејаном простору	0,5
Прозори	1,0
Улазна врата	1,0

Израчунати површински трансмисиони губици топлоте (H_{Ts}) за сваки део омотача зграде појединачно и укупно за цео омотач представљени су у табели 18 за постојеће стање зграде и у табели 19 за стање након енергетске санације омотача.

Табела 18. Површински трансмисиони губици по елементу термичког омотача H_{Ts} [W/K] – постојеће стање

Тип елемента омотача зграде	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Спољни зид 1	655,78	905,83	1308,74
Спољни зид 2	367,87	/	/
Кров изнад грејаног простора	1376,11	1955,28	530,31
Врата	104,85	10,80	60,92
Под према негрејаном простору	1675,30	1194,70	978,95
Прозори 1	382,41	1147,72	1717,31
Прозори 2	1945,77	39,24	/
Укупно ΣH_{Ts}	6508,09	5253,58	4596,23

Табела 19. Површински трансмисиони губици по елементу термичког омотача H_{Ts} [W/K] – након санације

Тип елемента омотача зграде	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Спољни зид 1	78,98	114,14	157,62
Спољни зид 2	132,03	/	/
Кров изнад грејаног простора	300,63	159,53	145,58
Врата	41,99	4,33	24,39
Под према негрејаном простору	184,00	111,07	87,54
Прозори 1	84,64	265,77	385,22
Прозори 2	764,41	8,94	/
Укупно ΣH_{Ts}	1586,68	663,77	800,35

На основу увида у табеле 18 и 19 можемо констатовати да се овим приступом санације омотача површински трансмисиони губици умањују вишеструко у зависности од конструктивног елемента омотача, где укупан површински трансмисиони губитак за модел М1 се умањује за 75,6 %, за модел за М2 87,4 % и за модел М3 за 83,6 %.

Линијски трансмисиони губици топлоте (H_{TB}) добијају се следећом формулом:

$$H_{ТВ} = \Delta U_{ТВ} \times \sum A \quad (6)$$

где је:

$\sum A$ – Укупна површина термичког омотача зграде [m^2]

$\Delta U_{ТВ}$ – Усвојена вредност према Правилнику о енергетској ефикасности зграда 0,10 W/(m^2K)

из чега следи да је:

$$H_{ТВ} = 0,1 \times \sum A \quad (7)$$

За нестамбене зграде са уделом транспарентних површина $\leq 30\%$ и фактором облика $\leq 0,6$ према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011), максималне допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте $H'_{T \max}$ износе $0,55 \text{ W}/m^2K$, док за нестамбене зграде са уделом транспарентних површина $\leq 30\%$ и фактором облика $\leq 0,4$ максималне допуштене вредности специфичних трансмисионих губитака топлоте $H'_{T \max}$ износе $0,68 \text{ W}/m^2K$.

Специфични трансмисиони губици топлоте кроз омотач постојећег стања зграде и стања након санације, дати су у табели 20.

Табела 20. Специфични трансмисиони губици топлоте кроз омотач зграде

Трансмисиони губици топлоте	Стање зграде	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Линијски трансмисиони губици [W/K] $H_{ТВ} = 0,1 \times \sum A$		509,93	270,58	262,61
Дозвољени специфични трансмисиони губици $H'_{T \max}$ [W/(m^2K)]		0,55	0,55	0,68
Укупни трансмисиони губици [W/K] $H_T = H_{Ts} + H_{ТВ}$	Постојеће	7018,02	5524,16	4858,84
	Након санације	2096,61	934,35	1062,96
Специфични трансмисиони губици [W/(m^2K)] $H'_T = H_T / A$	Постојеће	1,38	2,04	1,85
	Након санације	0,41	0,35	0,40

Будући да су референтни модели одабрани за анализу топлотно неизоловани, специфични трансмисиони губици кроз омотач су далеко изнад максимално дозвољених вредности које су дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда (2011). Предложеним санацијама специфични трансмисиони губици су сведени испод максимално дозвољених вредности (табела 20). Битно је истаћи да поредак модела према специфичном трансмисионом губитку јесте далеко неповољнији за модел М2 у случају када се посматра постојеће стање зграде и стање зграде након

санације, када модел М2 представља најповољнији модел у енергетском погледу. Стање омотача, у погледу специфичног трансмисионог губитка, свих модела далеко је приближније након санације у односу на стање пре санације, што представља процентуално различит учинак побољшања енергетских карактеристика посматраних модела.

2.4. Предлог мера санације одабраних индустријских модела

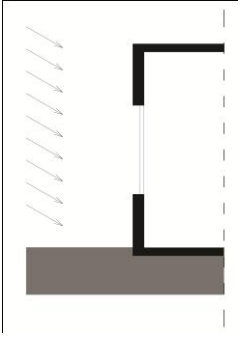
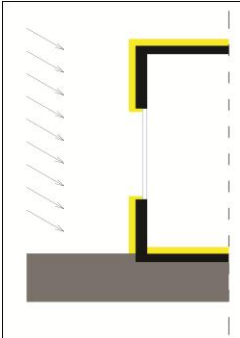
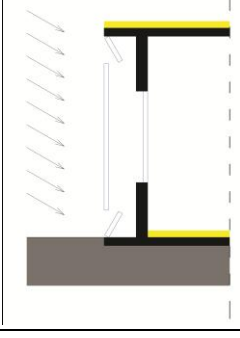
Предлог санације омотача одабраних индустријских објеката подразумева унапређење енергетских карактеристика омотача зграде у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда и максимално дозвољеним вредностима коефицијената пролаза топлоте за сваки грађевински елемент, за постојеће зграде. У складу са тим и у складу са истоветним интервенцијама на сваком од три одабрана објекта, приступило се изради сценарија према којима би се вршила санација зграде. У поглављу 1.5. представљени су модалитети пасивних соларних система са својим карактеристикама, начинима и могућностима примене. Увидом у карактеристике омотача одабраних модела индустријских објеката за анализу у овој дисертацији, можемо констатовати да примена стакленика и Тромбеовог зида при санацији наведених модела не би била оправдана. Обзиром да се у јужном делу зграде код модела М1 и М2 већ налазе санитарне и помоћне просторије и обзиром да код модела М3 јужна фасада није у потпуности слободна примена наведених модалитета би узроковала неоправдану интервенцију при санацији одабраних зграда. Наведена констатација се тиче постојећег стања одабраних објеката и конкретног контекста окружења микролокације одабраних модела. Анализом источне и западне фасаде одабраних модела јасно је да се значајан проценат транспарентних површина налази на наведеним фасадама код сва три модела. У складу са тим, примена двоструке фасаде као модалитета пасивне соларне архитектуре на источној и западној фасади јесте оправдан приступ при санацији одабраних модела.

Обзиром да се ради о приземним објектима у даљем истраживању ће бити испитана примена коридорног типа двоструке фасаде при санацији одабраних модела и ефекти примене овог типа двоструке фасаде у погледу енергетских добитака и редукције енергетских губитака. Апликација двоструке фасаде се врши на источној и западној фасади код сва три модела. Наиме, на већ постојећи фасадни зид, на растојању од 60 cm, додата је зид завеса као спољни слој двоструке фасаде. Додату зид завесу

карактерише једноструко стакло дебљине 6 mm са коефицијентом пролаза топлоте $U=5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ и са металним оквиром без термопрекида са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. У доњој и горњој зони зид завесе налазе се отвори којима се омогућава природно и контролисано вентилисање двоструке фасаде.


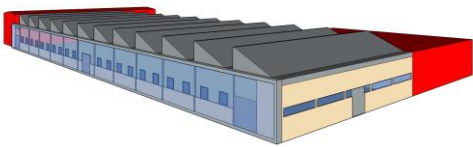
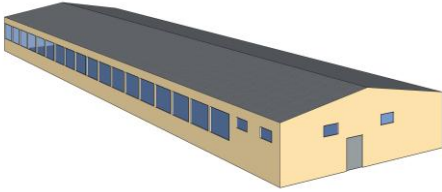
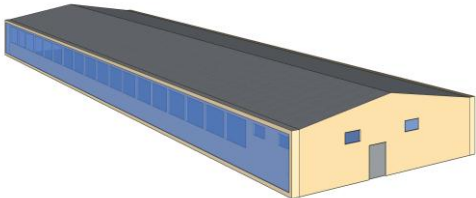
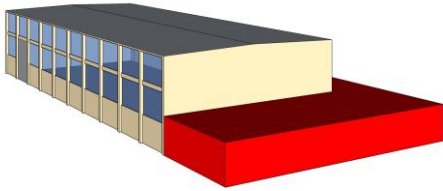
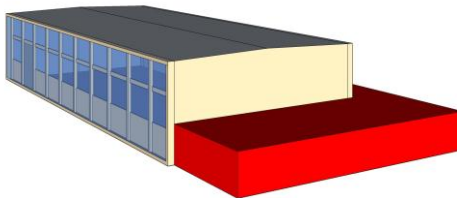
У табели 21 приказани су сценарији санације од којих један сценарио представља класичан приступ санацији омотача, док други садржи примену двоструке фасаде. Класичан приступ санацији омотача испитан је ради поређења енергетског биланса зграде са применом двоструке фасаде при санацији са зградом санираном класичном санацијом.

Табела 21. Предлог мера санације и опис постојећег стања одабраних индустријских модела

Сценарио санације	Дијаграм санације	Опис постојећег стања и мера санације
Постојеће стање		Постојеће стање зграде подразумева постојеће стање конструктивних елемената омотача зграде са конструктивним склопом зграде. Посматрајући одабране типове индустријских зграда евидентан је недостатак термоизолационог слоја у крову, фасадном зиду и поду зграде, што резултира јако високом коефицијенту пролаза топлоте. Прозорски отвори у фасадном зиду се састоје од једноструког стакла дебљине 6 mm и коефицијентом пролаза топлоте $U=5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, са металним оквиром без термопрекида. Врата у фасадном зиду су металне конструкције са коефицијентом пролаза топлоте $U=3,124 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Сценарио 1		Санација омотача зграде додавањем термоизолационог слоја камене вуне 15 cm у фасадном зиду и плочи на тлу, док је на крову потребно додати камену вуну 20 cm. Реконструкција прозорских отвора је праћена заменом постојећих металних оквира ПВЦ профилима са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ и заменом постојећег једноструког стакла двоструким нискоемисионим стаклом 4+12+4 (Kg) са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Улазна метална врата су такође замењена новим са коефицијентом пролаза топлоте $U=1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Сценарио 2		Овај вид санације подразумева санацију објекта као у сценарију 1 за изузетком источног и западног фасадног зида. На источном и западном зиду није предвиђена санација нетранспарентних делова фасаде већ само реконструкција прозорских отвора као према сценарију 1. На источној и западној фасади формирана је двострука фасада чију спољну опну чини зид завесе на растојању од 60 cm од постојећег фасадног зида са једноструким стаклом дебљине 6 mm и коефицијентом пролаза топлоте $U=5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

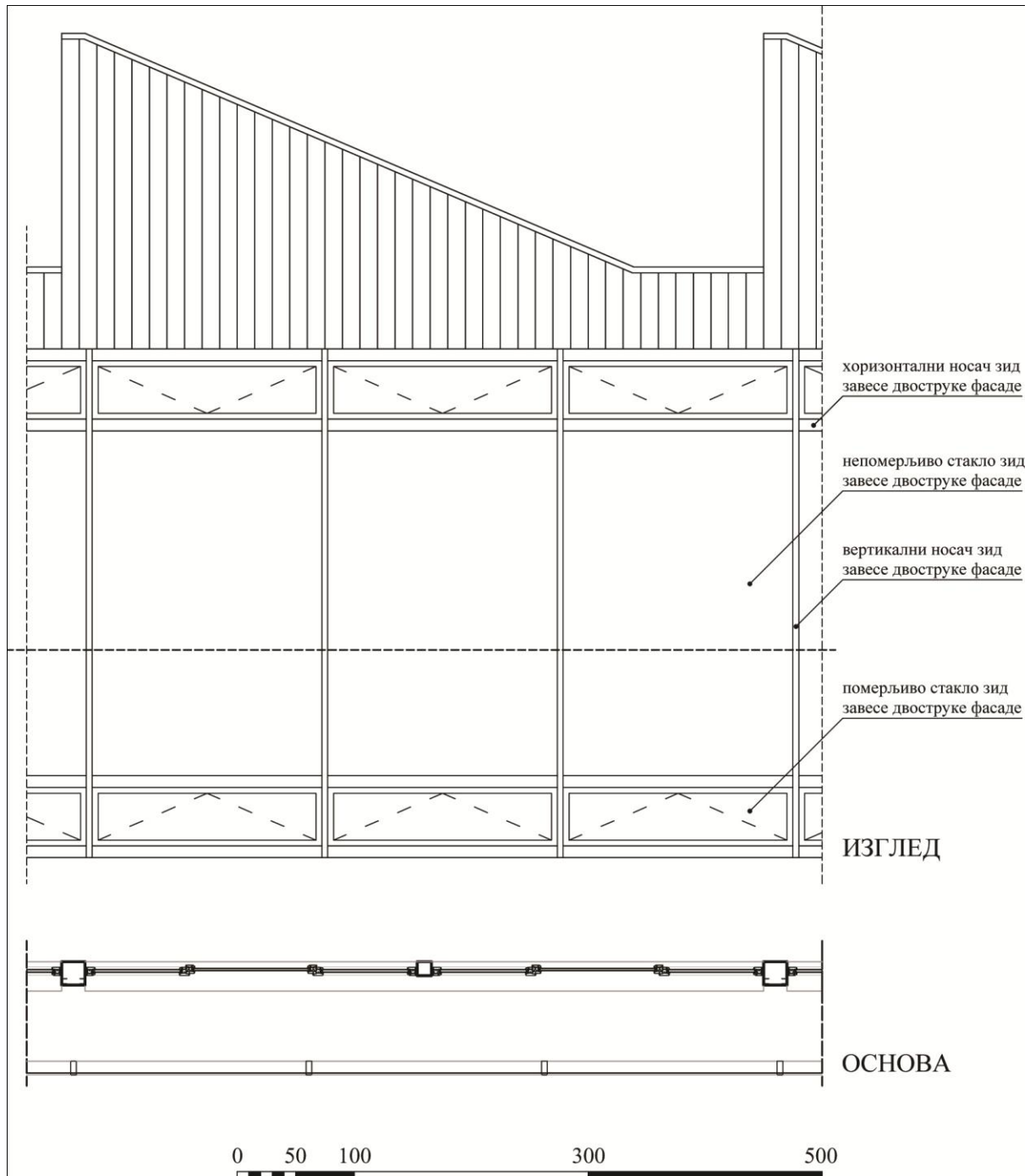
Изради предвиђених сценарија санације зграде приступило се са аспекта очувања идентитета зграде, задржавањем постојећих величина отвора на згради и задржавањем постојеће геометрије прозорских отвора. Идеја је да се уз минималне интервенције на омотачу зграде, постојећи објекти доведу до нивоа енергетски ефикасних зграда према Правилнику о енергетској ефикасности зграда и Правилнику о сертификацији зграда. У табели 22 приказани су изгледи модела након предвиђених сценарија санације.

Табела 22. Изгледи модела након предвиђених сценарија санације

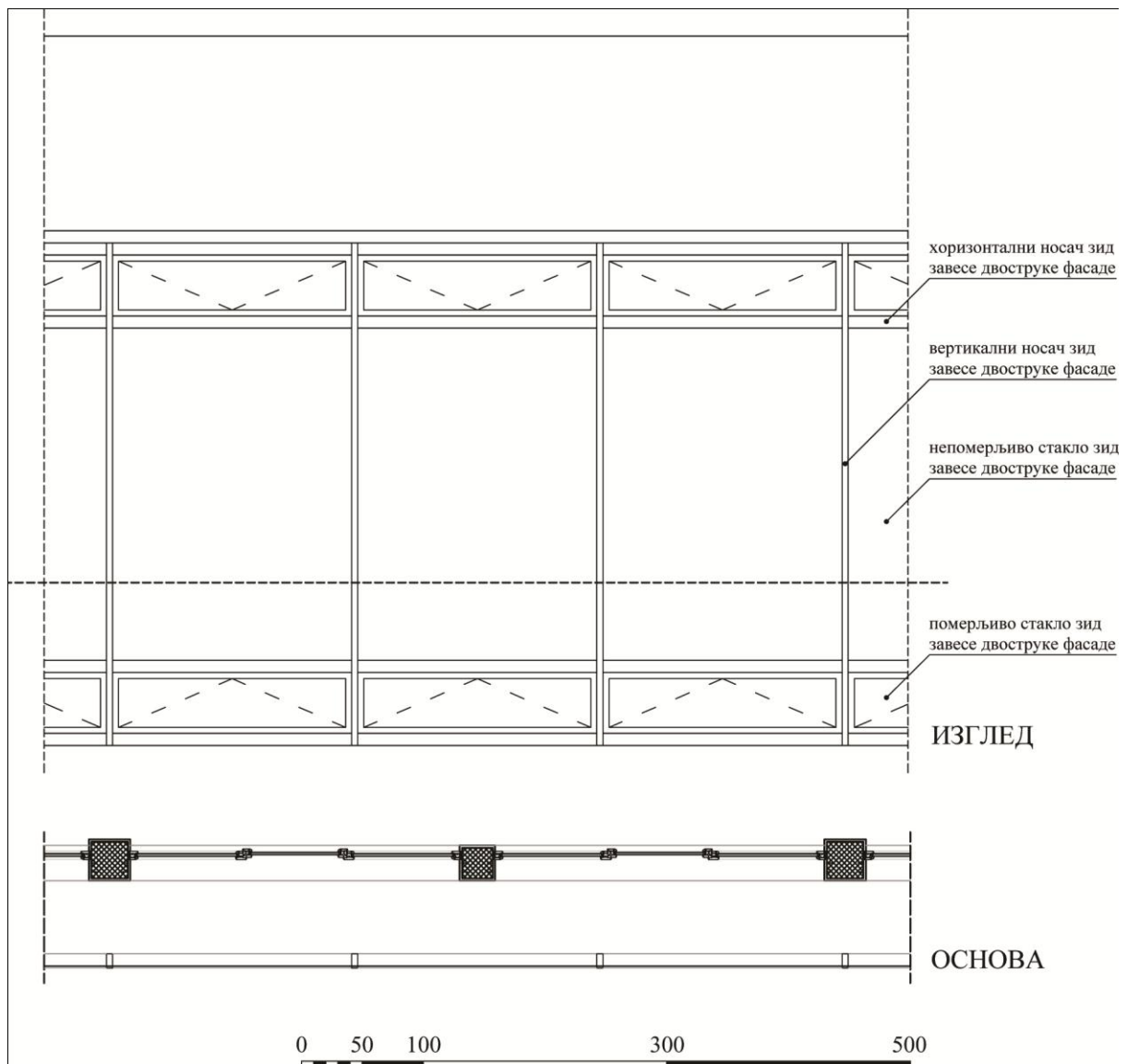
Модел	Сценарио 1	Сценарио 2
Модел М1		
Модел М2		
Модел М3		

Након предвиђених сценарија санације одабрани модели индустријских објеката мање мењају идентитет према сценарију 1, где се предлогом санације додаје термоизолациони слој са финалном фасадном облогом и врши замена прозора са задржавањем геометрије постојећих прозора. Санацијом према сценарију 2, додавањем зид завесе као спољне опне двоструке фасаде значајно се остварује одрживи концепт и савремени дизајн зграде. Изгледи сегмената западне фасаде одабраних модела, санирани према сценарију 2 са основом западног фасадног зида,

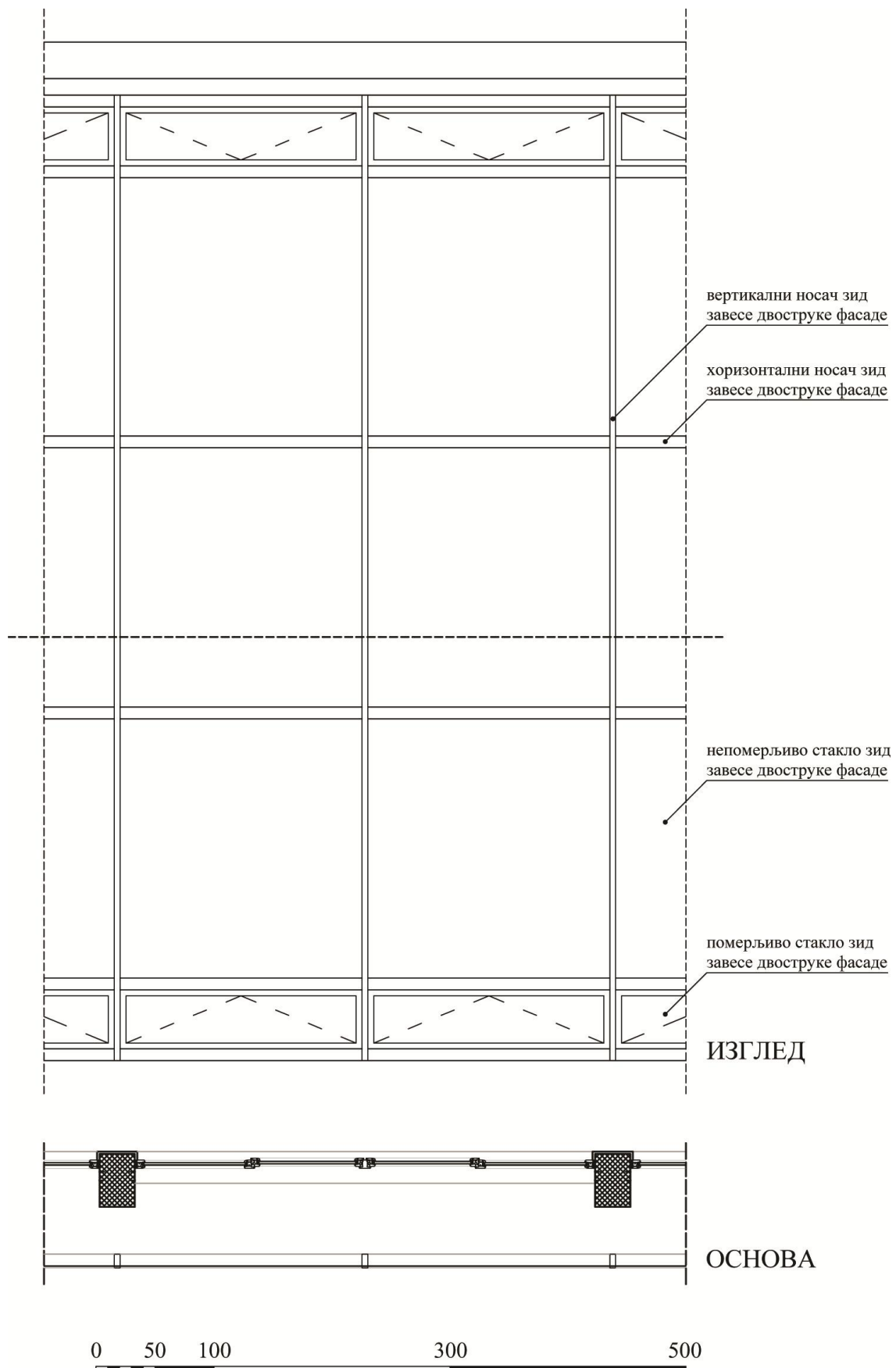
приказани су на сликама 20, 21 и 22.



Слика 20. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М1– након санације према сценарију 2



Слика 21. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М2– након санације према сценарију 2



Слика 22. Изглед сегмента западне фасаде и пресек прозора у основи модела М3– након санације према сценарију 2

2.5. Методолошки приступ у испитивању енергетских перформанси референтних модела индустријских објеката

Стандард SRPS EN ISO 13790, дефинише три различита приступа методологији прорачуна потребне енергије за грејање и хлађење у зградама (Институт за стандардизацију Србије, 2010):

- потпуно дефинисани квази-стационарни месечни (односно сезонски) метод прорачуна;
- потпуно дефинисани упрошћени динамички метод прорачуна базиран на часовним распоредима у погледу коришћења простора, осветљења, опреме и система за грејање, хлађење и вентилацију, и
- метод прорачуна који подразумева детаљну динамичку симулацију понашања зграде у термичком смислу.

Прва два метода прорачуна дају коректне вредности на годишњем нивоу, али резултати добијени за поједине месеце или вредности могу имати релативна одступања. Динамичка симулација термичког понашања зграде је најбоља опција за прорачун, али је потребно добро познавати начин функционисања предметне зграде, те коректно унети бројне улазне податке за прорачун који су за ово истраживање дати у табели 23 (о клими, омотачу, начину коришћења простора и уређаја), о чему ће бити речи у наредном делу. Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011) базиран је на првом приступу методологији прорачуна. У складу са тим, ово истраживање спроводи се применом детаљне динамичке симулације енергетских својстава зграде уз помоћ одговарајућег софтвера. Због поузданости да се добијени симулациони подаци значајно подударају са вредностима добијеним термовизијским мерењем за потребе овог истраживања коришћен је софтвер Design Builder (Анђелковић, 2015). Изабрани софтвер користи префињену *EnergyPlus* платформу за симулацију која се ослања на прописе Америчког друштва инжењера за климатизацију, грејање и хлађење (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers - ASHRAE*). Подаци везани за климатске карактеристике Републике Србије садржани су у *EnergyPlus Weather Data* фајлу (.epw) који је формиран на основу података Светске метеоролошке организације, добијених вишедеценијским праћењем климатских карактеристика за задато подручје преко мреже националних синоптичких станица.

2.5.1. Климатске карактеристике значајне за енергетску анализу

Поред структуре и карактеристика омотача зграде, на енергетске перформансе објекта у најзначајнијој мери утичу климатски услови локације, као и режим коришћења простора.

Клима Србије се може описати као умерено-континентална са мање или више израженим локалним карактеристикама. Просторна расподела параметара климе условљена је географским положајем, рељефом и локалним утицајем, као резултатом комбинације рељефа, расподеле ваздушног притиска већих размера, експозицијом терена, присуством речних система, вегетацијом, урбанизацијом и.т.д. Од географских одредница које карактеришу битне синоптичке ситуације значајне за време и климу Србије треба споменути Алпе, Средоземно море и Ђеновски залив, Панонску низију и долину Мораве, Карпате и Родопске планине као и брдовито планински део са котлинама и висоравнима. Преовлађујући меридионални положај котлина река и равничарски предео на северу земље, омогућују дубоко продирање поларних ваздушних маса на југ (www.hidmet.gov.rs).

Просечна годишња температура ваздуха за период 1961–1990. за подручја са надморском висином до 300 m износи 10.9°C. Подручја са надморском висином од 300 до 500 m имају просечну годишњу температуру око 10.0°C, а преко 1000 m надморске висине око 6.0°C. Апсолутни максимум температуре у периоду 1961–1990. измерени су у јулу, и крећу се у интервалу од 37.1 до 42.3°C у нижим пределима, док се у планинским подручјима крећу од 27.6 до 34.0°C. У августу је такође веома топло, са измереним максималним температурама у инетрвалу од 37.4 до 40.3°C. Апсолутне минималне температуре регистроване су у јануару, у опсегу од -30.7 до -21.0°C у нижим пределим, док се у планинским подручјима крећу од -35.6 до -20.6°C (www.hidmet.gov.rs).

Годишње суме падавина у просеку расту са надморском висином. У нижим пределима годишња висина падавина се креће у интервалу од 540 до 820 mm. Подручја са надморском висином преко 1000 m просечно имају 700 до 1000 mm падавина, а неки планински врхови на југозападу Србије обилније падавине до 1500 mm. Већи део Србије има континентални режим падавина, са већим количинама у топлијој половини године, изузев југозападних крајева где се највише падавина измери у јесен. Најкишовитији је јуни, када у просеку падне 12 до 13% од укупне годишње суме падавина. Најмање падавина имају месеци фебруар и октобар. Појава снежног

покривача карактеристична је за хладнији део године од новембра до марта, а највећи број дана са снежним покривачем је у јануару.

Годишње суме трајања сијања Сунца крећу се у интервалу од 1500 до 2200 сати годишње.

Приземна ваздушна струјања су у великој мери условљена орографијом. У топлијем делу године преовлађују ветрови са северозапада и запада. Током хладнијег дела године доминира источни и југоисточни ветар–кошава. У планинским областима на југозападу Србије преовлађују ветрови са југозапада.

С обзиром да се одабрани објекти налазе на подручју града Новог Пазара, за ово истраживање су неопходни бројни климатолошки подаци за детаљан прорачун енергетских перформанси посматраних објеката.

Нови Пазар се налази на 43°08' северне географске ширине, 20°31' источне географске дужине и просечној надморској висини 545 m (www.hidmet.gov.rs). Према подацима Републичког хидрометеоролошког завода, клима у Новом Пазару је умерено континентална, са просечном температуром од 11,5 °C.

С обзиром да у Новом Пазару не постоји метеоролошка станица, а тиме ни доступни комплетни климатолошки подаци, подаци који су коришћени у енергетским симулацијама из софтверског пакета *Design Builder* јесу подаци метеоролошке станице Краљево (табела 23), као најближе метеоролошке станице граду Новом Пазару⁸.

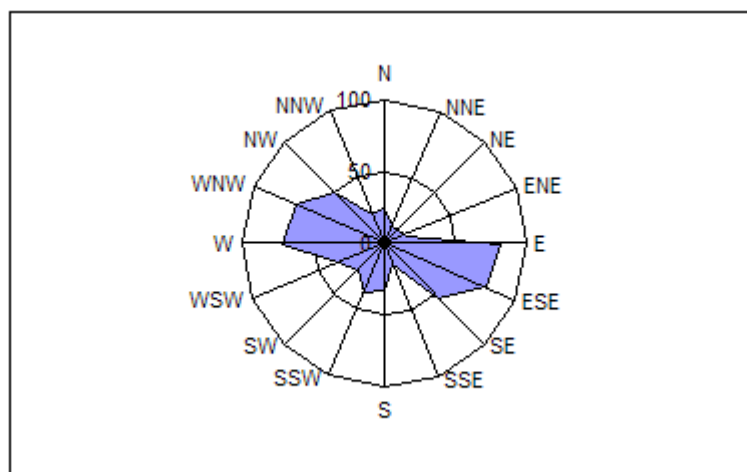
Табела 23. Средње месечне, годишње и екстремне вредности 1981-2010. године за град Краљево. Извор: Републички хидрометеоролошки завод

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Температура [°C]													
Средња максимална	4,4	7,2	12,4	17,9	22,9	25,9	28,4	28,6	23,7	18,1	10,9	5,4	17,2
Средња минимална	-3,2	-2,0	1,7	5,9	10,5	13,7	15,1	15,0	11,1	6,8	2,0	-1,7	6,2
Нормална вредност	0,3	2,3	6,8	11,8	16,7	19,8	21,8	21,5	16,8	11,8	6,0	1,6	11,5
Апсолутни максимум	20,0	23,4	30,3	32,1	34,6	39,2	43,6	41,0	37,3	32,8	28,6	22,0	43,6
Апсолутни минимум	-23,7	-23,6	-14,4	-6,3	1,3	2,9	7,0	3,1	2,1	-5,6	-13,6	-18,0	-23,7
Ср. Бр. мразних дана	24	19	10	2	0	0	0	0	0	2	10	19	86
Ср.бр. тропских дана	0	0	0	0	1	6	12	12	3	0	0	0	34
Релативна влага [%]													
Просек	81	75	69	66	69	70	68	68	74	77	79	83	73
Трајање сијања сунца													

⁸ Због приближно исте надморске висине у поређењу са Новим Пазаром, подаци метеоролошке станице Приштина би више одговарали овом истраживању, али метеоролошка станица Приштина од 1999. године није у функцији (www.hidmet.gov.rs).

Просек часова	57,6	86,6	133,3	160,3	214,3	225,8	267,1	257,5	181,3	137,3	76,8	44,8	1842,8
Број ведрих дана	3	4	4	4	4	5	10	10	7	6	3	2	62
Број облачних дана	15	12	11	9	9	6	5	4	7	9	12	16	114
Падавине [mm]													
Ср. Месечна сума	45,1	45,4	52,9	62,6	71,2	92,2	76,8	64,9	59,1	57,3	56,6	56,1	740,3
Макс. Дневна сума	34,9	71,4	39,4	50,6	69,8	73,8	75,8	61,2	39,6	50,6	62,2	38,1	75,8
Ср.бр. дана $\geq 0,1$ mm	13	13	13	13	14	13	10	9	10	10	11	14	143
Ср.бр. дана ≥ 10 mm	1	1	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	23
Појаве [број дана са...]													
снегом	9	9	6	1	0	0	0	0	0	0	4	8	37
Снежним покривачем	15	12	5	1	0	0	0	0	0	0	5	12	49
Маглом	8	3	1	1	2	1	2	2	6	9	7	8	50
Градом	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Јануар је најхладнији месец, са просечном температуром $0,3^{\circ}\text{C}$, а најтоплији месец је јул ($21,8^{\circ}\text{C}$). Највише мразних дана има у децембру, јануару и фебруару, док су тропске температуре највише заступљене у јулу и августу. У просеку има 1842,8 сунчаних сати годишње. Сунчеве светлости има највише у јуну, јулу и августу, око 9 сати дневно, док су децембар и јануар познати као најоблачнији са око 1,65 сунчаних сати дневно. На Краљево и околину годишње падне просечно 740,3 mm кише. Најкишовитији месец је јун. У Краљеву, у просеку, има 49 снежних дана годишње. На слици 23 приказана је ружа ветрова за град Краљево.



Слика 23. Ружа ветрова за град Краљево.
Извор: Републички хидрометеоролошки завод Србије

Средње брзине ветра и интензитет ветра по правцима приказани су у табели 24.

Табела 24. Релативне честине ветра по правцима и тишине у промилима и средње брзине ветра у m/s 1981-2010. год. Извор: Републички хидрометеоролошки завод

Правац ветра	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
рел.честине(‰)	24	12	14	17	81	77	54	16
редње брзине (m/s)	1,9	1,7	1,6	1,7	3,1	3,3	3,2	2
Правац ветра	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
рел.честине(‰)	32	36	25	35	72	67	49	21
редње брзине (m/s)	1,9	1,6	1,5	1,5	1,8	2,5	2,7	2,4

Климатске карактеристике локације на основу којих се израђује елаборат енергетске ефикасности према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011) су спољне пројектоване температуре градова у републици Србији (-14,7°C за град Краљево), број степен дана грејања (2628 за град Краљево), средња температура грејног периода (5,4°C за град Краљево), број дана грејне сезоне (180 за град Краљево), средње суме сунчевог зрачења и средње месечне температуре спољашњег ваздуха (табеле 24, 25 и 26). У обзир се узима и утицај ветра на објекат. Унутрашња пројектна температура је 18°C за индустријске зграде и 20°C за пословне и административне зграде зимски и 26°C за летњи период године. Проветравање кроз транспарентни омотач зграде усвојено је са 0,9 измена ваздуха на сат за постојеће стање зграде и 0,5 измена ваздуха на сат за стање зграде након санације.

Табела 25. Климатски пројектни подаци за Краљево и утицај ветра на зграду. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011.

Климатски подаци за град Краљево	
Спољна пројектна температура [°C]	-14,7
Број степен дана грејања <i>HDD</i>	2628
Број степен дана хлађења <i>CDD</i>	480
Број дана грејне сезоне <i>HD</i>	180
Средња температура грејног периода [°C]	5,4
Унутрашња пројектна температура за зимски период [°C]	18 (индустрија) / 20 (пословање)
Унутрашња пројектна температура за летњи период [°C]	26
Проветравање / број измена ваздуха [h ⁻¹]	0,9 (постојеће) / 0,5 (након санације)
Утицај ветра	
Положај (изложеност ветру)	Умерено заклоњен
Број фасада изложених ветру	Више од једне фасаде

Вредности средњих сума сунчевог зрачења користе се за прорачун добитака топлоте од сунчевог зрачења за све локације на територији Републике Србије према табели 26.

Табела 26. Средње суме сунчевог зрачења. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Зима
Хоризонт. Површина [kWh/m ²]	42,75	60,35	103,86	133,65	170,43	181,23	192,83	170,43	127,58	88,94	45,50	33,87	398
Југ [kWh/m ²]	64,25	76,98	96,43	86,73	86,28	81,43	90,31	99,43	107,38	109,22	66,52	52,80	455
Исток, запад [kWh/m ²]	32,57	55,35	79,80	96,05	112,90	116,78	125,22	114,37	91,32	67,21	34,67	25,53	310
Север [kWh/m ²]	17,42	22,38	36,04	44,64	55,69	56,88	58,27	52,83	38,78	29,16	17,93	14,31	145
HDD – 2520	585	458	370	102	0	0	0	0	0	101	373	351	

У табели 26, наведени подаци за број степен дана грејања *HDD* су за подручје града Београда. Наведени подаци за остале градове у Републици Србији нису наведени у Правилнику што представља битан недостатак за ову врсту истраживачког рада и прорачуна.

2.5.2. Сертификација енергетски ефикасних и индустријских објеката

Заштита животне средине и очување природе обрнуто су пропорционални количини енергије која се троши у објектима на разне процесе. Стога је у већини друштава присутна обавеза да се грађевински објекти рангирају према потрошњи енергије, чиме би се стекао увид у њихове енергетске перформансе и омогућило фаворизовање објеката са нижом потрошњом. Поред националних сертификационих система који су обавезни за примену у датој држави и углавном се базирају на количини енергије која је потребна за остварења неопходног комфора боравка, постоје и независни међународни системи сертификације „зелених“ зграда који нису обавезни за примену већ се користе према жељи инвеститора и који осим енергетске потрошње сагледавају шири спектар чинилаца од значаја за очување животне средине и ресурса.

Потписивањем уговора са Енергетском заједницом, Република Србија преузела је обавезу имплементације европских директива у национално законодавство, од којих је за област архитектуре најзначајнија Директива 2010/31/EU о енергетским својствима зграда (*EPBD*, 2010). Ова директива поставља захтеве у погледу опште методологије израчунавања енергетских својстава зграда, примене захтева за енергетске карактеристике нових зграда и постојећих објеката који су предмет обимније обнове, побољшања енергетских својстава омотача зграде и техничких система у згради. Такође се односи на повећање броја зграда скоро нулте потрошње енергије, енергетско

сертификовање зграда и редовну контролу техничких система за грејање, хлађење и климатизацију у зградама.

Доношењем Правилника о енергетској ефикасности зграда (2011) и Правилника о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (2012), дефинисан је поступак за прорачун енергетских карактеристика зграде и сврставање зграда у енергетске разреде.

Према важећем Закону о планирању и изградњи (2014), објекти високоградње, у зависности од врсте и намене, морају бити пројектовани, изграђени, коришћени и одржавани на начин којим се обезбеђују прописана енергетска својства. Прописана енергетска својства утврђују се издавањем сертификата о енергетским својствима објекта који издаје овлашћена организација и који чини саставни део техничке документације која се прилаже уз захтев за издавање употребне дозволе (као обавезан технички прилог у фази тражења грађевинске дозволе, потребно је приложити елаборат о енергетској ефикасности). Сертификат о енергетским својствима објекта садржи израчунате вредности потрошње енергије за грејање у оквиру одређене категорије зграда, енергетски разред и препоруке за побољшање енергетских својстава зграде. Годишња потребна енергија за грејање и хлађење, припрему санитарне топле воде, вентилацију и осветљење, према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011), рачуна се у складу са стандардима SRPS EN ISO 13790, SRPS EN 15316, SRPS EN 15241, SRPS EN 15243, SRPS EN 15316-3, SRPS EN 15193, као и националним специфичностима датим у Прилогу 6 Правилника. Класификација у енергетске разреде се врши на основу релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%] и представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање Q_H [kWh/m²a] и максимално дозвољене $Q_{H,max}$ [kWh/m²a] за одређену категорију зграда. Према Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (2012), зграде намењене пословању имају посебне граничне вредности за сврставање у енергетске разреде (табела 27).

С обзиром да Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда не постоји дефинисан начин одређивања енергетског разреда индустријских зграда, у табели 27 дате су вредности за пренамену простора у пословну зграду.

Табела 27. Енергетски разреди зграда намењених пословању. Извор: Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, 2011

Управне и пословне зграде		Нове	Постојеће
Енергетски разред	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]
A+	≤ 15	≤ 8	≤ 10
A	≤ 25	≤ 14	≤ 17
B	≤ 50	≤ 28	≤ 33
C	≤ 100	≤ 55	≤ 65
D	≤ 150	≤ 83	≤ 98
E	≤ 200	≤ 110	≤ 130
F	≤ 250	≤ 138	≤ 163
G	> 250	> 138	> 163

Зграде се сврставају у осам енергетских разреда према енергетској скали од „A+“ до „G“, с тим да „A+“ означава енергетски најповољнији, а „G“ енергетски најнеповољнији разред. Енергетски разред нове зграде мора бити најмање „C“, према томе, дозвољена максимална годишња потрошња финалне енергије за грејање постојећих зграда намењених пословању износи 65 kWh/m², док је за постојеће зграде при енергетској санацији довољно унапређење за један, виши, енергетски разред у односу на постојеће стање зграде.

Један од најважнијих фактора који утичу на потрошњу енергије у згради јесу термичке карактеристике омотача зграде, који се исказују коефицијентом пролаза топлоте (табела 28). Прорачунска вредност коефицијента пролаза топлоте мора да буде мања или једнака максимално дозвољеној.

Табела 28. Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте за омотач зграде. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011

Опис елемента / система	Коеф. пролаза топлоте за постојеће зграде U_{max} [W/(m ² K)]
Спољни зид	0,40
Раван кров изнад грејаног простора	0,20
Прозори, бајконска врата грејаних просторија грејане зимске баште	1,50
Стаклени кровови, изузимајући зимске баште, светлосне куполе	1,50
Спољна врата	1,60
Међуспратна конструкција испод/изнад негрејаног простора	0,40
Под на тлу	0,40

Правилником о енергетској ефикасности зграда (2011), дефинисани су и пројектни параметри за разне врсте објеката високоградње. У табели 29 дати су подаци за

индустријске и зграде намењене пословању, са зонама у објектима за наведену намену. Обзиром да пренаменом објекта у пословну зграду, предлогом пренамене пословни објекат мора да садржи салу за састанке, кафе-ресторан, магацин и остале садржаје, у табели 29 дати су прорачунски подаци за функционалне зоне у индустријским и пословним објектима према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011).

Табела 29. Прорачунски подаци за пројектовање. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011

Улазни подаци	Пословна зграда	Ресторани	Сале за састанке и презентације	Индустријске зграде	Складишта	Јединица
Унутрашња пројектна температура за зимски период	20	20	20	18	18	°C
Унутрашња пројектна температура за летњи период	26	26	26	26	26	°C
Површина по особи (заузетост)	20	5	5	20	100	m ² /особа
Одавање топлоте по особи	80	100	80	100	100	W/особа
Одавање топлоте људи по јединици површине	4,0	20	16	5,0	1,0	W/m ²
Присутност током дана (просечно месечно)	6	3	3	6	6	h
Годишња потрошња електричне енергије по јединици површине грејаног простора	20	30	20	20	6	kWh/m ²
Проток свежег ваздуха по јединици површине грејаног простора	0,7	1,2	1,0	0,7	0,3	m ³ /(h×m ²)
Проток свежег ваздуха по особи (оброк по особи)	14	6	5	14	30	m ³ /(h×особа)
Топлота потребна за припрему СТВ по јединици површине грејаног простора	10	60	10	10	1,4	kWh/m ²

У складу са предвиђеним мерама санације и пренамене индустријских зграда у објекте пословне намене и у складу са предвиђеним функционалним зонама у згради, подаци везани за пословну зграду из табеле 29 биће коришћени за канцеларијске просторије, а подаци везани за индустријску зграду из биће коришћени за радионички простор/производни погон.

За прорачун емисије угљен-диоксида настале функционисањем система за грејање и хлађење простора, користи се податак о примарној количини потребне енергије у

згради. За разлику од финалне енергије која представља прорачунску вредност енергије потребне за климатизовање простора без обзира на врсту енергента, примарна енергија узима у обзир и врсту енергента који се користи за рад техничких система. Стога се годишња примарна енергија за рад техничких система добија множењем годишње финалне енергије фактором претварања за одређени енергент (табела 30).

Табела 30. Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије за поједине врсте извора топлоте. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011

Енергент	Фактор претварања
уље за ложење	1,2
гас	1,1
угаљ	1,3
дрвена биомаса	0,1
електрична енергија	2,5
даљинско грејање на фосилна горива	1,8
даљинско грејање когенерацијом	1,0

Емисија угљен-диоксида која настаје приликом рада техничких система за климатизацију одређује се на основу података специфичне емисије угљен-диоксида за поједине врсте енергената (табела 31) и узима у обзир годишњу примарну енергију. Показатељи емисије угљен-диоксида, произашли као последица рада техничких система, исказују се у облику годишњих емисија угљен-диоксида (kg/a), или годишњих емисија угљен-диоксида по јединици површине унутар термичког омотача зграде (kg/ m²a).

Табела 31. Специфичне емисије CO₂ за поједине врсте енергената. Извор: Правилник о енергетској ефикасности зграда, 2011

Енергент	По јединици горива	По јединици енергије
Земни гас	1,9 kg/m ³	0,20 kg/kWh
Течни нафтни гас	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
Екстра лако уље за ложење	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
Лако уље за ложење	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
Даљинска топлота	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh
Електрична енергија	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
Смеђи угаљ (домаћи)	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
Смеђи угаљ (страни)	1,88 kg/kg	0,40 kg/kWh
Лигнит (домаћи)	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

2.5.3. Нумеричка симулација енергетских перформанси одабраних модела индустријских објеката

Изабрани модели индустријских објеката креирани су у компјутерском програму и подвргнути нумеричкој симулацији ради стицања увида у њихове енергетске перформансе. Нумеричка симулација спроводи се у складу са важећим прописима из области енергетске ефикасности, на основу климатских карактеристика локације, података о грађевинским материјалима, елементима и системима, података о електро опреми, уређајима и начину коришћења објекта.

Савремене информационо-комуникационе технологије развијене су до те мере да се употребом одређених софтверских пакета могу симулирати различити термодинамички процеси у згради са прецизношћу скоро идентично стварном стању на терену. Због тога, употреба компјутерске симулације енергетских карактеристика зграда налази широку примену приликом анализе, како већ изграђених објеката, тако и пројектантских решења. Велика предност ових алата је што се још приликом пројектовања могу испитати одређене алтернативе у дизајну, како би се дошло до најбољег решења које задовољава и естетске и енергетске захтеве који се од објекта очекују.

Симулација енергетских карактеристика изабраних модела изведена је употребом софтвера *DesignBuilder* (извор: <http://www.designbuilder.co.uk>) и *EnergyPlus* (извор: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>). Програм *EnergyPlus* је развијен у Националној лабораторији за обновљиву енергију америчког Одељења за енергију (*National Renewable Energy Laboratory of the United States Department of Energy*). Ова софтверска комбинација одабрана је пре свега због поузданости програма *EnergyPlus*, који је један од најефикаснијих симулационих апарата на који се ослања већина других комерцијалних софтвера (Crawley *et al.*, 2005).

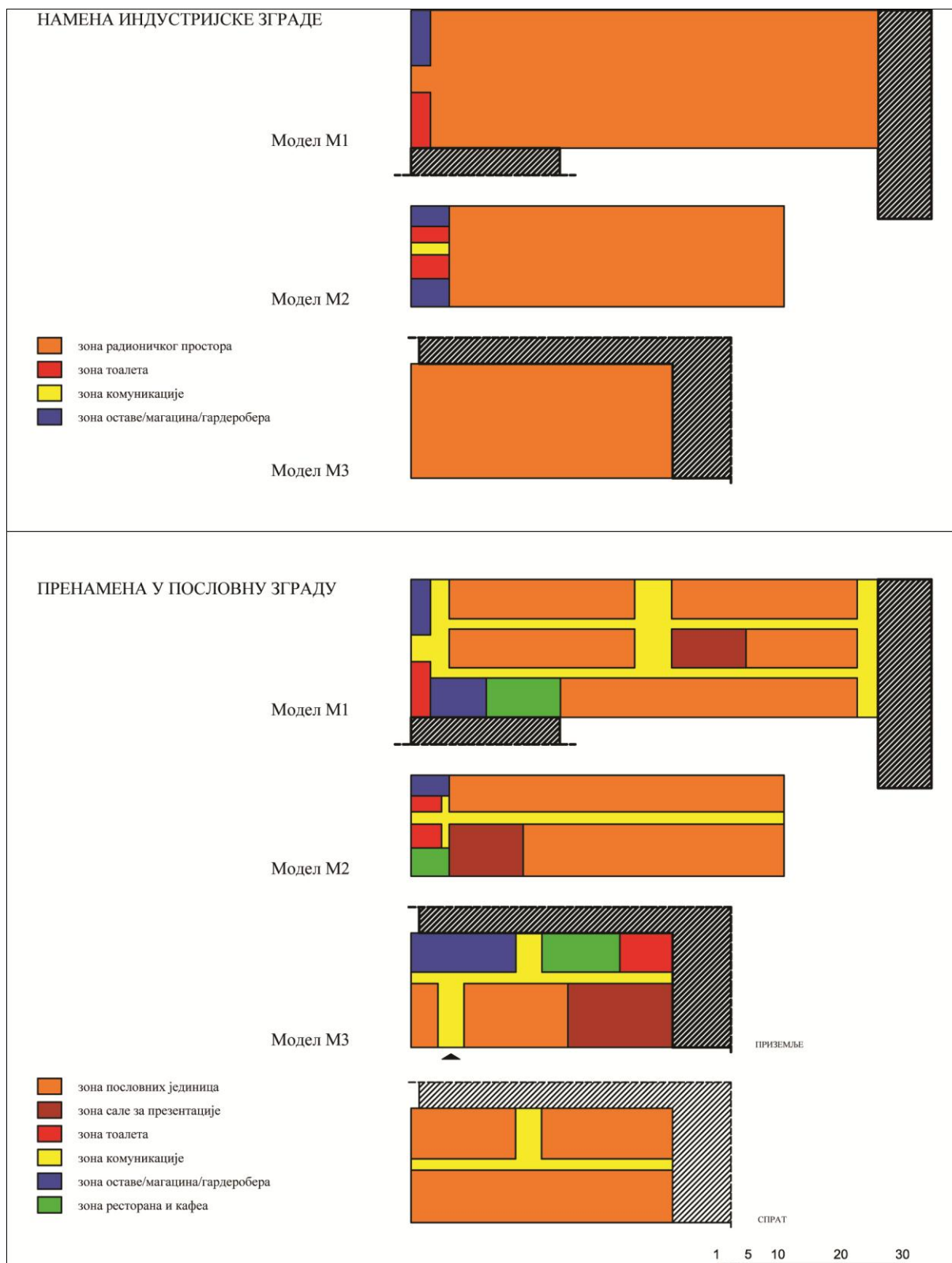
Програм *EnergyPlus* служи за енергетску анализу и симулацију топлотних оптерећења у објекту. На основу задатог описа зграде са аспекта просторно - физичких карактеристика, врсте омотача и инсталираних система у згради, *EnergyPlus* прорачунава оптерећења за грејање и хлађење неопходна за одржавање задатих вредности чинилаца топлотног комфора, као и многе друге детаље који показују како би се стварна зграда понашала. На основу модела зграде и задатих климатских услова из базе података софтвера, програм мери одређене параметре и предвиђа понашање зграде што ближе стварном стању. Динамички модел приказује процес са временским

интервалом од 30 минута, током целе године. На овај начин омогућено је праћење понашања зграде још у концептуалној фази, што пружа могућност да се по потреби измене одређени параметри. Циљ оваквог начина пројектовања је да се варирањем одређених параметара (нпр. материјализација, оријентација) посматра како те промене утичу на енергетске перформансе зграде.

Основни елемент на коме је *DesignBuilder* базиран јесте топлотна зона, која представља скуп простора, обично на једној етажи објекта, који имају исте захтеве за топлотним комфором и иста топлотна оптерећења. У изабраним моделима индустријских објеката креиране су следеће топлотне зоне: производни погон, оставе, тоалети и хоризонталне комуникације. У моделима пренамене у пословне објекте креиране су следеће топлотне зоне: пословна зона (канцеларијски простор и сала за састанке), оставе, тоалети, кафе, хоризонталне и вертикалне комуникације.

Распоред топлотних зона у одабраним моделима приказан је у табели 32.

Табела 32. Распоред топлотних зона у одабраним моделима



Ово истраживање фокусира се на физичку структуру зграде и њен омотач јер се анализира потребна енергија за грејање и хлађење простора. Главни критеријум за анализу је потребна количина финалне енергије за грејање и хлађење простора, без специфицирања посебне врсте горива или система прераде и преноса енергије. Тиме се постиже увид у стварне потребе за климатизовањем зграде, без обзира на ефикасност постројења или извор енергије. За прорачун емисије CO₂ која настаје задовољењем потреба за грејањем и хлађењем, као извор енергије усвојен је природни гас за грејање и електрична енергија за хлађење, с обзиром да се објекти на изабраној локацији снабдевају топлотом из самосталне котларнице на гас, а за хлађење стандардно користе електричну енергију. На основу задатих параметара, креирани модели подвргнути су нумеричкој симулацији да би се испитале њихове енергетске карактеристике.

2.5.4. Режим коришћења простора

Динамичка симулација термичког понашања зграде какву подразумева софтвер *EnergyPlus* захтева више врста информација о оптерећењима која делују на топлотне зоне у објекту. Оптерећења која делују на топлотну зону могу бити спољашња (топлотна енергија која се преноси кроз транспарентни и нетранспарентни омотач зоне, соларни добици, топлотни добици и губици од проветравања) или унутрашња (топлотно зрачење од људи, осветљења и опреме). За дефинисање модела у изабраном програму потребно је имати све податке који утичу на понашање објекта. Ради прецизнијег дефинисања карактеристика објекта, коришћени су подаци који се налазе у склопу изабраног софтверског пакета, а који описују референтни модел индустријских и пословних објеката.

Детаљни енергетски модел зграде захтева додатне информације (табеле 33 и 34) које нису доступне из стандардних извора података, те су стога у програму комбиновани подаци из неколико извора да би се добило типично понашање индустријског објекта. Неки подаци дефинисани су *ASHRAE* стандардом 90.1-2007, на коме је базиран софтвер *DesignBuilder*.

Табела 33. Оптерећења топлотних зона одабраних модела индустријских објекта од осветљења, електричне опреме, људске активности, заузетости и комбинација распореда њиховог коришћења у зонама модела - намена индустрија. Извор: софтвер DesignBuilder и Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011)⁹

Топлотне зоне	Осветљење [W/m ² -100 lux]	Електрична опрема [W/m ²]	Људска активност [W/h/особа]	Заузетост [Особа/m ²]
Производни погон	5	5,0	100	0,05
Тоалет		5,48	100	0,05
Комуникација		1,85	100	0,10
Гардероба		/	100	0,05
Магацин		/	100	0,001

Подаци о људској активности су дефинисани према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011) за индустријске и пословне зграде, са бројем људи и режимом њиховог боравка у појединим зонама објекта (табеле 33 и 34).

Табела 34. Оптерећења топлотних зона одабраних модела индустријских објекта од осветљења, електричне опреме, људске активности, заузетости и комбинација распореда њиховог коришћења у зонама модела - намена пословање. Извор: софтвер DesignBuilder и Правилник о енергетској ефикасности зграда (2011)¹⁰

Топлотне зоне	Осветљење [W/m ² -100 lux]	Електрична опрема [W/m ²]	Људска активност [W/h/особа]	Заузетост [Особа/m ²]
Канцеларијски простор	5	11,77	80	0,05
Тоалет		5,48	100	0,05
Комуникација		1,85	100	0,10
Гардероба		/	100	0,05
Магацин		/	100	0,001
Сала за презентације		5,0	80	0,20
Кафе		14,72	100	0,20

Због могућности директног поређења остварених резултата енергетских перформанси објеката, за објекте индустријске намене и случај пренамене у пословну зграду, дефинисан је исти период за функционисање зграде од понедељка до петка у периоду од 8 до 16 часова.

Распоред грејања и хлађења у анализираним моделима је, ради максимизирања енергетске уштеде, предвиђен на два начина. Све зоне у објекту се, осим

⁹ Подаци везани за емитовање топлоте осветљења и електричне опреме преузети су из базе софтверског пакета DesignBuilder, подаци везани за емитовање топлоте људске активности и заузетост преузети су из Правилника о енергетској ефикасности зграда (2011)

¹⁰ Подаци везани за емитовање топлоте осветљења и електричне опреме преузети су из базе софтверског пакета DesignBuilder, подаци везани за емитовање топлоте људске активности и заузетост преузети су из Правилника о енергетској ефикасности зграда (2011)

хоризонталних и вертикалних комуникација, ради остваривања најповољнијег комфора, климатизују током времена који је предвиђен за коришћење објекта од 18/20°C за грејање и 26°C за хлађење. Температура у ходницима и степеништу је подешена на 16°C за грејање и 30°C за хлађење, јер се у њима борави веома кратко и у пролазу. Све зоне у објекту се климатизују током дана (08:00 – 16:00) на 18/20°C за грејање и 26°C за хлађење са изузетком коришћења сале за презентације (08:00 – 12:00) и температуре у зонама за комуникацију, док се током ноћи (16:00 – 08:00) температура спушта на 14/16°C за грејање, односно хлади се на 30°C (табеле 35 и 36).

Табела 35. Временски распоред унутрашње пројектне температуре за поједине врсте простора у постојећим моделима – намена индустрија

Зона у објекту	Пројектна температура	08:00 – 16:00	16:00 – 08:00
Производни погон	Грејање [°C]	18	14
	Хлађење [°C]	26	30
Тоалет	Грејање [°C]	18	14
	Хлађење [°C]	26	30
Комуникација	Грејање [°C]	16	
	Хлађење [°C]	30	
Гардероба	Грејање [°C]	20	16
	Хлађење [°C]	26	30
Магацин	Грејање [°C]	18	14
	Хлађење [°C]	26	30

Табела 36. Временски распоред унутрашње пројектне температуре за поједине врсте простора у постојећим моделима - намена пословни објекат

Зона у објекту	Пројектна температура	08:00 – 16:00	16:00 – 08:00
Канцеларијски простор	Грејање [°C]	20	16
	Хлађење [°C]	26	30
Тоалет	Грејање [°C]	18	14
	Хлађење [°C]	26	30
Комуникација	Грејање [°C]	16	
	Хлађење [°C]	30	
Гардероба	Грејање [°C]	20	16
	Хлађење [°C]	26	30
Магацин	Грејање [°C]	18	14
	Хлађење [°C]	26	30
Сала за презентације ¹¹	Грејање [°C]	20	16
	Хлађење [°C]	26	30
Кафе	Грејање [°C]	20	16
	Хлађење [°C]	26	30

¹¹ Сала за презентације се користи у периоду 08:00 – 12:00 часова

3. РЕЗУЛТАТИ ЕНЕРГЕТСКИХ СИМУЛАЦИЈА ИЗАБРАНИХ МОДЕЛА

Нумеричке симулације енергетских перформанси изведене су за три изабрана модела индустријских објеката, на основу задатих климатских параметара, физичких карактеристика зграда и режима коришћења простора. Енергетски захтеви за климатизовање објеката и задовољење унутрашњих пројектних температура (према распореду из табела 35 и 36 – табела са параметрима време коришћења и пројектне температуре), приказани су на годишњем нивоу. На основу податка о потребној енергији за грејање простора по квадратном метру површине објекта одређен је енергетски разред коме поједини објекат припада. С озиром на велику запремину изабраних модела, приказана је и потребна количина енергије по кубном метру простора. Топлотни интерни добици од људи, осветљења и опреме и соларни добици сумирани су у делу 3.3. и 3.3.5. овог поглавља. Сви резултати дати су збирно за цео објекат у целини.¹² У Прилогу 3 дат је детаљан приказ резултата енергетских симулација за све моделе и алтернативе предложене у овом раду. У поглављу 3.6. дискутовани су сви резултати енергетских симулација за обе намене и све сценарије санације у погледу потребне енергије, емисије CO₂, утицаја врсте застакљења и фактора облика зграде на енергетске карактеристике зграде.

3.1. Потребна финална енергија за грејање и хлађење изабраних модела

Годишња потребна финална енергија за грејање зграде, $Q_{a,H}$ [kwh/a] и годишња потребна финална енергија за хлађење зграде, $Q_{a,C}$ [kwh/a], рачунски су одређене, односно установљене количине енергије коју грејним, односно расхладним системом треба довести у зграду, односно одвести из зграде током године да би се обезбедило одржавање унутрашњих пројектних температура. У овом поглављу приказана је годишња финална енергија која је згради потребна за климатизацију, без обзира на врсту погонског горива. За разлику од финалне, годишња примарна енергија, која узима у обзир извор енергије, приказана је у поглављу 3.4. и 3.5.6.

¹² Иако је интернационална мерна јединица за енергију џул (J), у употреби је према Правилнику о енергетској ефикасности зграда (2011), а посебно за обрачун наплате енергије, киловатчас (kWh), те ће се због тога означавање у овом раду вршити у киловатчасовима.

3.1.1. Годишња финална енергија за грејање зграде

Због различитог начина функционисања индустријске зграде у односу на пословну зграду, добијени резултати енергетским симулацијама су приказани одвојено и за грејање и за хлађење у зависности од намене коришћења објекта.

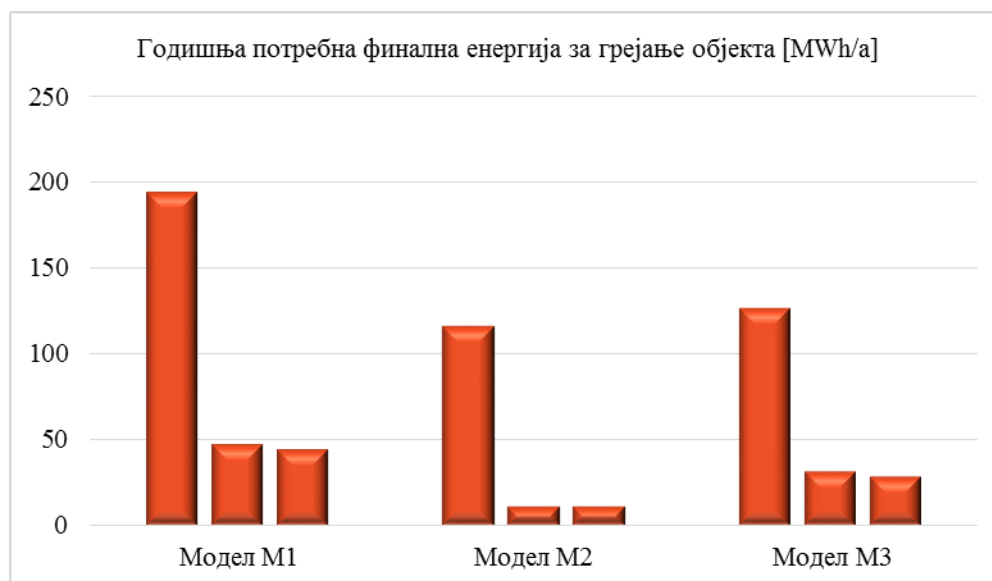
3.1.1.1. Годишња финална енергија за грејање зграде - намена индустрија

Укупан годишњи износ финалне енергије за грејање изабраних модела приказан је у табели 37. Подаци приказани у овој и наредним табелама резултат су рачунарских симулација добијених употребом софтвера *EnergyPlus*.

Табела 37. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	194,04	115,85	126,51
Сценарио 1	47,14	11,38	31,61
Сценарио 2	44,00	11,11	28,41

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за грејање зграде (табела 37) закључује се да се оваквим приступом санације омотача зграде могу остварити велике уштеде енергије и то од 4 до 10,43 пута мање потрошње енергије у односу на постојеће стање зграде. Наиме, према сценарију 1, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за грејање умањује се 4,12 пута, односно, за 75,71% за модел М1, 10,18 пута (90,18%) за модел М2 и 4,0 пута (75,01%) за модел М3. Према сценарију 2 који укључују примену двоструке фасаде, потрошња годишње потребне енергије за грејање зграде умањује се 4,41 пута, односно, за 77,32% за модел М1, 10,43 пута (90,41%) за модел М2 и 4,45 пута (77,54%) за модел М3 (дијаграм 1).



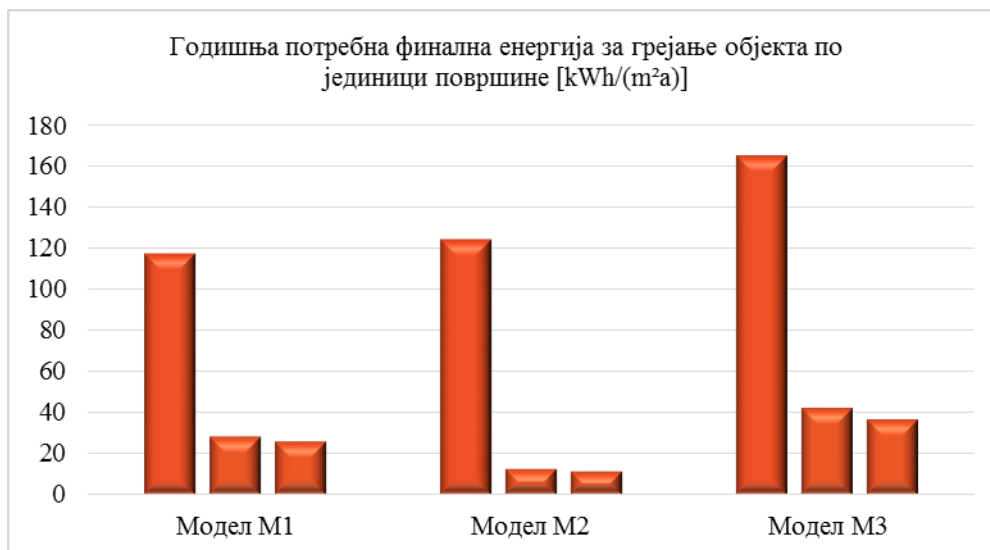
Дијаграм 1. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

На основу наведених резултата можемо констатовати да се могу остварити велике уштеде у енергији за грејање објекта при санацији објекта према сценарију 1 и према сценарију 2. Према наведеним сценаријима санације приближан је учинак у очувању топлоте, са врло малом предношћу за сценарио 2 који садржи примену двоструке фасаде. Највеће смањење потребне финалне енергије за грејање зграде уочљиво је код модела М2 према сценарију 2.

Табела 38. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	117,05	124,22	165,00
Сценарио 1	28,44	12,54	42,35
Сценарио 2	25,69	11,54	36,33

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за грејање зграде по јединици површине (табела 38) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² може умањити од постојећих 117,05 – 165,00 kWh/m² на 11,54 – 42,35 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Највећу потрошњу финалне енергије за грејање по јединици површине захтева модел М3, а најмању потрошњу модел М2 што је директно проузроковано кубатуром објекта коју наведени модели поседују (дијаграм 2).



Дијаграм 2. Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за грејање целог објекта – намена индустрија

У складу са чистом висином објекта где модел М3 поседује 1,65 пута већу висину од модела М1 и 2,32 пута од модела М2, поредак модела према овом критеријуму није најрелевантнији за објекте различите волуметрије, иако се одређивање енергетских разреда зграде према Правилнику о сертификацији енергетске ефикасности зграда и врши према потребној количини енергије за грејање по јединици површине.

Обзиром да не постоји дефинисан Правилник о сертификацији енергетске ефикасности индустријских објеката, није могуће одредити ком енергетском разреду припадају посматрани објекти индустријске намене.

Табела 39. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

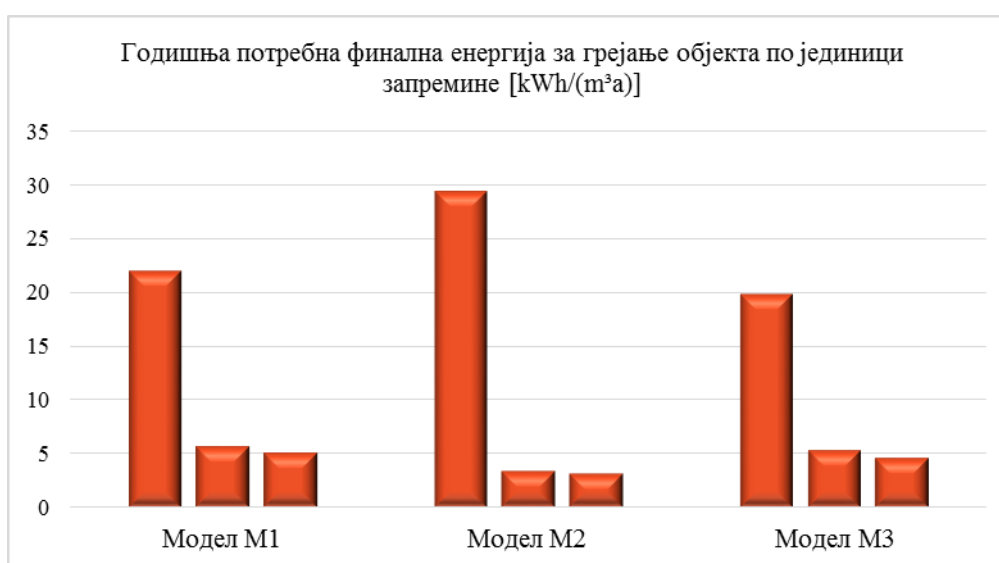
Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m ³ a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	21,88	29,32	19,74
Сценарио 1	5,53	3,26	5,17
Сценарио 2	5,02	3,05	4,46

На основу података у табели 39 констатујемо да се поредак посматраних модела у остварењу уштеде у енергији за грејање по јединици запремине значајно мења у односу на поредак учинка уштеде енергије по јединици површине. Уштеде у енергији су по овом критеријуму од 73,81 – 89,60% с тим што највећу уштеду енергије остварује модел М2 док су модели М1 и М3 готово изједначени у погледу уштеде енергије за грејање објекта по јединици запремине. Потрошња финалне енергије за грејање за

модел М2 износи $3,05 \text{ kWh/m}^3$ и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела, док је према постојећем стању потребна енергија за грејање износила $29,32 \text{ kWh/m}^3$ што је значајно више у односу на модел М1 и М3.

Овакав поредак се може објаснити на основу специфичног трансмисионог губитка и фактора облика зграде. Наиме према постојећем стању омотача зграде убедљиво највећи специфични трансмисиони губитак је био код модела М2, док према стању након санације модел М2 поседује најнижи специфични трансмисиони губитак, што је највише допринело поредку модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици запремине.

Утицај фактора облика зграде је такође битан чинилац који утиче на енергетске карактеристике зграде (Geletka, et al. 2012). Поменути утицај се најбоље види код модела М1 и М3. Објектима са вишим фактором облика зграде потребно је више енергије за грејање зграде. Модел М1 поседује знатно виши фактор облика зграде у односу на модел М3, што је резултовало да и поред ниже вредности специфичног трансмисионог губитка у односу на модел М3 за постојеће стање, има већу потребу за енергијом за грејање по јединици запремине. Низак фактор облика зграде код модела М3 директно је условљен волуметријом објекта, јер објекти исте пропорције (или сличног облика), а веће волуметрије поседују нижи фактор облика зграде (Derecker, et al. 2001), а самим тим и мању потребу за финалном енергијом за грејање (Lylykangas, 2009). Утицај фактора облика зграде на енергетске карактеристике зграде посебно је дискутован у поглављу 3.6. за све моделе и сценарије санације за обе намене зграде.



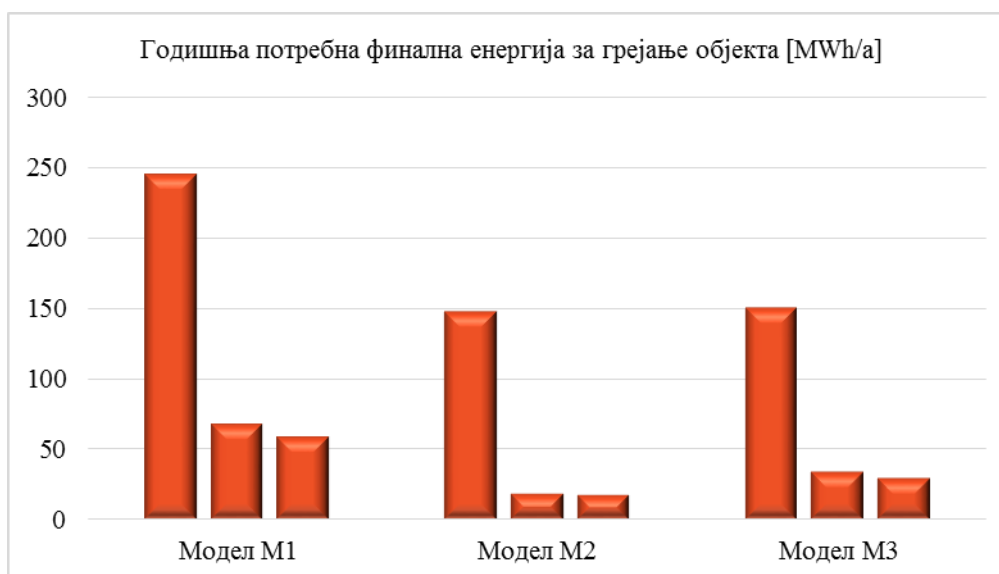
Дијаграм 3. Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [$\text{kWh}/(\text{m}^3\text{a})$] за грејање целог објекта – намена индустрија

3.1.1.2. Годишња финална енергија за грејање зграде - намена пословање

Табела 40. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	244,79	147,61	149,99
Сценарио 1	67,26 (-72,52%)	17,66 (-88,04%)	33,39 (-77,74%)
Сценарио 2	58,01 (-76,30%)	17,57 (-88,10%)	28,59 (-80,94%)

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за грејање зграде (табела 40) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата могу остварити велике уштеде енергије и то од 3,63 до 8,40 пута мање потрошње енергије у односу на постојеће стање зграде. Наиме, према сценарију 1, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за грејање умањује се 3,63 пута, односно, за 72,52% за модел М1, 8,35 пута (88,04%) за модел М2 и 4,49 пута (77,74%) за модел М3. Према сценарију 2 који укључује примену двоструке фасаде, потрошња годишње потребне енергије за грејање зграде умањује се 4,22 пута, односно, за 76,30% за модел М1, 8,40 пута (88,10%) за модел М2 и 5,25 пута (80,94%) за модел М3 (дијаграм 4).



Дијаграм 4. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање

На основу добијених резултата можемо констатовати да је у случају пренамене посматраних индустријских објеката у објекте пословне намене потребна значајно већа количина потребне финалне енергије за грејање простора за постојеће стање зграде стање зграде након енергетске санације. Такође можемо констатовати да се могу остварити велике уштеде у енергији за грејање објекта при санацији објекта

према сценарију 1 и према сценарију 2. Према наведеним сценаријима санације приближан је учинак у очувању топлоте, са врло малом предношћу за сценарио 2 који садржи примену двоструке фасаде као што је и био случај код објеката за намену индустрије. Највеће смањење потребне финалне енергије за грејање зграде уочљиво је код модела М3 према сценарију 2, док је код индустријске намене то био случај за модел М2.

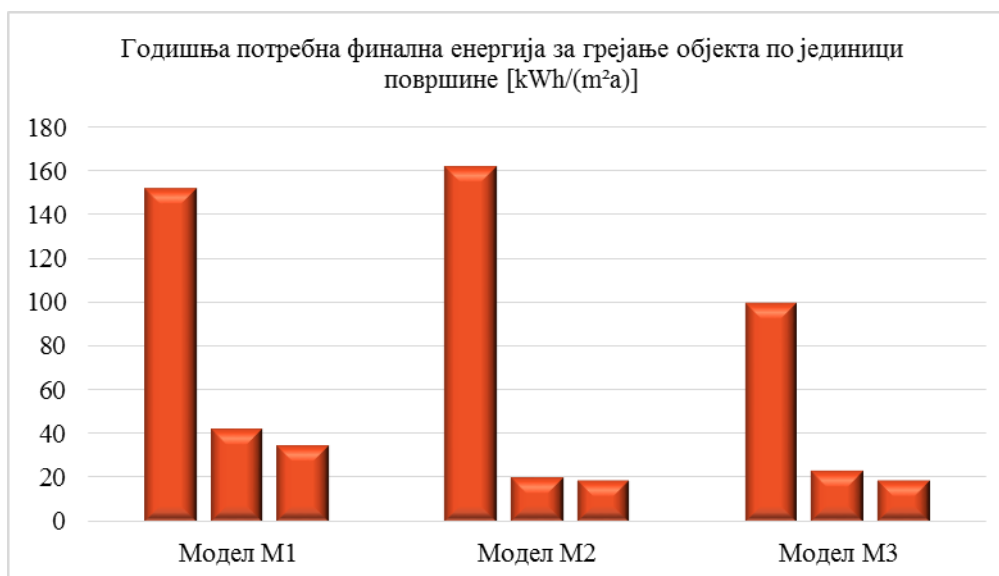
Табела 41. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	151,92	161,49	99,50
Сценарио 1	41,62	19,87	22,61
Сценарио 2	34,64	18,60	18,72

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за грејање зграде по јединици површине (табела 41) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² може свести од постојећих 99,50 – 161,49 kWh/m² на 18,60 – 41,62 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Највећу потрошњу финалне енергије за грејање по јединици површине захтева модел М1, а најмању потрошњу модел М3 што је директно проузроковано кубатуром објекта коју наведени модели поседују (дијаграм 5).

Наиме, увођењем додатне етаже у случају пренамене објекта код модела М3, значајно се повећава корисна површина објекта, што је проузроковало да је за Модел М3 потребна енергије за грејање по јединици површине, 18,72 – 22,61 kWh/m². За модел М2 18,60 – 19,87 kWh/m² и за модел М1 потребна енергије за грејање износи 34,06 – 41,62 kWh/m². На основу Правилника о сертификацији енергетске ефикасности објеката, за постојеће управне и пословне зграде можемо одредити да се овим предлозима санације објеката модели М2 и М3 сврставају у „Б“ енергетски разред зграде, а модел М1 сврстава у „Ц“ енергетски разред зграде, што наведене сценарије санације чини значајним и оправданим.

У складу са највећом вредношћу специфичног трансмисионог губитка након санације и фактора облика зграде, модел М1 захтева убедљиво највише енергије за грејање по јединици површине.



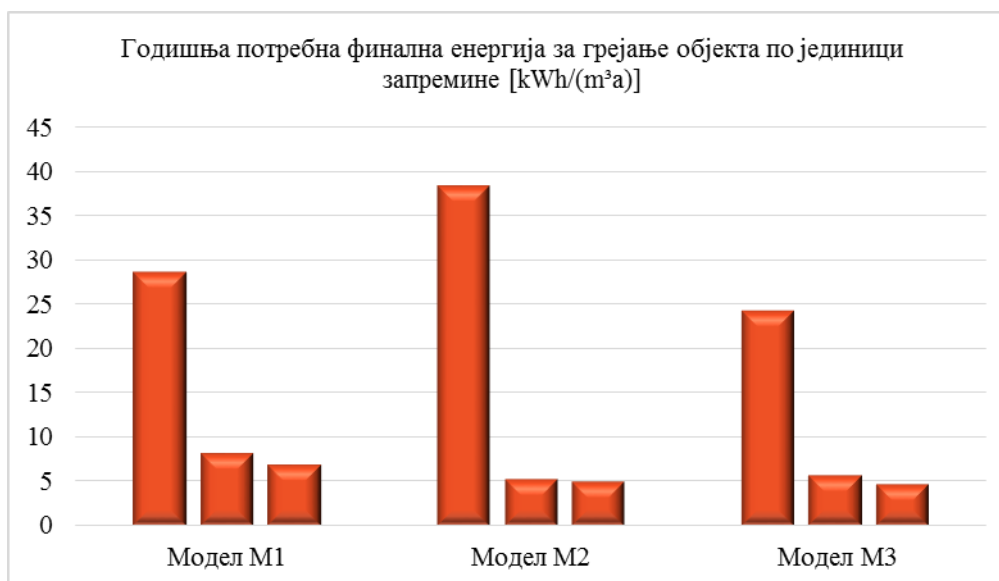
Дијаграм 5. Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за грејање целог објекта – намена пословање

Табела 42. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	28,55	38,28	24,29
Сценарио 1	8,14	5,19	5,62
Сценарио 2	6,81	4,90	4,59

На основу података у табели 42 констатујемо да су уштеде у енергији су по овом критеријуму од 71,48 – 87,20 %, с тим што највећу уштеду енергије остварује модел М2, затим модел М3 и модел М1. Потрошња финалне енергије за грејање по јединици запремине за модел М3 санираном према сценарију 2 износи 4,59 kWh/m³ и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела. Санација је изведена према сценарију који укључује примену двоструке фасаде што је за 4,24% повољнији учинак у односу на сценарио санације 1. Модел М2 и М1 такође имају бољи учинак према сценарију санације 2 у поређењу са санацијом према сценарију 1.

У складу са највећом вредношћу специфичног трансмисионог губитка након санације и фактора облика зграде модел М1 захтева убедљиво највише енергије за грејање по јединици запремине.



Дијаграм 6. Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за грејање целог објекта – намена пословање

3.1.2. Годишња финална енергија за хлађење зграде

Због различитог начина функционисања индустријске зграде у односу на пословну зграду, добијени резултати енергетским симулацијама су приказани одвојено за хлађење у зависности од намене коришћења објекта.

3.1.2.1. Годишња финална енергија за хлађење зграде - намена индустрија

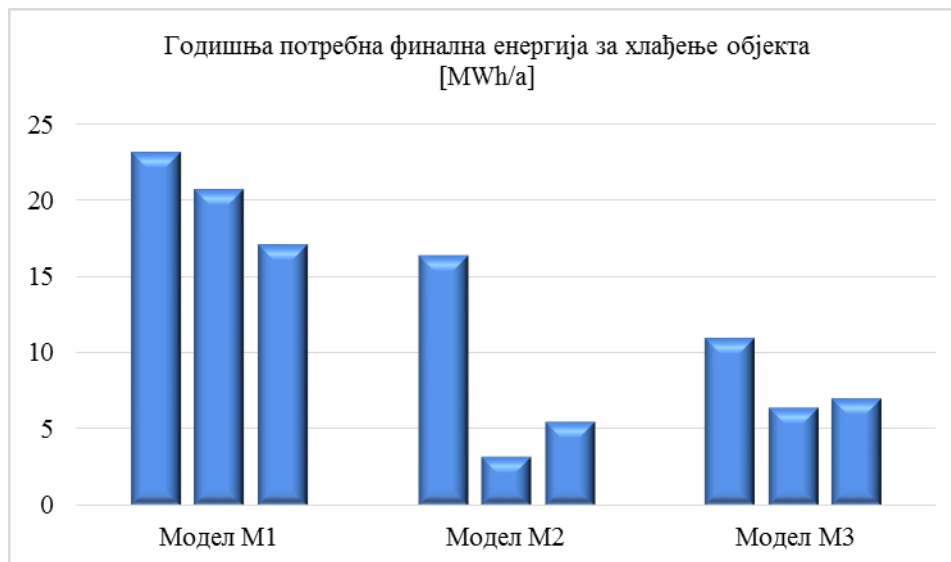
Укупна годишња финална енергија која је потребна за хлађење изабраних модела, приказана је у табели 43.

Табела 43. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	23,10	16,40	10,97
Сценарио 1	20,63	3,19	6,41
Сценарио 2	17,06	5,47	7,04

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде (табела 43) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата могу остварити велике уштеде енергије и то од 1,12 до 5,14 пута мање потрошње енергије у односу на постојеће стање зграде. Наиме, према сценарију 1, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за хлађење умањује се 1,12 пута, односно, за 10,70% за модел М1, 5,14 пута (80,55%) за модел М2 и 1,71 пута (41,57%) за модел

М3. Према сценарију 2 који укључују примену двоструке фасаде, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,35 пута, односно, за 26,15% за модел М1, 3 пута (66,65%) за модел М2 и 1,56 пута (35,82%) за модел М3 (дијаграм 7).



Дијаграм 7. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија

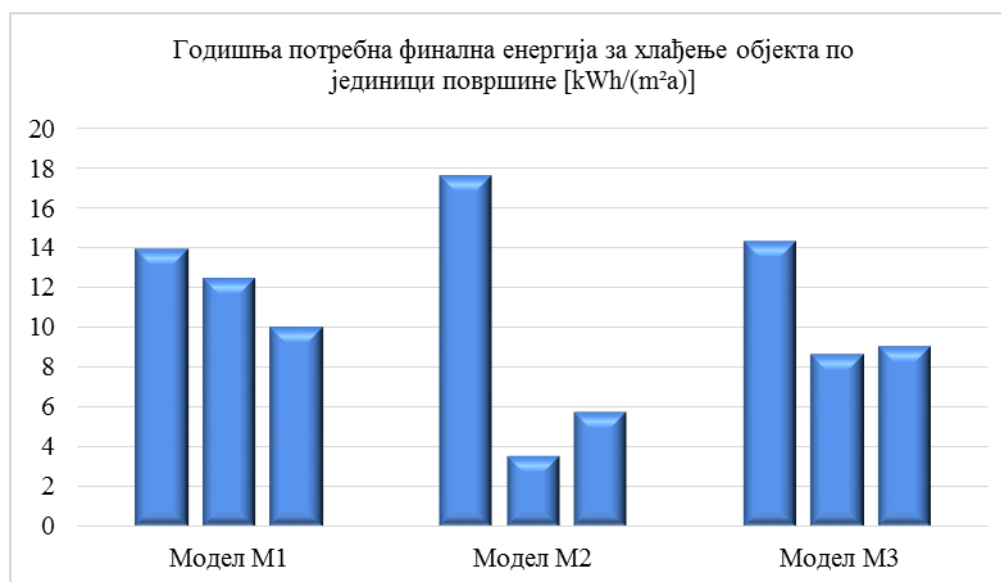
На основу наведених резултата можемо констатовати да се могу остварити значајне уштеде у енергији за хлађење објекта при санацији објекта према сценарију 1 и према сценарију 2. Код модела М1 можемо приметити да је учинак смањења потребне финалне енергије већи у случају санације према сценарију 2, док је код модела М2 и М3 већи учинак према сценарију 1. Највеће смањење потребне финалне енергије за хлађење зграде уочљиво је код модела М2 према сценарију 1.

Табела 44. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	13,93	17,58	14,31
Сценарио 1	12,44	3,51	8,59
Сценарио 2	9,96	5,68	9,00

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде по јединици површине (табела 44) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² умањује од постојећих 13,93 – 17,58 kWh/m² на 3,51 – 12,44 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине

према сценарију 1 захтева модел М1, а најмању потрошњу модел М2, док је према постојећем стању омотача зграде била супротна ситуација (дијаграм 8). Према сценарију 2, највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине захтева модел М1, а најмању потрошњу такође модел М2.

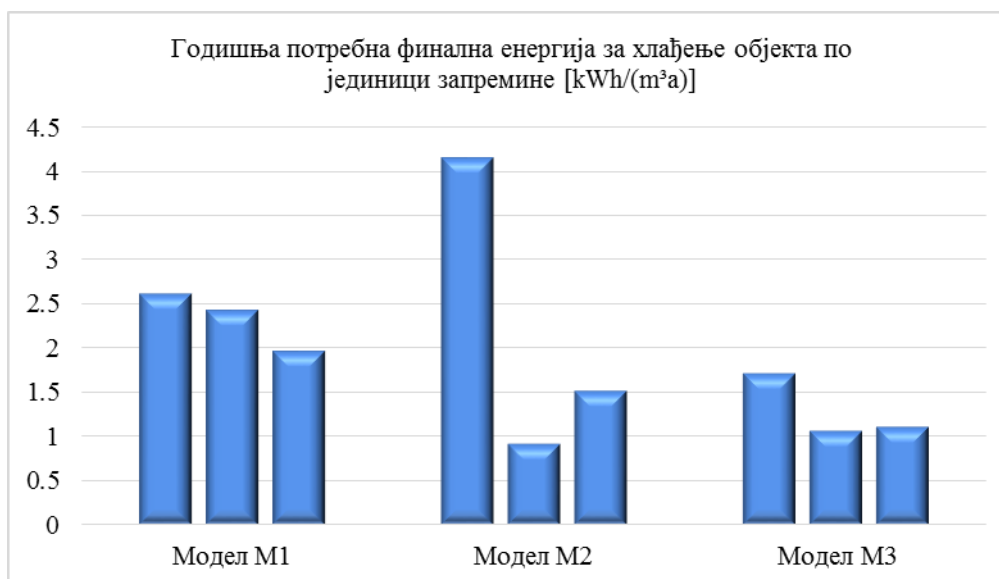


Дијаграм 8. Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за хлађење целог објекта – намена индустрија

Табела 45. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m ³ a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	2,60	4,15	1,71
Сценарио 1	2,42	0,91	1,05
Сценарио 2	1,95	1,50	1,10

На основу података у табели 45 констатујемо да се поредак посматраних модела након санације у остварењу уштеде у енергији за хлађење по јединици запремине значајно мења у односу на поредак према постојећем стању. Уштеде у енергији су по овом критеријуму од 6,92 – 78,07% с тим што највећу уштеду енергије остварује модел М2. Потрошња финалне енергије за хлађење за модел М2 санираном према сценарију 1 износи 0,91 kWh/m³ и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела, док је према постојећем стању потребна енергија за грејање износила 4,15 kWh/m³ што је значајно више у односу на моделе М1 и М3.



Дијаграм 9. Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за хлађење целог објекта – намена индустрија

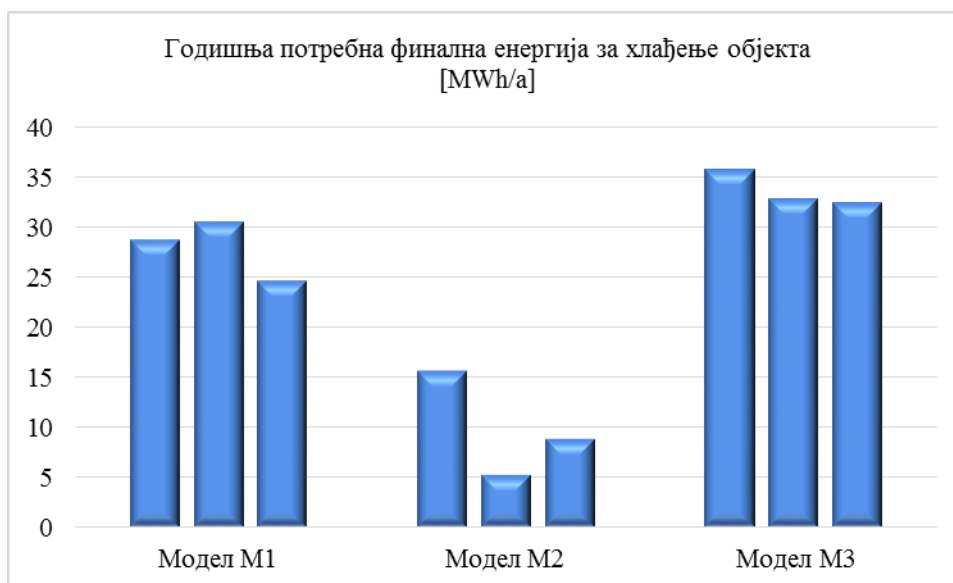
3.1.2.2. Годишња финална енергија за хлађење зграде - намена пословање

Укупна годишња финална енергија која је потребна за хлађење изабраних модела за намену пословне зграде, приказана је у табели 46.

Табела 46. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	28,73	15,62	35,71
Сценарио 1	30,50	5,29	32,81
Сценарио 2	24,59	8,83	32,44

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде (табела 46) закључује се да се оваквим приступом санације омотача зграде могу остварити уштеде енергије и то од 1,09 до 2,95 пута мање потрошње енергије у односу на постојеће стање зграде. Наиме, према сценарију 1, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за хлађење увећава се 1,06 пута, односно, за 6,16% за модел М1, умањује се 2,95 пута (66,13%) за модел М2 и 1,09 пута (8,12%) за модел М3. Према сценарију 2 који укључују примену двоструке фасаде, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,17 пута, односно, за 14,41% за модел М1, 1,77 пута (43,47%) за модел М2 и 1,10 пута (9,16%) за модел М3. (дијаграм 10).



Дијаграм 10. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање

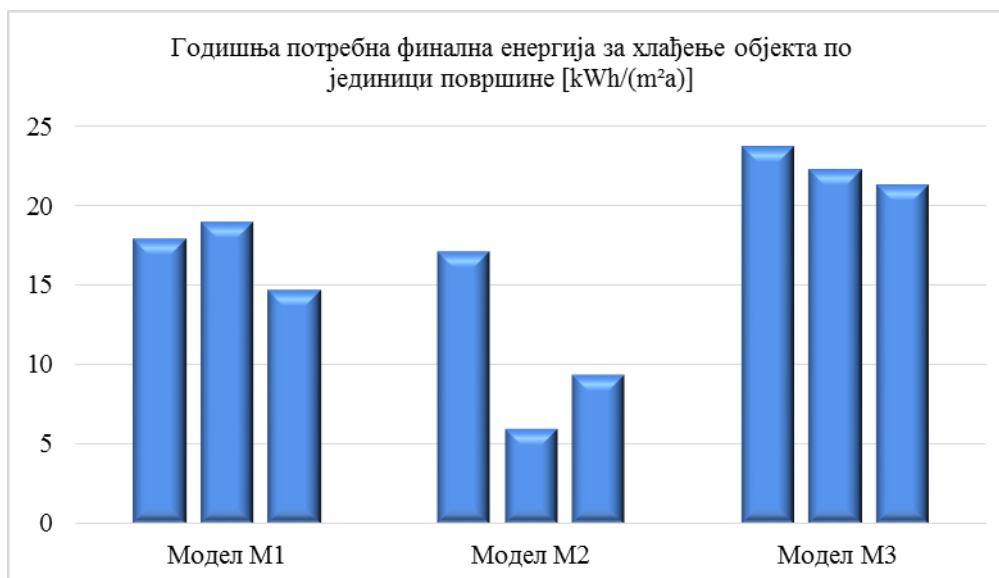
На основу наведених резултата можемо констатовати да се значајније уштеде у енергији за хлађење објекта могу остварити при санацији објекта према сценарију 1 и према сценарију 2 код модела М2. Мање уштеде су уочљиве код модела М3, док модел М1 бележи повећање потребне финалне енергије за хлађење санираном према сценарију 1 у поређењу са постојећим стањем зграде. Повећање потребне енергије за хлађење код модела М1 проузроковано је заменом копитит стакла са двоструким нискоемисионим застакљењем, чиме је омогућена већа трансмисија соларног зрачења. О овоме ће бити више дискутовано у поглављу 3.6.

Табела 47. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	17,83	17,09	23,69
Сценарио 1	18,88	5,95	22,21
Сценарио 2	14,68	9,35	21,23

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде по јединици површине (табела 47) можемо констатовати да се оваквим приступом санације омотача зграде потрошња енергије изражена у kWh/m² умањује од постојећих 17,09 – 23,69 kWh/m² на 5,95 – 22,21 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине према сценарију 1 захтева модел М3, а најмању потрошњу модел М2 (дијаграм 11).

Према сценарију 2, највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине захтева модел М3, а најмању потрошњу модел М2.

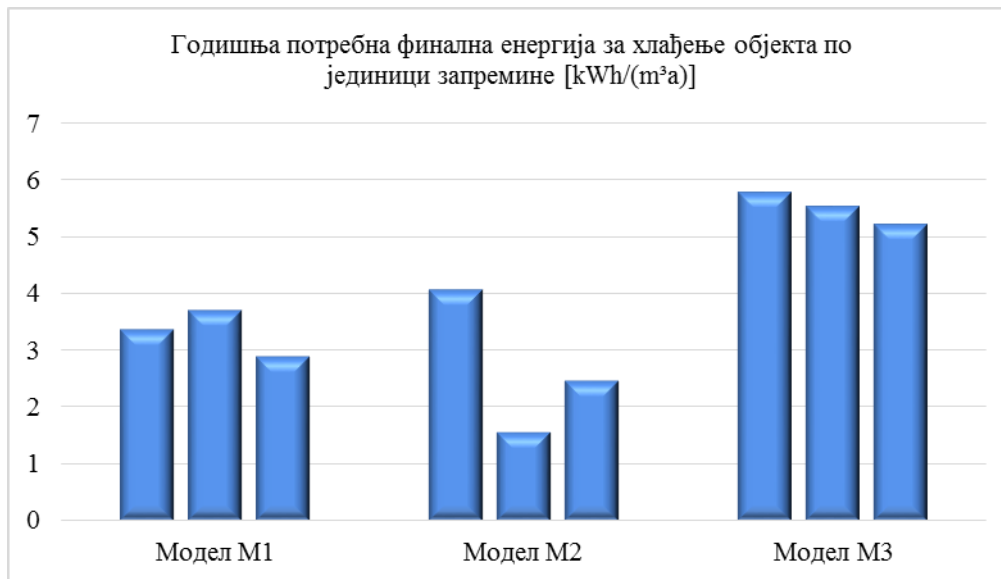


Дијаграм 11. Годишња потребна финална енергија по јединици површине [kWh/(m²a)] за хлађење целог објекта – намена пословање

Табела 48. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	3,35	4,05	5,78
Сценарио 1	3,69	1,55	5,52
Сценарио 2	2,89	2,46	5,21

На основу података у табели 48 констатујемо да се поредак посматраних модела у остварењу уштеде у енергији за хлађење по јединици запремине значајно мења у односу на поредак учинка уштеде енергије по јединици површине. Уштеде у енергији су по овом критеријуму од 4,50 – 61,73 %, с' тим што највећу уштеду енергије остварује модел М2. Потрошња финалне енергије за хлађење за модел М2 износи 1,55 kWh/m³ и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела (дијаграм 12).



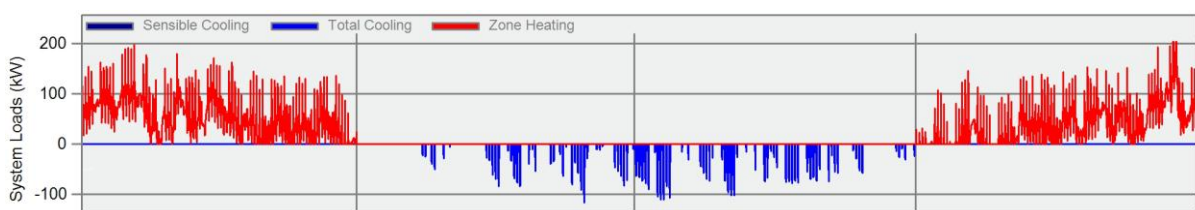
Дијаграм 12. Годишња потребна финална енергија по јединици запремине [kWh/(m³a)] за хлађење целог објекта – намена пословање

3.1.3. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде

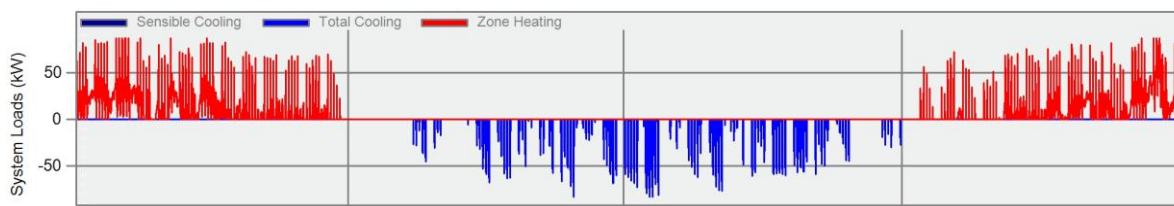
У овом делу рада, у зависности од намене објекта, одвојено су приказане вредности месечне финалне енергије за грејање и хлађење зграде. Приказане вредности су представљене дијаграмски током целе календарске године.

3.1.3.1. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде - намена индустрија

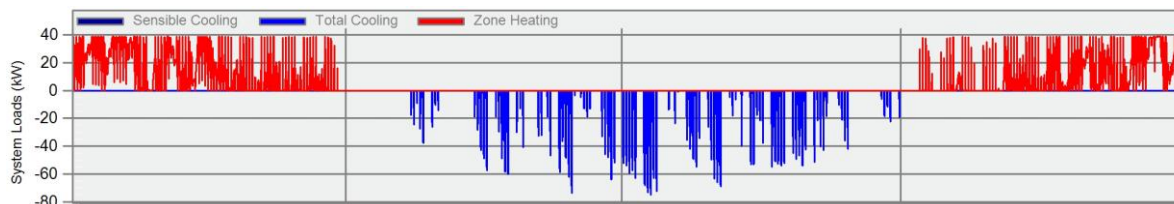
Енергија потребна за грејање и хлађење одабраних модела током године приказана је дијаграмима 13 – 21, за сваки модел, сценарио санације за намену индустрије. Грејање и хлађење приказани су на једном дијаграму за један модел. Евидентно је да се потребе за грејањем поклапају са сезоном за грејање у Србији (од октобра до априла). Хлађење објекта неопходно је од априла до октобра. Април и октобар су месеци који чине прелазни период и изискују најмање енергија за temperирање простора.



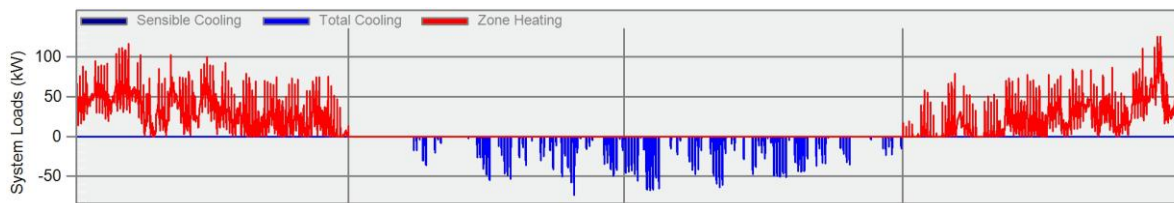
Дијаграм 13. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија



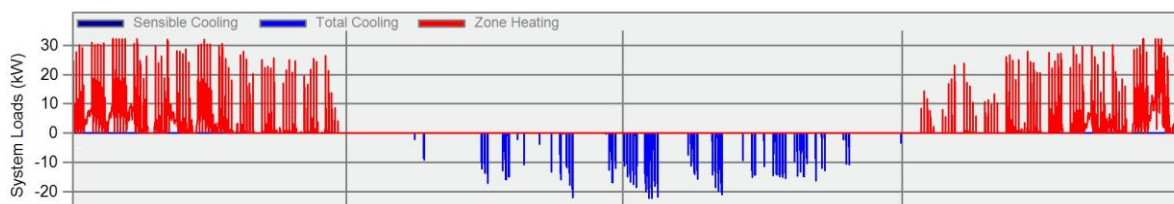
Дијаграм 14. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија



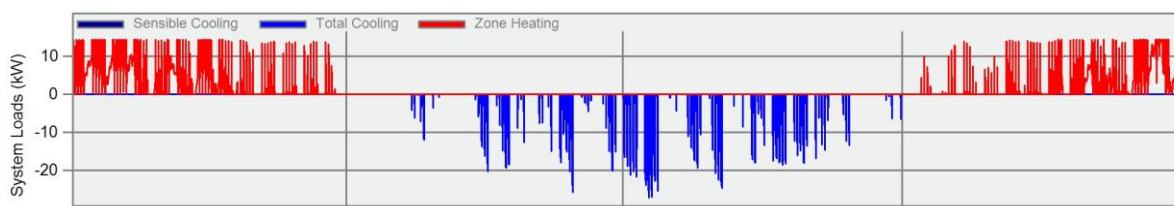
Дијаграм 15. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија



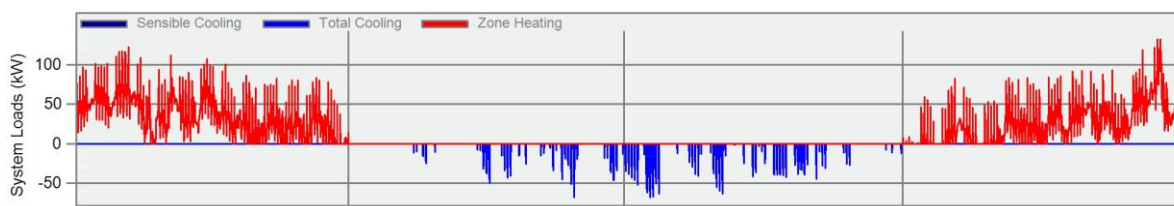
Дијаграм 16. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија



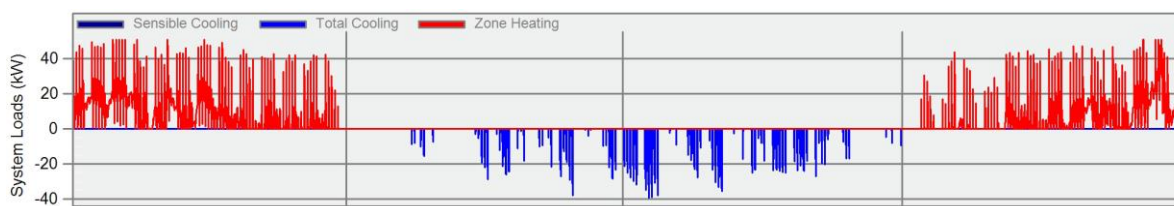
Дијаграм 17. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија



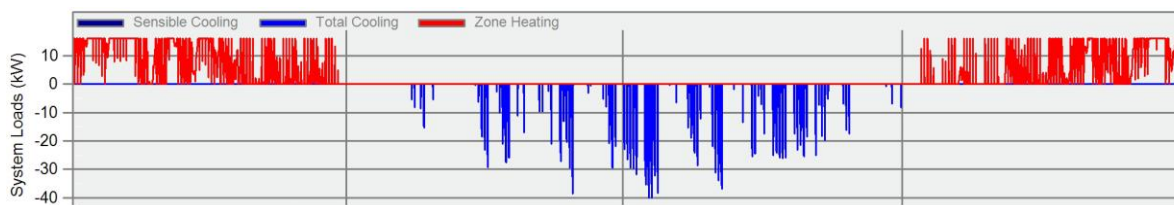
Дијаграм 18. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија



Дијаграм 19. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M3 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена индустрија



Дијаграм 20. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена индустрија



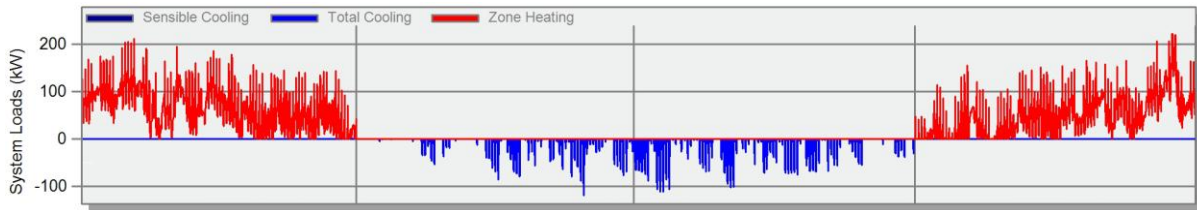
Дијаграм 21. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена индустрија

Потребе за грејањем најизраженије су током децембра, јануара и фебруара, док су потребе за хлађењем најинтензивније у јуну, јулу и августу. Симулација је извршена у интервалу од 30 минута током целог дана, али је овде због прегледности приказана потребна енергија за целу годину. Потребе за енергијом варирају у односу на спољашњу температуру. Зими је више енергије за грејање потребно у ноћним сатима, док је лети више енергије за хлађење потребно од поднева до после подневних сати. У појединим данима прелазног периода се чак јавља потреба за хлађењем објекта током дана, а догревањем током ноћи, да би се у сваком тренутку одржавала жељена температура. У пракси то вероватно не би био случај. Али симулациони подаци показују рачунске вредности за задовољење топлотног комфора у идеалним условима у теорији.

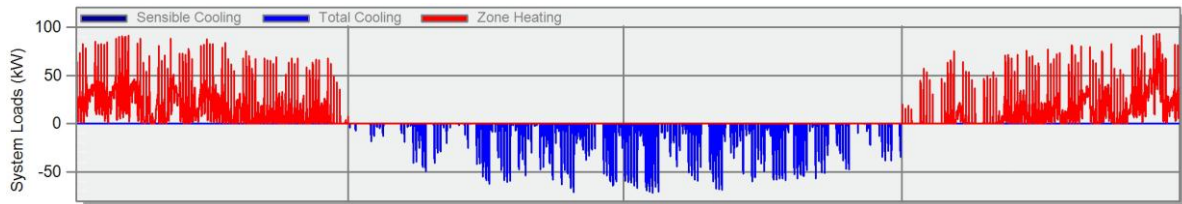
3.1.3.2. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде - намена пословање

Енергија потребна за грејање и хлађење одабраних модела током године приказана је дијаграмима 22 – 30, за сваки модел, сценарио санације за намену пословања. Грејање и хлађење приказани су на једном дијаграму за један модел. Евидентно је да се потребе за грејањем поклапају са сезоном за грејање у Србији (од октобра до априла). Хлађење објекта неопходно је од априла до октобра. Април и октобар су месеци који чине прелазни период и изискују најмање енергија за темперирање простора. На приказаним дијаграмима се јасно уочава да се променом намене објекта значајно повећала потреба за грејањем и хлађењем, из разлога за 2°C веће потребне унутрашње пројектне

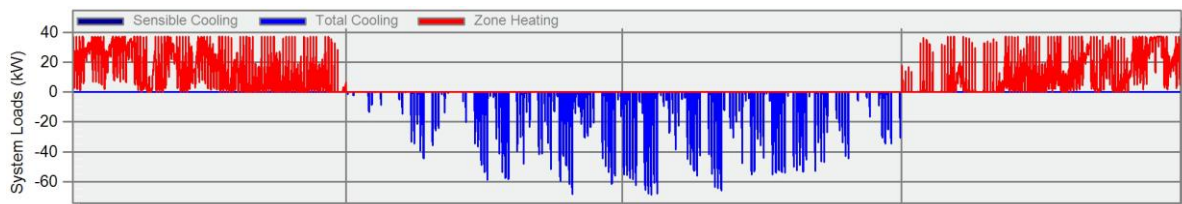
температуре и поделе простора унутрашњим преградним зидовима.



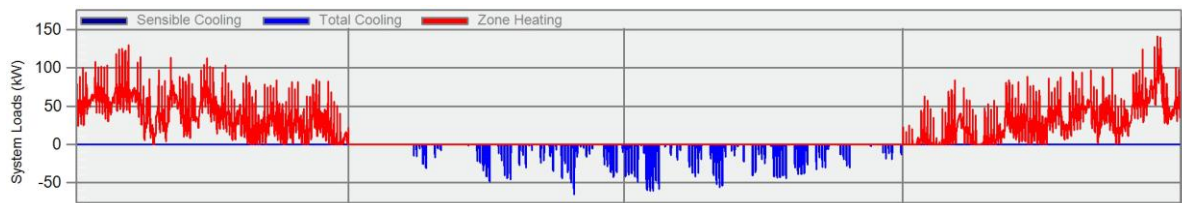
Дијаграм 22. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање



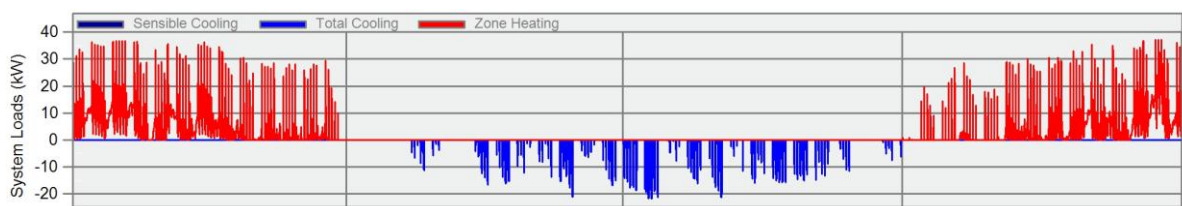
Дијаграм 23. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање



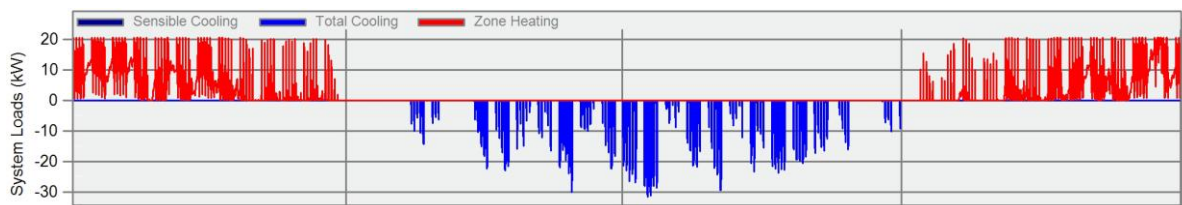
Дијаграм 24. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање



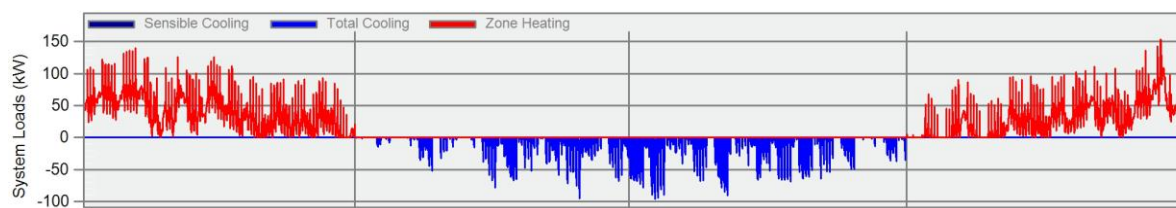
Дијаграм 25. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање



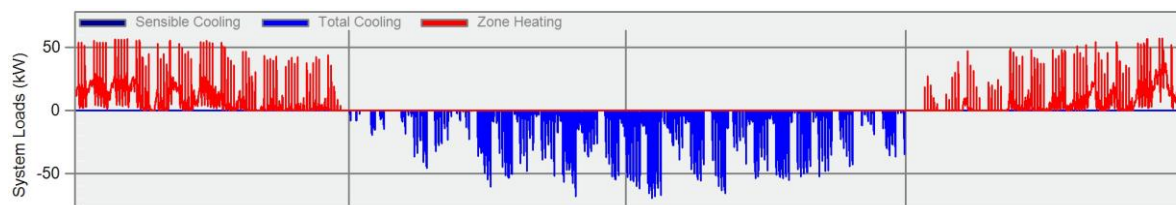
Дијаграм 26. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање



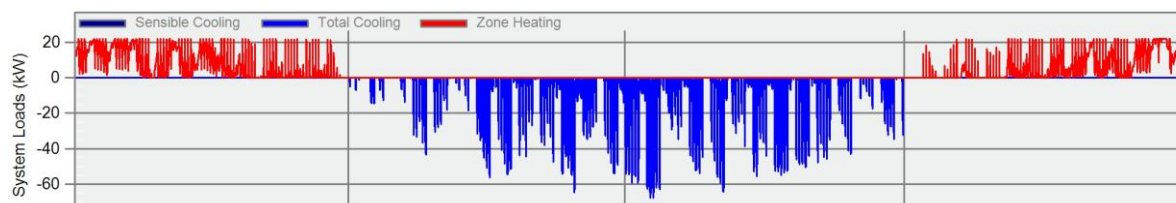
Дијаграм 27. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање



Дијаграм 28. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – постојеће стање [MWh] – намена пословање



Дијаграм 29. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 1 [MWh] – намена пословање



Дијаграм 30. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [MWh] – намена пословање

На приказаним дијаграмима јасно је уочљиво смањење потребне енергије за грејањем и хлађењем након извршених санација.

3.2. Допринос и негативни утицај топлотних добитака у зградама

Потребна енергија за грејање и хлађење објекта добија се као разлика потребне енергије за достизање пројектних температура и свих топлотних добитака и губитака у објектима. Топлотни добици у објекту остварују се од стране људи, осветљења и електричне опреме, као и кроз омотач зоне (транспарентни и нетранспарентни део). Топлотни губици настају проветравањем, вентилисањем и кроз омотач зоне (транспарентни и нетранспарентни део).

Нетранспарентни део омотача зграде који је добро топлотно изолован има боље енергетске карактеристике од транспарентног дела (застакљења), има мањи коефицијент пролаза топлоте и не дозвољава упад сунчевих зрака у објекат. Због тога, велике стаклене површине нису најповољније решење, јер имају велику проводљивост топлоте, пропуштају велику количину сунчевих зрака и доприносе стварању ефекта стаклене баште у објектима са двоструком фасадом. То је веома повољно у зимском

периоду, јер смањује поребе за грејањем у објекту, али може бити веома неугодно током лета када је ваздух високе температуре релативно заробљен у унутрашњем простору и додатно се загрева сунчевим зрацима. Из тог разлога, спољна опна двоструке фасаде се отвара у доњој и горњој зони ради вентилисања ваздушног простора у тампон зони и ради смањења потребне количине енергије за хлађење унутрашњег простора у објекту.

3.3. Интерни топлотни добици и соларни добици у зградама

На сваку топлотну зону у објекту делују задата топлотна оптерећења од људи који у њој бораве и одају топлоту, као и од осветљења и електричне опреме који су за сваку зону предвиђени. За овај сегмент значајно је предвидети намену просторија, да би се утврдио број посетилаца, врста и снага електричне опреме и осветљења, као и распоред њиховог рада и присутности током сваког дана, да би се добили што прецизнији подаци о топлотним зрачењима које наведени субјекти одају.

У табелама 49 – 51 приказани су остварени добици топлоте од осветљења, електричне опреме и људи, заједно са оствареним соларним добицима за сваки модел посебно, за намену индустрије.

Табела 49. Интерни и соларни добици топлоте модел М1 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	51,03	16,80	16,41	142,61
Сценарио 1	51,03	16,80	15,49	217,51
Сценарио 2	50,97	16,78	15,74	99,25

Табела 50. Интерни и соларни добици топлоте модел М2 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	28,05	8,90	9,12	112,15
Сценарио 1	26,83	8,65	8,41	68,43
Сценарио 2	27,91	9,01	8,57	18,72

Табела 51. Интерни и соларни добици топлоте модел М3 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	24,01	8,00	7,74	160,86
Сценарио 1	23,38	7,79	7,28	106,72
Сценарио 2	24,01	8,00	7,57	25,48

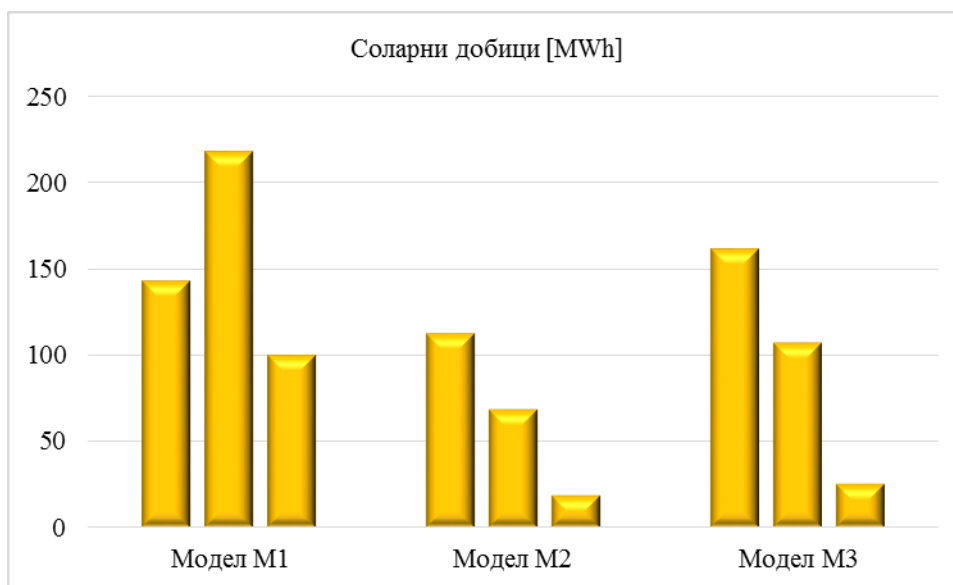
Добици од осветљења, електричне опреме и људи директно су пропорционални и условљени корисном површином објекта, док количина соларних добитака зависи од процента транспарентних површина на омотачу зграде, оријентације транспарентних површина, врсте застакљења и др. У складу са тим, у табели 52 дати су подаци о количини соларних добитака за све моделе и све сценарије санације за намену индустрије.

Табела 52. Соларни добаци [MWh] - намена индустрија

Соларни добаци [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	142,61	112,15	160,86
Сценарио 1	217,51	68,43	106,72
Сценарио 2	99,25	18,72	25,48

На основу података у табели 52 констатујемо да се након санације посматраних модела остварена топлотна енергија путем соларних добитака значајно мења у односу на постојеће стање. Разлог за смањење соларних добитака јесте замена једноструког стакла нискоемисионим 4-12-4 (Kr) које садржи мању трансмисију соларног зрачења ($g=0,62$) у односу на једноструко стакло ($g=0,83$). Смањења енергије су по овом критеријуму од 30,40 – 84,16% у зависности од модела и сценарија санације, са изузетком код модела М1 за санацију према сценарију 1 где је остварено повећање соларних добитака за 52,52% у односу на постојеће стање зграде. Разлог за повећање соларних обитака код модела М1 јесте замена копилит стакла нискоемисионим 4-12-4 (Kr) које садржи већу трансмисију соларног зрачења ($g=0,62$) у односу на копилит стакло ($g=0,40$). Према сценарију 1 највеће смањење соларних добитака остварује модел М2 (38,98%), док модел М3 остварује смањење за 33,66%. Смањење соларних добитака према сценарију 2 за модел М1 износи 30,40% у односу на постојеће стање, за модел М2 83,31%, док модел М3 остварује највеће смањење соларних добитака 84,16%.

На дијаграму 31 су приказана остварени соларни добаци за све моделе и сценарије санације за намену индустрије.



Дијаграм 31. Соларни добици [MWh] - намена индустрија

У табелама 53 – 55 приказани су остварени добици топлоте од осветљења, електричне опреме и људи, заједно са оствареним соларним добицима за сваки модел посебно за намену пословне зграде, добијени симулацијом за параметре који су задати приликом пројектовања. Ови подаци могу се модификовати у зависности од уграђених система (нпр. LED расвета, ефикасни електрични уређаји и сл.).

У свим прорачунима потребне енергије за грејање и хлађење за све моделе узети су у обзир топлотни добици од осветљења, електричне опреме, људи и Сунца и збрајани су са осталим добицима.

Табела 53. Интерни и соларни добици модел М1 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	47,32	27,49	18,30	133,56
Сценарио 1	47,32	27,49	17,43	205,60
Сценарио 2	47,33	27,48	14,21	105,11

Табела 54. Интерни и соларни добици модел М2 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	29,50	17,17	9,68	99,00
Сценарио 1	28,64	16,64	9,21	65,75
Сценарио 2	29,99	17,45	9,44	22,57

Табела 55. Интерни и соларни добици модел М3 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Постојеће стање	44,01	26,07	16,21	157,51
Сценарио 1	42,80	25,38	15,12	106,79
Сценарио 2	44,46	26,33	15,50	40,65

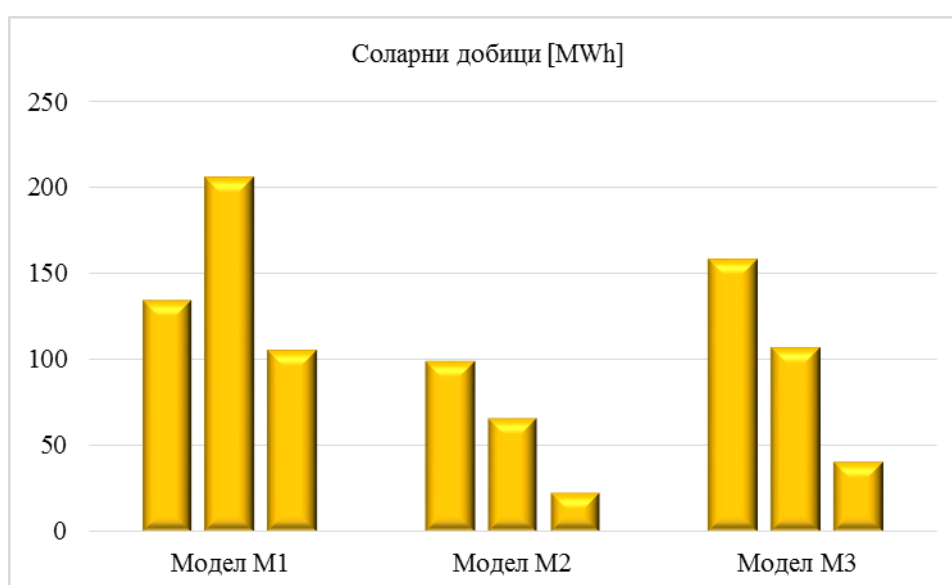
У табели 56 дати су подаци о количини соларних добитака за све моделе и све сценарије санације за намену пословне зграде.

Табела 56. Соларни добици [MWh] - намена пословање

Соларни добици [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	133,56	99,00	157,51
Сценарио 1	205,60	65,75	106,79
Сценарио 2	105,11	22,57	40,65

На основу података у табели 56 констатујемо да се након санације посматраних модела остварена топлотна енергија путем соларних добитака значајно мења у односу на постојеће стање. Смањења енергије су по овом критеријуму од 21,30 – 77,20% у зависности од модела и сценарија санације, са изузетком код модела М1 за санацију према сценарију 1 где је остварено повећање соларних добитака за 53,94% у односу на постојеће стање зграде. Разлог за повећање соларних добитака је исти као и у случају намене индустријске зграде. Према сценарију 1 највеће смањење соларних добитака остварује модел М3 (32,20%), док модел М2 остварује смањење за 33,58%. Смањење соларних добитака према сценарију 2 за модел М1 износи 21,30% у односу на постојеће стање, за модел М3 74,19%, док модел М2 остварује највеће смањење соларних добитака 77,20%.

На дијаграму 32 су приказани остварени соларни добици за све моделе и сценарије санације за намену пословне зграде.



Дијаграм 32. Соларни добици [MWh] - намена пословање

3.4. Анализа емисије угљен-диоксида

Смањење потрошње енергије у зградама, осим економских бенефита у смислу уштеде у трошковима за енергију, веома је битно и са еколошког аспекта.

Загађење животне средине у великој мери зависи од емисије угљен-диоксида настале током сагоревања горива у процесу производње топлотне енергије, односно електричне енергије. За одабране моделе грејање се обезбеђује природним гасом као извором топлоте, док се за хлађење користи електрична енергија.

Годишња примарна енергија за рад техничких система за грејање и хлађење простора, која узима у обзир извор енергије, према Правилнику о енергетској ефикасности објеката (2011), одређује се тако што се годишња финална енергија потребна за обезбеђење топлотног комфора помножи са фактором претварања за одређени енергент који је дат у табели 30. Фактор конверзије за природни гас је 1,1, док је фактор конверзије за електричну енергију као извор 2,5. Према истом пропису, годишња емисија угљен-диоксида је 0,20 kg/kWh за природни гас и 0,53 kg/kWh за електричну енергију (табела 31).

Количина примарне енергије за изабране моделе приказана је у табели 57 за грејање и у табели 58 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 57. Годишња примарна енергија за грејање објекта - намена индустрија

Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	213,45	127,43	139,16
Сценарио 1	51,86	12,52	34,77
Сценарио 2	48,40	12,22	31,25

Количина годишње примарне енергије за грејање објекта директно је пропорционална потребној финалној енергији за грејање зграде.

Табела 58. Годишња примарна енергија за хлађење објекта - намена индустрија

Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	57,74	40,99	27,43
Сценарио 1	51,57	7,97	16,03
Сценарио 2	42,64	13,68	17,60

Количина годишње примарне енергије за хлађење објекта такође је директно пропорционална потребној финалној енергији за хлађење зграде. Због високог коефицијента конверзије електричне енергије као енергента за хлађење зграде, примарна енергија за хлађење ће имати велики утицај на поредак према укупној примарној енергији за све моделе.

Укупна количина примарне енергије за грејање и хлађење за изабране моделе индустријских објеката приказана је у табели 59.

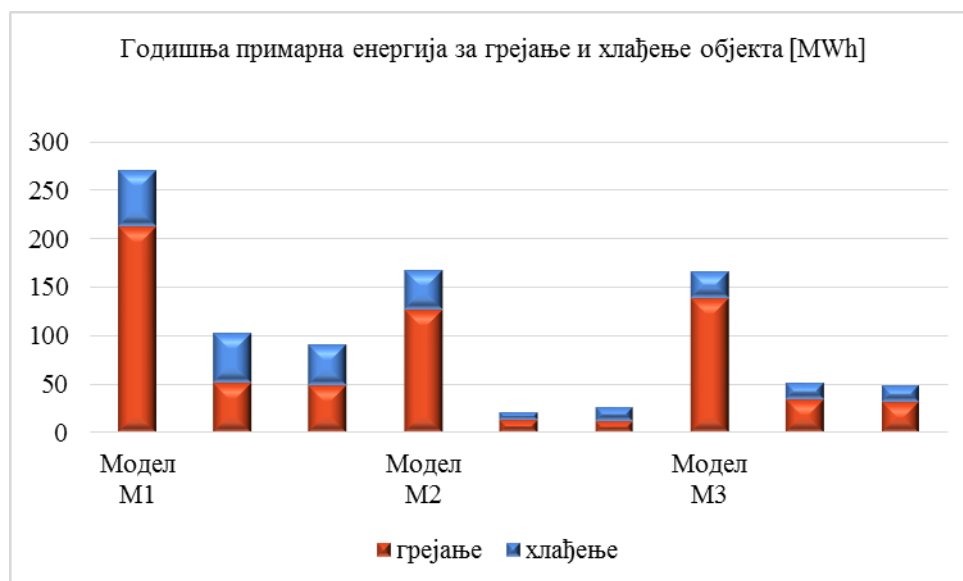
Табела 59. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта - намена индустрија

Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	271,19	168,42	166,59
Сценарио 1	103,43	20,49	50,80
Сценарио 2	91,04	25,91	48,85

Увидом у укупну потрошњу примарне годишње потребне енергије за грејање и хлађење зграде (табела 59) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајне уштеде енергије. Наиме, укупна примарна енергија, потребна за грејање и хлађење објекта је знатно нижа након санације у односу на енергију потребну за постојеће стање зграде. Након предложених сценарија санације потребна количина укупне примарне енергије за грејање и хлађење се смањује од 61,86 – 87,83 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

Према сценарију 1, санацијом омотача зграде количина годишње потребне примарне енергије умањује се за 61,86 % за модел М1, 87,83 % за модел М2 и 69,51 % за модел М3. Према сценарију 2 количина годишње потребне примарне енергије умањује се 66,43 % за модел М1, 84,62 % за модел М2 и 70,68 % за модел М3.

На дијаграму 33 су приказане количине укупне годишње примарне енергије за грејање и хлађење објекта за намену индустрије.



Дијаграм 33. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија

Количина примарне енергије за изабране моделе индустријских објеката када се врши пренамена објекта у пословну зграду приказана је у табели 60 за грејање и у табели 61 за хлађење.

Табела 60. Годишња примарна енергија за грејање објекта - намена пословање

Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Постојеће стање зграде	269,27	162,38	164,99
Сценарио 1	73,98	19,42	36,73
Сценарио 2	63,82	19,33	31,45

Количина годишње примарне енергије за грејање објекта директно је пропорционална потребној финалној енергији за грејање зграде.

Табела 61. Годишња примарна енергија за хлађење објекта - намена пословање

Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Постојеће стање зграде	71,83	39,05	89,28
Сценарио 1	76,26	13,23	82,02
Сценарио 2	61,47	22,08	81,10

Количина годишње примарне енергије за хлађење објекта такође је директно пропорционална потребној финалној енергији за хлађење зграде. Због високог коефицијента конверзије електричне енергије као енергента за хлађење зграде, примарна енергија за хлађење ће имати велики утицај на поредак према укупној

примарној енергији за све моделе.

Укупна количина примарне енергије за грејање и хлађење за изабране моделе индустријских објеката са пренаменом у пословне приказана је у табели 62.

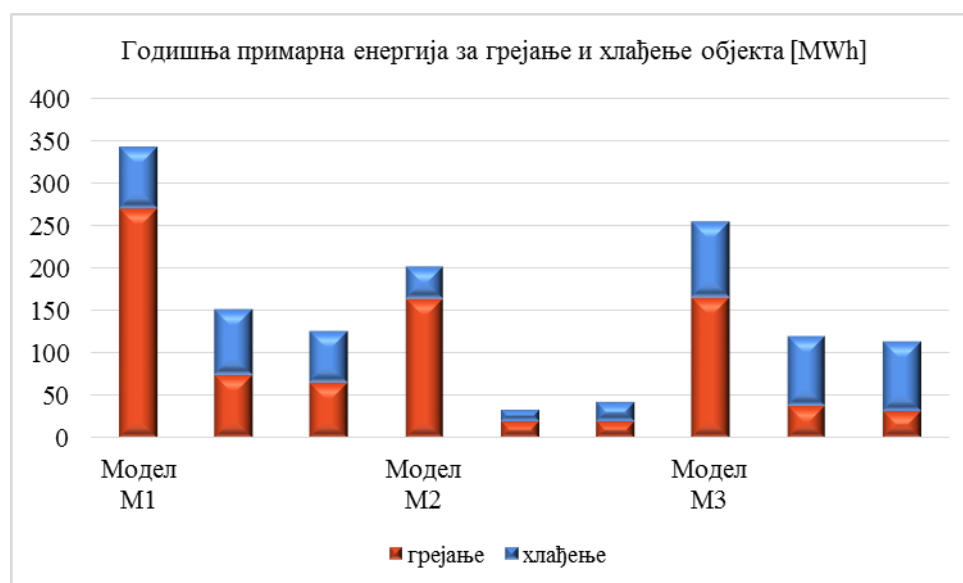
Табела 62. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта - намена пословање

Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	341,10	201,42	254,26
Сценарио 1	150,24	32,65	118,75
Сценарио 2	125,29	41,41	112,55

Увидом у укупну потрошњу примарне годишње потребне енергије за грејање и хлађење зграде (табела 62) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајне уштеде енергије. Наиме укупна примарна енергија, потребна за грејање и хлађење објекта, значајно је знатно нижа након санације у односу на енергију потребну за постојеће стање зграде. Након предложених сценарија санације потребна количина укупне примарне енергије за грејање и хлађење се смањује од 53,30 - 83,79 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

Према сценарију 1, санацијом омотача зграде количина годишње потребне примарне енергије умањује се за 55,95 % за модел М1, 83,79 % за модел М2 и 53,30 % за модел М3. Према сценарију 2 количина годишње потребне примарне енергије умањује се 63,27 % за модел М1, 79,44 % за модел М2 и 55,74 % за модел М3.

На дијаграму 34 су приказане количине укупне годишње примарне енергије за грејање и хлађење објекта за намену пословне зграде.



Дијаграм 34. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање

Количина годишње емисије CO₂ за изабране моделе приказана је у табели 63 за грејање и у табели 64 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 63. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	42,69	25,49	27,83
Сценарио 1	10,37	2,50	6,95
Сценарио 2	9,68	2,44	6,25

На основу количине годишње емисије CO₂ за грејање зграде (табела 63) закључује се да се оваквим приступом санације омотача зграде могу остварити велика смањења емисије угљен-диоксида. Смањења емисије CO₂ за грејање директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за грејање зграде.

Табела 64. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	30,60	21,72	14,54
Сценарио 1	27,33	4,22	8,50
Сценарио 2	22,60	7,25	9,33

Смањења емисије CO₂ за хлађење директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за хлађење зграде.

Табела 65. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена индустрија

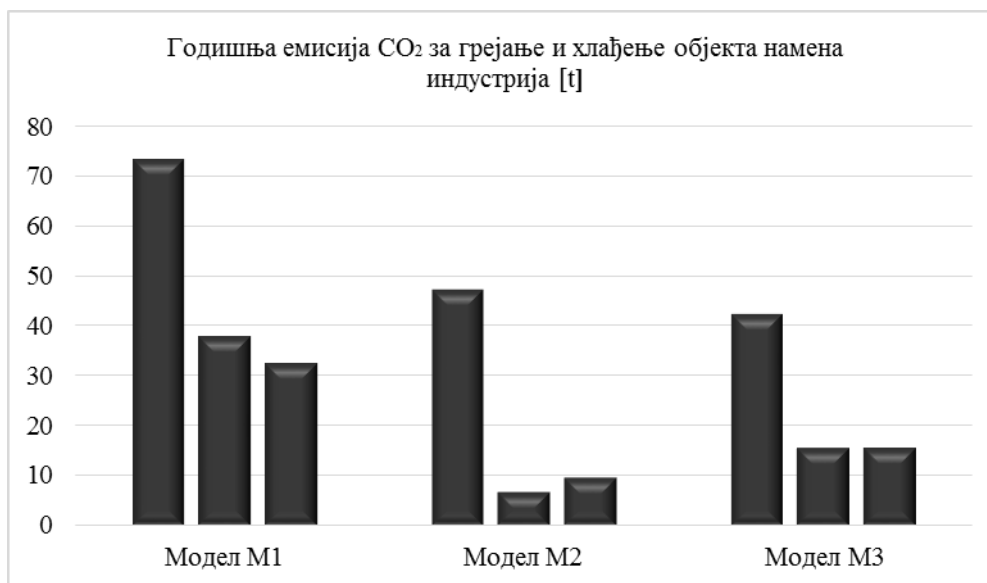
Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	73,29	47,21	42,37
Сценарио 1	37,70	6,73	15,45
Сценарио 2	32,28	9,70	15,58

На основу укупне годишње емисије CO₂ (табела 65) закључује се да се оваквим приступом санације омотача зграде остварују значајна смањења емисије CO₂. Наиме, овим приступом санација остварује се позитиван утицај на животну средину. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује од 48,56 - 85,74 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

Према сценарију 1, санацијом омотача зграде укупна годишња емисија CO₂ се умањује за 48,56 % за модел М1, 85,74 % за модел М2 и 63,54 % за модел М3. Према сценарију

2 укупна годишња емисија CO₂ се умањује за 55,96 % за модел М1, 79,45 % за модел М2 и 63,23 % за модел М3.

На дијаграму 35 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта за намену индустрије.



Дијаграм 35. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена индустрија

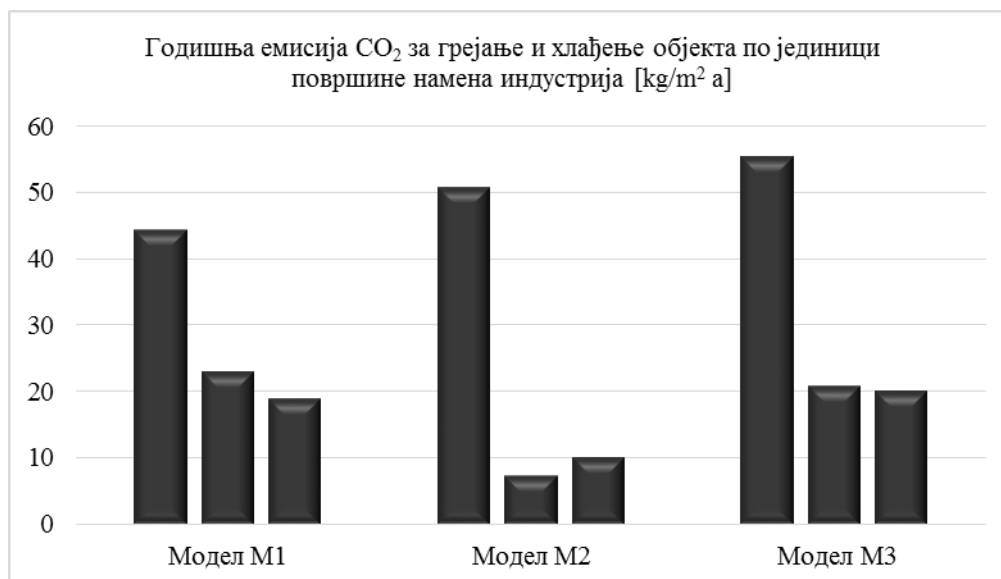
Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици површине приказана је у табели 66 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 66. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m ² a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	44,21	50,62	55,26
Сценарио 1	22,74	7,42	20,70
Сценарио 2	18,84	10,07	19,92

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици површине (табела 66) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују смањења емисије CO₂. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује од 48,56 – 85,34 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

На дијаграму 36 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине за намену индустрије.



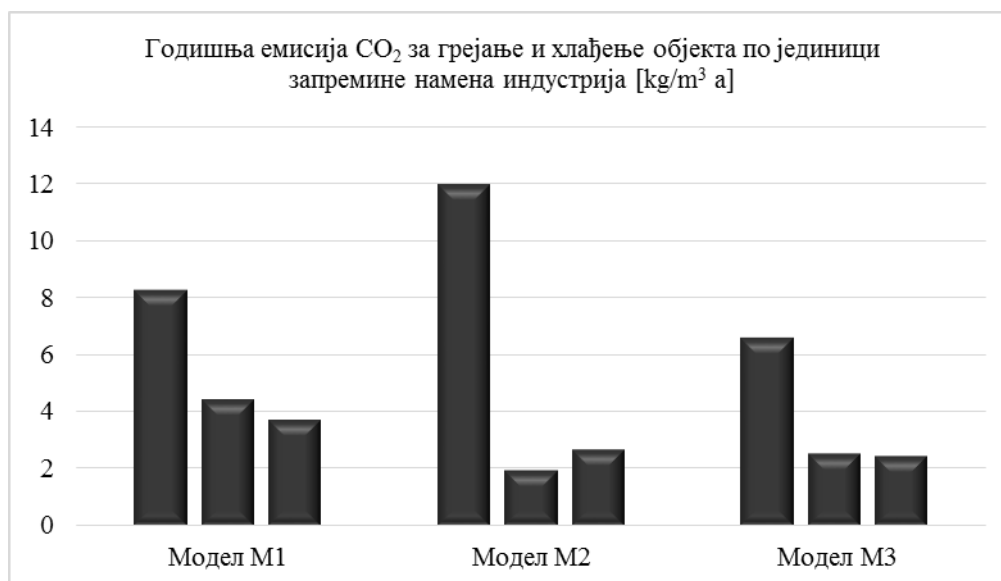
Дијаграм 36. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена индустрија

Табела 67. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m ³ a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	8,27	11,95	6,61
Сценарио 1	4,42	1,93	2,53
Сценарио 2	3,69	2,66	2,44

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици запремине (табела 67) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата бележе значајна смањења емисије CO₂. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује процентуално исто као и у случају исказивања резултата укупне емисије CO₂ и емисије CO₂ по јединици површине.

На дијаграму 37 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине за намену индустрије.



Дијаграм 37. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена индустрија

Количина годишње емисије CO₂ за изабране моделе приказана је у табели 68 за грејање и у табели 69 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену пословних објеката.

Табела 68. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	53,85	32,48	33,00
Сценарио 1	14,80	3,88	7,35
Сценарио 2	12,76	3,87	6,29

Смањења емисије CO₂ за грејање објекта директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за грејање зграде.

Табела 69. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	38,07	20,70	47,32
Сценарио 1	40,42	7,01	43,47
Сценарио 2	32,58	11,70	42,98

Смањења емисије CO₂ за хлађење објекта директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за хлађење зграде.

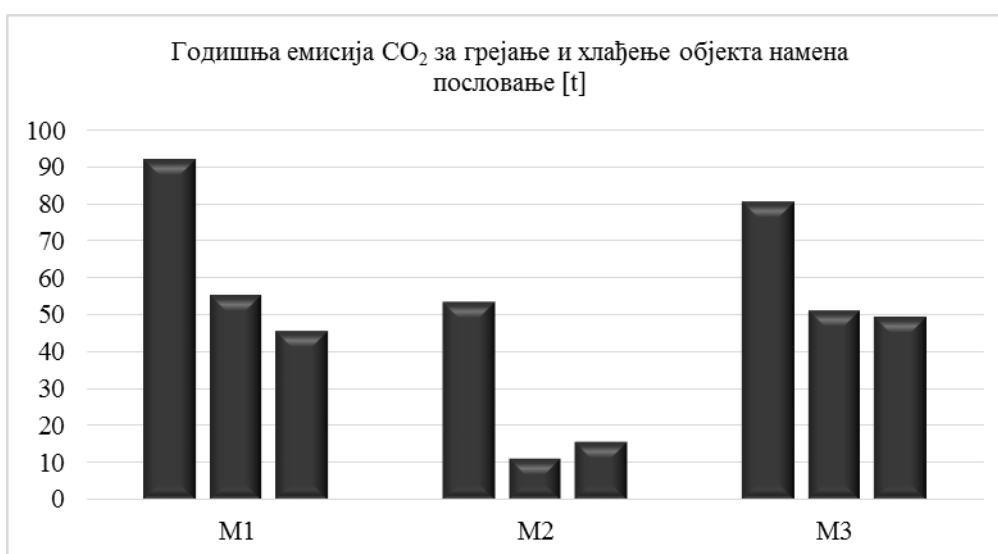
Табела 70. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта [t]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Постојеће стање зграде	91,92	53,17	80,31
Сценарио 1	55,21	10,90	50,82
Сценарио 2	45,34	15,57	49,27

На основу укупне годишње емисије CO₂ (табела 70) закључује се да се оваквим приступом санације омотача зграде остварују значајна смањења емисије CO₂. Наиме, овим приступом санације остварује се позитиван утицај на животну средину. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује од 36,72 - 79,50 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

Према сценарију 1, санацијом омотача зграде укупна годишња емисија CO₂ се умањује за 39,94 % за модел M1, 79,50 % за модел M2 и 36,72 % за модел M3. Према сценарију 2 укупна годишња емисија CO₂ се умањује за 50,67 % за модел M1, 70,72 % за модел M2 и 38,65 % за модел M3.

На дијаграму 38 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта за намену пословне зграде.

**Дијаграм 38.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена пословање

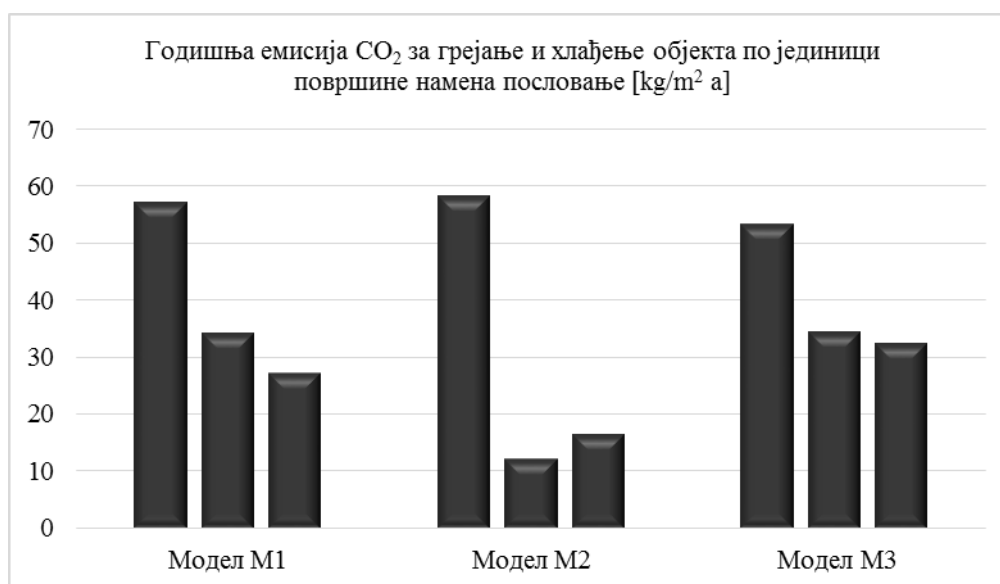
Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици површине приказана је у табели 71 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену пословних објеката.

Табела 71. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m ² a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	57,05	58,17	53,28
Сценарио 1	34,17	12,26	34,41
Сценарио 2	27,07	16,48	32,25

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици површине (табела 71) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују смањења емисије CO₂. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује од 35,42 - 78,92 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

На дијаграму 39 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине за намену пословне зграде.



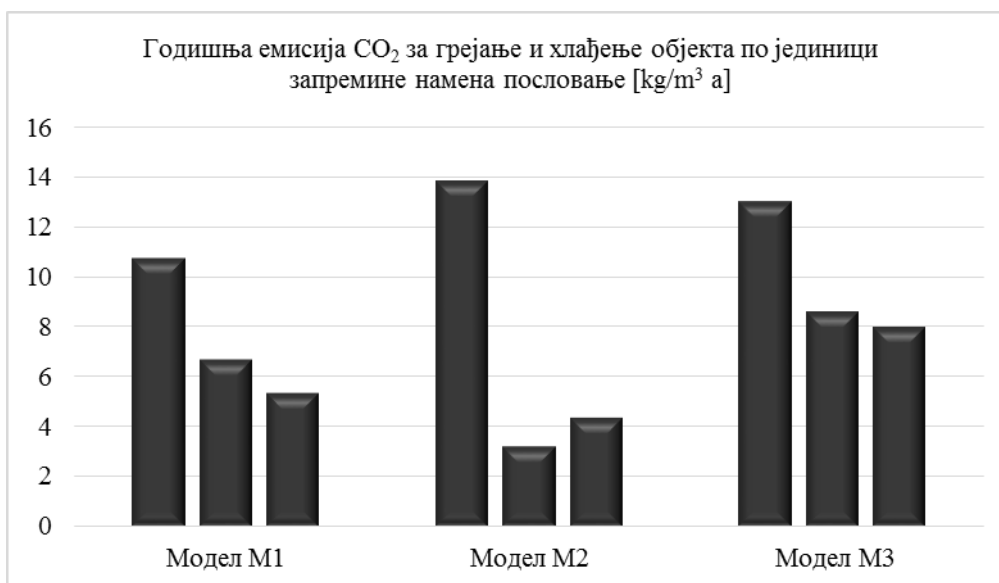
Дијаграм 39. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена пословање

Табела 72. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m ³ a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Постојеће стање зграде	10,72	13,79	13,00
Сценарио 1	6,68	3,20	8,55
Сценарио 2	5,32	4,34	7,92

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици запремине (табела 72) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују смањења емисије CO₂. Након предложених сценарија санације укупна годишња емисија CO₂ се умањује од 34,23 - 76,79 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације.

На дијаграму 40 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине за намену пословне зграде.



Дијаграм 40. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³ a] - намена пословање

Годишња примарана енергија и емисија угљен-диоксида изведени су на основу рачунски добијене финалне енергије за грејање, односно хлађење, па према томе поредак међу моделима подудар се са поретком који је установљен код потребне финалне енергије за грејање, односно хлађење.

Енергија за хлађење представља већи проблем у еколошком смислу од енергије за грејање код објеката на којима је извршена санација. Електрична енергија чија је употреба предвиђена за хлађење има веома висок фактор конверзије из финалне у примарну енергију, као и велику специфичну емисију угљен-диоксида у односу на друге енергенте. Разлог је начин производње електричне енергије који зависи од тога да ли се енергија производи у термоелектранама на чврста горива, чије сагоревање загађује животну средину или у хидроелектранама, које имају мањи негативан утицај на атмосферу.

Због наведених разлога препоручује се смањење потребе за хлађењем објеката на првом месту, а онда и коришћење алтернативних начина за хлађење објеката,

коришћењем геотермалне енергије, тј. ниже температуре тла за претходно хлађење ваздуха који се користи у систему климатизације.

3.5. Алтернативе за побољшање енергетских карактеристика индустријских хала са двоструком фасадом

На основу резултата симулација енергетских својстава индустријских објеката приказаних у претходним поглављима, закључује се да је количина годишње енергије која је потребна за хлађење објеката са применом двоструке фасаде, веома велика у односу на енергију за грејање, узимајући у обзир чињеницу да грејна сезона траје око пола године, док се период године потребан за механичко хлађење објекта може скратити одговарајућим пројектантским решењима у домену архитектуре објекта.

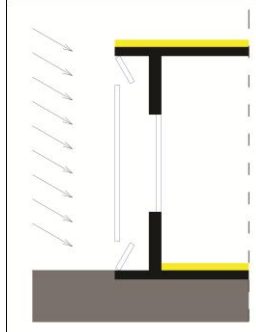
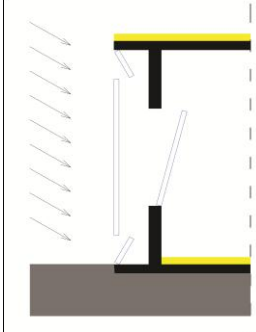
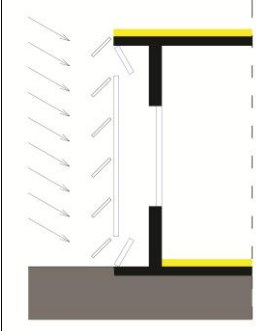
Топлотни добици од сунчевог зрачења веома су високи у зонама где постоје велики прозорски отвори (производни погон, канцеларијски простори, сала за састанке и др.), док су мањи у ходницима који нису превише изложени спољашњости. У овом сегменту могуће је направити коректуре у пројекту зграде са аспекта примене концепата заштите од Сунца.

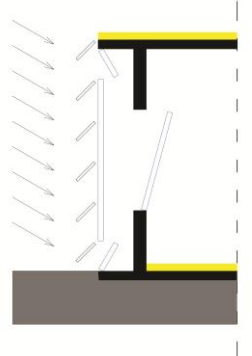
Топлотни добици кроз транспарентни део омотача зграде највећи су у зони двоструке фасаде. Велика вертикална стаклена површина спољне опне двоструке фасаде омогућава продор сунчевих зрака у објекат у летњем периоду, када је то заправо непотребно, стварајућу тиме веће потребе за хлађењем. Као логично решење намеће се потреба за смањењем прегревања у међузони двоструке фасаде најефикаснијим начинима који ће захтевати што мање одржавања, а давати што више доприноса. Један од једноставних начина за смањење топлоте јесте повећање природне вентилације двоструке фасаде и остатка објекта у летњем периоду, када би се повећаним протоком ваздуха увођењем ноћне вентилације онемогућило његово предуго задржавање и загревање у међупростору двоструке фасаде и простору целог објекта. Други једноставан начин за смањење прегревања је интегрисање сенила у стаклени део омотача двоструке фасаде, чиме би се физички смањено пролаз сунчевих зрака у објекат.

3.5.1. Предлог мера унапређења енергетских карактеристика индустријских хала са двоструком фасадом

У табели 73 дат је опис и графички приказ првобитног предлога примене двоструке фасаде и алтернативних решења санације одабраних објеката са применом двоструке фасаде. Алтернативна решења подразумевају повећање природне вентилације ноћним проветравањем објекта и примену хоризонталних брисолеја као сенила којима би се спречио упад сунчевих зрака и тиме смањило прегревање објекта у летњем периоду.

Табела 73. Предлог мера алтернативне санације одабраних индустријских модела


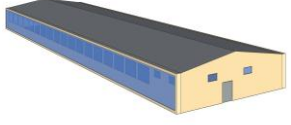
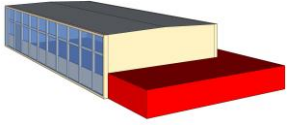

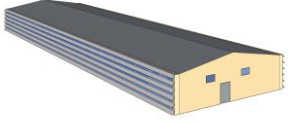
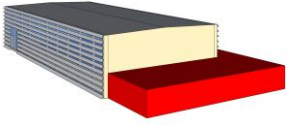
Сценарио санације	Дијаграм санације	Опис санације
Сценарио 2		Овај вид санације подразумева санацију објекта као у сценарију 1 за изузетком источног и западног фасадног зида. На источном и западном зиду није предвиђена санација нетранспарентних делова фасаде већ само реконструкција прозорских отвора као у сценарију 1. На источној и западној фасади формирана је двострука фасада чију спољну опну чини зид завеса на растојању од 60 cm од постојећег фасадног зида са једноструким стаклом дебљине 6 mm и коефицијентом пролаза топлоте $U = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Сценарио 2a		Сценарио 2a представља унапређену санацију сценарија 2 увођењем ноћне вентилације проветравањем чиме би се смањила потребна енергија за хлађење објекта у летњем периоду. Ноћна вентилација подразумева проветравање објекта, контролом отвора у доњој и горњој зони двоструке фасаде, отвора унутрашњих прозора и отвора/надсветла унутрашњих врата чиме би се константно проветравање од 0,5 ac/h у периоду од 18 – 06 h повећало на максималних 1,2 ac/h у периоду од 1. априла до 1. октобра.
Сценарио 2b		Сценарио 2b такође представља унапређену санацију сценарија 2 увођењем сенила на источној и западној фасади у склопу двоструке фасаде, чиме би се смањила потребна енергија за хлађење објекта у летњем периоду. Сенила подразумевају фиксне хоризонталне брисолеје дуж целе двоструке фасаде, ширине 50 cm постављених под углом од 45° у вертикалном размаку од по 80 cm.

Сценарио 2с		Сценарио 2с представља унапређену санацију сценарија 2b додатним увођењем ноћне вентилације проветравањем чиме би се смањила потребна енергија за хлађење објекта у летњем периоду. Ноћна вентилација подразумева проветравање објекта контролу отвора у доњој и горњој зони двоструке фасаде, контролу отвора унутрашњих прозора и отвора/надсветла унутрашњих врата чиме би се константно проветравање од 0,5 ас/h у периоду од 18 – 06 h повећало на максималних 1,2 ас/h у периоду од 1. априла до 1. октобра.
-------------	---	--

Изради алтернативних сценарија санације зграде приступило се са циљем смањења прегревања зграде. Идеја је да се уз минималне интервенције на омотачу зграде, санираном према сценарију 2, једноставним техничким решењима смањи количина потребне енергије за хлађење зграде.

У табели 74 дати су прикази изгледа објеката након алтернативних сценарија санације.

Табела 74. Изгледи објеката након предвиђених сценарија санације

Сценарио санације	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2 и 2а			
Сценарио 2b и 2с			

3.5.2. Годишња финална енергија за грејање зграде

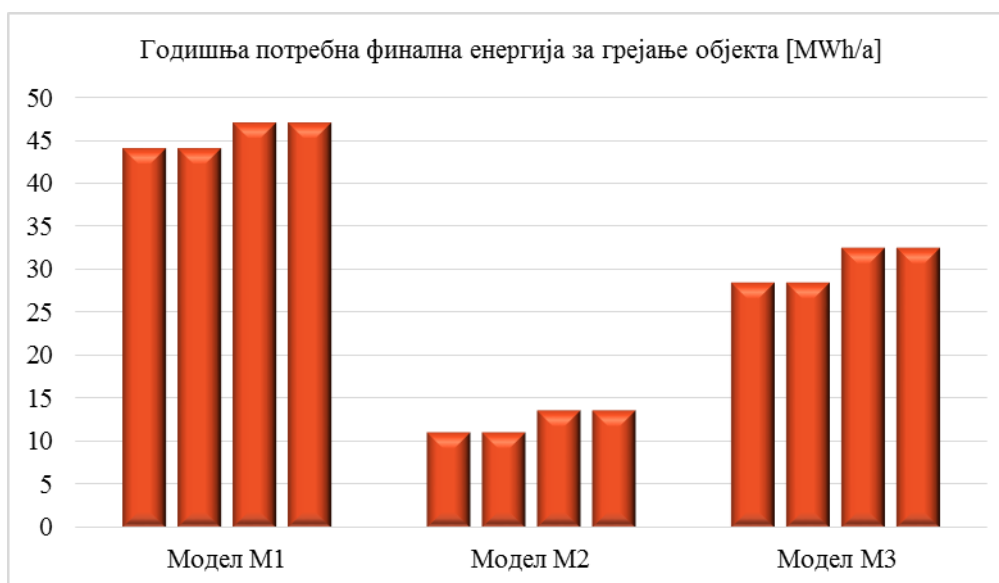
Нумеричким симулацијама са предложеним алтернативним решењима санације према сценаријима 2а, 2b и 2с, подвргнута су сва три одабрана модела индустријских објеката, чиме су добијени детаљни резултати потребне енергије за функционисање објекта. Сви остали параметри који су претходно коришћени у изради енергетског модела, у смислу режима коришћења простора и осталих карактеристика, задржани су и у овом процесу.

3.5.2.1. Годишња финална енергија за грејање зграде - намена индустрија

Табела 75. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	44,00	11,11	28,41
Сценарио 2а	44,00	11,11	28,41
Сценарио 2b	46,88	13,56	32,48
Сценарио 2с	46,88	13,56	32,48

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за грејање зграде (табела 75) закључује се да се оваквим приступом алтернативне санације омотача зграде могу остварити мања повећања потребне финалне енергије за грејање и то до 22,05 % више у односу на стање зграде након санације према сценарију 2. Наиме, према сценарију 2а, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за грејање се не мења јер алтернатива увођењем ноћне вентилације подразумева вентилацију у летњем периоду. Према сценарију 2b који као алтернативу укључује примену фиксних брисолеја током целе године, потрошња годишње потребне енергије за грејање зграде повећава се за 6,55% за модел М1, 22,05% за модел М2 и 14,33% за модел М3. Према сценарију 2с исти је учинак као према сценарију 2b (дијаграм 41).

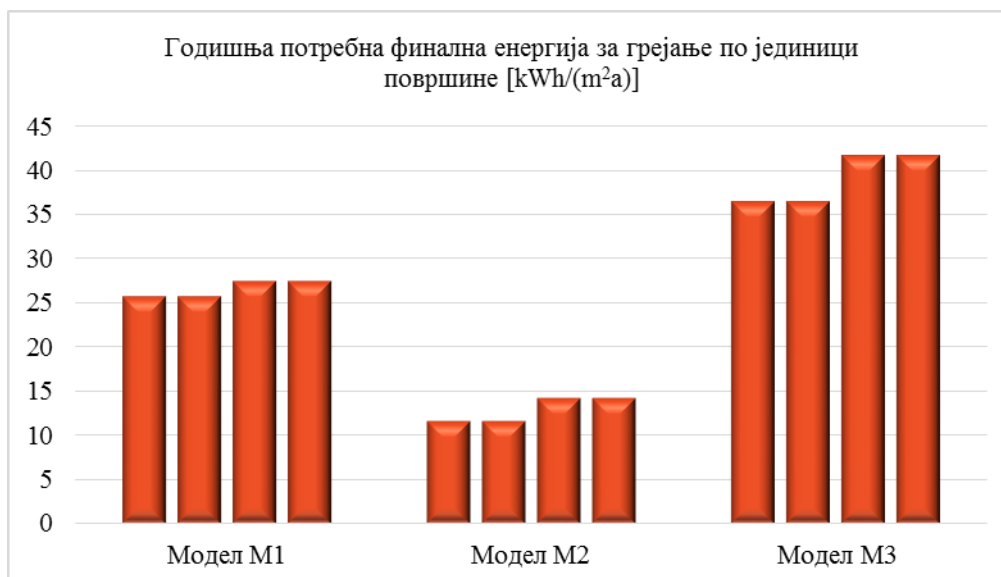


Дијаграм 41. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена индустрија

Табела 76. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	25,69	11,54	36,33
Сценарио 2а	25,69	11,54	36,33
Сценарио 2b	27,37	14,09	41,54
Сценарио 2c	27,37	14,09	41,54

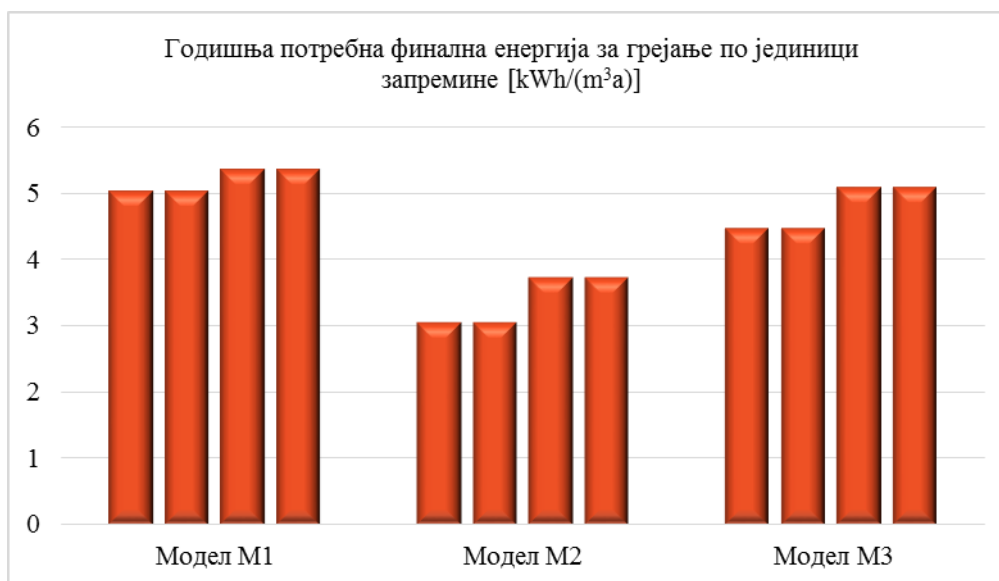
Повећања потребне енергије за грејање објекта по јединици површине након увођења алтернативних решења директно су пропорционална повећањима укупне финалне енергије. Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за грејање зграде по јединици површине (табела 76) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² повећава од постојећих 11,54 – 36,33 kWh/m² на 14,09 – 41,54 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија алтернативне санације. Највећу потрошњу финалне енергије за грејање по јединици површине захтева модел М3, а најмању потрошњу модел М2 што је директно проузроковано кубатуром објекта коју наведени модели поседују (дијаграм 42).

**Дијаграм 42.** Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Табела 77. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m ³ a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	5,02	3,05	4,46
Сценарио 2a	5,02	3,05	4,46
Сценарио 2b	5,35	3,73	5,09
Сценарио 2c	5,35	3,73	5,09

Повећања потребне енергије за грејање објекта по јединици запремине, након увођења алтернативних решења санације, директно су пропорционална повећањима укупне финалне енергије (табела 77). Потрошња финалне енергије за грејање по јединици запремине за сценарио 2c за модел М2 износи 3,73 kWh/m³ и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела, за модел М3 потребна количина енергије износи 5,09 kWh/m³, док за модел М1 потребна количина енергије износи 5,35 kWh/m³ (дијаграм 43).



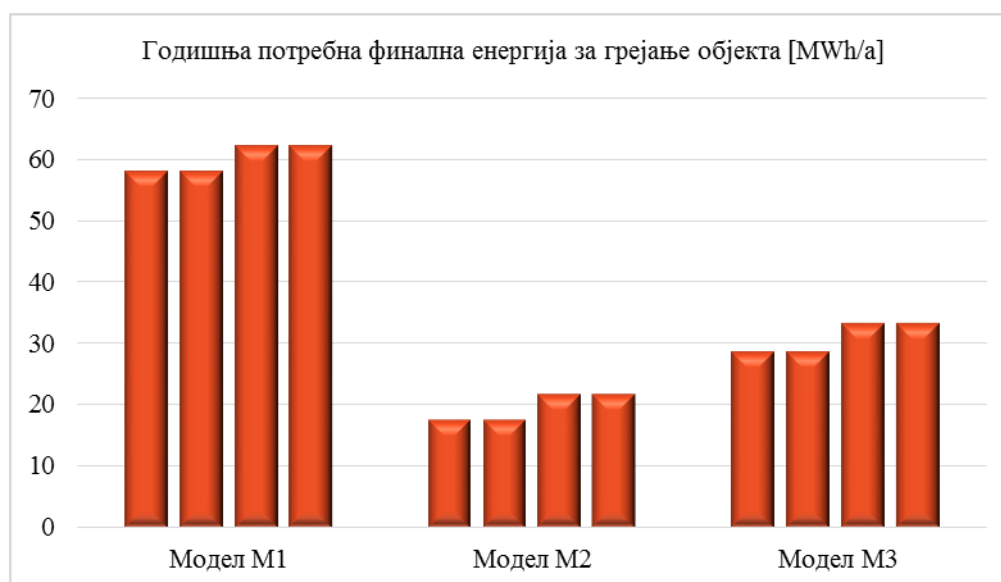
Дијаграм 43. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

3.5.2.2. Годишња финална енергија за грејање зграде - намена пословање

Табела 78. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	58,01	17,57	28,60
Сценарио 2а	58,01	17,57	28,60
Сценарио 2б	62,15	21,84	33,22
Сценарио 2с	62,15	21,84	33,22

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за грејање зграде (табела 78) закључује се да се оваквим приступом алтернативне санације омотача зграде могу остварити мања повећања потребне финалне енергије за грејање и то до 24,30% више у односу на стање зграде након санације према сценарију 2. Наиме, према сценарију 2а, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за грејање се не мења јер алтернатива увођењем ноћне вентилације подразумева вентилацију у летњем периоду. Према сценарију 2б који као алтернативу укључује примену брисолеја, потрошња годишње потребне енергије за грејање зграде повећава се за 7,14% за модел М1, 24,30% за модел М2 и 16,15% за модел М3. Према сценарију 2с исти је учинак као према сценарију 2б (дијаграм 44).



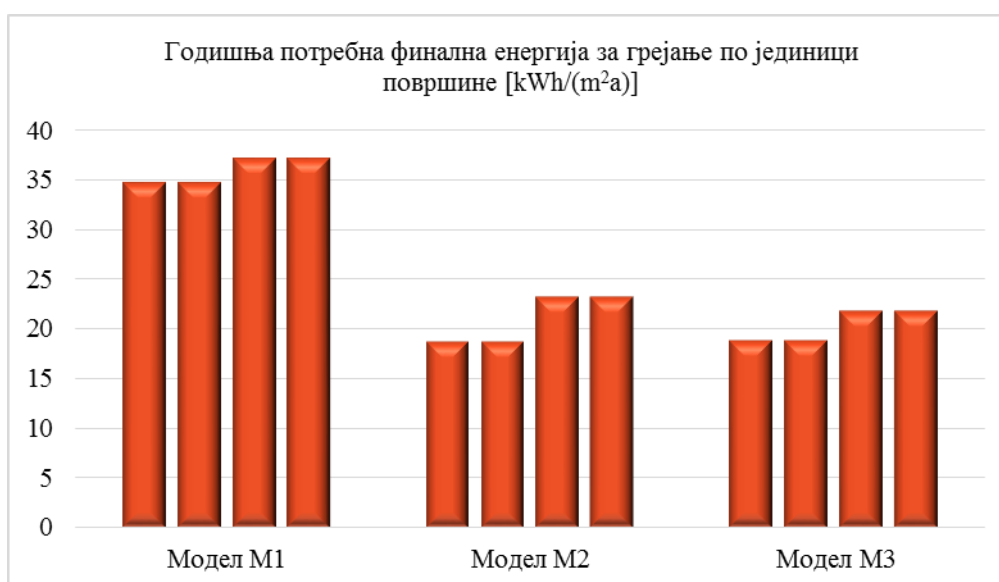
Дијаграм 44. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта [MWh/a] – намена пословање

Табела 79. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	34,64	18,60	18,72
Сценарио 2а	34,64	18,60	18,72
Сценарио 2b	37,11	23,12	21,74
Сценарио 2с	37,11	23,12	21,74

Повећања потребне енергије за грејање објекта по јединици површине након увођења алтернативних решења директно су пропорционална повећањима укупне финалне енергије. Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за грејање зграде по јединици површине (табела 79) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² повећава од постојећих 18,60 – 34,64 kWh/m² на 21,74 – 37,11 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија алтернативне санације. Највећу потрошњу финалне енергије за грејање по јединици површине захтева модел М1, а најмању потрошњу модел М3 (дијаграм 45).

На основу Правилника о сертификацији енергетске ефикасности објеката, за постојеће управне и пословне зграде можемо одредити да се овим предлозима алтернативне санације објеката модели М2 и М3 сврставају у „Б“ енергетски разред зграде, а модел М1 сврстава у „Ц“ енергетски разред зграде, што наведене сценарије санације чини значајним и оправданим.

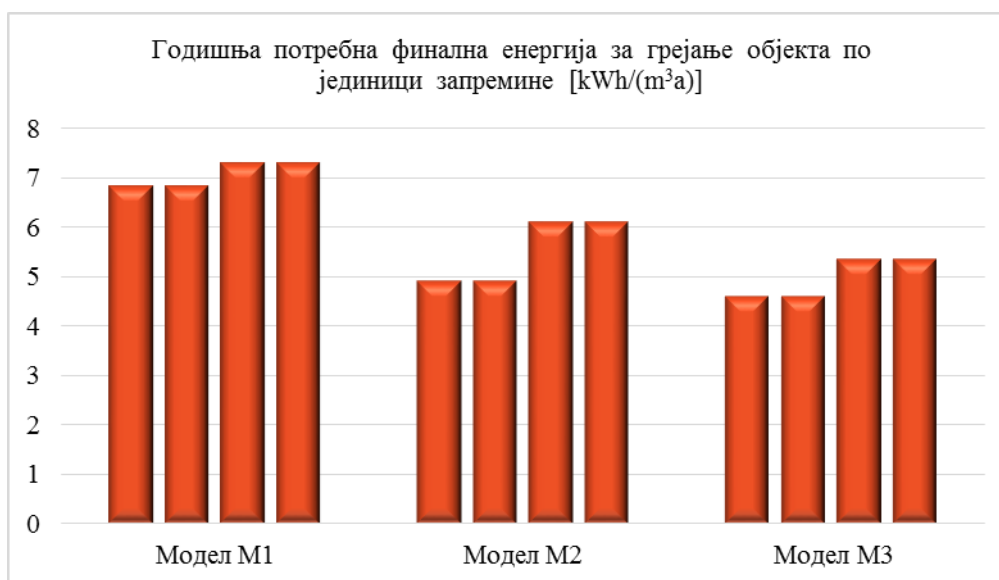


Дијаграм 45. Годишња потребна финална енергија за грејање по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Табела 80. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m ³ a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	6,81	4,90	4,59
Сценарио 2а	6,81	4,90	4,59
Сценарио 2b	7,29	6,09	5,34
Сценарио 2с	7,29	6,09	5,34

На основу података у табели 80 констатујемо да се поредак посматраних модела у остварењу повећања енергије за грејање по јединици запремине не мења у односу на поредак потребне енергије за грејање пре алтернативне санације. Наиме, исти је поредак и у случају санације 2 и у случају након санација 2а, 2b, 2с. Потребна енергија за грејање према овом критеријуму је након алтернативе која подразумева употребу сенила 5,34 kWh/m³ за модел М3 и представља најмању потрошњу у поређењу са остала два модела. За модел М2 потребна енергија износи 6,09 kWh/m³, док је за модел М1 потребно 7,29 kWh/m³ енергија за грејање. Најмања разлика у погледу потребне енергије за грејање по јединици запремине након примене сенила је уочљива код модела М1 и износи 7,05 %, док је код модела М2 најизраженија разлика са 24,29% у односу на санацију према сценарију 2.



Дијаграм 46. Годишња потребна финална енергија за грејање објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

3.5.3. Годишња финална енергија за хлађење зграде

У овом делу рада се очекују резултати извесног доприноса смањењу потребне енергије за хлађење зграде, што представља примаран разлог за увођење алтернативних решења санације одабраних индустријских објеката.

3.5.3.1. Годишња финална енергија за хлађење зграде - намена индустрија

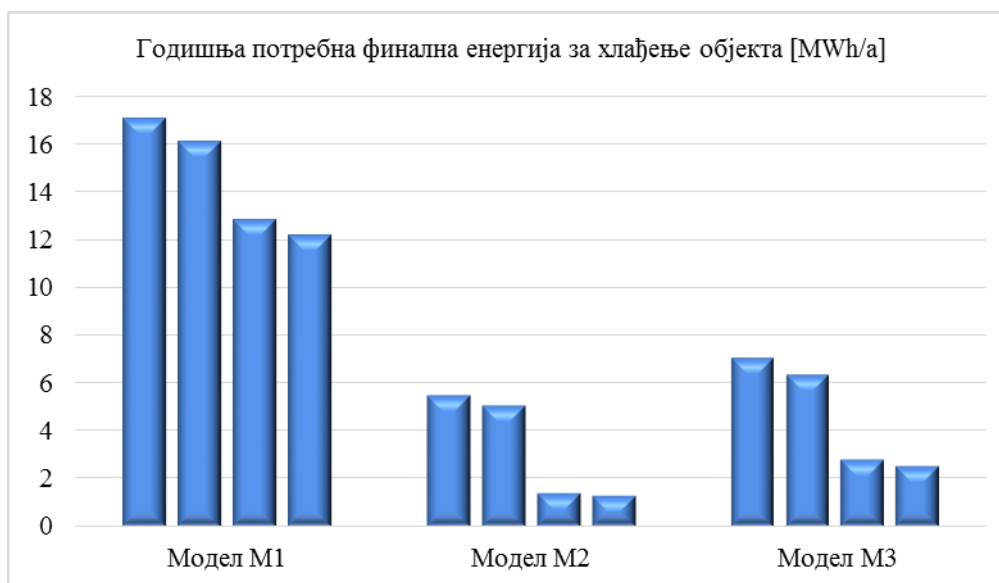
У табели 81 су приказани постигнути резултати смањења прегревања објекта за објекте намењене индустрији.

Табела 81. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	17,06	5,47	7,04
Сценарио 2а	16,12	5,05	6,38
Сценарио 2б	12,80	1,41	2,81
Сценарио 2с	12,17	1,31	2,55

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде (табела 81) закључује се да се оваквим приступом алтернативне санације омотача зграде могу остварити значајне уштеде енергије, укупна финална енергија потребна за хлађење објекта значајно је мања након алтернативних решења санације у односу на енергију потребну након санације према сценарију 2. Након алтернативних санација потребна количина енергије за хлађење смањује се од 1,05 до 4,18 пута у зависности од посматраног модела и сценарија алтернативне санације. Наиме, према сценарију 2а, који подразумева увођење ноћне вентилације, алтернативним решењем санације омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за хлађење умањује се 1,05 пута, односно, за 5,51 % за модел М1, 1,08 пута (7,68 %) за модел М2 и 1,10 пута (9,38 %) за модел М3, у поређењу са санацијом према сценарију 2. Према сценарију 2б који укључује употребу сенила на двострукој фасади, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,33 пута, односно, за 24,97 % за модел М1, 3,88 пута (74,22 %) за модел М2 и 2,51 пута (60,09 %) за модел М3. Према сценарију 2с који укључује употребу ноћне вентилације и употребу сенила на двострукој фасади, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,40 пута, односно, за 28,66 % за модел М1, 4,18 пута (76,05 %) за модел М2 и 2,76 пута (63,78 %)

за модел М3 (дијаграм 47).

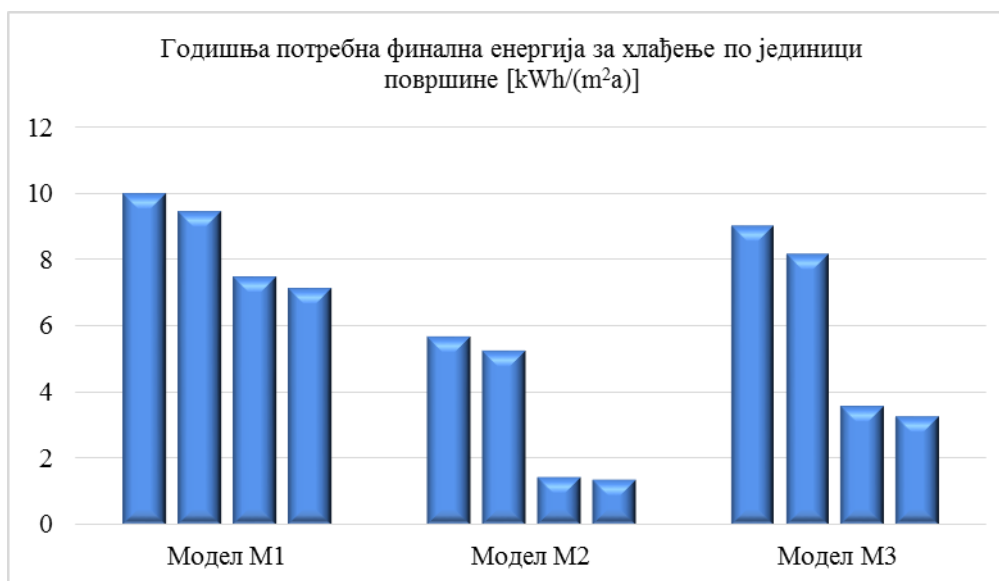


Дијаграм 47. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена индустрија

Табела 82. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	9,96	5,68	9,00
Сценарио 2a	9,41	5,24	8,16
Сценарио 2b	7,47	1,46	3,59
Сценарио 2c	7,10	1,36	3,26

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде по јединици површине (табела 82) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² смањује од постојећих 5,68 – 9,96 kWh/m² на 1,36 – 7,10 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Након ових података можемо констатовати да се овим начином исказивања резултата најбољи утицај на потрошњу енергије за хлађење по јединици површине остварује код модела М2, који бележи и највећи процентуални учинак смањења потребне енергије за хлађење објекта.

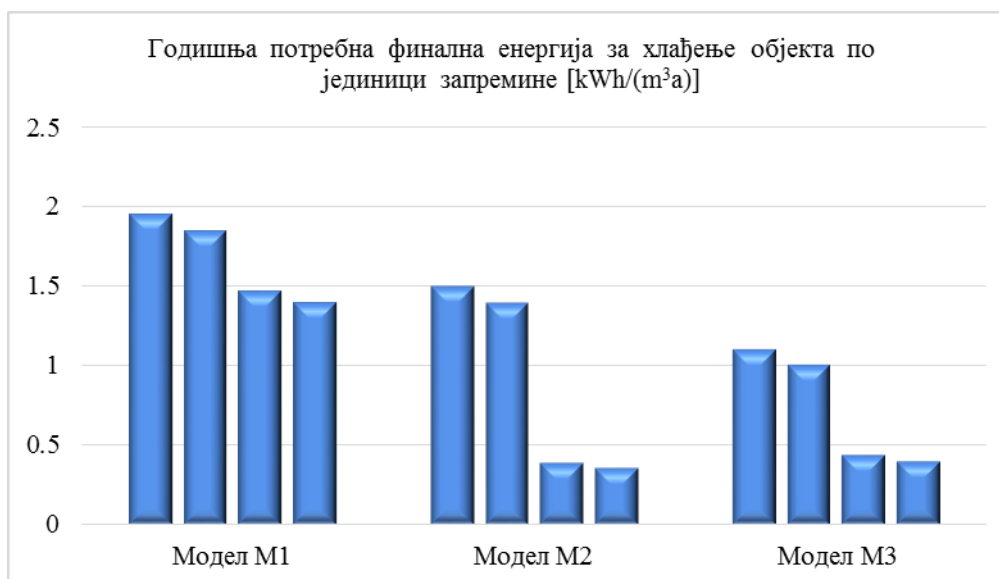


Дијаграм 48. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена индустрија

Табела 83. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m ³ a)]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Сценарио 2	1,95	1,50	1,10
Сценарио 2a	1,84	1,39	1,00
Сценарио 2b	1,46	0,39	0,44
Сценарио 2c	1,39	0,36	0,40

На основу података у табели 83 констатујемо да се након алтернативне санације посматраних модела потреба за финалном енергијом за хлађење по јединици запремине значајно мења у односу на стање након санације 2. Смањења енергије су, по овом критеријуму, директно пропорционална смањењима потребне енергије по јединици површине и укупној финалној енергији за хлађење зграде. Најповољнији резултат смањења потребне енергије по јединици запремине је за сценарио санације 2c код модела M2 који износи 0,36 kWh/m³.



Дијаграм 49. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена индустрија

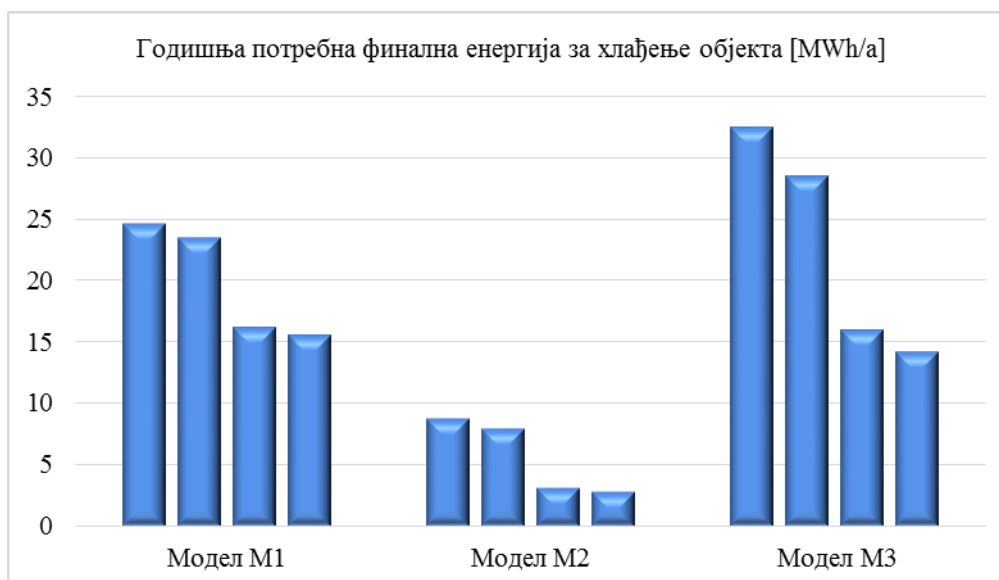
3.5.3.2. Годишња финална енергија за хлађење зграде - намена пословање

Табела 84. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	24,59	8,83	32,44
Сценарио 2a	23,48	7,99	28,43
Сценарио 2b	16,15	3,12	15,90
Сценарио 2c	15,50	2,83	14,10

На основу укупне финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде (табела 84) закључује се да се оваквим приступом алтернативне санације омотача зграде могу остварити значајне уштеде енергије. Укупна финална енергија потребна за хлађење објекта значајно је мања након алтернативних решења санације у односу на енергију потребну након санације према сценарију 2. Алтернативним санацијама потребна количина енергије за хлађење умањује се од 1,05 до 3,12 пута у зависности од посматраног модела и сценарија алтернативне санације. Наиме, према сценарију 2a, који подразумева увођење ноћне вентилације, алтернативним решењем санације омотача зграде потрошња годишње потребне енергије за хлађење умањује се 1,05 пута, односно, за 4,51% за модел М1, 1,11 пута (9,51%) за модел М2 и 1,14 пута (12,36%) за модел М3, у поређењу са санацијом према сценарију 2. Према сценарију 2b који укључује употребу сенила на двострукој фасади, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,52 пута, односно, за 34,32 % за модел М1, 2,83

пута (64,67%) за модел М2 и 2,04 пута (50,99%) за модел М3. Према сценарију 2с који укључује употребу ноћне вентилације и употребу сенила на двострукој фасади, потрошња годишње потребне енергије за хлађење зграде умањује се 1,59 пута, односно, за 36,97% за модел М1, 3,12 пута (67,95%) за модел М2 и 2,30 пута (56,54%) за модел М3. (дијаграм 50).



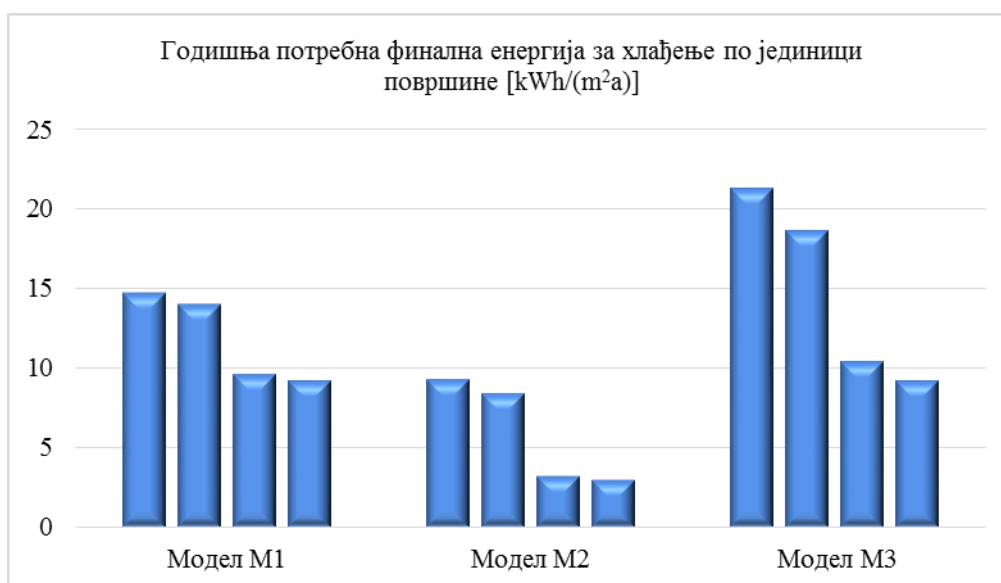
Дијаграм 50. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта [MWh/a] – намена пословање

Табела 85. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m ² a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	14,68	9,35	21,23
Сценарио 2а	14,02	8,46	18,61
Сценарио 2б	9,64	3,30	10,41
Сценарио 2с	9,25	3,00	9,23

Увидом у укупну потрошњу финалне годишње потребне енергије за хлађење зграде по јединици површине (табела 85) можемо констатовати да се оваквим начином исказивања резултата потрошња енергије изражена у kWh/m² смањује од постојећих 9,35 – 21,23 kWh/m² на 3,00 – 9,25 kWh/m² у зависности од модела зграде и сценарија санације. Највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине према сценарију 2а захтева модел М3 (18,61 kWh/m²), а најмању потрошњу модел М2 (8,46 kWh/m²), док је за хлађење модела М1 потребно 14,02 kWh/m² (дијаграм 51). Према сценарију 2б, највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине захтева модел М3, затим модел М1, а најмању потрошњу модел М2. Према

сценарију 2b, највећу потрошњу финалне енергије за хлађење по јединици површине захтева модел М1, затим модел М3, а најмању потрошњу модел М2. На основу ових података можемо констатовати да се овим начином исказивања резултата најбољи утицај на потрошњу енергије за хлађење по јединици површине остварује код модела М2, који бележи највећи процентуални учинак смањења потребне енергије за хлађење објекта у односу на стање након санације према сценарију 2.

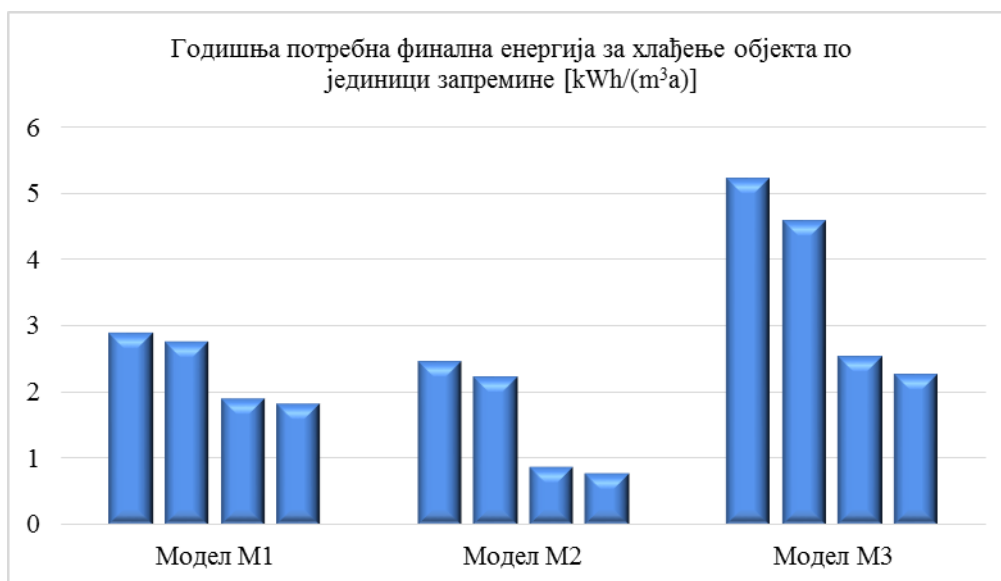


Дијаграм 51. Годишња потребна финална енергија за хлађење по јединици површине [kWh/(m²a)] – намена пословање

Табела 86. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	2,89	2,46	5,21
Сценарио 2a	2,76	2,23	4,57
Сценарио 2b	1,90	0,87	2,55
Сценарио 2c	1,82	0,79	2,27

На основу података у табели 86 констатујемо да се након алтернативне санације посматраних модела потреба за финалном енергијом за хлађење по јединици запремине значајно мења у односу на стање након санације 2. Смањења енергије су по овом критеријуму директно пропорционална смањењима потребне енергије по јединици површине и укупној финалној енергији за хлађење зграде. Најповољнији учинак смањења потребне енергије по јединици запремине је за сценарио санације 2c код модела М2 који износи 0,79 kWh/m³.



Дијаграм 52. Годишња потребна финална енергија за хлађење објекта по јединици запремине [kWh/(m³a)] – намена пословање

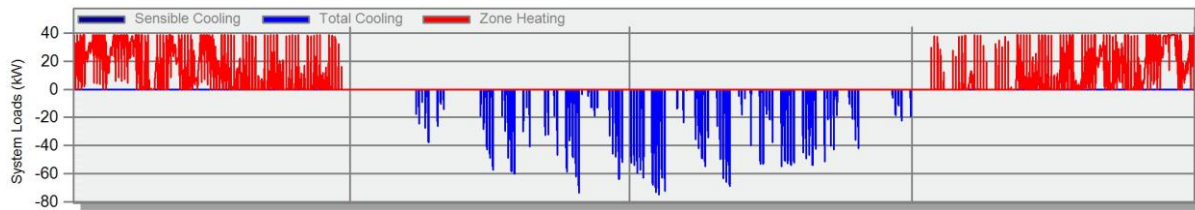
3.5.4. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде

У овом делу рада, у зависности од намене објекта, одвојено су приказане вредности месечне финалне енергије за грејање и хлађење зграде. Приказане вредности су представљене дијаграмски током целе календарске године.

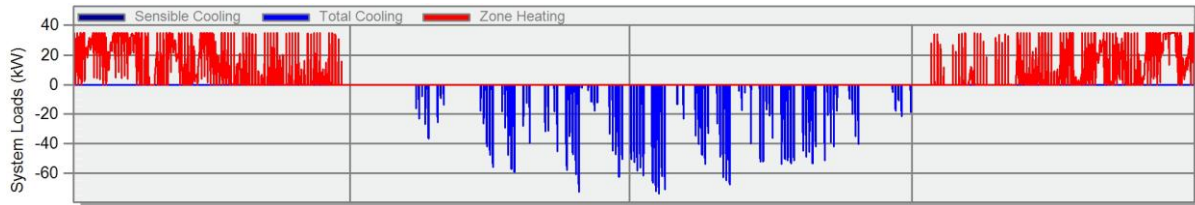
3.5.4.1. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде намена индустрија

Енергија потребна за грејање и хлађење одабраних модела током године приказана је дијаграмима 53 – 64, за сваки модел, сценарио санације за намену индустрије. Грејање и хлађење приказани су на једном дијаграму за један модел.

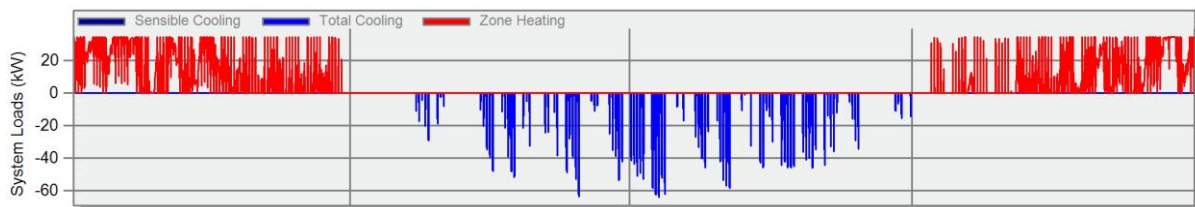
Евидентно је да се потребе за грејањем према алтернативним сценаријима санације малтене поклапају са резултатима приказаним према сценарију 2. Јако мала разлика у потребној количини енергије за грејање према сценарију 2 у односу на алтернативна решења санације није јасно уочљива на наведеним дијаграмима. Основни разлог увођења алтернативних решења санације јесте првенствено ради смањења потребне енергије за хлађење зграде, што је постигнуто увођењем ноћне вентилације и сенила, чији је учинак јасно уочљив на дијаграмима 53 – 64.



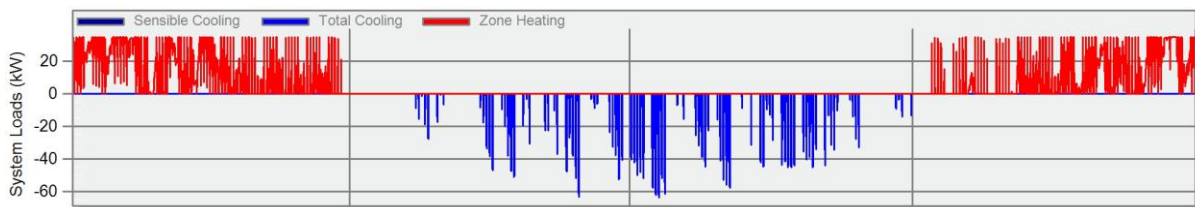
Дијаграм 53. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена индустрија



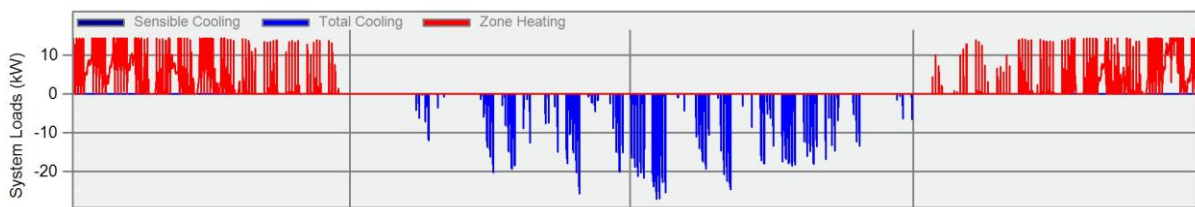
Дијаграм 54. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена индустрија



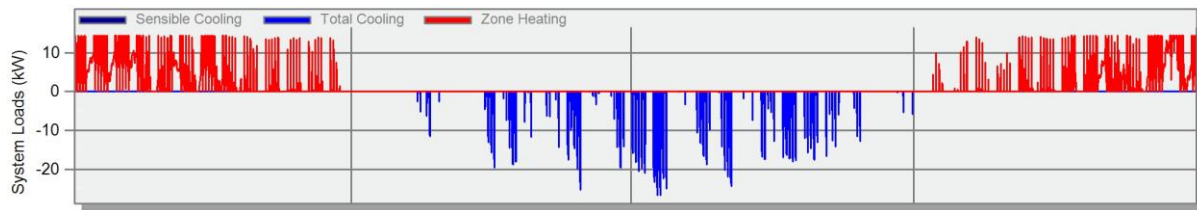
Дијаграм 55. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена индустрија



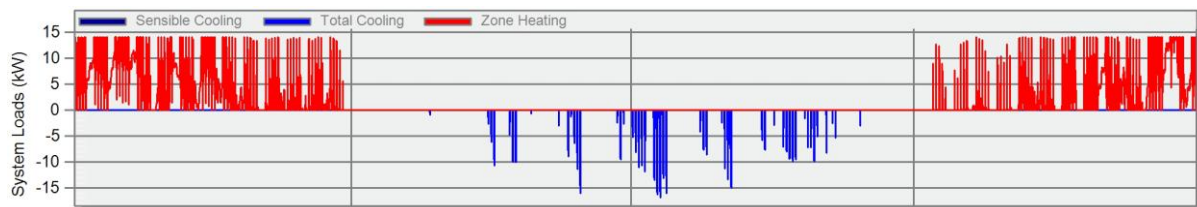
Дијаграм 56. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена индустрија



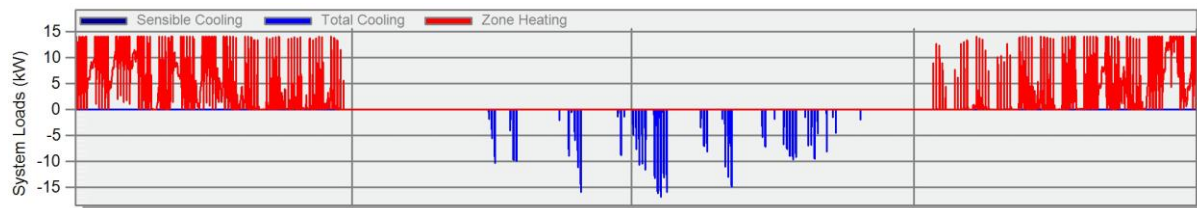
Дијаграм 57. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена индустрија



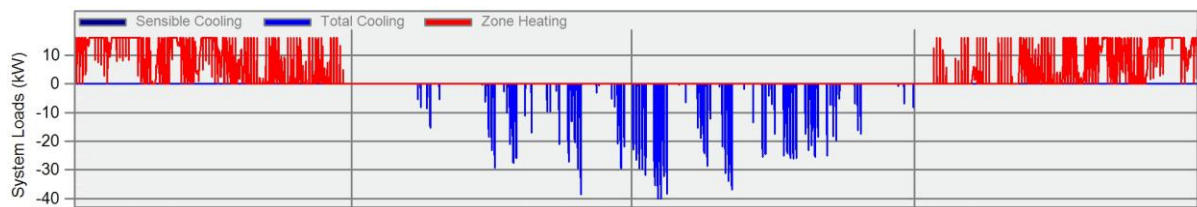
Дијаграм 58. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена индустрија



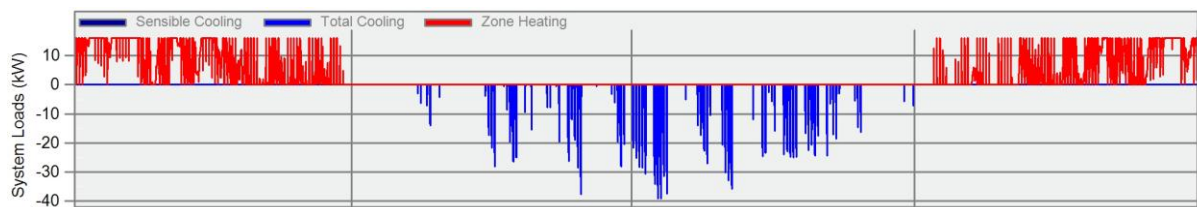
Дијаграм 59. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена индустрија



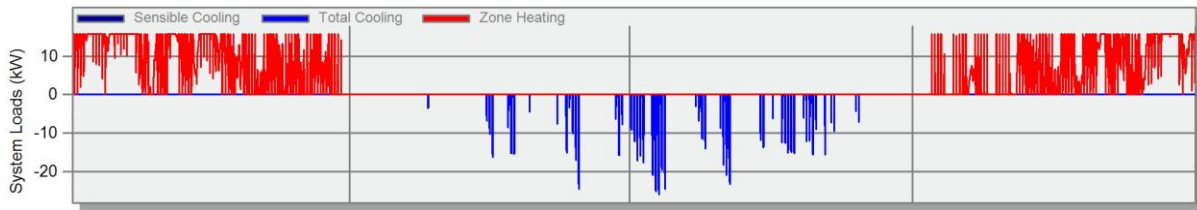
Дијаграм 60. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена индустрија



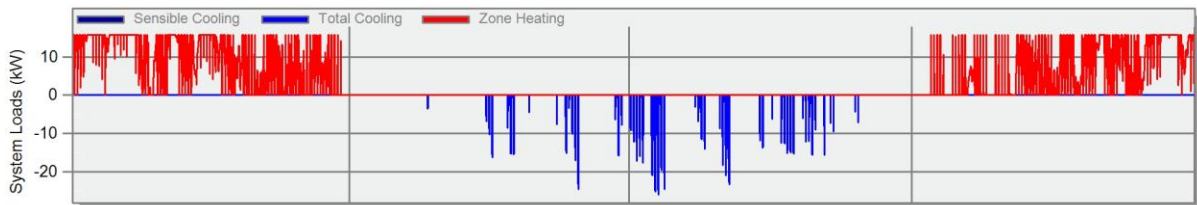
Дијаграм 61. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M3 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена индустрија



Дијаграм 62. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M3 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена индустрија



Дијаграм 63. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена индустрија

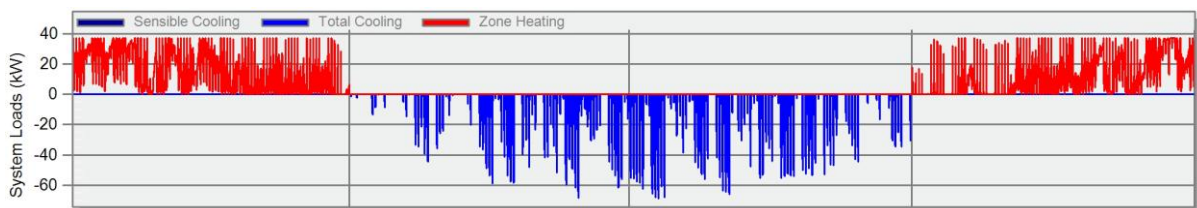


Дијаграм 64. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена индустрија

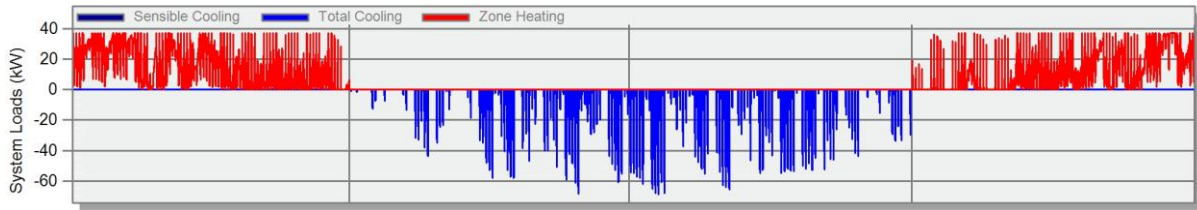
3.5.4.2. Месечна финална енергија за грејање и хлађење зграде - намена пословање

Енергија потребна за грејање и хлађење одабраних модела током године приказана је дијаграмима 65 – 76, за сваки модел, сценарио санације за намену пословања. Грејање и хлађење приказани су на једном дијаграму за један модел.

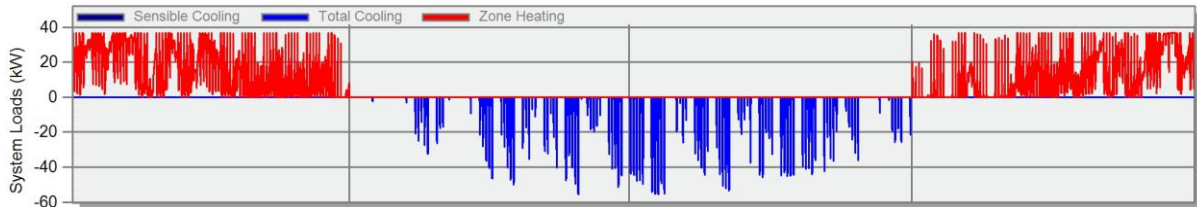
Евидентно је да се потребе за грејањем према алтернативним сценаријима санације малтене поклапају са резултатима приказаним према сценарију 2, као и у случају код намене индустрије. Јако мала разлика у потребној количини енергије за грејање према сценарију 2 у односу на алтернативна решења санације није јасно уочљива на наведеним дијаграмима. Основни разлог увођења алтернативних решења санације јесте првенствено ради смањења потребне енергије за хлађење зграде, што је постигнуто увођењем ноћне вентилације и сенила, чији је учинак јасно уочљив на дијаграмима 65 – 76.



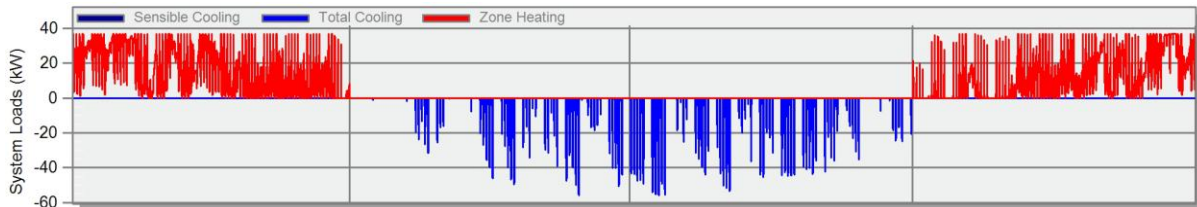
Дијаграм 65. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М1 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена пословање



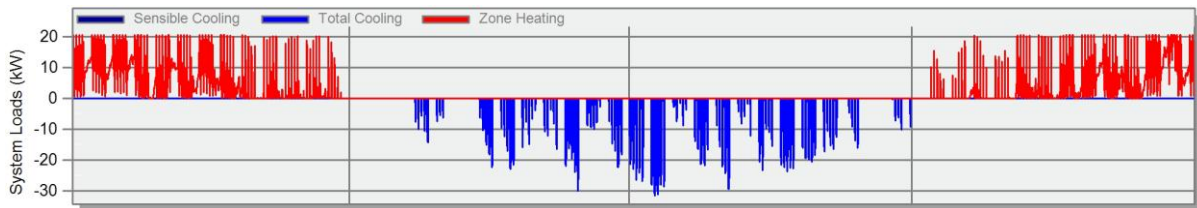
Дијаграм 66. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена пословање



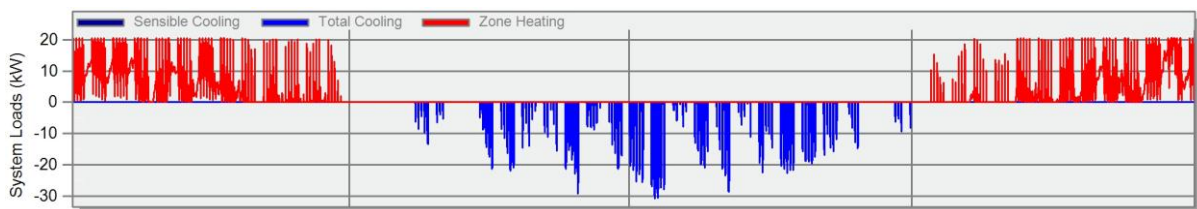
Дијаграм 67. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена пословање



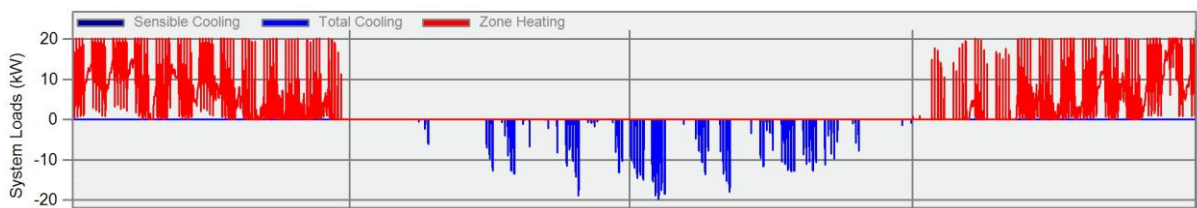
Дијаграм 68. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M1 за сваки месец током године – сценарио 2c [kWh] – намена пословање



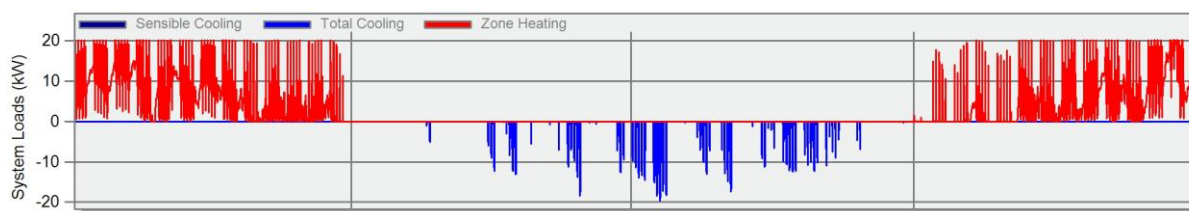
Дијаграм 69. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена пословање



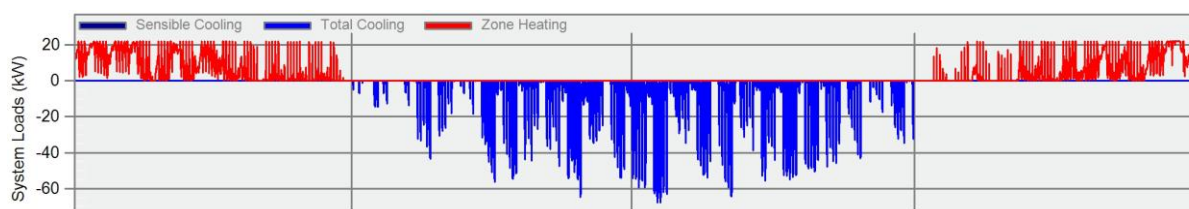
Дијаграм 70. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2a [kWh] – намена пословање



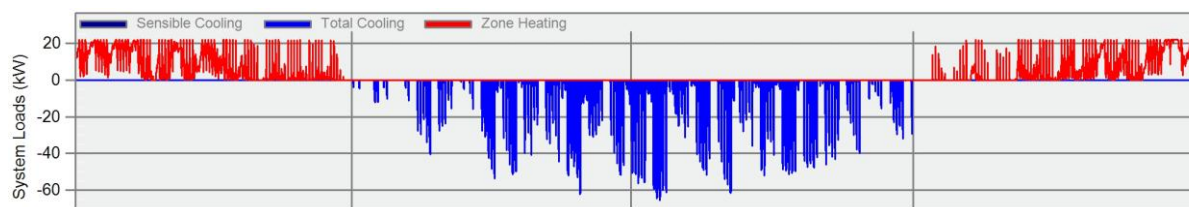
Дијаграм 71. Потребна енергија за грејање и хлађење модела M2 за сваки месец током године – сценарио 2b [kWh] – намена пословање



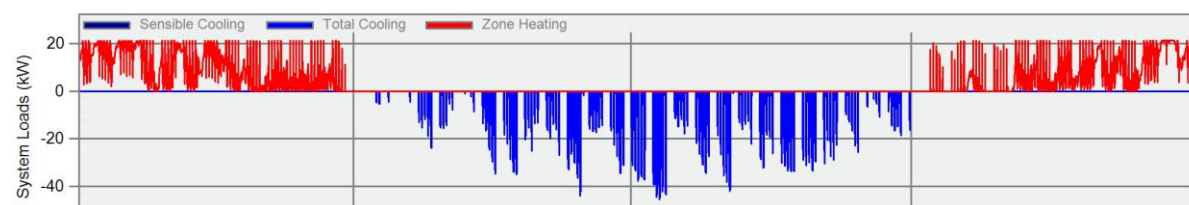
Дијаграм 72. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М2 за сваки месец током године – сценарио 2с [kWh] – намена пословање



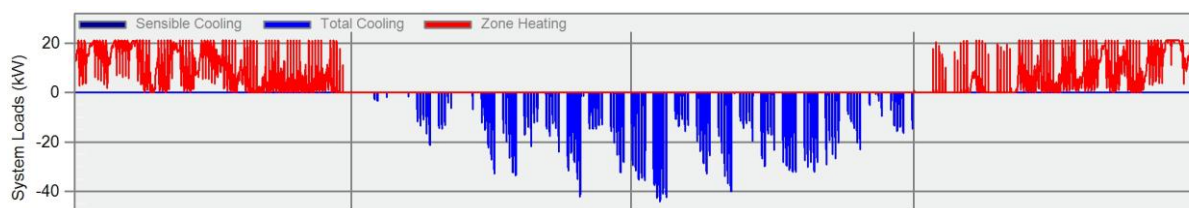
Дијаграм 73. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2 [kWh] – намена пословање



Дијаграм 74. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2а [kWh] – намена пословање



Дијаграм 75. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2б [kWh] – намена пословање



Дијаграм 76. Потребна енергија за грејање и хлађење модела М3 за сваки месец током године – сценарио 2с [kWh] – намена пословање

3.5.5. Интерни топлотни и соларни добици у зградама

Као што је претходно наведено, на сваку топлотну зону у објекту делују задата топлотна оптерећења од људи који у њој бораве и одају топлоту, као и од осветљења

и електричне опреме који су за сваку зону предвиђени.

У табелама 87 – 89 приказани су остварени добици топлоте од осветљења, електричне опреме и људи, заједно са оствареним соларним добицима за сваки модел посебно за намену индустрије.

Табела 87. Интерни и соларни добици топлоте модел М1 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	50,97	16,78	15,74	99,25
Сценарио 2а	50,97	16,78	15,74	99,25
Сценарио 2b	50,97	16,78	15,74	96,05
Сценарио 2c	50,97	16,78	15,74	96,05

Табела 88. Интерни и соларни добици топлоте модел М2 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	27,91	9,01	8,56	18,72
Сценарио 2а	27,91	9,01	8,56	18,72
Сценарио 2b	27,91	9,01	8,56	4,38
Сценарио 2c	27,91	9,01	8,56	4,38

Табела 89. Интерни и соларни добици топлоте модел М3 [MWh] - намена индустрија

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	24,01	8,00	7,58	25,48
Сценарио 2а	24,01	8,00	7,58	25,48
Сценарио 2b	24,01	8,00	7,58	7,83
Сценарио 2c	24,01	8,00	7,58	7,83

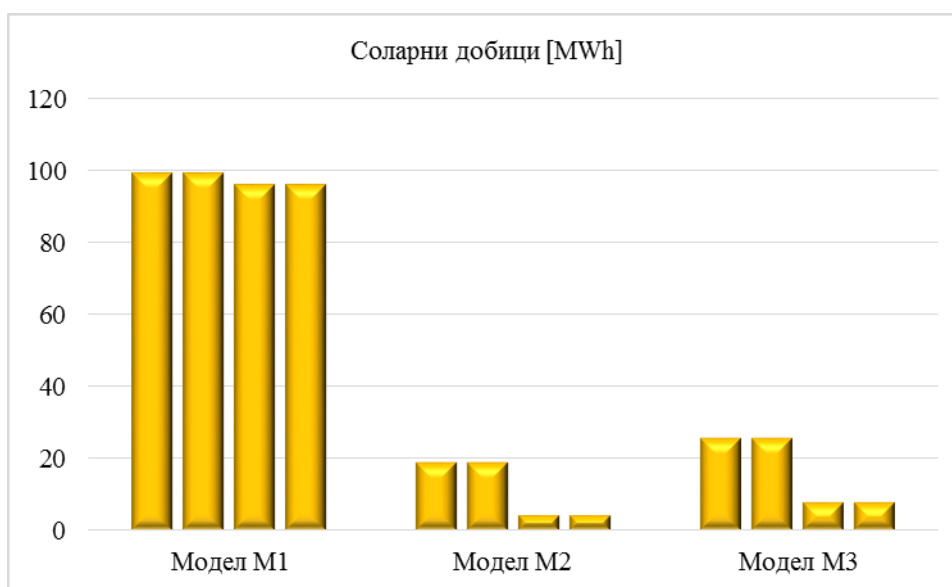
Добици од осветљења, електричне опреме и људи директно су пропорционални и условљени корисном површином објекта, док количина соларних добитака зависи од процента транспарентних површина на омотачу зграде, оријентације транспарентних површина, врсте застакљења и др. Обзиром да се површина објекта није мењала интерни добици остају исти и након алтернативних решења санације, док су соларни добици значајно мањи увођењем сенила као алтернативног решења. У складу са тим, у табели 90 дати су подаци о количини соларних добитака за све моделе и алтернативна решења санације сценарије санације за намену индустрије.

Табела 90. Соларни добици [MWh] - намена индустрија

Соларни добици [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	99,25	18,72	25,48
Сценарио 2а	99,25	18,72	25,48
Сценарио 2b	96,05	4,38	7,83
Сценарио 2c	96,05	4,38	7,83

На основу података у табели 89 констатујемо да се након санације посматраних модела остварена топлотна енергија путем соларних добитака значајно мења код сценарија 2b и сценарија 2c, у односу на стање према сценарију 2. Смањења енергије су по овом критеријуму од 3,22 – 76,60% у зависности од модела за сценарије санације 2b и 2c. Највеће смањење соларних добитака остварује модел М2 (76,60%), затим модел М3 (69,27%), док модел М1 остварује смањење за 3,22%.

На дијаграму 77 су приказани остварени соларни добици за све моделе и сценарије санације за намену индустрије.



Дијаграм 77. Соларни добици [MWh] - намена индустрија

У табелама 91 – 93 приказани су остварени добици топлоте од осветљења, електричне опреме и људи, заједно са оствареним соларним добицима за сваки модел посебно за намену пословне зграде, добијени симулацијом за параметре који су задати приликом пројектовања. Ови подаци могу се модификовати у зависности од уграђених система (нпр. LED расвета, ефикасни електрични уређаји и сл.).

У свим прорачунима потребне енергије за грејање и хлађење за све моделе узети су у обзир топлотни добици од осветљења, електричне опреме, људи и Сунца збрајани су са осталим добицима.

Табела 91. Интерни и соларни добици топлоте модел М1 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	47,33	27,49	14,21	105,11
Сценарио 2a	47,33	27,49	14,21	105,11
Сценарио 2b	47,33	27,49	14,21	91,24
Сценарио 2c	47,33	27,49	14,21	91,24

Табела 92. Интерни и соларни добици топлоте модел М2 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	29,99	17,45	9,44	22,57
Сценарио 2а	29,99	17,45	9,44	22,57
Сценарио 2b	29,99	17,45	9,44	7,97
Сценарио 2c	29,99	17,45	9,44	7,97

Табела 93. Интерни и соларни добици топлоте модел М3 [MWh] - намена пословање

Стање зграде	Осветљење [MWh]	Електрична опрема [MWh]	Људи [MWh]	Соларни добици [MWh]
Сценарио 2	44,46	26,33	15,50	40,65
Сценарио 2а	44,46	26,33	15,50	40,65
Сценарио 2b	44,46	26,33	15,50	14,95
Сценарио 2c	44,46	26,33	15,50	14,95

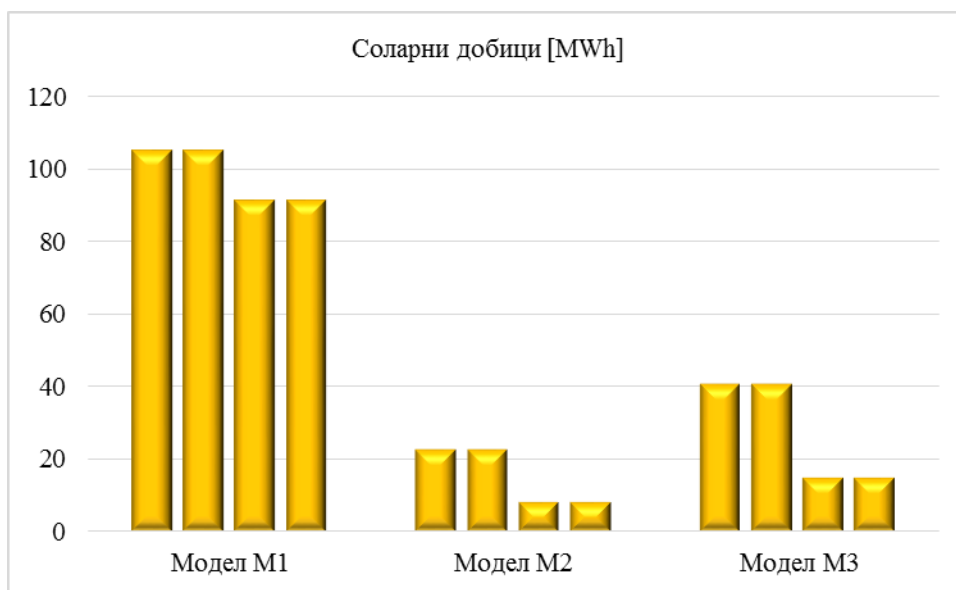
Добици од осветљења, електричне опреме и људи директно су пропорционални и условљени корисном површином објекта, док количина соларних добитака зависи од процента транспарентних површина на омотачу зграде, оријентације транспарентних површина, врсте застакљења и др. Обзиром да се површина објекта није мењала интерни добици остају исти и након алтернативних решења санације, док су соларни добици значајно мањи увођењем сенила као алтернативног решења. У складу са тим, у табели 94 дати су подаци о количини соларних добитака за све моделе и алтернативна решења санације за намену индустрије.

Table 94. Соларни добици [MWh] - намена пословање

Соларни добици [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	105,11	22,57	40,65
Сценарио 2а	105,11	22,57	40,65
Сценарио 2b	91,24	7,97	14,95
Сценарио 2c	91,24	7,97	14,95

На основу података у табели 94 констатујемо да се након санације посматраних модела остварена топлотна енергија путем соларних добитака значајно мења код сценарија 2b и сценарија 2c, у односу на стање према сценарију 2. Смањења енергије су по овом критеријуму од 13,20 – 64,69 % у зависности од модела за сценарије санације 2b и 2c. Највеће смањење соларних добитака остварује модел М2 (64,69%), затим модел М3 (63,22%), док модел М1 остварује смањење за 13,20%.

На дијаграму 78 су приказани остварени соларни добици за све моделе и сценарије санације за намену пословне зграде.



Дијаграм 78. Соларни добици [MWh] - намена пословање

3.5.6. Анализа емисије угљен-диоксида

Смањење потрошње енергије у зградама веома је битно са аспекта заштите животне средине. У овом делу рада се очекује значајан допринос смањења количине потребне примарне енергије и смањења емисије угљен-диоксида.

Количина примарне енергије за изабране моделе приказана је у табели 95 за грејање и у табели 96 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 95. Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a] - намена индустрија

Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Сценарио 2	48,40	12,22	31,25
Сценарио 2a	48,40	12,22	31,25
Сценарио 2b	51,57	14,92	35,72
Сценарио 2c	51,57	14,92	35,72

Количина годишње примарне енергије за грејање објекта директно је пропорционална потребној финалној енергији за грејање зграде. У складу са тим, овде се бележе незнатна повећања потребне примарне енергије за сценарије 2b и 2c.

Табела 96. Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија

Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Сценарио 2	42,64	13,68	17,60
Сценарио 2a	40,29	12,61	15,95
Сценарио 2b	32,00	3,51	7,03
Сценарио 2c	30,42	3,27	6,38

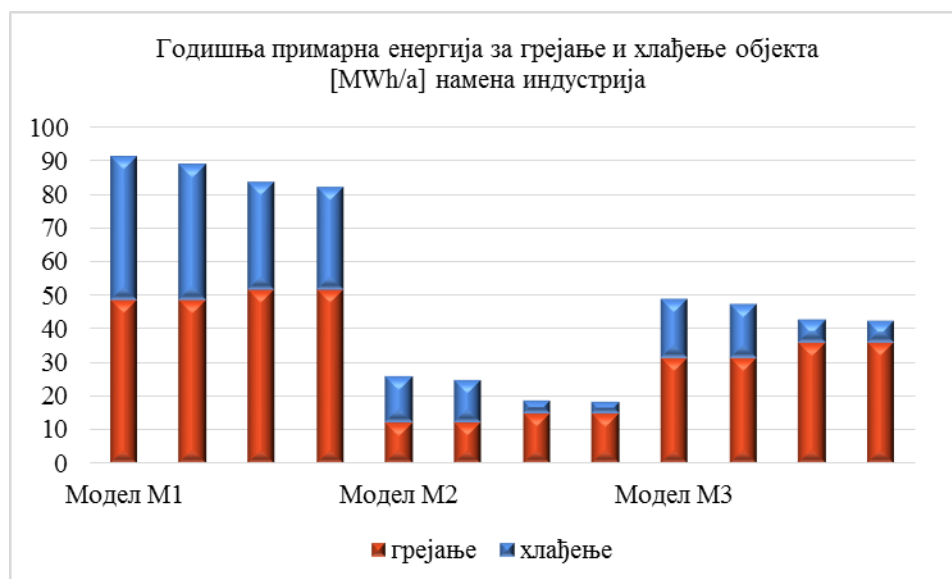
Количина годишње примарне енергије за хлађење објекта такође је директно пропорционална потребној финалној енергији за хлађење зграде. Због високог коефицијента конверзије електричне енергије као енергента за хлађење зграде, примарна енергија за хлађење ће имати велики утицај на поредак према укупној примарној енергији за све моделе.

Укупна количина примарне енергије за грејање и хлађење за изабране моделе индустријских објеката приказана је у табели 97.

Табела 97. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија

Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	91,04	25,91	48,85
Сценарио 2а	88,70	24,84	47,20
Сценарио 2б	83,58	18,43	42,75
Сценарио 2с	82,00	18,19	42,10

Увидом у укупну потрошњу примарне годишње потребне енергије за грејање и хлађење зграде (табела 97) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајне уштеде примарне енергије. Наиме укупна примарна енергија потребна за грејање и хлађење објекта значајно је нижа након алтернативних санације у односу на енергију потребну за стање зграде након санације према сценарију 2. Након алтернативних санације потребна количина укупне примарне енергије за грејање и хлађење се смањује од 2,58 – 29,77 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације. Наиме, према сценарију 2а, санацијом омотача зграде потрошња годишње потребне примарне енергије умањује се за 2,58% за модел М1, 4,13% за модел М2 и 3,38% за модел М3. Према сценарију 2б потрошња годишње потребне примарне енергије умањује се 8,21% за модел М1, 28,84% за модел М2 и 12,49% за модел М3. Према сценарију 2с потрошња годишње потребне примарне енергије умањује се 9,94% за модел М1, 29,77% за модел М2 и 13,82% за модел М3 (дијаграм 79).



Дијаграм 79. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена индустрија

Количина примарне енергије за изабране моделе индустријских објеката када се врши пренамена објекта у пословну зграду приказана је у табели 98 за грејање и у табели 99 за хлађење.

Табела 98. Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a] - намена пословање

Годишња примарна енергија за грејање објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	63,82	19,33	31,45
Сценарио 2а	63,82	19,33	31,45
Сценарио 2b	68,37	24,03	36,54
Сценарио 2c	68,37	24,03	36,54

Количина годишње примарне енергије за грејање објекта директно је пропорционална потребној финалној енергији за грејање зграде. У складу са тим, овде се бележе незнатна повећања потребне примарне енергије за сценарије 2b и 2c.

Табела 99. Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање

Годишња примарна енергија за хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	61,47	22,08	81,10
Сценарио 2а	58,69	19,98	71,08
Сценарио 2b	40,37	7,79	39,75
Сценарио 2c	38,75	7,08	35,26

Количина годишње примарне енергије за хлађење објекта такође је директно пропорционална потребној финалној енергији за хлађење зграде. Као и у случају за

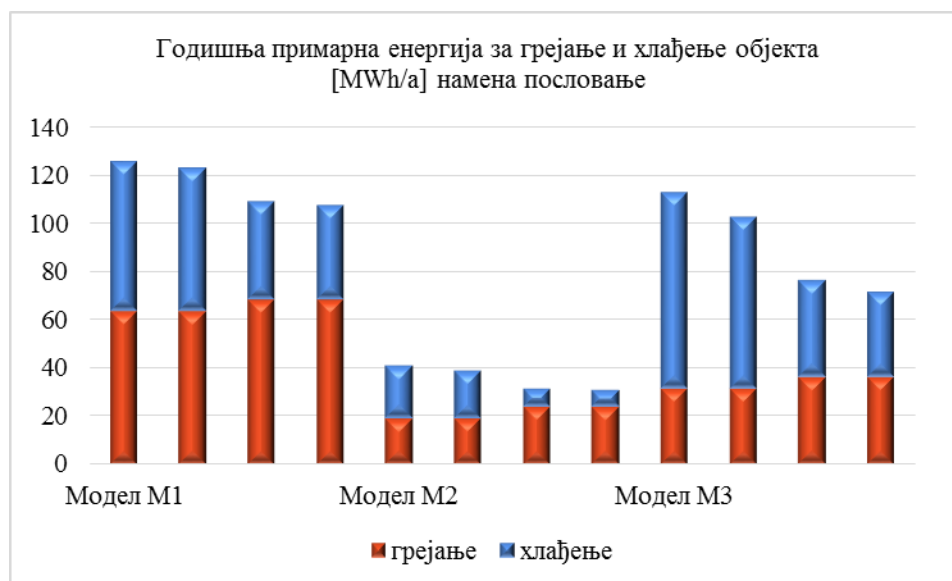
намену индустрије, због високог коефицијента конверзије електричне енергије као енергента за хлађење зграде, примарна енергија за хлађење ће имати велики утицај на поредак према укупној примарној енергији за све моделе.

Укупна количина примарне енергије за грејање и хлађење за изабране моделе индустријских објеката приказана је у табели 100.

Табела 100. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање

Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	125,28	41,41	112,55
Сценарио 2а	122,51	39,31	102,54
Сценарио 2б	108,73	31,82	76,30
Сценарио 2с	107,12	31,10	71,80

Увидом у укупну потрошњу примарне годишње потребне енергије за грејање и хлађење зграде (табела 100) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајне уштеде енергије. Наиме, укупна примарна енергија потребна за грејање и хлађење објекта значајно је нижа након алтернативних санације у односу на енергију потребну за стање зграде након санације према сценарију 2. Након алтернативних санације потребна количина укупне примарне енергије за грејање и хлађење се смањује од 2,22 - 36,21 % у зависности од посматраног модела и сценарија санације. Наиме, према сценарију 2а, санацијом омотача зграде количина годишње примарне енергије умањује се за 2,22 % за модел М1, 5,07 % за модел М2 и 8,90 % за модел М3. Према сценарију 2б количина годишње примарне енергије умањује се 13,21 % за модел М1, 23,16 % за модел М2 и 32,22 % за модел М3. Према сценарију 2с количина годишње примарне енергије умањује се 14,50 % за модел М1, 24,87 % за модел М2 и 36,21 % за модел М3 (дијаграм 80).



Дијаграм 80. Годишња примарна енергија за грејање и хлађење објекта [MWh/a] - намена пословање

Количина годишње емисије CO₂ за изабране моделе приказана је у табели 101 за грејање и у табели 102 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 101. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	9,68	2,44	6,25
Сценарио 2a	9,68	2,44	6,25
Сценарио 2b	10,31	2,98	7,14
Сценарио 2c	10,31	2,98	7,14

Повећања емисије CO₂ за грејање објекта директно су пропорционална повећањима потребне финалне енергије за грејање зграде.

Табела 102. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена индустрија

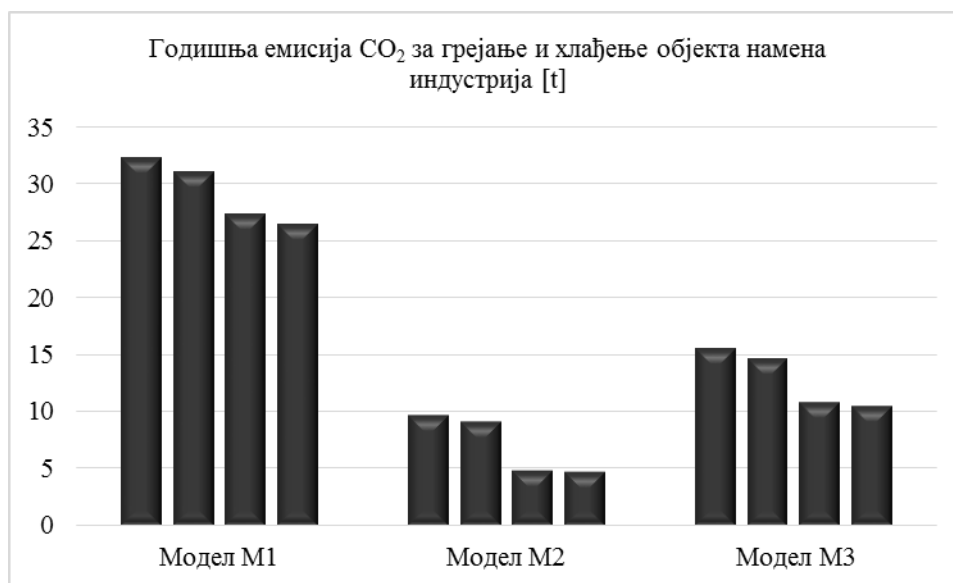
Годишња емисија CO ₂ за хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	22,60	7,25	9,33
Сценарио 2a	21,35	6,69	8,46
Сценарио 2b	16,96	1,86	3,72
Сценарио 2c	16,12	1,73	3,38

Смањења емисије CO₂ за хлађење објекта директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за хлађење зграде. У овом делу рада се очекује изванредан допринос у погледу очувања животне средине.

Табела 103. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта [t]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Сценарио 2	32,28	9,70	15,58
Сценарио 2a	31,04	9,13	14,71
Сценарио 2b	27,28	4,85	10,87
Сценарио 2c	26,44	4,72	10,52

На основу количине укупне годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење зграде (табела 103) закључује се да се оваквим приступом алтернативних решења санације омотача зграде могу остварити велика смањења емисије угљен-диоксида и то од 3,84 % до 51,34 % у односу на стање зграде након санације према сценарију 2. Наиме, према сценарију 2a, санацијом омотача зграде емисија CO₂ умањује се за 3,84 % за модел M1, 5,88 % за модел M2 и 5,58 % за модел M3. Према сценарију 2b годишња емисија CO₂ умањује се за 15,49 % за модел M1, 50,00 % за модел M2 и 30,23% за модел M3. Према сценарију 2c годишња емисија CO₂ умањује се за 18,09 % за модел M1, 51,34 % за модел M2 и 32,48 % за модел M3 (дијаграм 81).

**Дијаграм 81.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена индустрија

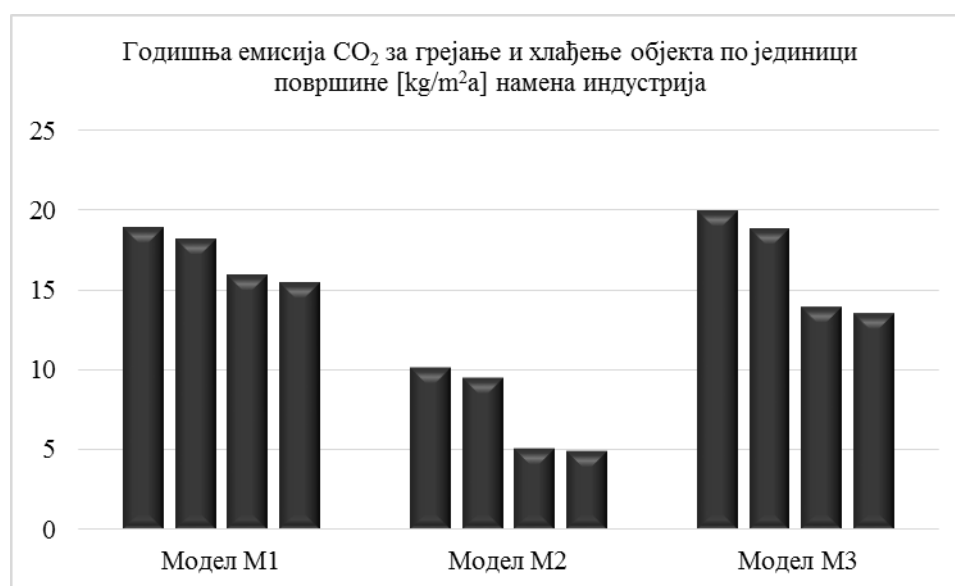
Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици површине приказана је у табели 104 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 104. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m ² a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	18,84	10,07	19,92
Сценарио 2a	18,12	9,48	18,81
Сценарио 2b	15,92	5,03	13,90
Сценарио 2c	15,43	4,90	13,46

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици површине (табела 104) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајна смањења емисије CO₂. Након предложених алтернативних решења санације укупна годишња емисија CO₂ се смањује пропорционално умањењу укупне годишње емисије CO₂.

На дијаграму 82 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине за намену индустрије.



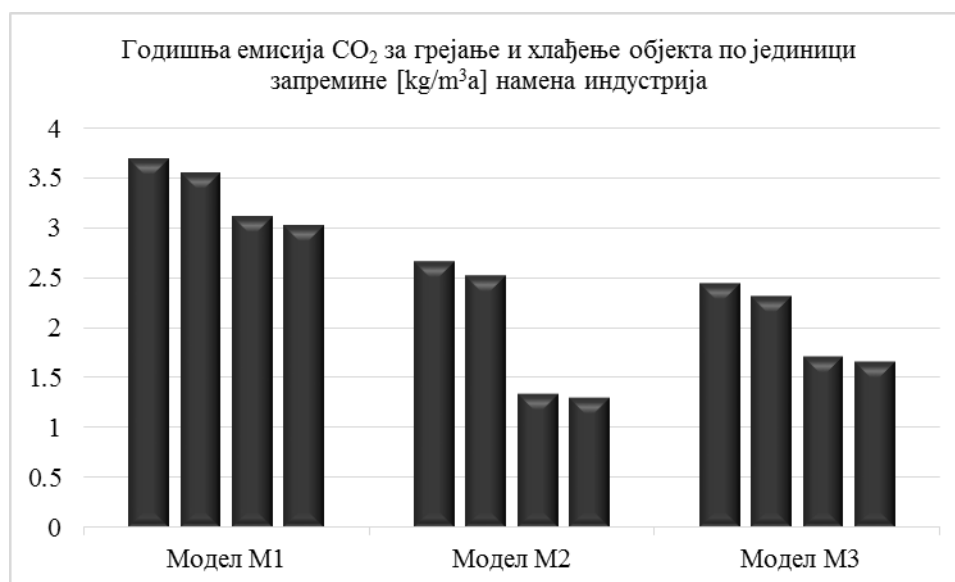
Дијаграм 82. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија

Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици запремине приказана је у табели 105 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену индустријских објеката.

Табела 105. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена индустрија

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m ³ a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	3,69	2,66	2,44
Сценарио 2a	3,54	2,51	2,31
Сценарио 2b	3,11	1,33	1,70
Сценарио 2c	3,02	1,30	1,65

Након предложених алтернативних решења санације укупна годишња емисија CO₂ се, према овом критеријуму, смањује пропорционално умањењу укупне годишње емисије CO₂.

**Дијаграм 83.** Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена индустрија

Количина годишње емисије CO₂ за изабране моделе приказана је у табели 106 за грејање и у табели 107 за хлађење. Приказани резултати се односе на намену пословне зграде.

Табела 106. Годишња емисија CO₂ за грејање објекта - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	12,76	3,87	6,29
Сценарио 2a	12,76	3,87	6,29
Сценарио 2b	13,67	4,81	7,31
Сценарио 2c	13,67	4,81	7,31

Повећања емисије CO₂ за грејање објекта директно су пропорционална повећањима потребне финалне енергије за грејање зграде.

Табела 107. Годишња емисија CO₂ за хлађење објекта - намена пословање

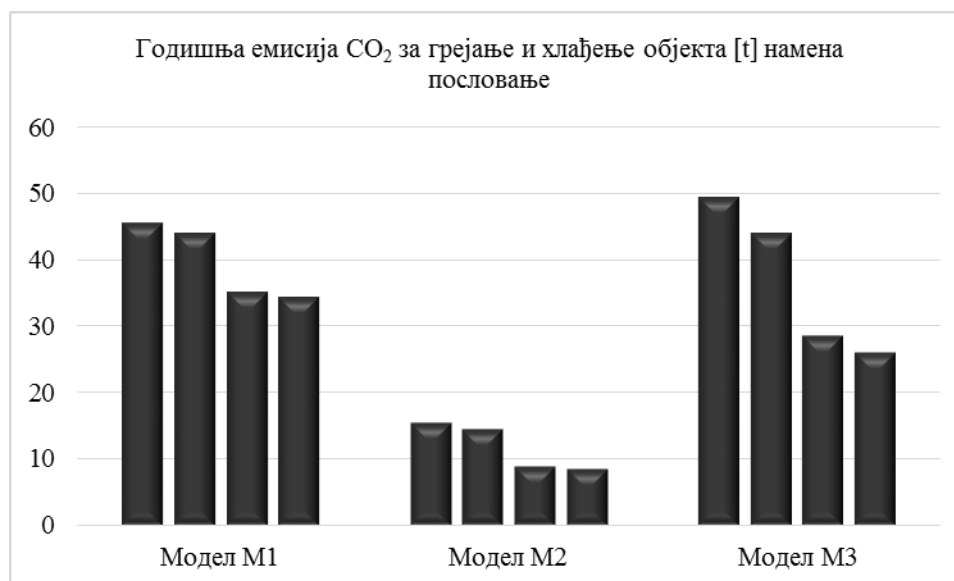
Годишња емисија CO ₂ за хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	32,58	11,70	42,98
Сценарио 2а	31,10	10,59	37,67
Сценарио 2b	21,39	4,13	21,07
Сценарио 2c	20,54	3,75	18,69

Смањења емисије CO₂ за хлађење објекта директно су пропорционална смањењима потребне финалне енергије за хлађење зграде. Као и за намену индустрије, у овом делу рада се очекује изванредан допринос у погледу очувања животне средине.

Табела 108. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта [t]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	45,34	15,57	49,27
Сценарио 2а	43,87	14,46	43,97
Сценарио 2b	35,07	8,94	28,38
Сценарио 2c	34,21	8,56	26,00

На основу количине укупне годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење зграде (табела 108) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата могу остварити велика смањења емисије угљен-диоксида и то од 3,24 % до 47,23 % у односу на стање зграде након санације према сценарију 2. Наиме, према сценарију 2а, санацијом омотача зграде емисија CO₂ умањује се за 3,24 % за модел М1, 7,13 % за модел М2 и 10,76 % за модел М3. Према сценарију 2b годишња емисија CO₂ умањује се за 22,65 % за модел М1, 42,58 % за модел М2 и 42,40 % за модел М3. Према сценарију 2c годишња емисија CO₂ умањује се за 24,55 % за модел М1, 45,02 % за модел М2 и 47,23 % за модел М3 (дијаграм 84).



Дијаграм 84. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта [t] - намена пословање

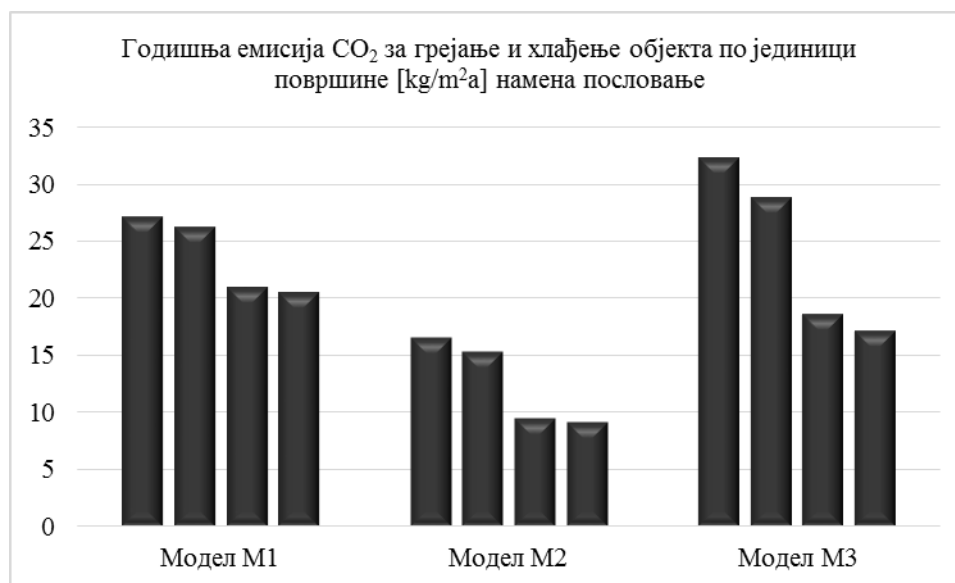
Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици површине приказана је у табели 109 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену пословне зграде.

Табела 109. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m ² a]	Модел М1	Модел М2	Модел М3
Сценарио 2	27,07	16,48	32,25
Сценарио 2a	26,19	15,31	28,78
Сценарио 2b	20,94	9,46	18,58
Сценарио 2c	20,43	9,06	17,02

На основу укупне годишње емисије CO₂ по јединици површине (табела 109) закључује се да се оваквим начином исказивања резултата остварују значајна смањења емисије CO₂. Након предложених алтернативних решења санације укупна годишња емисија CO₂ по јединици површине се смањује пропорционално умањењу укупне годишње емисије CO₂.

На дијаграму 85 су приказане укупне количине годишње емисије CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине за намену пословне зграде.



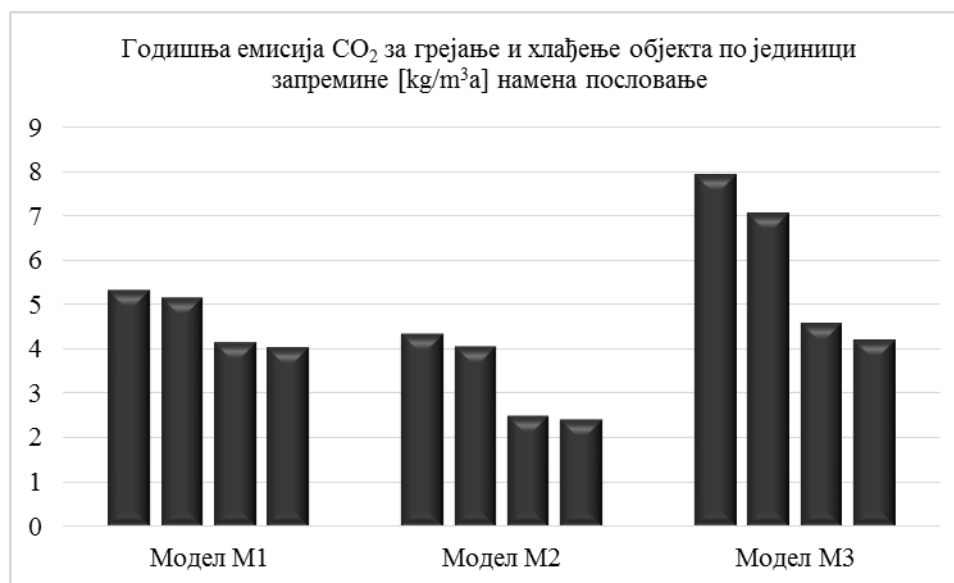
Дијаграм 85. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m²a] - намена пословање

Количина емисије CO₂ за изабране моделе по јединици запремине приказана је у табели 110 за грејање и хлађење. Приказани резултати се односе на намену пословних зграда.

Табела 110. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена пословање

Годишња емисија CO ₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m ³ a]	Модел M1	Модел M2	Модел M3
Сценарио 2	5,32	4,34	7,92
Сценарио 2a	5,15	4,03	7,06
Сценарио 2b	4,12	2,49	4,56
Сценарио 2c	4,02	2,38	4,18

Након предложених алтернативних решења санације укупна годишња емисија CO₂ се, према овом критеријуму, смањује пропорционално умањењу укупне годишње емисије CO₂.



Дијаграм 86. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици запремине [kg/m³a] - намена пословање

3.6. Дискусија

У поглављима 3.1. – 3.5. приказани су резултати енергетских симулација различитих сценарија санације на моделима одабраних типова индустријских објеката. У првом делу је представљено два сценарија санације индустријских објеката од којих је један чинио класичан приступ санацији омотача зграде са унапређењем транспарентног и нетранспарентног дела омотача, док је други садржао примену двоструке фасаде као елемента пасивне соларне архитектуре и њен допринос допринос у енергетском билансу зграде у односу на постојеће стање зграде. Изабрана су три основна модела индустријских објеката:

- Модел М1: индустријска хала са шед кровном конструкцијом
- Модел М2: индустријска хала са косим кровом
- Модел М3: индустријска хала са равним кровом

Сва три одабрана модела подвргнута су испитивању могућности унапређења енергетских карактеристика омотача зграде руководећи се сценаријима санације идентично за сваки модел. Приликом израде енергетског модела испитане су могућности санације објекта који задржава своју првобитну функцију и објекта који предлогом пренамене простора мења функцију у зграду пословне намене. Тим поводом

је као параметар задат исти временски режим коришћења простора ради могућности поређења резултата за једну и другу намену.

У другом делу, испитане су могућности унапређења система двоструке фасаде ради смањења потребне енергије за хлађење и смањења емисије угљен-доксида. Према већ примењеном сценарију 2, увођењем ноћне вентилације и сенила испитана су три алтернативна решења енергетске санације објекта са применом двоструке фасаде.

За дискусију у овом поглављу, као најрелевантнији, користиће се подаци о потребној финалној енергији за грејање и хлађење по јединици површине и по јединици запремине, подаци о потребној примарној енергији по јединици површине и емисији угљен-диоксида по јединици површине.

Резултати свих испитаних сценарија санације, укључујући и алтернативна решења, за сва три модела и обе намене објекта, који представљају релевантан податак за поређење учинка унапређења енергетских карактеристика омотача зграде, приказани су у табели 111.

Дијаграмом 87 представљени су резултати енергетских симулација потребних количина енергије за грејање по јединици површине за све моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.

Табела 111. Сумирани резултати релевантни за дискусију

модел	сценарио	грејање kWh/m ²	грејање kWh/m ³	хлађење kWh/m ²	хлађење kWh/m ³	примарна енергија MWh	примарна енергија kWh/m ²	емисија CO ₂ kWh/m ²	емисија CO ₂ [t]
М1 - индустрија	0	117,05	21,88	13,93	2,60	271,19	163,59	44,21	73,29
	1	28,44	5,53	12,44	2,42	103,43	62,39	22,74	37,70
	2	25,69	5,02	9,96	1,95	91,04	53,15	18,84	32,28
	2a	25,69	5,02	9,41	1,84	88,70	51,77	18,12	31,04
	2b	27,37	5,35	7,47	1,46	83,58	48,79	15,92	27,28
	2c	27,37	5,35	7,10	1,39	82,00	47,86	15,43	26,44
М1 - пословање	0	151,92	28,55	17,83	3,35	341,10	211,69	57,05	91,92
	1	41,62	8,14	18,88	3,69	150,24	92,98	34,17	55,21
	2	34,64	6,81	14,68	2,89	125,29	74,80	27,07	45,34
	2a	34,64	6,81	14,02	2,76	122,51	73,15	26,19	43,87
	2b	37,11	7,29	9,64	1,90	108,73	64,92	20,94	35,07
	2c	37,11	7,29	9,25	1,82	107,12	63,96	20,43	34,21
М2 - индустрија	0	124,22	29,32	17,58	4,15	168,42	180,59	50,62	47,21
	1	12,54	3,26	3,51	0,91	20,49	22,58	7,42	6,73
	2	11,54	3,05	5,68	1,50	25,91	26,90	10,07	9,70
	2a	11,54	3,05	5,24	1,39	24,84	25,79	9,48	9,13
	2b	14,09	3,73	1,46	0,39	18,43	19,14	5,03	4,85
	2c	14,09	3,73	1,36	0,36	18,19	18,89	4,90	4,72
М2 - пословање	0	161,49	38,28	17,09	4,05	201,42	220,35	58,17	53,17
	1	19,87	5,19	5,95	1,55	32,65	36,74	12,26	10,90
	2	18,60	4,90	9,35	2,46	41,41	43,84	16,48	15,57
	2a	18,60	4,90	8,46	2,23	39,31	41,62	15,31	14,46
	2b	23,12	6,09	3,30	0,87	31,82	33,68	9,46	8,94
	2c	23,12	6,09	3,00	0,79	31,10	32,93	9,06	8,56
М3 - индустрија	0	165,00	19,74	14,31	1,71	166,59	217,28	55,26	42,37
	1	42,35	5,17	8,59	1,05	50,80	68,07	20,70	15,45
	2	36,33	4,46	9,00	1,10	48,85	62,47	19,92	15,58
	2a	36,33	4,46	8,16	1,00	47,20	60,37	18,81	14,71
	2b	41,54	5,09	3,59	0,44	42,75	54,67	13,90	10,87
	2c	41,54	5,09	3,26	0,40	42,10	53,84	13,46	10,52
М3 - пословање	0	99,50	24,29	23,69	5,78	254,26	168,68	53,28	80,31
	1	22,61	5,62	22,21	5,52	118,75	80,41	34,41	50,82
	2	18,72	4,59	21,23	5,21	112,55	73,68	32,25	49,27
	2a	18,72	4,59	18,61	4,57	102,54	67,12	28,78	43,97
	2b	21,74	5,34	10,41	2,55	76,30	49,94	18,58	28,38
	2c	21,74	5,34	9,23	2,27	71,80	47,00	17,02	26,00



Дијаграм 87. Потребна количина финалне енергије за грејање по јединици површине [kg/m²a] - намена индустрија и пословање

На дијаграму су означени сценарији санације ознакама од 0 до 2c где ознака „0“ означава постојеће стање зграде, а остале ознаке означавају сценарије санације које су претходно наведене у раду. На дијаграму су графички представљени резултати за обе намене, где податак позициониран лево јесте податак за намену индустрије, а податак десно јесте податак пренамене у пословну зграду. Први скуп података (лево од 0 до 2c) представља податке за модел M1, други скуп података (средина од 0 до 2c) представља податке за модел M2 и трећи скуп података (десно од 0 до 2c) представља податке за модел M3.

Исти концепт збирног графичког приказа резултата у овом поглављу коришћен је и на осталим дијаграмима, тако да ово објашњење важи за све дијаграме у поглављу 3.6.

Увидом у резултате приказане у табели 110 и на дијаграму 87 евидентно да се наведеним сценаријима санације остварују значајне уштеде потребне финалне енергије за грејање по јединици површине код свих модела индустријских зграда и за обе намене, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Увидом у резултате можемо констатовати да је најмање енергије по овом критеријуму, за намену индустрије, потребно за модел M2 санираном према сценарију 2 и 2a (11,54 kWh/m²), који укључују примену двоструке фасаде. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање енергије је потребно за модел M2 санираном према

сценаријима 2 и 2а ($18,60 \text{ kWh/m}^2$), са врло малом разликом у односу на модел М3 ($18,72 \text{ kWh/m}^2$) за исти сценарио санације. Према овом критеријуму, за сценарио санације који икључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М1 и модел М3, док би за намену пословања поредак био модел М2, затим модел М3 и на крају модел М1.

Ако посматрамо само моделе појединачно, за моделе М1 и М2 је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације, док је за модел М3 адекватније да се изврши пренамена у пословање, са значајном разликом, што је проистекло из могућности да се уведе додатна етажа чиме би се значајно повећала корисна површина објекта.

Дијаграмом 88 представљени су резултати енергетских симулација потребних количина енергије за грејање по јединици запремине за све моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.



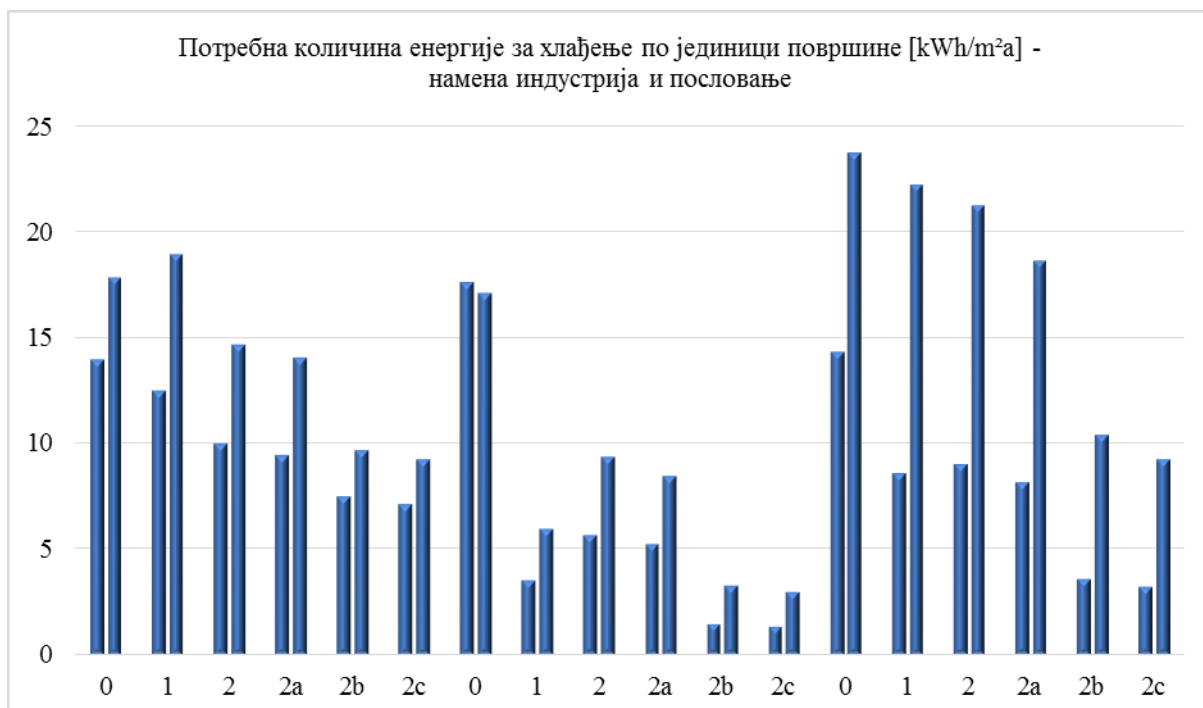
Дијаграм 88. Потребна количина енергије за грејање по јединици запремине [$\text{kg/m}^3\text{a}$] - намена индустрија и пословање

Увидом у резултате приказане у табели 110 и на дијаграму 88 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајне уштеде потребне финалне енергије за грејање по јединици запремине код свих модела индустријских зграда и за обе намене, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима.

Увидом у резултате можемо констатовати да је најмање енергије по овом критеријуму, за намену индустрије, потребно за модел М2 санираном према сценаријима 2 и 2а ($3,05 \text{ kWh/m}^3$), који укључују примену двоструке фасаде. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање енергије је потребно за модел М3 санираном према сценаријима 2 и 2а ($4,59 \text{ kWh/m}^3$). Према овом критеријуму, за сценарио санације који укључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, док би за намену пословања поредак био модел М3, затим модел М2 и на крају модел М1.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације. Код свих модела евидентно је да је пренаменом објекта пре и након санације зграде са енергетског аспекта према овом критеријуму прихватљивије задржавање функције индустријског објекта.

Дијаграмом 89 представљени су резултати енергетских симулација потребних количина финалне енергије за хлађење по јединици површине за све моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.

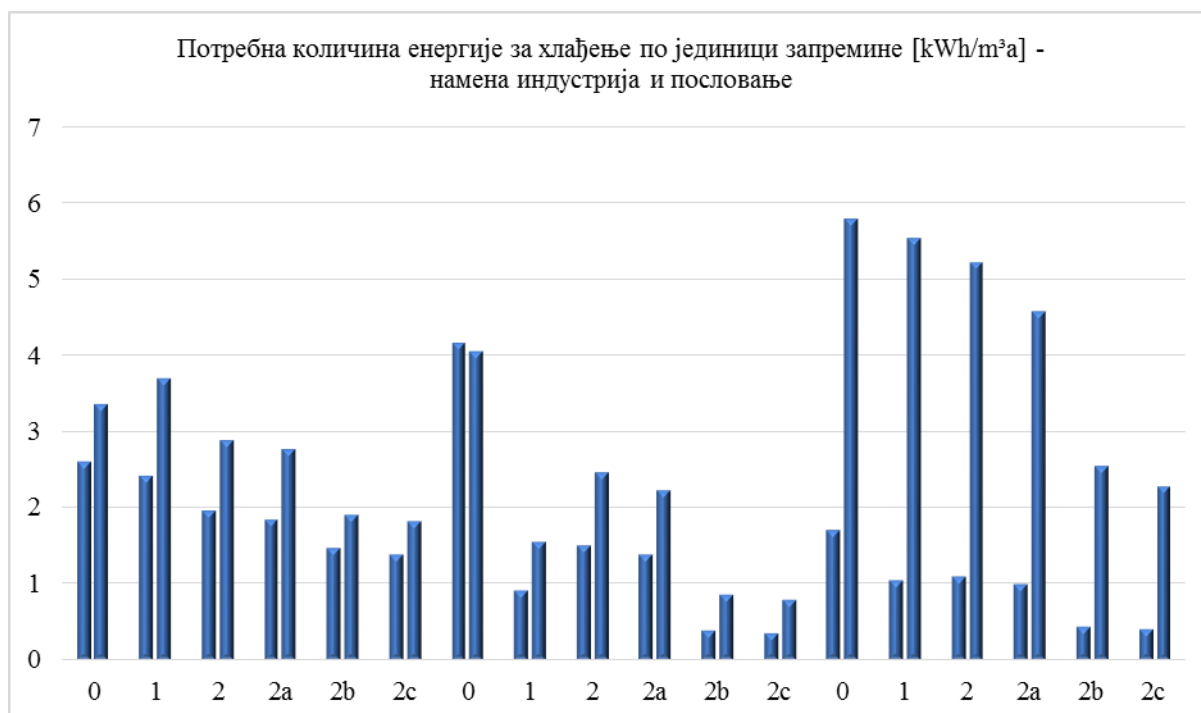


Дијаграм 89. Потребна количина енергије за хлађење по јединици површине [$\text{kg/m}^2\text{a}$] - намена индустрија и пословање

Увидом у резултате приказане у табели 110 и на дијаграму 89 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајна смањења потребне финалне енергије за хлађење по јединици површине код свих модела индустријских зграда и за обе намене, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Увођењем алтернативних решења при санацији објеката који садрже двоструку фасаду, значајно је смањена потребна количина потребне финалне енергије за хлађење према овом критеријуму. Наиме, увидом у резултате можемо констатовати да је најмање енергије по овом критеријуму, за намену индустрије, потребно за модел М2 санираном према сценарију 2с (1,36 kWh/m²), који укључује примену двоструке фасаде са фиксним брисолејима и ноћном вентилацијом као алтернативним решењем. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање енергије је такође потребно за модел М2 санираном према сценарију 2с (3,00 kWh/m²). Према овом критеријуму, за сценарио санације који укључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, за намену пословања такође поредак би био модел М2, затим модел М3 и на крају модел М1.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације осим за модел М2 у случају постојећег стања омотача зграде.

Дијаграмом 90 представљени су резултати енергетских симулација потребних количина финалне енергије за хлађење по јединици запремине за све моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.



Дијаграм 90. Потребна количина енергије за хлађење по јединици запремине [kWh/m³a] - намена индустрија и пословање

Увидом у резултате приказане у табели 110 и на дијаграму 90 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајна смањења потребне финалне енергије за хлађење по јединици запремине код свих модела индустријских зграда и за обе намене, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Увођењем алтернативних решења при санацији објеката који садрже двоструку фасаду, значајно је смањена потребна количина потребне енергије за хлађење према овом критеријуму. Наиме, увидом у резултате можемо констатовати да је најмање енергије по овом критеријуму, за намену индустрије, потребно за модел М2 санираном према сценарију 2с (0,36 kWh/m³), који укључује примену двоструке фасаде са фиксним брисолејима и ноћном вентилацијом као алтернативним решењем. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање енергије је потребно за модел М2 санираном према сценарију 2с (0,79 kWh/m³). Према овом критеријуму, за сценарио санације који укључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, док би за намену пословања био идентичан поредак, модел М2, затим модел М3 и модел М1.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације осим за модел М2 у случају постојећег стања омотача зграде.

Дијаграмом 91 представљени су резултати енергетских симулација потребних количина примарне енергије за грејање и хлађење по јединици површине за све одабране моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.



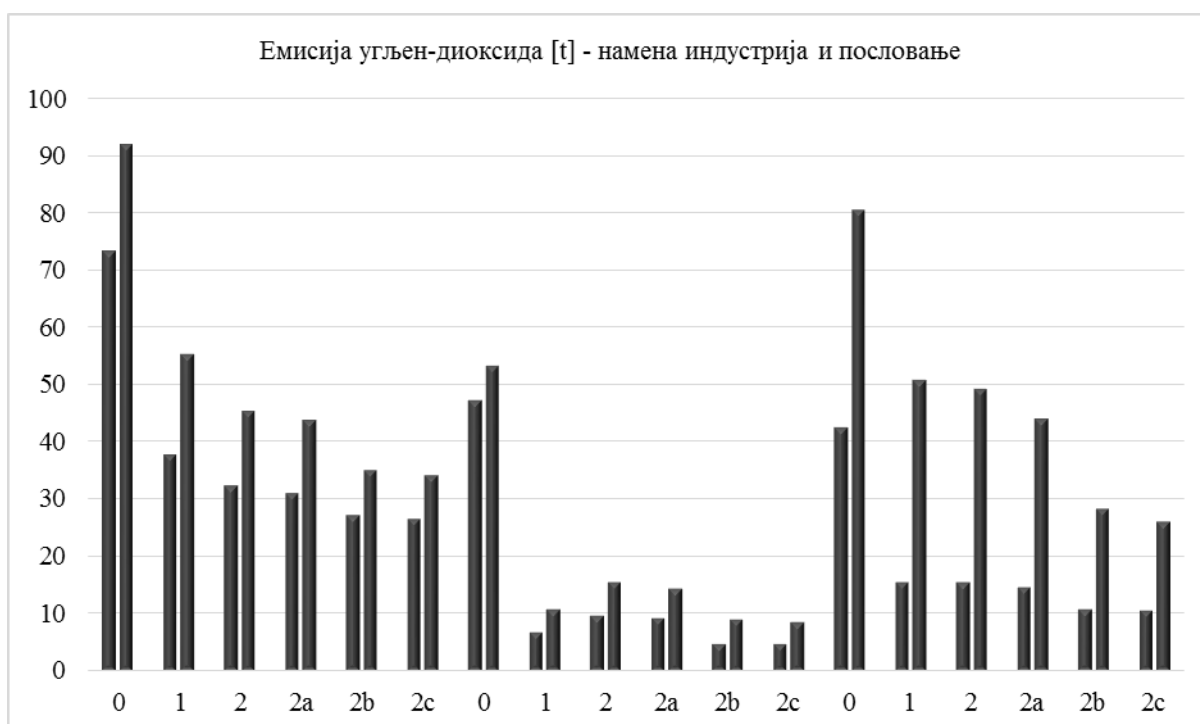
Дијаграм 91. Потребна количина примарне енергије по јединици површине [kWh/m²a] - намена индустрија и пословање

Увидом у резултате приказане у табели 111 и на дијаграму 91 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајна смањења количине примарне енергије за грејање и хлађење по јединици површине код свих одабраних модела индустријских зграда и за обе намене, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Наиме, увидом у резултате можемо констатовати да је најмање примарне енергије по овом критеријуму, за намену индустрије, потребно за модел М2 санираном према сценарију 2c (18,89 kWh/m²), који укључује примену двоструке фасаде са фиксним брисолејима и ноћном вентилацијом као алтернативним решењем. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање примарне енергије је потребно за модел М2 санираном према сценарију 2c (32,93 kWh/m²).

Према овом критеријуму, за сценарио санације који икључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, за намену пословања поредак би био исти.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације осим за модел М3 у случају постојећег стања омотача зграде.

Дијаграмом 92 представљени су резултати енергетских симулација остварених количина емисије угљен-диоксида за све одабране моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.



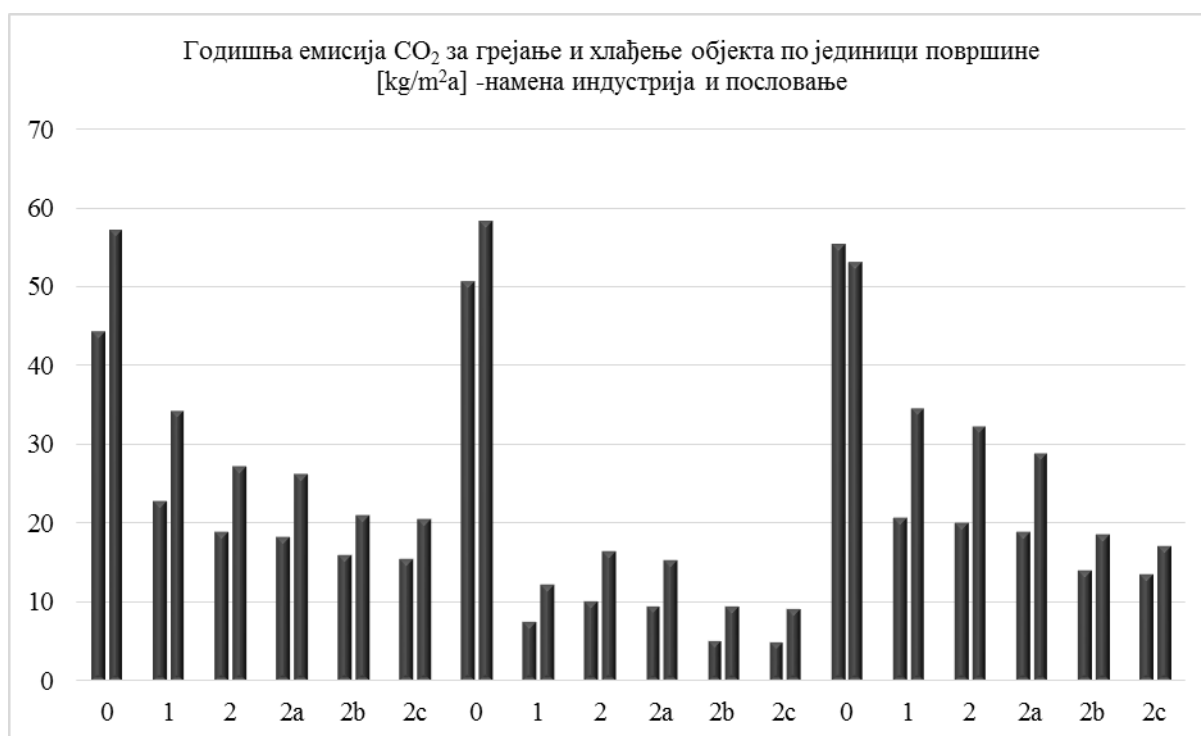
Дијаграм 92. Годишња емисија угљен-диоксида [t] – намена индустрија и пословање

Увидом у резултате приказане у табели 111 и на дијаграму 92 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајна смањења емисије угљен-диоксида код свих одабраних модела индустријских зграда и за обе намене, у зависности од сценарија санације, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Наиме, санације постојећих зграда које су дефинисане овим истраживањем, у еколошком смислу су оправдане за све сценарије санације. Увидом у резултате можемо констатовати да се најмања количина емисије угљен-диоксида емитује, за намену индустрије, за модел М2 санираном према сценарију 2c (4,72 t),

који укључује примену двоструке фасаде са фиксним брисолејима и ноћном вентилацијом као алтернативним решењем. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмање примарне енергије је потребно за модел М2 санираном према сценарију 2с (8,56 t). Према овом критеријуму, за сценарио санације који укључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, док би за намену пословања поредак био исти као и за намену индустрије.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације.

Дијаграмом 93 представљени су резултати енергетских симулација остварених годишњих количина емисије угљен-диоксида по јединици површине за све одабране моделе и све испитане сценарије санације заједно са постојећим стањем за намену индустрије и намену пословања.



Дијаграм 93. Годишња емисија CO₂ за грејање и хлађење објекта по јединици површине [kg/m² a] - намена пословање

Увидом у резултате приказане у табели 111 и на дијаграму 93 евидентно је да се наведеним сценаријима санације остварују значајна смањења емисије угљен-диоксида по јединици површине код свих одабраних модела индустријских зграда и за обе

намене, у зависности од сценарија санације, што је детаљно процентуално представљено у претходним поглављима. Наиме, санација постојећих зграда које су одабране за ово истраживање еколошки је оправдана за све сценарије. Увидом у резултате можемо констатовати да се најмања количина емисије угљен-диоксида по јединици површине емитује, за намену индустрије, за модел М2 санираном према сценарију 2с ($4,90 \text{ kg/m}^2$), који укључује примену двоструке фасаде са фиксним брисолејима и ноћном вентилацијом као алтернативним решењем. За намену пословне зграде, по истом критеријуму, најмања емисија угљен-диоксида је за модел М2 санираном према сценарију 2с ($9,06 \text{ kg/m}^2$). Према овом критеријуму, за сценарио санације који укључује примену двоструке фасаде за намену индустрије поредак би био модел М2, затим модел М3 и модел М1, док би за намену пословања поредак био исти.

Ако посматрамо моделе појединачно, за све моделе је према овом критеријуму адекватније да остану у постојећој намени за сваки сценарио санације осим за модел М3 у случају постојећег стања омотача зграде.

Утицај врсте застакљења на енергетске карактеристике зграде са двоструком фасадом

Избор врсте застакљења при материјализацији омотача зграде представља битан фактор утицаја на енергетске карактеристике зграде. Колико је стакло битан елемент на фасади зграде најбоље је показано резултатима компјутерских симулација при санацији и пренамени модела М1, где је на основу добијених резултата констатовано да се санацијом према сценарију 1 потребна финална енергија за хлађење повећава (табела 112). Као основни разлог за повећање финалне енергије за хлађење наведен је да замена копилит стакла ($g=0,40$) са нискоемисионим стаклом ($g=0,62$) доводи до повећања соларних добитака и тако се објекат више загрева. У складу са тим, извршена је симулација енергетских карактеристика модела М1 за случај када се задржава копилит стакло, при сваком сценарију санације за намену пословне зграде, док се са осталим конструктивним елементима на омотачу поступа у складу са претходно дефинисаним сценаријима санације. Остварени резултати ових симулација, релевантни за наведену дискусију, приказани су у табели 112.

Табела 112. Резултати симулација за случај када се врши замена копилит стакла и када се копилит стакло задржава при санацији модела М1 – намена пословање

Модел М1	сценарио	грејање MWh	грејање kWh/m ²	хлађење MWh	хлађење kWh/m ²	примарна енергија MWh	емисија CO ₂ [t]	соларни добити MWh
замена копилита	0	244,79	151,92	28,73	17,83	341,10	91,92	133,56
	1	67,26	41,62	30,50	18,88	150,24	55,21	205,60
	2	58,01	34,64	24,59	14,68	125,29	45,34	105,11
	2a	58,02	34,64	23,48	14,02	122,51	43,87	105,11
	2b	62,15	37,11	16,15	9,64	108,73	35,07	91,24
	2c	62,16	37,11	15,50	9,25	107,12	34,21	91,24
задржавање копилита	0	244,79	151,92	28,73	17,83	341,09	91,92	133,56
	1	104,58	64,72	17,39	10,76	158,51	46,05	123,56
	2	86,59	51,70	19,18	11,45	143,20	44,46	64,17
	2a	86,59	51,70	18,56	11,08	141,65	43,64	64,17
	2b	90,21	53,86	12,33	7,36	130,06	36,18	54,30
	2c	90,21	53,86	11,96	7,14	129,13	35,69	54,30

Увидом у резултате у табели 112 можемо констатовати да се задржавањем копилит стакла при санацији одабраних модела индустријских објеката у случају када се врши пренамена објекта у пословну зграду, енергетске карактеристике зграде значајно мењају.

Смањење потребне финалне енергије за хлађење зграде јесте значајно (20,97 % - 43,01 %), обзиром да су смањени соларни добити (38,95 % - 40,49 %). Али смањење соларних добитака и повећан коефицијент пролаза топлоте задржавањем копилит стакла резултовало је великом повећању потребне финалне енергије за грејање зграде (45,14 % - 55,50 %). Највеће повећање потребне финалне енергије за грејање зграде уочљиво је код сценарија 1 (55,50 %) где потребна количина финалне енергије по јединици површине износи 64,72 kWh/m². Према овом сценарију санације је остварено и највеће смањење потребне енергије за хлађење зграде (43,00 %) у односу на стање када се врши замена копилит стакла.

Што се тиче примарне енергије она се са задржавањем копилит стакла повећава од 1,06 до 1,21 пута у зависности од сценарија санације у односу на стање када се врши замена копилит стакла. Најмање повећање примарне енергије је ипак уочљиво при санацији према сценарију 1, што је резултат конверзије финалне енергије у примарну.

Емисија CO₂ је прилично изједначена у оба случаја застакљења код свих сценарија санације који садрже примену двоструке фасаде, с' тим што овај критеријум незнатно иде у прилог санацији према сценаријима 2 и 2a када се задржава копилит стакло, а у

прилог санацији према сценаријима 2b и 2c када се врши замена копилит стакла. Једино је велика разлика уочљива код санације према сценарију 1 где је забележена емисија CO₂ за 9,16 t (16,60 %) већа у случају замене копилит стакла.

Утицај фактора облика зграде на енергетске карактеристике зграде

У табели 113 дати су подаци поретка одабраних модела према фактору облика зграде за намену индустрије и намену пословне зграде. Фактор облика зграде је исти код свих модела за обе намене, обзиром да се санацијом и пренаменом објеката не повећава волуметрија објеката.

Табела 113. Поредак одабраних модела према фактору облика зграде

Ранг	Индустрија / Пословање	
	Модел	Фактор облика зграде [A/V]
1	Модел М1	0,55
2	Модел М2	0,53
3	Модел М3	0,38

У табелама 114 и 115 дати су подаци поретка одабраних модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици површине и јединици запремине. Модели су рангирани бројем од 1 до 3, с тим што 1 означава модел са највећом потребном енергијом за грејање, а 3 модел са најмањом потребном енергијом за грејање зграде.

Табела 114. Поредак одабраних модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици површине

Ранг	Постојеће ст.		Сценарио 1		Сценарио 2		Сценарио 2a		Сценарио 2b		Сценарио 2c	
	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.
1	М3	М2	М3	М1	М3	М1	М3	М1	М3	М1	М3	М1
2	М2	М1	М1	М3	М1	М2	М1	М2	М1	М2	М1	М2
3	М1	М3	М2	М2	М2	М3	М2	М3	М2	М3	М2	М3

Увидом у резултате у табели 114 можемо закључити да се оваквим начином исказивања резултата може доказати тврдња да је количина потребне енергије за грејање условљена фактором облика зграде (Lylykangas, 2009.). Обзиром да модел М1 поседује највећу вредност фактора облика зграде, у овом случају на првом месту се нашао када се посматрају резултати за стање омотача зграде након санације за намену пословне зграде. Ако посматрамо резултате пре и након санације за намену индустрије,

можемо констатовати да је оваквим начином исказивања резултата модел М3 увек на првом месту, што је директно условљено кубатуром објекта. Ако посматрамо резултате након санације која укључује примену двоструке фасаде видимо да је за случај намене индустрије модел М2 остварује најмању количину потребне енергије за грејање по јединици површине иако има приближну вредност фактора облика зграде као модел М1. Највећа количина потребне финалне енергије за грејање по јединици површине за намену индустрије потребна је за модел М3 за постојеће стање и стање након свих сценарија санације, иако има најмању вредност фактора облика зграде, односно, најкомпактнију форму. Можемо закључити да једини разлог за овакав поредак модела јесте директно условљен чистом висином одабраних модела, односно кубатуром одабраних модела.

Битан резултат у овом истраживању свакако јесте ранг модела М1 у случају пренамене у пословну зграду. Посматрајући фактор облика зграде за модел М1 видимо да он поседује највећу вредност и да притом остварује ранг највећег потрошача енергије за грејање по јединици површине за сваки сценарио санације. Као специфичност модела М1 издваја се кров са шед конструкцијом. Својим обликом и оријентацијом шед кров чини да велики проценат површине крова буде осенчен, нарочито у зимском периоду када је Сунце ниже и када су соларни добици значајни за пасивно грејање зграде.

Специфичност модела М1 са шед кровом нарочито је изражена код начина исказивања резултата према јединици запремине (табела 115).

Табела 115. Поредок одабраних модела према потребној финалној енергији за грејање објекта по јединици запремине

Ранг	Постојеће ст.		Сценарио 1		Сценарио 2		Сценарио 2а		Сценарио 2б		Сценарио 2с	
	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.	Инд.	Посл.
1	М2	М2	М1	М1	М1	М1	М1	М1	М1	М1	М1	М1
2	М1	М1	М3	М3	М3	М2	М3	М2	М3	М2	М3	М2
3	М3	М3	М2	М2	М2	М3	М2	М3	М2	М3	М2	М3

Рангирањем модела можемо констатовати да је за модел М1 потребно највише енергије за грејање по јединици запремине, за обе намене и при сваком сценарију санације објекта. Односно, можемо закључити зависно од фактора облика зграде, и обликовања омотача, у овом случају крова, који утичу на осунчаност зграде, остварују значајно више потребне енергије за грејање по јединици запремине у односу на објекте са компактнијом формом.

Ако посматрамо специфични трансмисиони губитак одабраних модела у случају постојећег стања (табела 20), модел М2 са $2,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ остварује далеко навише губитке у поређењу са осталим моделима, што га уједно са фактором облика $0,53 \text{ m}^{-1}$ чини највећим потрошачем енергије за грејање по јединици запремине. Сходно специфичним трансмисионим губицима након санације за модел М1 ($0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$) који остварује највећу вредност у односу на остале моделе и највећим фактором облика зграде ($0,55 \text{ m}^{-1}$), модел М1 остварује највећу потрошњу енергије за грејање по јединици запремине за обе намене након санације.

Препоруке

Прегледом добијених резултата енергетских симулација одбраних модела индустријских зграда можемо увидети да санација и адаптација испитаних модела може деловати инспиративно и веома упутно у погледу одрживог развоја у архитектури. Код сва три испитана модела могу се остварити значајне уштете у погледу енергије за грејање и хлађење и у погледу очувања животне средине и смањења емисије CO_2 .

Предлогом санације испитаних модела са применом двоструке фасаде као модалитетом пасивне соларне архитектуре, најповољнији учинак се остварује код модела М2. Приликом одабира објекта за енергетску санацију и адаптацију са задржавањем индустријске намене или пренамене у пословну раду најбоље је одредити се за зграду са двоводним кровом. Санирани индустријски објекти са двоводним кровом остварују најмању потребу за енергијом за хлађење, најмању потребу за примарном енергијом и најмању емисију CO_2 по јединици површине што их чини енергетски ефикаснијим и еколошки оправданијим.

Модел М3 представља најбоље решење при одабиру објекта у случају пренамене објекта у пословну зграду са аспекта потребне енергије за грејање зграде. Овим избором се може остварити најбоље рангиран енергетски разред зграде, обзиром да се према Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда (2011), класификација у енергетске разреде врши према потребној финалној енергији за грејање зграде по јединици површине. Ова констатација се свакако односи и на могућност додавања нове етажне чиме се значајно повећава каорисна површина у објекту. Препорука свакако јесте за унапређење енергетских карактеристика овог модела, увођење алтернативних начина хлађења

објекта употребом геотермалне енергије и соларне енергије, постављањем ФН панела на равном крову чиме би се добила одређена количина електричне енергије којим би се хладио објекат.

Модел М1 представља најлошије решење при одабиру објекта у случају индустријске намене и пренамене објекта у пословну зграду са аспекта потребне енергије за функционисање зграде. Наведени објекат са шед кровом представља најнеповољнији облик зграде у енергетском погледу и у погледу организације простора у случају пренамене у пословну зграду. Чиста висина објекта од 505 cm и распоред отвора на фасади онемогућавају увођење додатне етаже у објекту. Доста неповољан утицај на енергетске карактеристике чини копилит стакло, нарочито на потребну енергију за грејањем зграде, чијим задржавањем се објекат значајно помера у старије енергетске разреде док се његовом заменом у случају пренамене потребна енергија за хлађењем повећава у односу на претходно стање. Препорука свакако јесте за унапређење енергетских карактеристика овог модела, замен акопилит стакла са нискоемисионим уз увођење алтернативних начина хлађења објекта употребом геотермалне енергије и соларне енергије, постављањем ФН панела на шед крову, који има идеалну јужну оријентацију, чиме би се добила одређена количина електричне енергије којим би се хладио објекат.

ЗАКЉУЧАК

Овај рад представља истраживање на тему индустријских објеката у Србији са аспекта санације омотача објекта и аспекта пренамене индустријских објеката у пословну зграду, примену двоструке фасаде као елемента пасивне соларне архитектуре при санацији зграде и њен утицај на енергетске карактеристике зграде у климатским условима републике Србије.

Главни циљ овог истраживања био је да се испита утицај примене двоструке фасаде при санацији на енергетске карактеристике зграде, тачније на енергију потребну за грејање и хлађење зграде, утицај на животну средину, смањење емисије угљен-диоксида, као и да се дају препоруке за формирање стратегије, приступа санацији индустријских зграда у Србији са применом двоструке фасаде како би се оствариле највеће уштеде енергије.

Циљеви и задаци овог истраживања били су:

- да се испитају могућности унапређења енергетских перформанси индустријских зграда кроз анализу потенцијала примене пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Србије, односно енергетских и еколошких потенцијала;
- да се сагледа проблематика примене двоструких фасада на постојећем омотачу индустријских објеката, кроз дефинисање релевантних параметара, карактеристика и критеријума примене и одабира, који су кључни за формирање методолошког поступка и препорука за примену двоструких фасада у процесу санације постојећих и пројектовања нових индустријских објеката;
- да се на бази прикупљених података сложеном анализом карактеристика индустријских објеката, које су релевантне за примену система двоструке фасаде као урбанистички параметри (локација објекта, оријентација, засенчење), капацитети индустријских објеката (површина објекта, систем грејања индустријских објеката), типологија и архитектонске карактеристике индустријских објеката (просторна организација и структура, организација релевантних садржаја, конструкција објекта, материјализација омотача, потенцијална места примене пасивних соларних фасадних система), идентификују препоруке и методолошки поступак за примену пасивних соларних фасадних система на постојећим индустријским објектима;

- да се испитају могућности примене и интегрисања пасивних соларних фасадних система на одабраним индустријским објектима кроз анализу различитих решења примене стакла у овим системима и евалуацију разматраних решења, као и проверу енергетске ефикасности помоћу рачунарских симулација и термичким прорачунима;
- да се донесу релевантни закључци и дефинишу препоруке за пројектовање и примену пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Србије;
- да се идентификују и анализирају кључне карактеристике релевантне и неопходне за истраживање могућности примене пасивних соларних фасадних система на индустријским објектима у климатским условима Србије;
- да се идентификују и дефинишу критеријуми за евалуацију потенцијала индустријских објеката за примену пасивних соларних фасадних система;
- да се систематизују критеријуми који утичу на формирање архитектонске типологије индустријских објеката са енергетског аспекта;
- да се идентификују и дефинишу критеријуми и методологија пројектовања пасивних соларних фасадних система при материјализацији омотача зграде у поступцима енергетске санације индустријских објеката;
- да се дефинишу релевантни критеријуми за евалуацију решења примене двоструких фасада у пасивним соларним фасадним системима индустријских објеката при реконструкцији истих;
- да се дефинишу референтни модели индустријских објеката у Србији за анализу, односно апликацију пасивних соларних система;
- да се идентификују, анализирају и систематизују потенцијална решења која јасно треба да представе могућности и ограничења примене двоструких фасада на индустријским објектима у Србији уз сагледавање енергетског и еколошког аспекта;
- да се изведу нумеричке симулације енергетских перформанси одабраних модела индустријских објеката у климатским условима Републике Србије, као неопходан алат у поступку енергетске санације и као саставни део интегралног пројектантског процеса;
- да се анализирају и валоризују модели пре и после санације да би се уочили benefiti, а потом и упоредна анализа модела енергетске санације;

- да се дефинишу препоруке за примену пасивних соларних фасадних система на новим индустријским објектима и у обнови постојећих.

У раду су приказани узроци за истраживање предложене теме, као што су, климатске промене, значај утицаја индустрије на животну средину и имплементације одрживости у индустрији и индустријским објектима. Приказан је утицај индустријских објеката на животну средину и потрошњу енергије, као и концепти за постизање енергетске ефикасности у индустријским објектима, системи за сертификацију у случају пренамене индустријских објеката. Дат је преглед стања индустријских објеката у Србији, потенцијали за њихово унапређење и типологија индустријских зграда са енергетског аспекта. Сагледавајући препоруке за постизање енергетски ефикасних објеката, на одабраним моделима испитане су могућности апликације двоструке фасаде при санацији омотача конкретних индустријских зграда.

Истраживање енергетских перформанси објеката спроведено је коришћењем нумеричких компјутерских симулација одабраних модела на којима се вршила санација индустријских зграда са применом двоструке фасаде, са неколико пројектантских алтернативних решења, уз помоћ софтвера DesignBuilder и симулационе платформе EnergyPlus. За анализу је одабрано три референтна модела индустријских зграда, на којима је испитано по пет сценарија санације омотача зграде од којих је четири сценарија санације садржало примену двоструке фасаде, док је један сценарио санације представљао класичан сценарио санације транспарентних и нетранспарентних елемената омотача зграде. Сценарији санације који подразумевају примену двоструке фасаде чинили су двострука фасада са ноћном вентилацијом и сенилима у зависности од сценарија санације.

Резултати симулација енергетских карактеристика међусобно су поређени по појединачним критеријумима потребне енергије за грејање и хлађење зграде, потребне примарне енергије и утицају на животну средину, односно, емисији угљен-диоксида.

Испуњење задатака и циљева овог истраживања заокружено је предлозима за унапређење енергетских карактеристика одабраних модела и препорукама за пројектовање енергетски ефикасних сценарија санације индустријских објеката са применом двоструке фасаде, са задржавањем исте функције или пренаменом простора у пословну зграду, у климатским условима Републике Србије.

Резултати истраживања показују да саниране зграде са применом двоструке фасаде основног типа (сценарио 2) генерално имају приближан учинак потрошње примарне енергије у односу на зграде саниране према класичном типу санације омотача зграде

(сценарио 1). Док се увођењем посебних, алтернативних, техничких решења санације објекта са применом двоструке фасаде, потребна количина примарне енергије значајно умањује у односу на сценарио 2. Наравно, учинак није подједнак код свих модела, односно, учинак је условљен типологијом и наменом објекта.

У случају модела М1, при санацији одабраног објекта, препорука јесте да се санација објекта врши према сценарију 2с, уз задржавање намене индустрије, јер се таквим приступом остварују највеће уштеде енергије и остварује највеће смањење емисије угљен-диоксида. Карактеристично за наведени модел јесте и то да се у случају пренамене простора санацијом објекта значајно смањују количине потребне енергије за грејање објекта, док се потребна количина енергије за хлађење повећава у односу на постојеће стање уколико се санација врши према сценарију 1. Овакав резултат јесте првенствено због замене копицит стакла двоструким нискоемисионим застакљењем, што је детаљно дискутовано у претходном поглављу.

У случају модела М2, при санацији одабраног објекта, препорука јесте да се санација објекта врши према сценарију 2с, уз задржавање намене индустрије, јер се таквим приступом, као и код претходног модела, остварују највеће уштеде енергије и остварује смањење емисије угљен-диоксида. Велики допринос је уочљив и ако се изврши пренамена у пословну зграду, али мањи у поређењу са наменом индустрије због разлике у темперирању простора (унутрашње пројектне температуре за зимски режим) и интерних добитака у летњем периоду што значајно повећава потребну енергију за грејањем и хлађењем. Као препорука за даље унапређење енергетских карактеристика модела М2 свакако јесте алтернативни начин хлађења објекта, што се може постићи употребом геотермалне енергије као обновљивим извором. Или производња електричне енергије коришћењем активних соларних система на фискним брисолејима и крову објекта

У случају модела М3, при санацији одабраног објекта, препорука јесте да се санација објекта врши према сценарију 2с, уз пренамену простора у пословну зграду, јер се таквим приступом, за разлику од претходних модела, остварује значајно повећање корисне површине и остварују највеће уштеде енергије за грејање и хлађење по јединици површине. Значајан допринос је уочљив и ако се задржи намена индустријске зграде, али мањи у поређењу са наменом пословне зграде због разлике у погледу корисне површине простора.

Хипотезе постављене на почетку рада, доказане су током истраживачког и аналитичког процеса у раду.

Хипотеза 1: *Примена двоструких фасада при енергетској санацији индустријских објеката у Србији омогућава да се остваре значајне енергетске уштеде.*

Прва хипотеза је доказана кроз методолошки поступак оптимизације енергетских перформанси индустријских објеката у климатским условима Србије, што је показано кроз дефинисање и анализу референтних модела индустријских објеката. Ова претпоставка је доказана квантитативном анализом резултата дигиталних симулацијом и прорачунима редукције топлотних губитака и остварења топлотних добитака, затим упоредном анализом потребне енергије за грејање и хлађење објеката за постојеће стање и стање након енергетске санације омотача одабраних референтних модела индустријских објеката.

Хипотеза 2: *Примена пасивних соларних система код индустријских објеката условљена је типологијом објеката.*

У раду је доказано да се индустријски објекти могу довољно детаљно класификовати према архитектонским критеријумима материјализације, форме и оријентације, који директно утичу на потребу објекта за енергијом. Формирањем типологије индустријских објеката, базиране на условима и опцијама примене пасивних соларних фасадних система, указано је на могућности и олакшавање рада како пројектаната, тако и других стручњака који се баве пројектовањем индустријских објеката који остварују одговарајуће енергетске перформансе.

Хипотеза 3: *Мере унапређења које обухватају примену соларне енергије - апликацију пасивних соларних система, захтевају посебна техничка решења у случају обнове индустријских објеката.*

У зависности од концепта пасивног соларног система различит је и приступ у изради техничких решења. Постојеће стање објекта, архитектонско-урбанистички услови, положај транспарентних и нетранспарентних елемената на фасади, специфични захтеви при обнови, санацији и адаптацији објекта, захтевају посебна и најоптималнија техничка решења којима је потребно обезбедити непходан топлотни комфор у објекту и уштеде топлотне енергије.

Као посебан допринос овог истраживања треба нагласити приказ, колико се одређеним пројектантским методама може допринети уштеди енергије код објеката са двоструком фасадом, у овом случају постојећих индустријских објеката. Допринос се такође огледа у формирању типологије индустријских зграда, као и формирању референтних сценарија санације и њихових оптимизованих алтернатива за климатске услове града Новог Пазара. Допринос овог истраживања је што показује на који начин и којим

мерама је могуће остварити енергетску ефикасност индустријских објеката са применом двоструке фасаде, што се показује кроз анализе енергетских перформанси различитих пројектантских алтернатива санације.

Значај добијених резултата са теоријског и практичног аспекта огледа се у доприносу овог истраживања архитектонској пракси јер показује конкретне резултате енергетских симулација различитих типова, одабраних модела, индустријских објеката са применом двоструке фасаде при санацији истих. Поред тога показује различите технике и алтернативе при санацији објеката са применом двоструке фасаде указујући на могуће уштеде енергије и смањење емисије угљен-диоксида у том процесу. Добијеним резултатима симулацијом указано је на утицај врсте застакљења на енергетске карактеристике зграде. Тиме са указало на значај пројектантских одлука при одабиру врсте стакла при материјализацији зграде приликом санације омотача постојећих и свакако приликом пројектовања нових зграда.

Истраживањем се такође указало на однос између потребне количине енергије за грејање и фактора облика зграде, чиме се отвара тема за енергетско сертификавање зграде и сврставање зграде у енергетске разреде на основу волуметрије објекта и евентуално обликовања зграде. Ово истраживање би могло да послужи као подлога измени регулативе из области енергетске ефикасности, пре свега критеријума за оцењивање енергетских карактеристика објеката и сврставање објеката у енергетске разреде на основу потребне енергије за грејање по јединици површине за грејање простора. Из овог истраживања се закључује да би потребна енергија за климатизовање објеката који имају просторе великих чистих висина као што су индустријске и спотрске хале, конгресне сале, специфични објекти намењени садржајима културе (музеји, галерије и др.), а на крају и свих осталих објеката, требало да се рачуна по јединици запремине грејаног простора, како би резултати потребне енергије различитих волуметрија били упоредиви. Такође, препорука свакако јесте да се и потребна количина енергије за хлађење зграде треба узети као критеријум при енергетској сертификацији зграда.

Правци даљег истраживања у овој тематици су разноврсни. У оквиру сваког од одабраних модела могуће је креирати различита варијантна решења функционалних зона пренамене простора у пословну зграду, затим различита техничка решења у погледу примене сенила и повећања или смањења природне вентилације и сличног, и међусобно поредити њихова енергетска својства. Енергетске карактеристике могу се

испитати и за индустријске зграде са другачијом структуром омотача зграде којом се врши унапређење карактеристика зграде, затим примена различитих врста застакљења и различитих врста оквира прозора и спољних врата. И на крају, могу се испитати, могућности примене неког другог модалитета пасивне соларне архитектуре као што је стакленик или Тромбеов зид при пројектовању нових енергетски ефикасних индустријских зграда. Предмет ове дисертације представља интересантну подлогу или полазиште за даља истраживања на ову и њој сродне теме.

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

Примарни извори

Историјски архив „Рас“, (1974). *Пројектна документација Текстилног комбината Рашка – шивара*. Аутор: арх. В., Симовић. Нови Пазар.

Историјски архив „Рас“, (1965). *Пројектна документација Текстилног комбината Рашка – конфекција*. Аутор: арх. Д. Ђукућ и Р. Аврамовић. Нови Пазар.

Историјски архив „Рас“, (1969). *Пројектна документација Текстилног комбината Рашка – бојачница*. Аутор: арх. Б. Стојадиновић. Нови Пазар.

Правилник о енергетској ефикасности зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.

Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.

Референтна литература

(попис цитиране и позивне литературе у дисертацији, библиографске јединице наведене по алфавитном реду)

- Andjelković, A. S. *et al.* (2015). The Development of simple calculation model for energy performance of double skin facades, *Thermal Science*, 16, Suppl. 1, pp. S251-S267
- Auer, T. *et al.* (2007). *Facades Principles of Construction*. Medialis. Berlin.
- Ballestini, G. (2005). Possibilities and limitations of natural ventilation in restored industrial archaeology buildings with a double-skin facade in Mediterranean climates, *Building and Environment*, 40, pp. 983–995.
- Baldinelli, G. (2009). Double skin façades for warm climate regions: Analysis of a solution with an integrated movable shading system, *Building and Environment*, 44, pp. 1107–1118
- Burroughs, W., J. (2007). *Climate Change: A Multidisciplinary Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Castello, L. (2006): *City & Time and Places: Bridging the Concept of Place to Urban Conservation Planning*, *City & Time*, 2, pp. 1-11.
- Chartered Institution of Building Services Engineers. (2001). *CIBSE Guide B: Heating, Ventilating, Air Conditioning and Refrigeration*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Cizler, J. (2014). *Industrijsko nasleđe kao potencijal za razvoj kreativne ekonomije*. Kreativna & Kolaborativna ekonomija i lokalni razvoj. Academica. Beograd. pp 21-31
- Damjanović, V. (1980). *Industrijski kompleksi i zgrade*. Građevinska knjiga. Beograd.
- Depecker, P., et al., (2001) Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*, 36(5): pp. 627-635.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings – EPBD. (2010). *Official Journal of the European Union*, 153, 13-35.
- European Commission. (2011). *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Brussels: European Commission.
- European committee for standardization (2006): *European standard EN 13947 - Thermal performance of curtain wall – Calculation of thermal transmittance* Brussels: European Commission.

- European Environment Agency. (2012a). *Building the future we want*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Институт за стандардизацију Србије. (2010). *Стандард SRPS EN ISO 13790:2010 Енергетске перформансе зграда – Прорачун енергије која се користи за грејање и хлађење простора*. (2010). Београд: Институт за стандардизацију Србије
- Ignjatović, M. G., et al. (2012). Influence of Different Glazing Types and Ventilation Principles in Double Skin Façades on Delivered Heating and Cooling Energy During Heating Season in an Office Building, *Thermal Science*, 16, Suppl. 2, pp. S461-S469
- Geletka, V., Sedlakova, A., (2012). Shape of buildings and energy consumption, *Technical transactions*, Politechniki Krakowskiej, 3, pp. 123-129.
- Gratia, E. et al. (2007). The most efficient position of shading devices in a double-skin façade, *Energy and Buildings*, 39, pp. 364–373.
- Којић, Б. (1962). *Индустријска архитектура – пројектовање привредних зграда*. Научна књига. Београд.
- Ламбић, М. (1999). *Соларни зидови – насивно соларно грејање*. Зрењанин: Универзитет у Новом Саду, Технички факултет „М. Пупин“.
- Лукић, М. (1994). *Соларна архитектура*. Београд: Научна књига.
- Lylykangas, K. (2009.) Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand, 15. *Internationales Holzbau-Forum*.
- Macht, W.P. (2006). Tip Top Transformation. *Urban Land*, 65, 11/12.
- Milosavljević, M. (1990). *Meteorologija*. Београд: Научна књига.
- Национална стратегија одрживог развоја*. (2008). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 57/2008.
- Никезић, А., Јанковић, Н., (2011). Напуштени простори као импулс развоја града у светлу климатских промена. У *Утицај климатских промена на планирање и пројектовање*. Ур. Ђокић В., Лазовић, З., Универзитет у Београду, Архитектонски факултет. стр. 125-143.
- Orosa, J., A., Oliveira, A., C., (2012). Indoor Air Standards and Models, in: *Passive Methods as a Solution for Improving Indoor Environments, Green Energy and Technology*.
- Павловић, Т. (2007). *Физика и техника соларне енергетике*. Београд: Грађевинска књига.
- Perez-Grande, I. et al. (2005). Influence of glass properties on the performance of double-glazed facades, *Applied Thermal Engineering*, 25, pp. 3163–3175

- Popović, T., Đurđević, V., Tivković, M., Jović, B., Jovanović, M., (2009): *Promene klime u Srbiji i očekivani uticaji*. Životna sredina ka Evropi, Beograd, Srbija, 4-5 jun 2009.
- Правилник о енергетској ефикасности зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- Пуцар, М., Пајевић, М., Јовановић-Поповић, М. (1994). *Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри*. Београд: Завет.
- Радосављевић, М. Ј., Павловић, Т., Ламбић, М. (2010). *Соларна енергетика и одрживи развој*. Београд: Грађевинска књига.
- Пучар, М. (2013). Energetski aspekti razvoja naselja i klimatske promene – stanje, mogućnosti, strategije i zakonska regulativa u Srbiji. U Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I. (Ur.). *Klimatske promene i građena sredina – politika i praksa u Škotskoj i Srbiji* (57-108). Monografija br 70. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
- Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I. (Ur.). (2013). *Klimatske promene i građena sredina – politika i praksa u Škotskoj i Srbiji*. Monografija br 70. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
- Pušić, Lj. (2004): *Sustainable Development and Urban Identity: A Social Context*, Beograd, IAUS, SPATIUM, 11, str. 1-6.
- Републички хидрометеоролошки завод Србије. www.hidmet.gov.rs
- Slavkovic, B. (2016). Application of the double skin facade in reconstruction of the industrial buildings in Serbia. Thermal Science, DOI: 10.2298/TSCI160524179S
- Storch, H., Schmidt, M. (2006). *Indicator-based Urban Typologies. Sustainability Assessment of Housing Development Strategies in Megacities*. In: Tochtermann, K., Scharl, A., (eds.): *Managing Environmental Knowledge. Proc. 20th Int. Conf. On Informatics for Environmental Protection Enviroinfo*, Graz, pp. 145-152.
- Strategija i politika razvoja industrije Republike Srbije od 2011. do 2020 godine. Sl. Glasnik RS, br 55/2011
- United Nations Human Settlements Programme - UN Habitat. (2006). *State of the World's Cities Report (2006/2007), 30 Years of Shaping the Habitat Agenda*. United Nations Human Settlements Programme - UN Habitat.
- Vujošević, M., Popović, M. (2016). The comparison of the energy performance of hotel

buildings using PROMETHEE decision-making method, *Thermal Science*, 20, 1, pp. 197-208

Закон о планирању и изградњи. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 24/2011.

Žana, S. et al., CFD simulations of thermal comfort in naturally ventilated primary school classroom, *Thermal Science*, doi:10.2298/TSCI150414171S

Коришћена литература

(попис литературе која је коришћена током рада на дисертацији, библиографске јединице наведене по абecedном реду)

ASHRAE. (1999). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ANSI/ASHRAE Standard 62-1999. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. (2004b). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. (2009). *2009 ASHRAE Handbook of Fundamentals*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. (2011). *2011 ASHRAE HVAC Applications Handbook*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Bohdanowicz, P. (2005). European Hoteliers: environmental attitudes, greening the business, *Cornell Hospitality Quarterly*, 46 (2), 188-204.

Буњак, К. (2015). *Принципи формирања локалних модела архитектонско-технолошких интервенција за адаптацију руралних подручја на климатске промене*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.

Chartered Institution of Building Services Engineers. (2001). *CIBSE Guide B: Heating, Ventilating, Air Conditioning and Refrigeration*. London: Chartered Institution of Building Services Engineers.

Council of the European Union. (2008). *Energy and climate package - elements of the final compromise agreed by the European Council*. Brussels: Council of the European Union.

Crawley, D., Hand, J., Kummert, M., Griffith, B. (2005). *Contrasting the capabilities of*

- building energy performance simulation programs*. Washington: US Department of Energy, University of Strathclyde, University of Wisconsin, National Renewable Energy Laboratory.
- Deng, S., Burnett, J. (2000). A study of energy performance of hotel buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 31 (1), 7-12.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings - EPBD. (2010). *Official Journal of the European Union*, 153, 13-35.
- European Carbon Atlas, Low Carbon Urban Built Environment* (156-170). Cardiff: The Welsh School of Architecture, Cardiff University.
- European Commission. (2011). *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Brussels: European Commission.
- European Environment Agency. (2012a). *Building the future we want*. Copenhagen: European Environment Agency.
- European Environment Agency. (2012b). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012*. Copenhagen: European Environment Agency.
- European Environment Agency. (2012c). *Environmental indicator report 2012*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Фремpton, К. (2004). *Модерна архитектура, критичка историја*. Београд: Орион арт.
- Getting Started with EnergyPlus: Basic Concepts Manual - Essential Information You Need about Running EnergyPlus*. (2013). The Board of Trustees of the University of Illinois and the Regents of the University of California through the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Golic, K., Kosoric, V., Krstic-Furundzic, A. (2011). General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment - Potential energy savings and environmental impact. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15 (3), 1533-1544.
- Гбурчик П., (ур.) (2004). Студија енергетског потенцијала Србије за коришћење сунчевог зрачења и енергије ветра. Београд: Институт за мултидисциплинарна истраживања.
- International Congress and Convention Association. (2012). *Country and city rankings Report 2011*.
- International Energy Agency. (2012). *CO₂ Emissions from fuel combustion: Highlights*. Paris: The International Energy Agency.

- International Union of Architects. (2009). *Copenhagen declaration: Sustainable by design*. Paris: International Union of Architects.
- IPCC (1990). *First assessment report*. Cambridge: University Press.
- Косорић, В. (2010). *Примена топлотних пријемника сунчеве енергије у циљу унапређења енергетских перформанси зграда у Београду*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.
- Krstić, A. (1997). Design and energy performances of greenhouses located in attics. U *Proceedings 4th International PLEA '97: Bioclimatic Design in Cold Climates* (57-62). Kushiro: Architectural Institute of Japan.
- Крстић, А. (1998). Застакљења као функционални елементи омотача енергетски ефикасних зграда. У *Зборник међународне конференције Алтернативни извори енергије и будућност њихове примене у Југославији* (109-114). Подгорица: Црногорска Академија наука и умјетности.
- Крстић, А. (1999). Еколошки приступ у изградњи нових и обнови постојећих стамбених градских зона. У Бајић-Брковић, М. (ур.), *Одрживост и град* (31-39). Београд: Архитектонски факултет.
- Krstić-Furundžić A., Kosorić V. (2009). Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems. *Spatium International Review*, 20, 19-22.
- Krstić-Furundžić, A. (2012). Energy efficiency. U Di Giulio, R. (ur.), *Suburbanscapes, COST Action TU0701* (31-36). Florence, Italy: Universita di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Alinea Editrice.
- Krstić-Furundžić, A., Djukic, A. (2009). Serbia. U Jones, P., Pinho, P., Patterson, J., Tweed, C. (ur.),
- Krstić-Furundžić, A., Kosić, T. (2011). Analysis of energy efficiency of the office building in downtown of Belgrade. U Yigiteanlar, T., Fachinelli, A. C. (ur.), *Proceedings of the 4th Knowledge Cities World Summit-KCWS 2011* (209-220). Bento Goncalves: The World Capital Institute and Ibero-American Community for Knowledge Cities.
- Krstić-Furundžić, A., Kosić, T. (2012). Assessment of the scenarios of an office building in terms of energy and environmental sustainability. U Olabi A. G., Benyounis, K.Y. (ur.), *Environment & Clean Technologies, Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Energy&Environmental Protection-SEEP 2012, Part II* (79-84). Dublin: Dublin City University, School of Mechanical & Manufacturing Engineering.

- Krstić-Furundžić, A., Vujošević, M., Brajković, J. (2011). Analysis of current state of regional legislation in comparison with European Energy Performance of Buildings Directive. U *Industrijska energetika i zaštita životne sredine u zemljama Jugoistočne Evrope*. Beograd: Društvo termičara Srbije.
- Milosavljević, M. (1990). *Meteorologija*. Beograd: Naučna knjiga.
- Ministere de l'ecologie, de l'energie, du developpement durable et de la mer. (2009). *Le Grenelle Environnement: Ecology, Energy, Sustainable Development & the Sea*. Paris: Ministere de l'ecologie, de l'energie, du developpement durable et de la mer.
- Ministry of Environment and Spatial Planning. (2010). *Initial national communication of the Republic of Serbia under the United Nations framework convention on climate change*. Belgrade: The Ministry of Environment and Spatial Planning.
- Национална стратегија одрживог развоја. (2008). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 57/2008.
- Национални програм заштите животне средине и Стратегија биолошке разноврсности. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 13/2011.
- New Scientist. (2008). Special report: How our economy is killing the Earth. *New Scientist* 2678.
- Norton, J. (1999). Sustainable architecture: a definition. *Habitat debate - construction and architecture*, 5 (2), 60.
- Petrović, S., Pucar, M. (2011). Energy Certification Experience and Requirements in Republika Srpska. U *The Proceedings of the 42nd Congress on HVAC&R* (230-239). Beograd: SMEITS I KGH Srbije.
- Pike Research. (2011). *Energy Efficient Buildings: Europe*. Boulder: PIKE Research LLC.
- Правилник о енергетској ефикасности зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. (2011). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 61/2011.
- Pucar, M. (2007). Principles of Ecological and Energy Efficient Urban Planning and Application of Renewable Energy Sources – Present Conditions and Possibilities. U *International Scientific Conference: „Sustainable Spatial Development of Towns and Cities”, Thematic Conference Proceedings - Volume 1* (247-278). Belgrade: Institute of architecture and urban & spatial planning of Serbia.

- Pucar, M. (2008). Contemporary Concept in Planning, Designing and Construction of Bioclimatic and Energy-Efficient Buildings. U *Savremena građevinska praksa* (201-227). Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka i Društvo građevinskih inženjera Novog Sada.
- Pucar, M. (2013). Energetski aspekti razvoja naselja i klimatske promene – stanje, mogućnosti, strategije i zakonska regulativa u Srbiji. U Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I. (Ur.). *Klimatske promene i građena sredina – politika i praksa u Škotskoj i Srbiji* (57-108). Monografija br 70. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
- Pucar, M., Nenković-Riznić, M. (2007). Legislative and policy in energy efficient designing and renewable energy sources: Application in Serbia. *Spatium International Review*, 15-16, 66-71.
- Pucar, M., Dimitrijević, B., Marić, I. (Ur.). (2013). *Klimatske promene i građena sredina – politika i praksa u Škotskoj i Srbiji*. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
- Pucar, M., Nenković-Riznić, M., Josimović, B. (2009). Environmental protection in the function of regional development in Serbia. U *Regional development, spatial planning and strategic governance, Thematic conference proceedings* (287-319). Belgrade: Institute of architecture and urban & spatial planning of Serbia.
- Pusnik, M., Sucic, B., Urbancic, A., Merse, S. (2012). Role of the national energy system modeling in the process of the policy development. *Thermal Science*, 16 (3), 703-715.
- Пуцар, М. (1999). *Параметри планирања и пројектовања застакљеног простора као елемента биоклиматске архитектуре*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.
- Пуцар, М. (2006). *Биоклиматска архитектура: застакљени простори и пасивни соларни системи*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије.
- Пуцар, М., Пајевић, М., Јовановић-Поповић, М. (1994). *Биоклиматско планирање и пројектовање: урбанистички параметри*. Београд: Завет.
- Пуцар, М., Пајевић, М., Јовановић-Поповић, М. (1998). Биоклиматске карактеристике неких историјских насеља у Србији и Црној Гори. *Архитектура и урбанизам*, 4, 17-24.
- Пуцар, М., Спасић, Н. (ур.). (2009). *Неки аспекти одрживог просторног развоја Србије*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије.
- Ray, S., Gong, N., Glicksman, L., Paradiso, J. (2014). Experimental characterization of full-

- scale naturally ventilated atrium and validation of CFD simulations. *Energy and Buildings*, 69 (2), 285–291.
- Радовић, Р. (1977). *Физичке структуре*. Београд: Архитектонски факултет.
- Reckangel, H., Sprenger, E., Schramek, E.R., Čeperković, Z. (2004). *Grejanje i klimatizacija 05/06*. Vrnjačka Banja: Interklima.
- Републички хидрометеоролошки завод Србије. (2014). www.hidmet.gov.rs
- Rifkin, J. (2011). *The Third industrial revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. Hampshire: Palgrave Macmillan.
- Rundle, C.A., Lightstone, M.A., Oosthuizen, P., Karava, P., Mouriki, E. (2011). Validation of computational fluid dynamics simulations for atria geometries. *Building and Environment*, 46 (7), 1343-1353.
- Shi-Ming, D., Burnett, J. (2000). A study of energy performance of hotel buildings in Hong Kong, *Energy and Buildings*, 31, 7-12.
- Special report: How our economy is killing the Earth. (2008). *New Scientist*, 2678, 40-41.
- Stevović, S., Milovanović, Z., Milajić, A. (2010). New methodological approach in techno-economic and environmental optimization of sustainable energy production. *Thermal Science*, 14 (3), 809-819.
- UNEP. (2012). *Moving towards a climate neutral UN: The UN system's footprint and efforts to reduce it*. Nairobi: UNEP.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2014). *The World Population Situation in 2014, A Concise Report*. New York: United Nations.
- United Nations Human Settlements Programme - UN Habitat. (2006). *State of the World's Cities Report (2006/2007), 30 Years of Shaping the Habitat Agenda*. United Nations Human Settlements Programme - UN Habitat.
- United Nations. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: Our common future*. New York: United Nations.
- United Nations. (1992a). *Agenda 21*. New York: United Nations.
- United Nations. (1992b). *Rio declaration on environment and development*. New York: United Nations.
- United Nations. (1992c). *United Nations framework convention on climate change*. New York: United Nations.
- United Nations. (1998). *Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change*. New York: United Nations.
- United Nations. (2012). *The future we want*. New York: United Nations.

- Wang, L., Wong, N. H. (2009). Coupled simulations for naturally ventilated rooms between building simulation (BS) and computational fluid dynamics (CFD) for better prediction of indoor thermal environment. *Building and Environment*, 44 (1), 95-112.
- Вујошевић, М. (2015). *Модели енергетски ефикасних хотела у климатским условима Београда*. Докторска дисертација. Београд: Архитектонски факултет.
- Закон о планирању и изградњи*. (2014). Београд: Службени гласник Републике Србије, бр. 145/2014.
- Zanki-Alujević, V., Galaso, I. (2005). Analysis of sustainable HVAC system in tourism facilities on the Adriatic coast. *Thermal Science*, 9 (3), 53-67.
- Zisko-Aksamija, A., Whalley, L. (2007). Sustainable architecture: social, cultural and technological aspects in reconstruction of war-torn societies. U *Rebuilding sustainable communities in Iraq: Policies, programs and projects* (161-180). Boston: University of Massachusetts.

Веб извори

Context Developments. (2009). *Tip Top Lofts*.

<http://context.ca/>

[Saturday, August 01, 2015 08:24:45 PM]

English Heritage (2004): *People and Places: A Response to Government and the Value of Culture*, London, English Heritage.

www.bipsolutions.com/docstore/pdf/7982.pdf

[Tuesday, July 14, 2015 06:11:17 PM]

English Heritage (2009): *Heritage-Based Regeneration*,

www.rtpi.org.uk/download/12441/Heritage-led-Regeneration

[Tuesday, July 14, 2015 08:37:25 PM]

Environmental sustainability. (2014).

<http://www.ihgplc.com/index.asp?pageid=996>

[Wednesday, April 22, 2015 11:07:18 AM]

Industrija 1970-2010: Svetska kretanja i Istočna Evropa, relativan pad BJR

<http://www.makroekonomija.org/medunarodno-okruzenje/industrija-1970-2010-svetska-kretanja-i-istocna-evropa-relativan-pad-bjr/>

[Friday, May 29, 2015 10:17:43 AM]

Републички хидрометеоролошки завод Србије.

www.hidmet.gov.rs

[Monday, January 11, 2015 11:33:09 PM]

Sustainable industries

https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_industries

[Wednesday, April 22, 2015 02:23:40 PM]

TICCIH (2003): The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage,

http://mnactec.cat/es/ticcih/industrial_heritage.htm

[Sunday, August 02, 2015 09:58:10 AM]

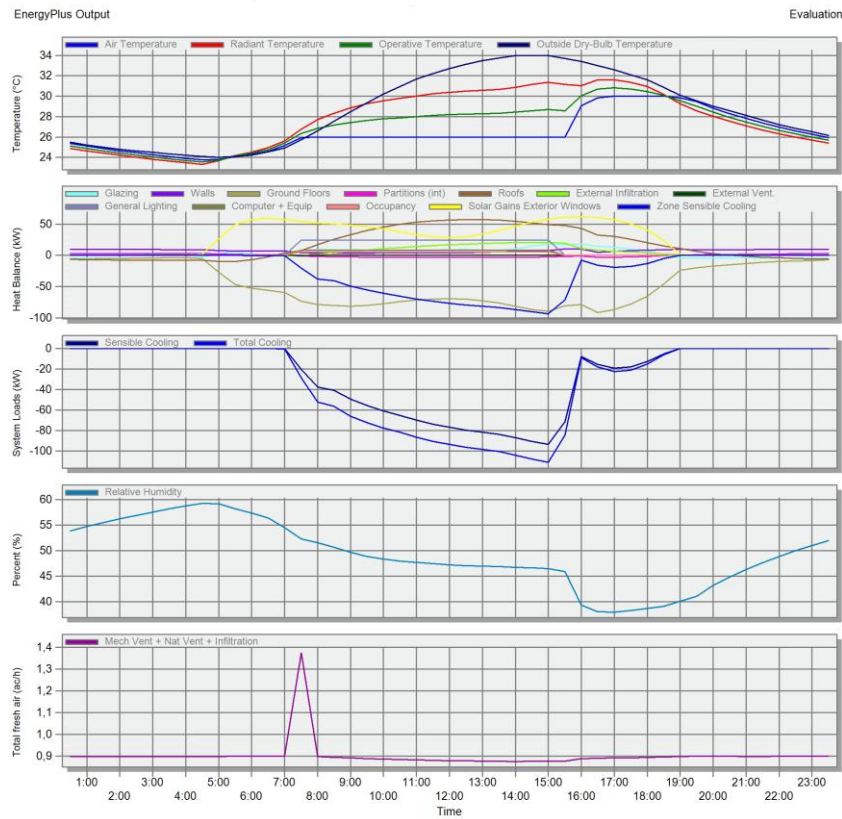
York Heritage Properties. (2009). *Toronto Carpet Factory Building*.

http://www.yorkheritage.com/properties/tcf_main.asp

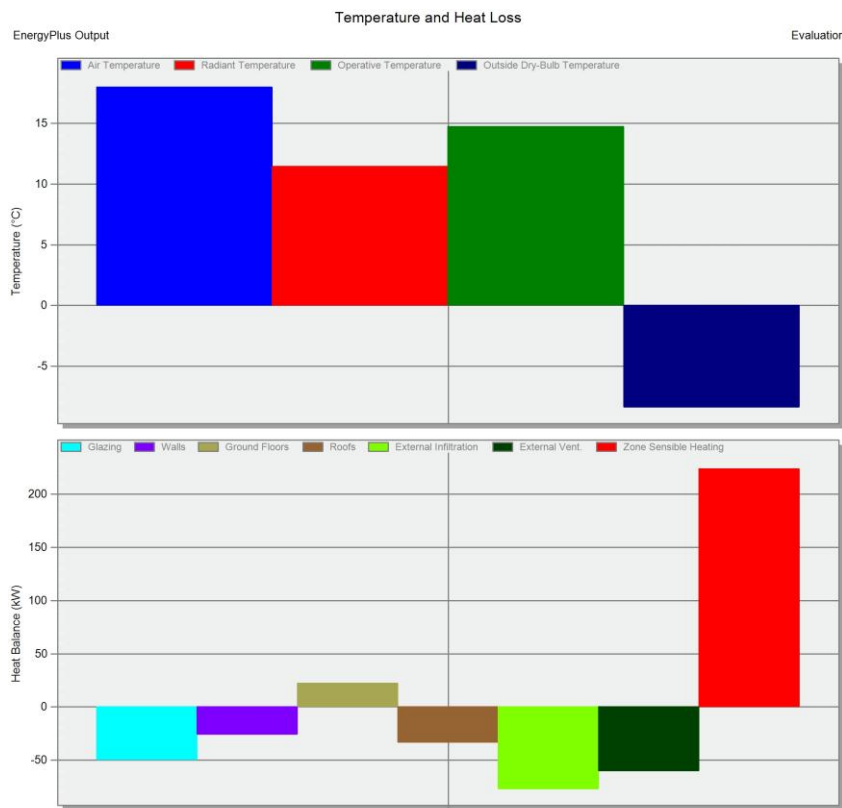
[Saturday, August 01, 2015 10:18:54 PM]

ПРИЛОГ 1

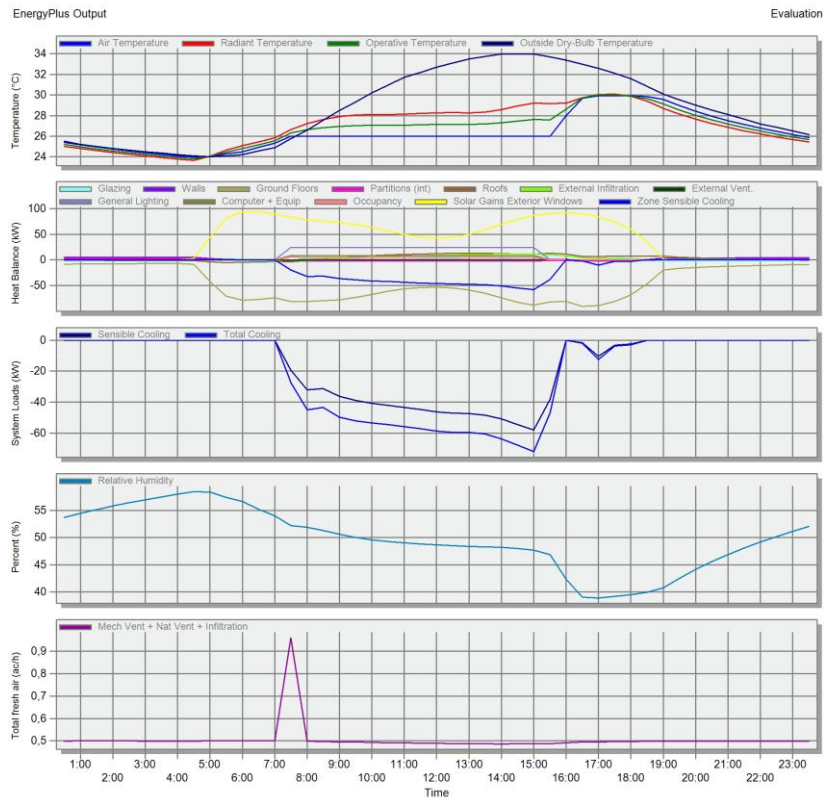
Дијаграми дизајна хлађења и дизајна грејања објекта свих предложених модела и алтернатива енергетских санација објеката



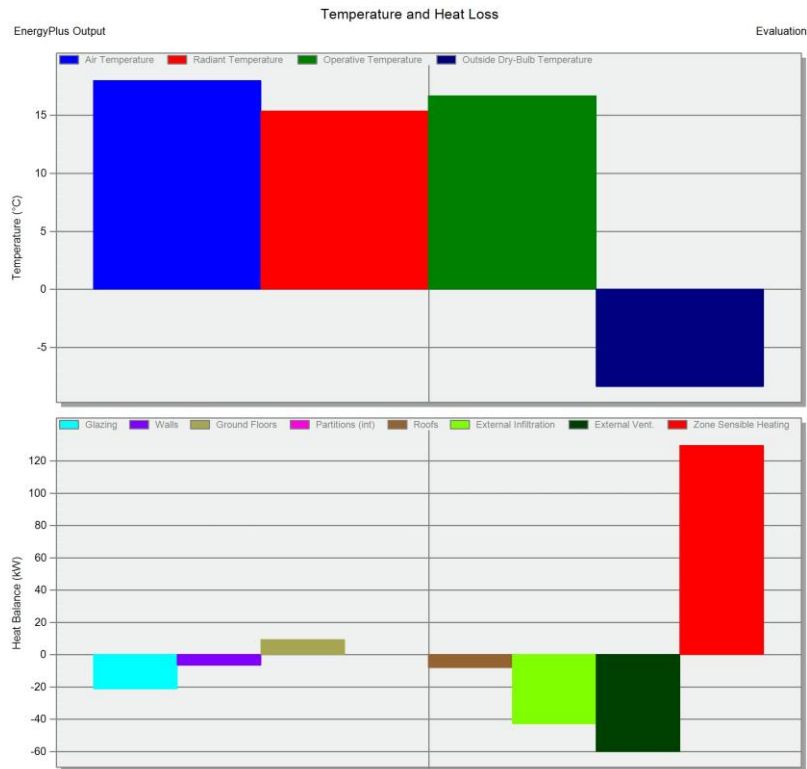
Дијаграм 1. Дизајн хлађења објекта модел М1 постојеће стање - намена индустрија



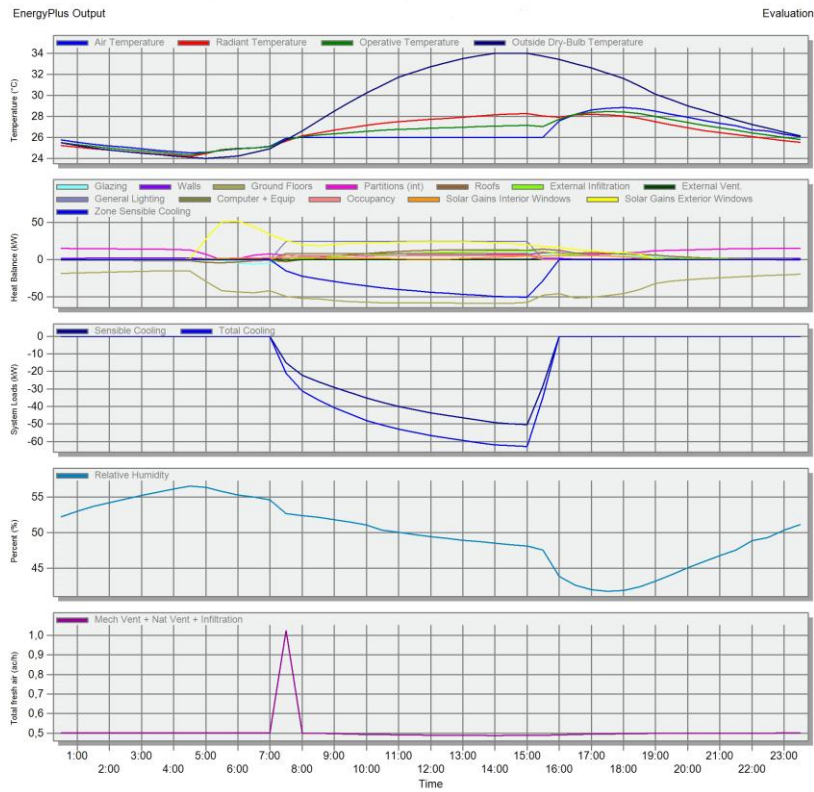
Дијаграм 2. Дизајн грејања објекта модел М1 постојеће стање - намена индустрија



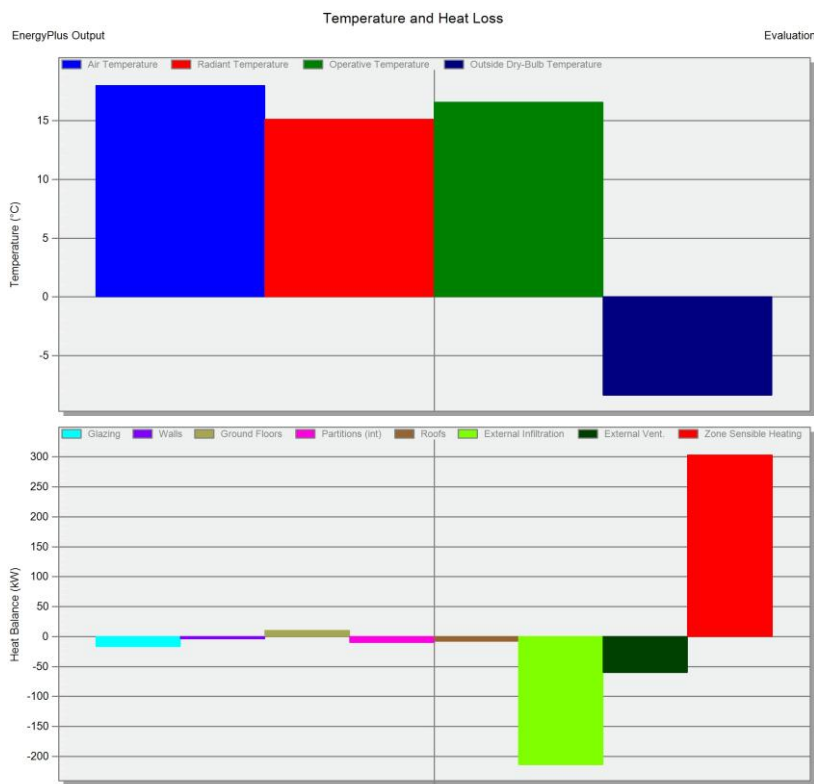
Дијаграм 3. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио1 - намена индустрија



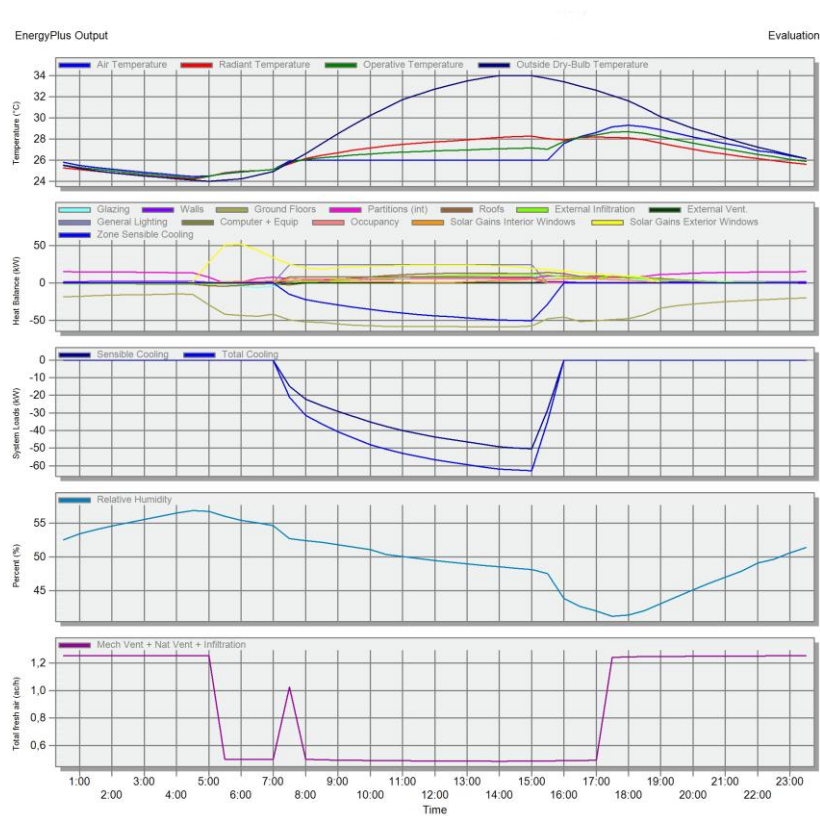
Дијаграм 4. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио1 - намена индустрија



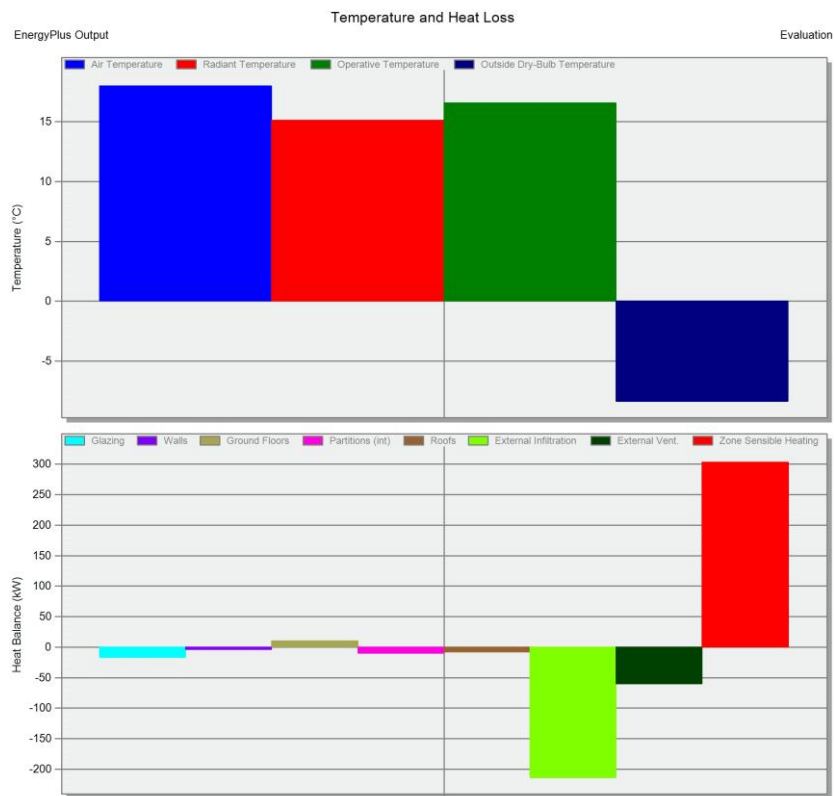
Дијаграм 5. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио 2- намена индустрија



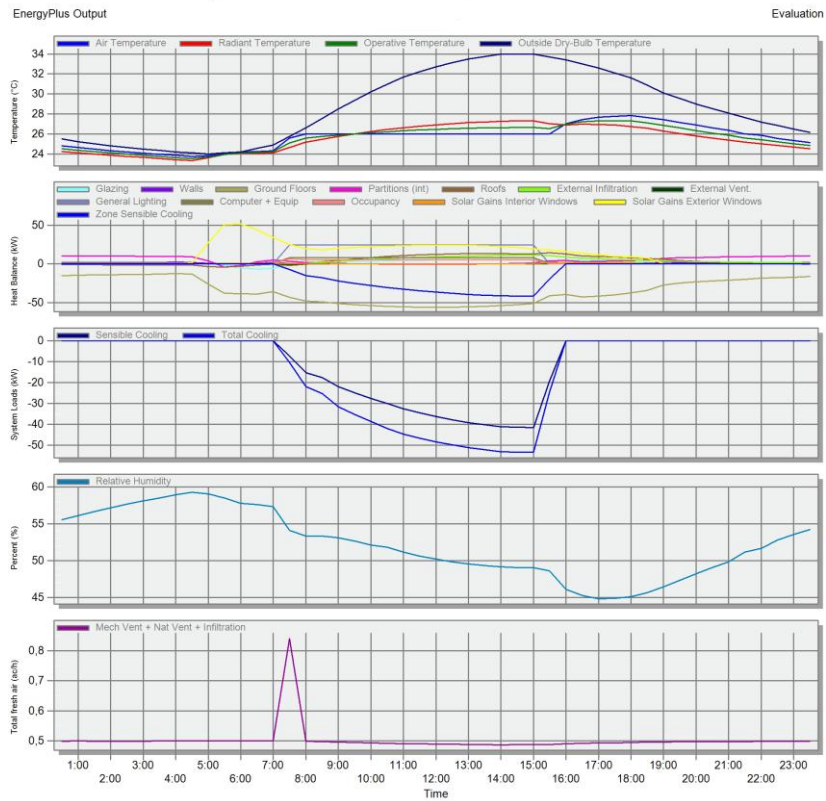
Дијаграм 6. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2 - намена индустрија



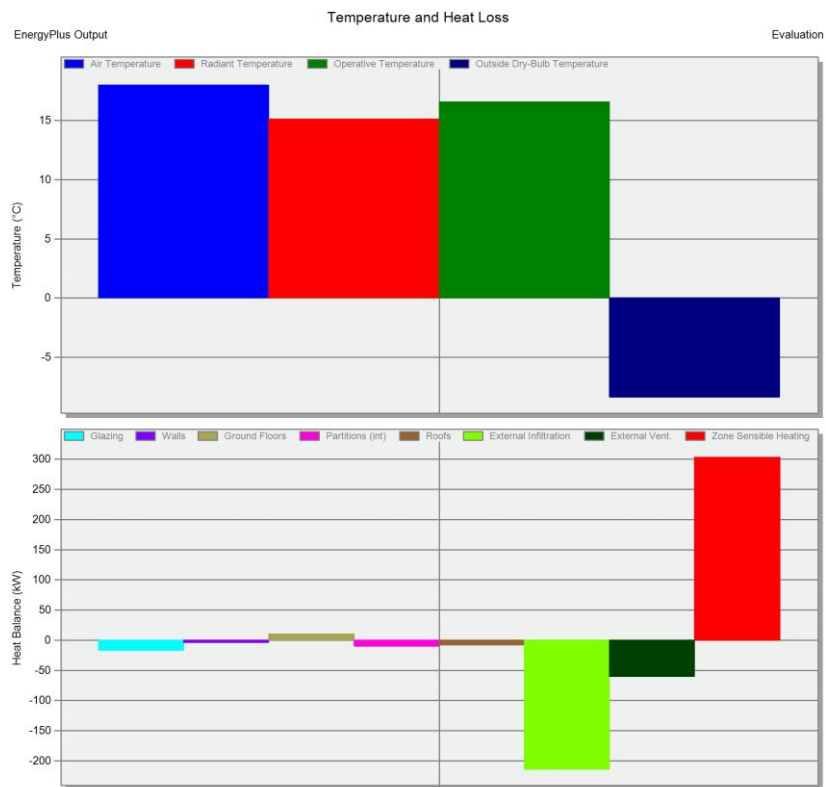
Дијаграм 7. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио 2а - намена индустрија



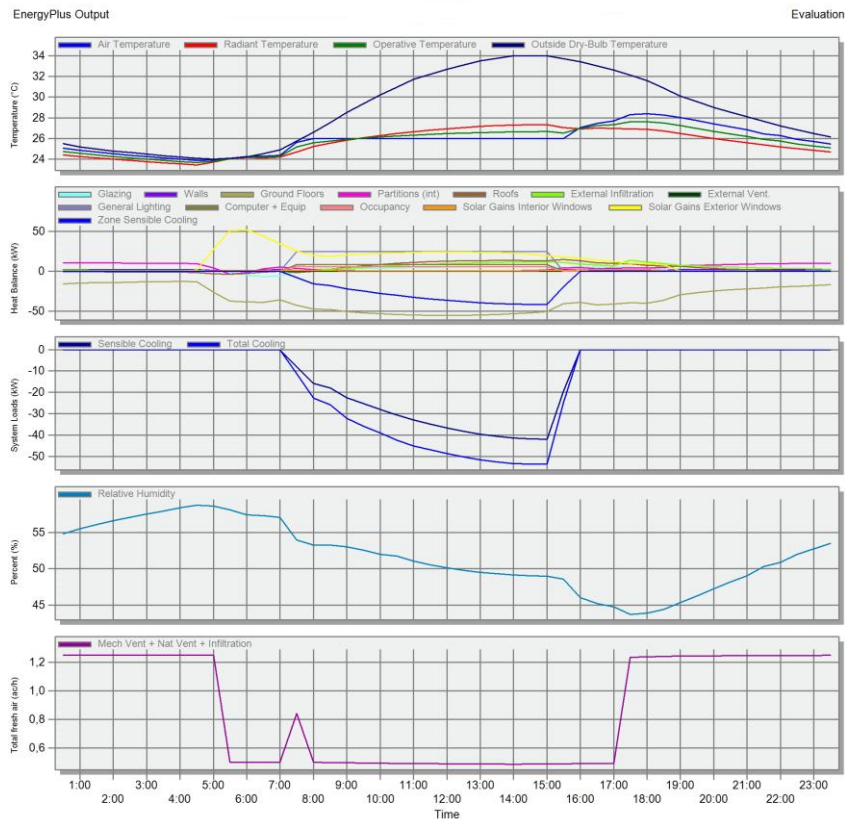
Дијаграм 8. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2а - намена индустрија



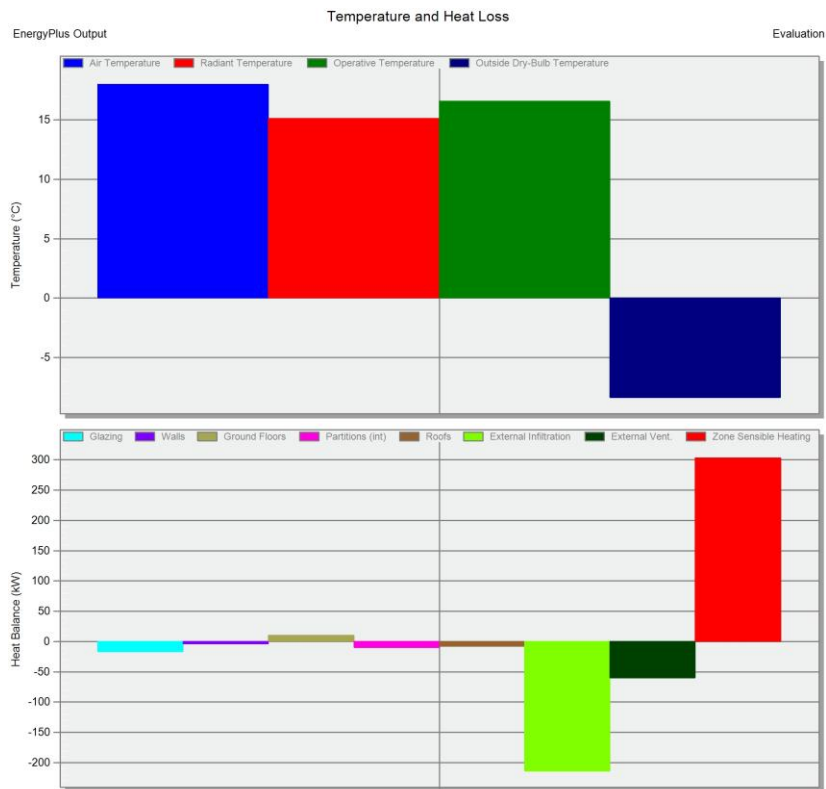
Дијаграм 9. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио 2b - намена индустрија



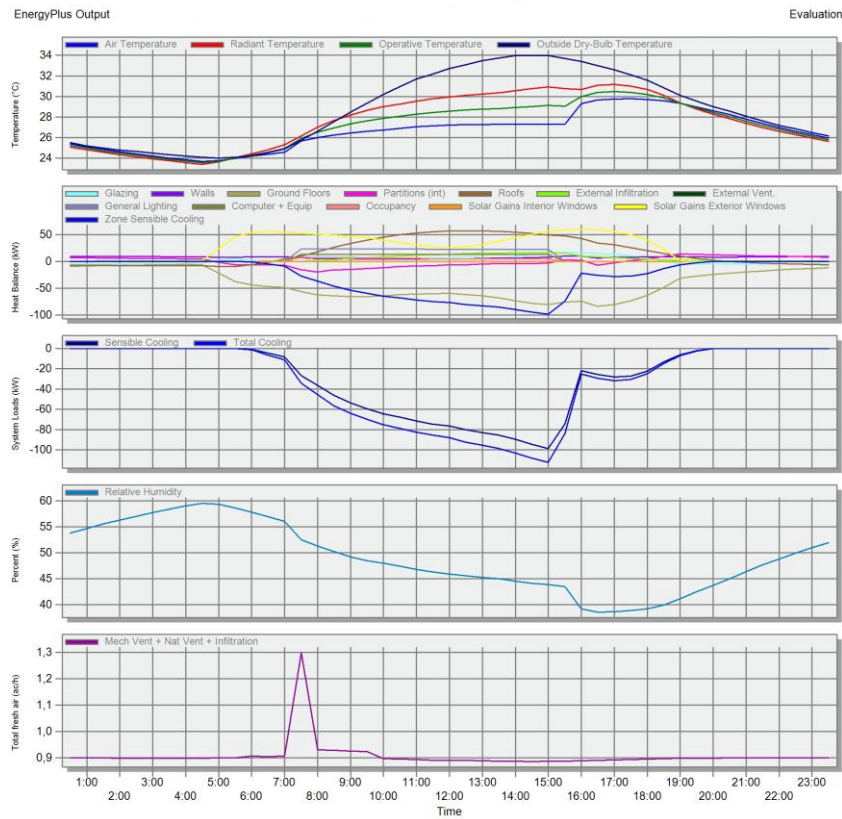
Дијаграм 10. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2b - намена индустрија



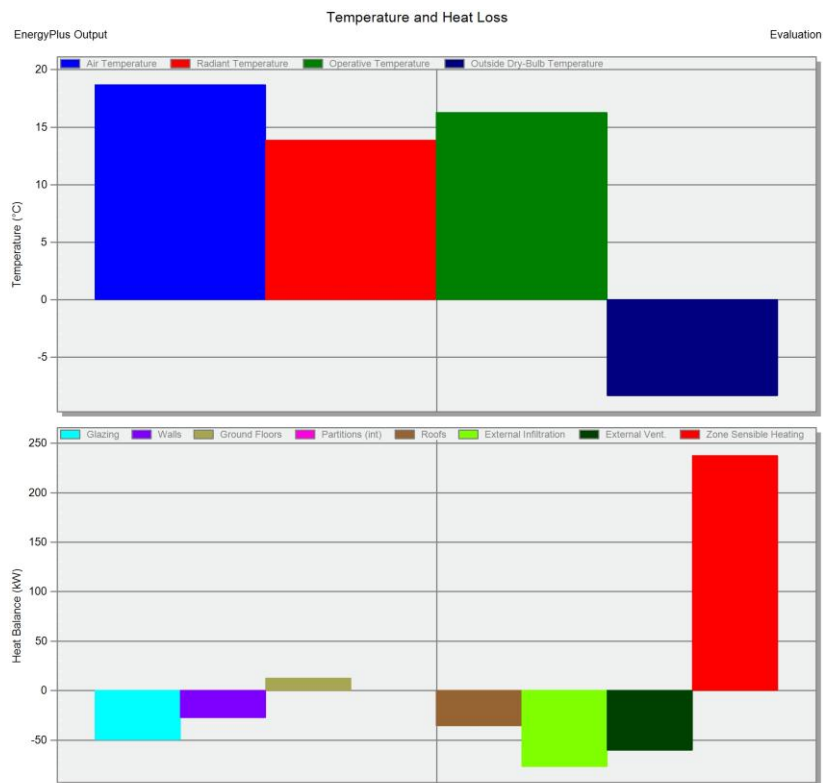
Дијаграм 11. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио 2с - намена индустрија



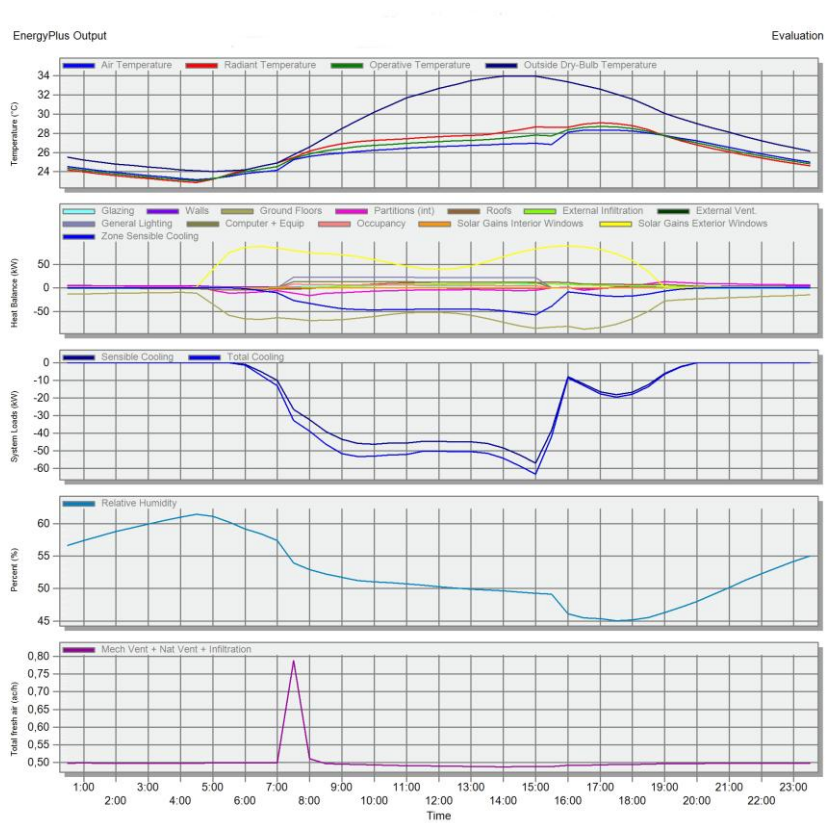
Дијаграм 12. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2с - намена индустрија



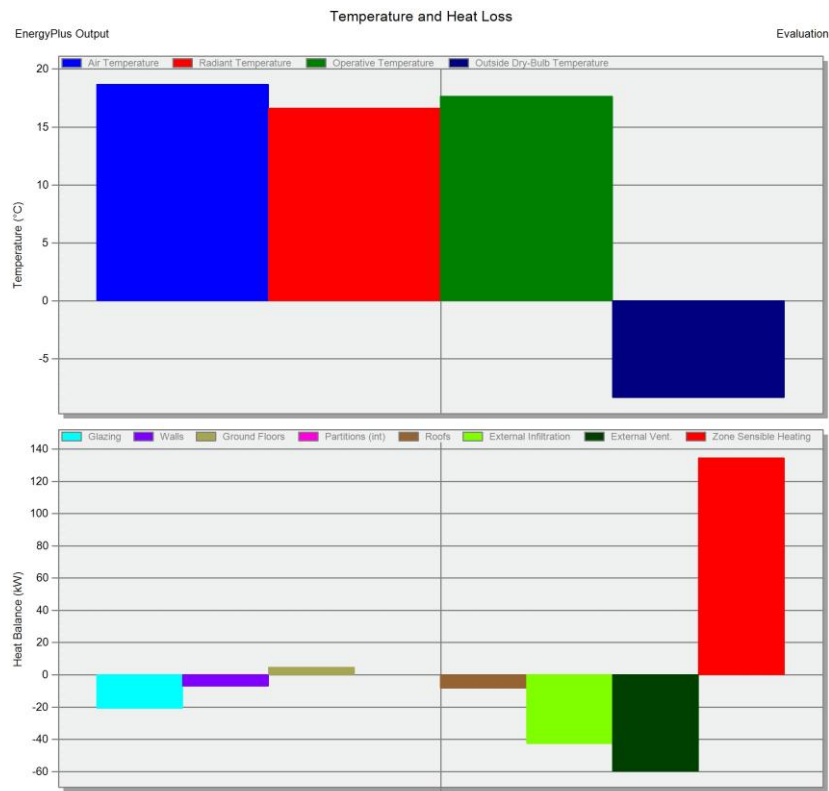
Дијаграм 13. Дизајн хлађења објекта модел М1 постојеће стање - намена пословање



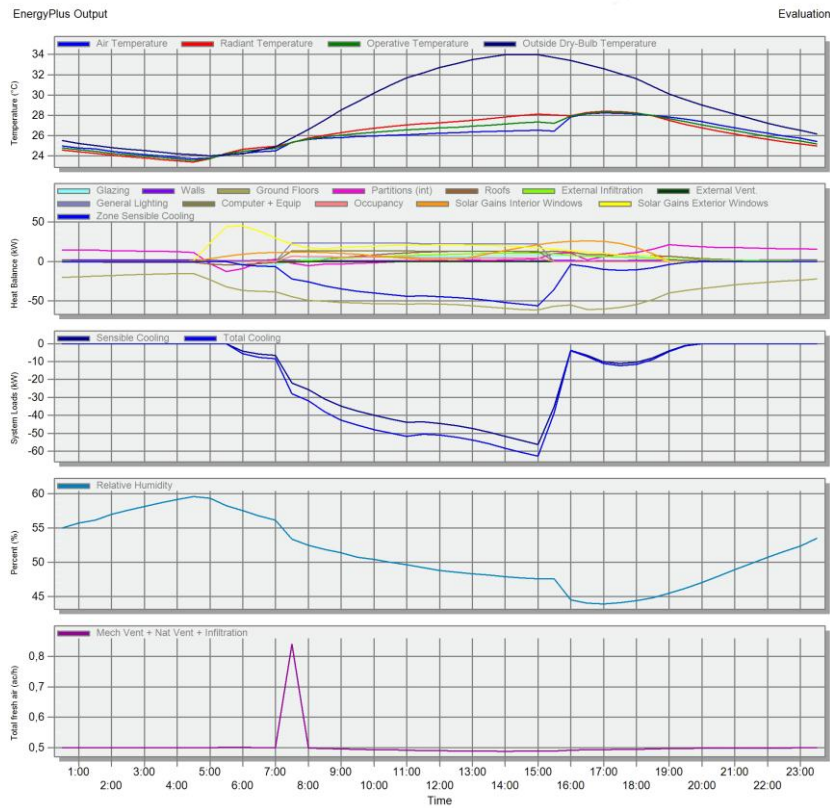
Дијаграм 14. Дизајн грејања објекта модел М1 постојеће стање - намена пословање



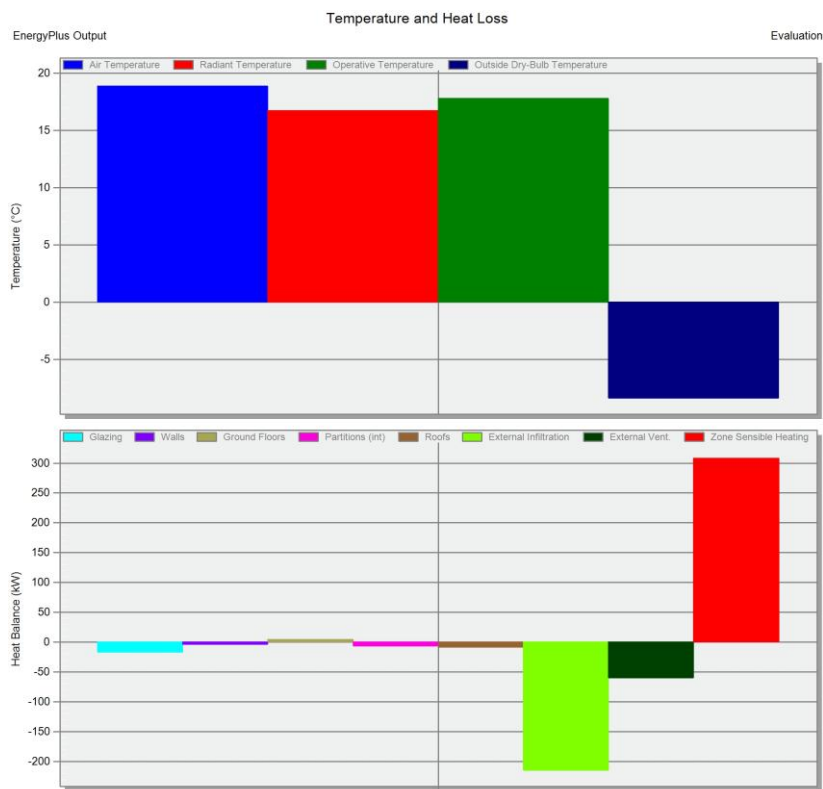
Дијаграм 15. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 1 - намена пословање



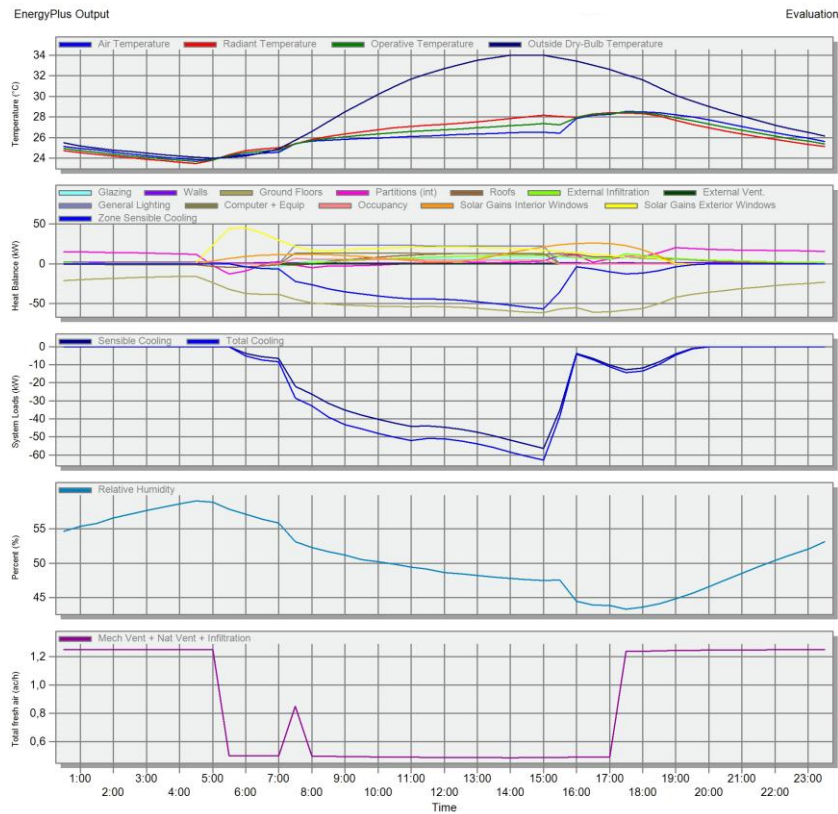
Дијаграм 16. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 1 - намена пословање



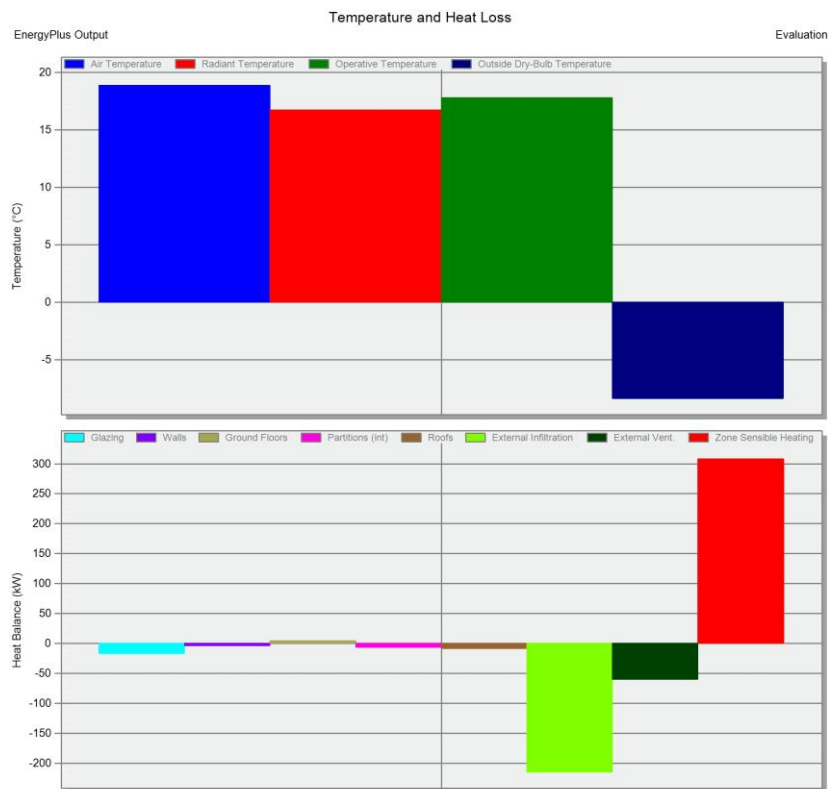
Дијаграм 17. Дизајн хлађења објекта модел М1 сценарио 2 - намена пословање



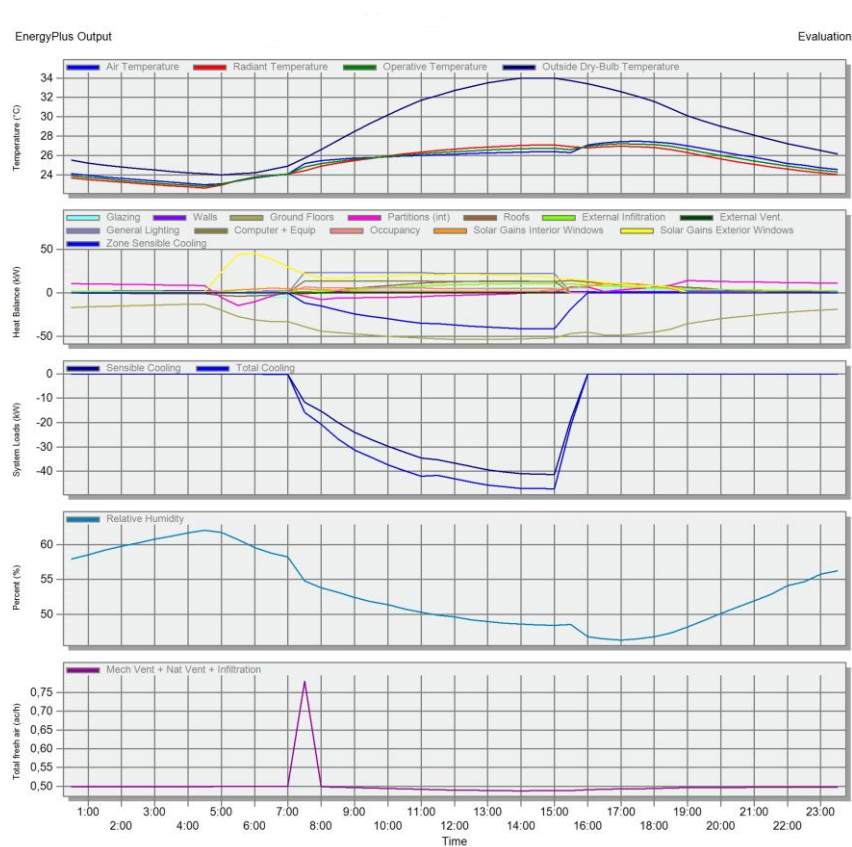
Дијаграм 18. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2 - намена пословање



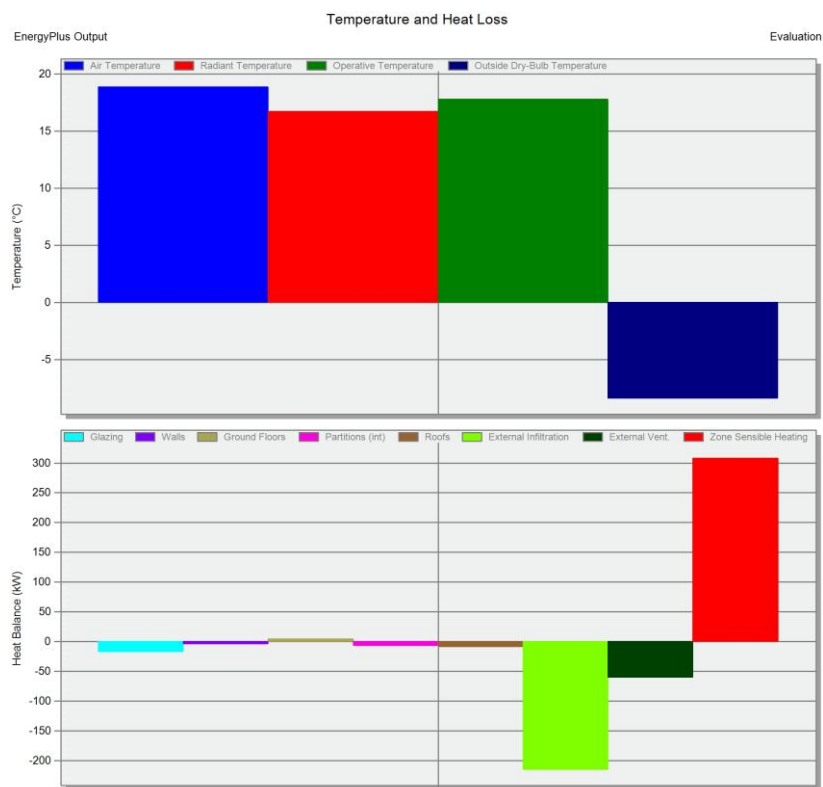
Дијаграм 19. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2а - намена пословање



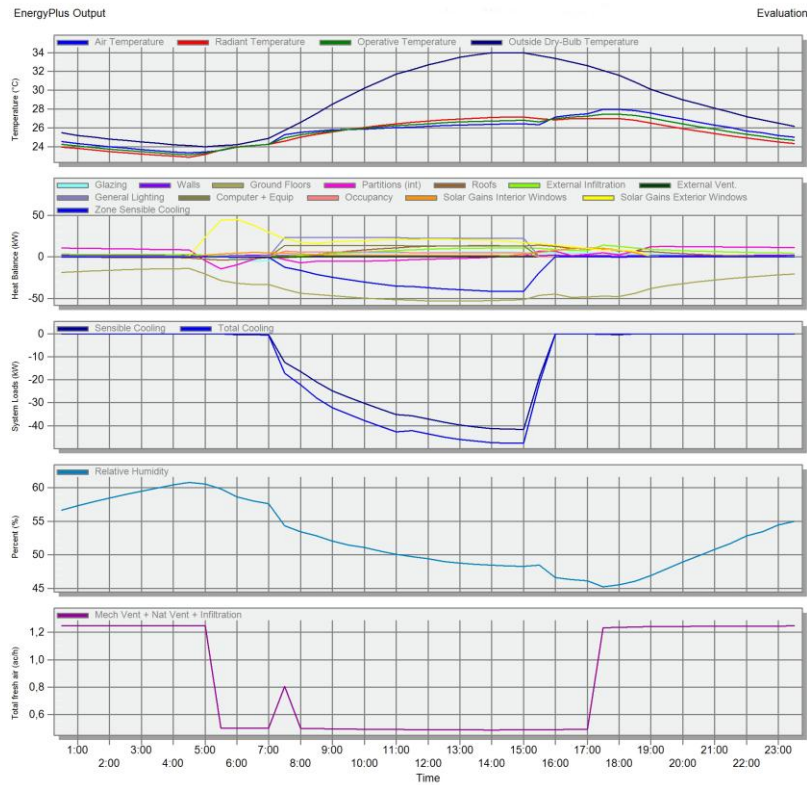
Дијаграм 20. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2а - намена пословање



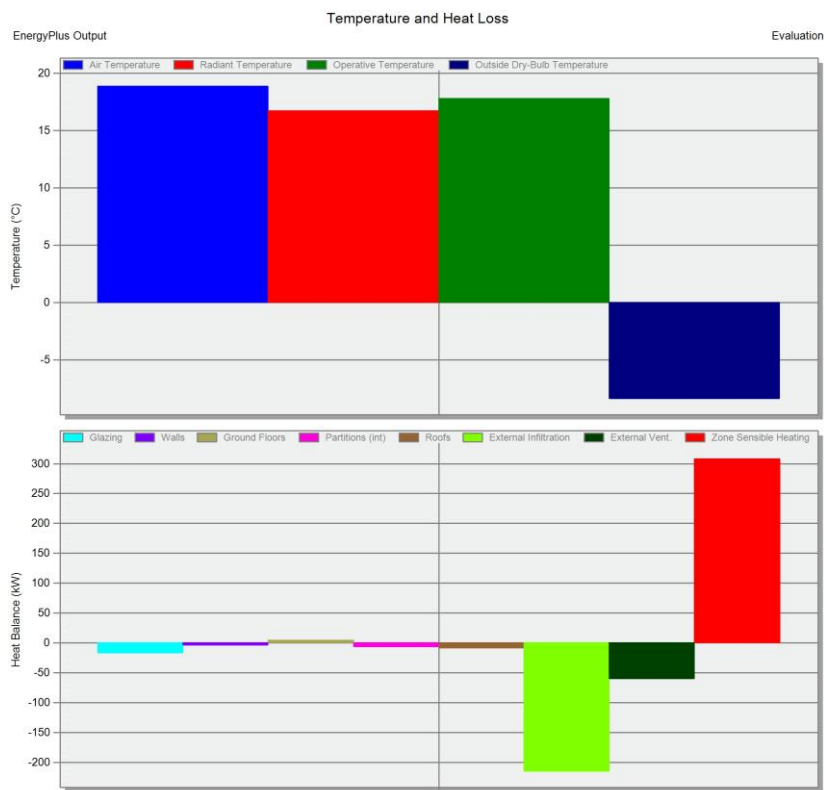
Дијаграм 21. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2b - намена пословање



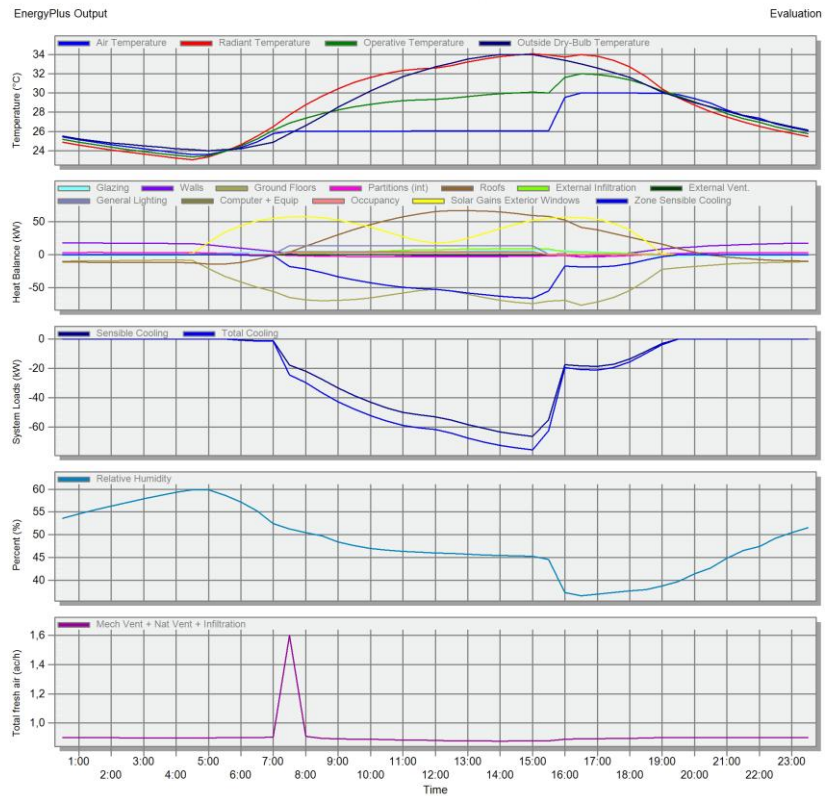
Дијаграм 22. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2b - намена пословање



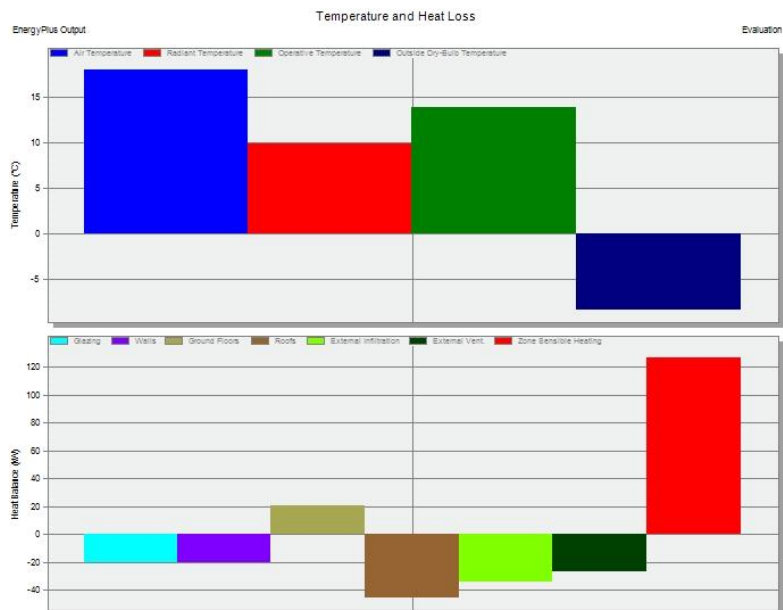
Дијаграм 23. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2с - намена пословање



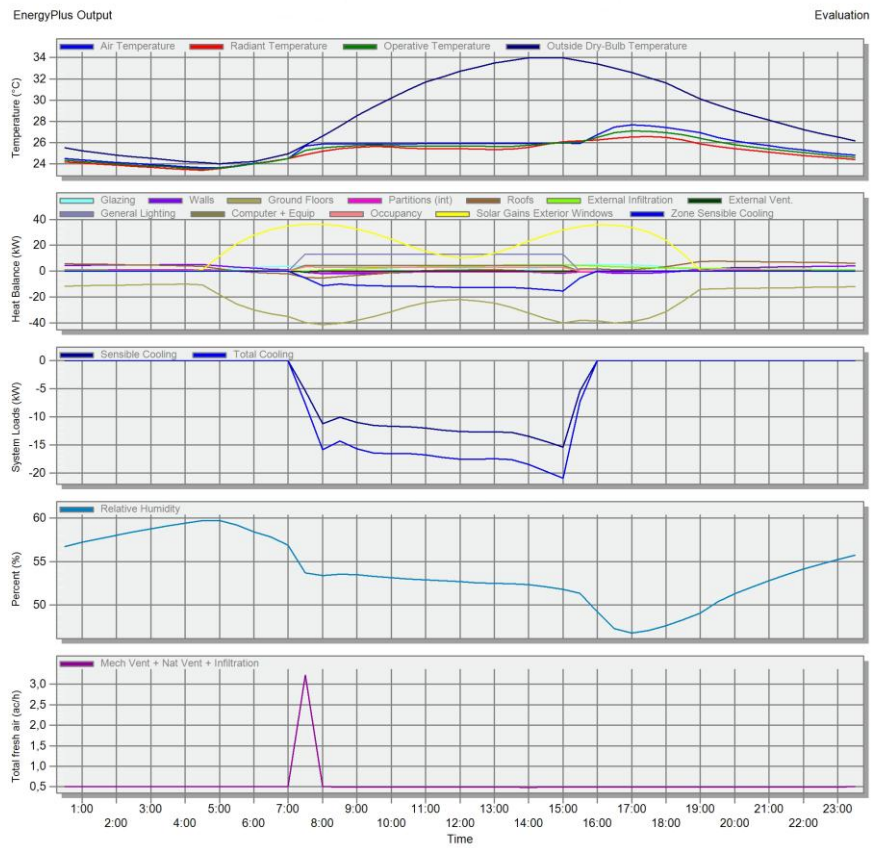
Дијаграм 24. Дизајн грејања објекта модел М1 сценарио 2с - намена пословање



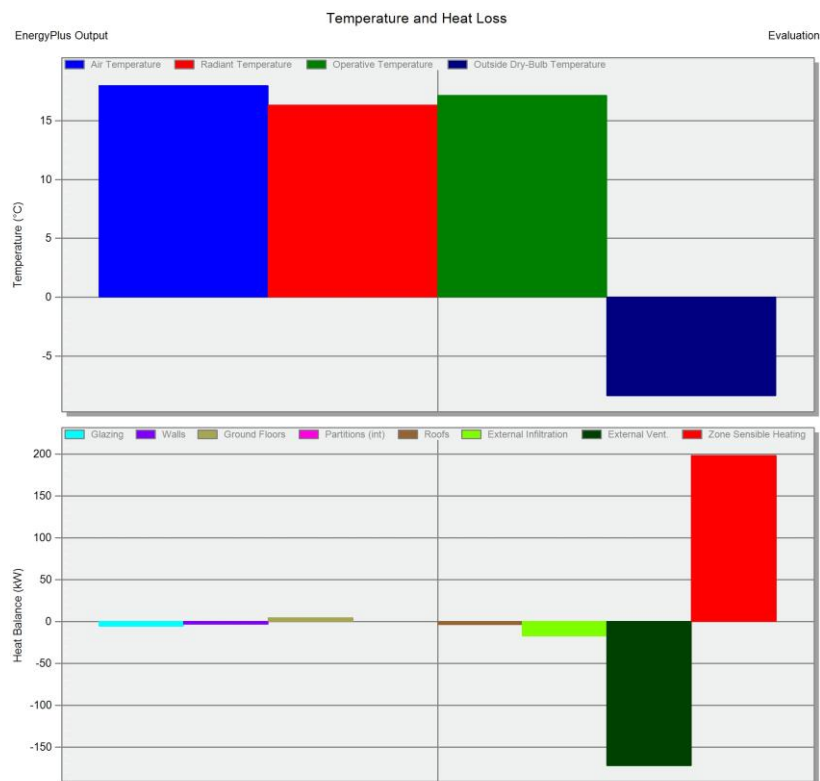
Дијаграм 25. Дизајн хлађења објекта модел М2 постојеће стање - намена индустрија



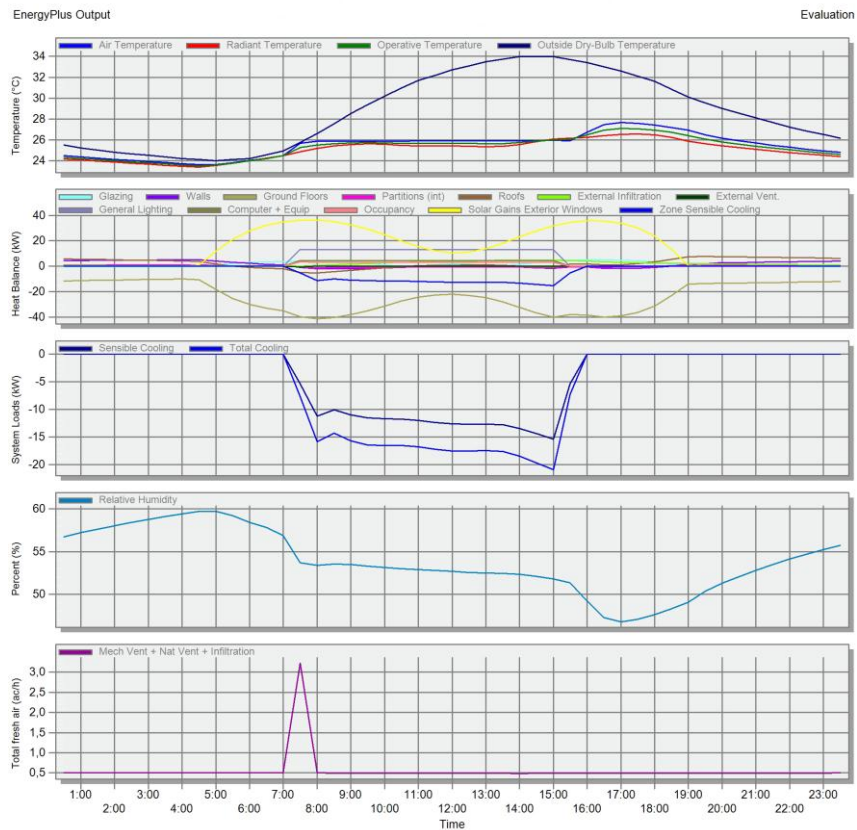
Дијаграм 26. Дизајн грејања објекта модел М2 постојеће стање - намена индустрија



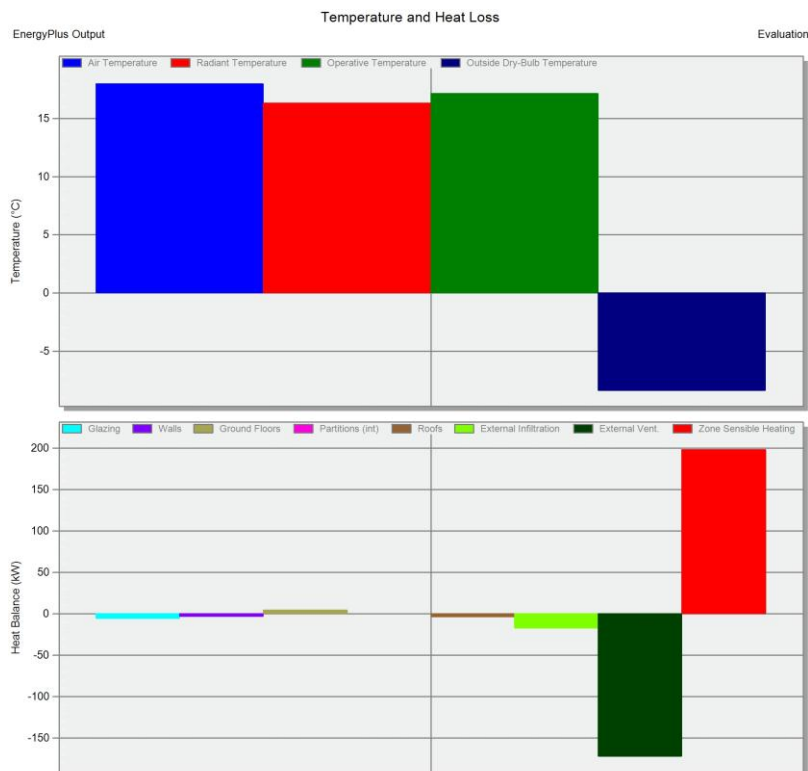
Дијаграм 27. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио1 - намена индустрија



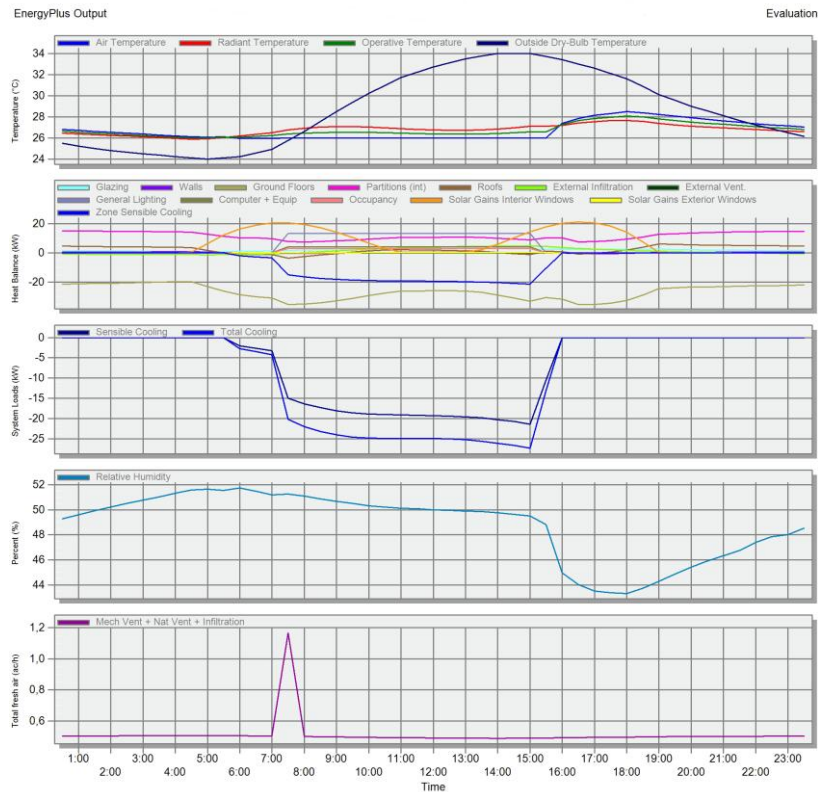
Дијаграм 28. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио1 - намена индустрија



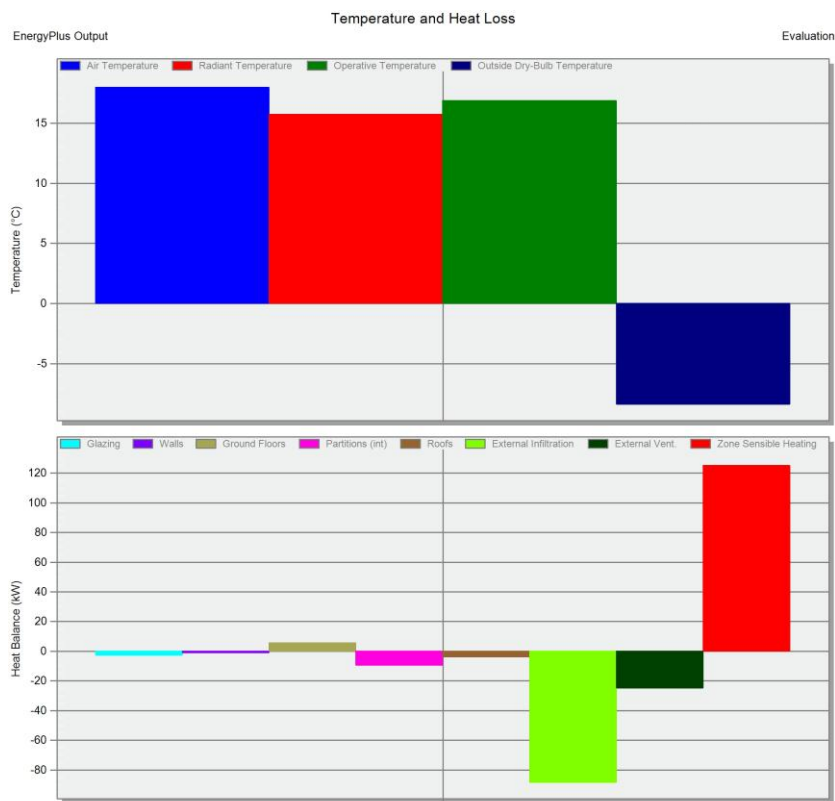
Дијаграм 29. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио 2- намена индустрија



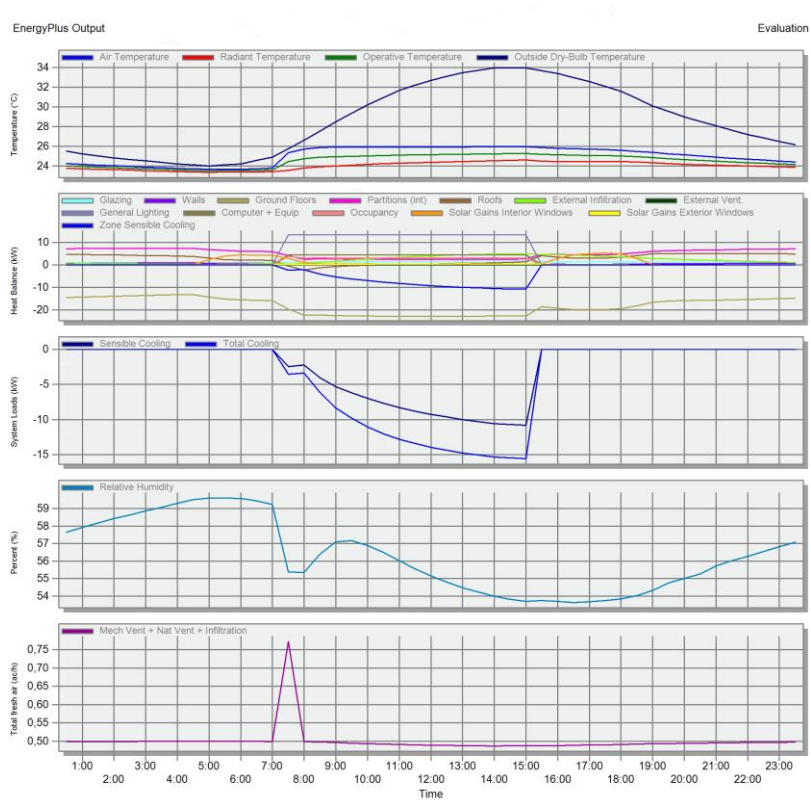
Дијаграм 30. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2 - намена индустрија



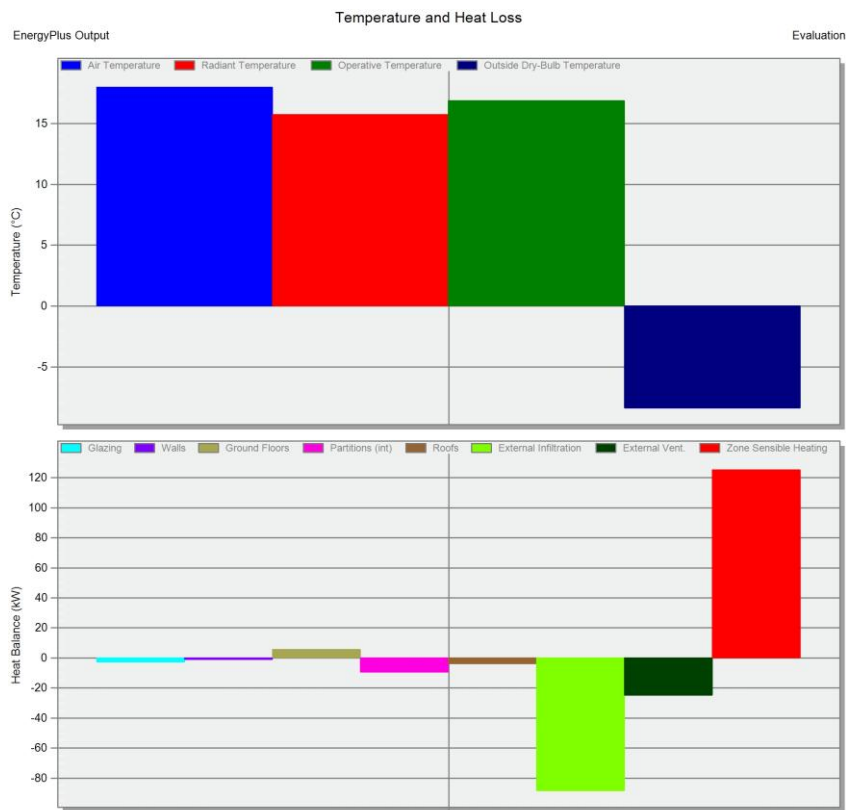
Дијаграм 31. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио 2а - намена индустрија



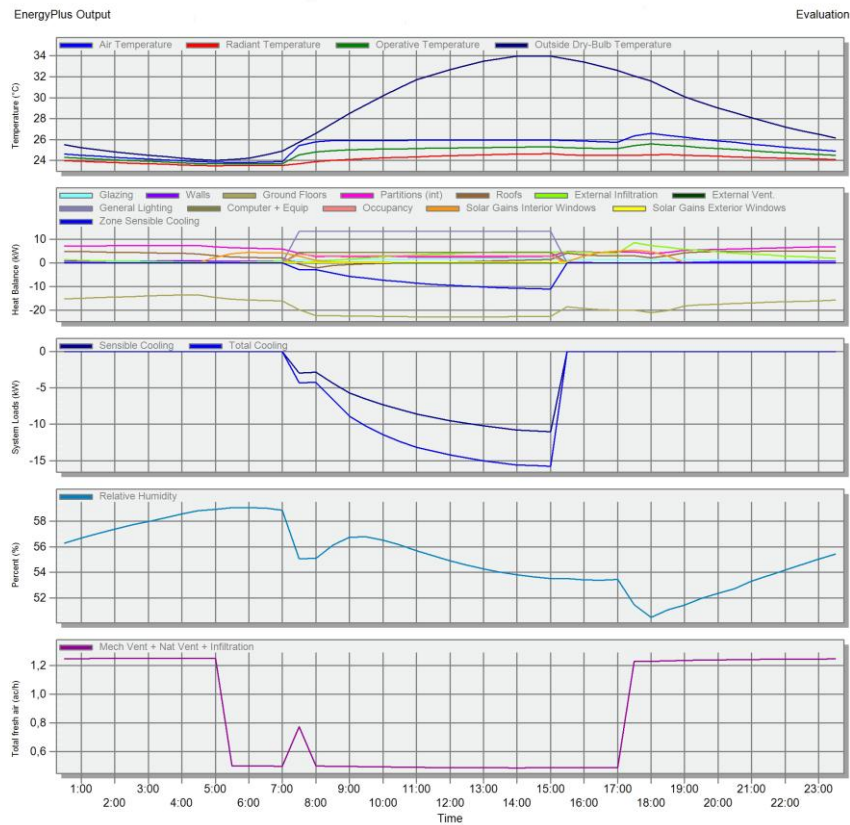
Дијаграм 32. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2а - намена индустрија



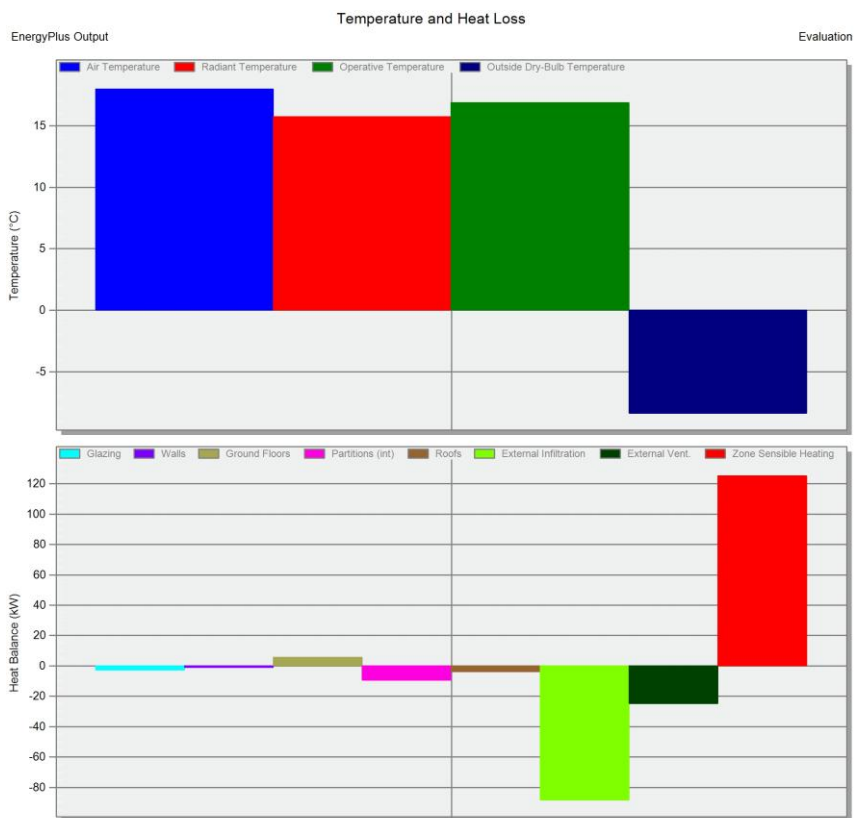
Дијаграм 33. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио 2b - намена индустрија



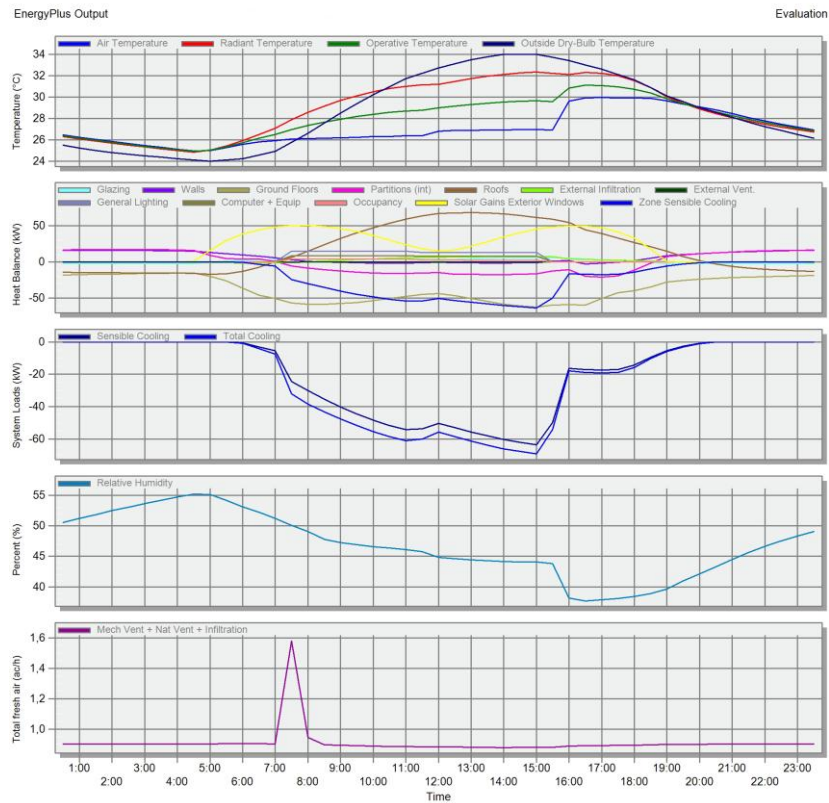
Дијаграм 34. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2b - намена индустрија



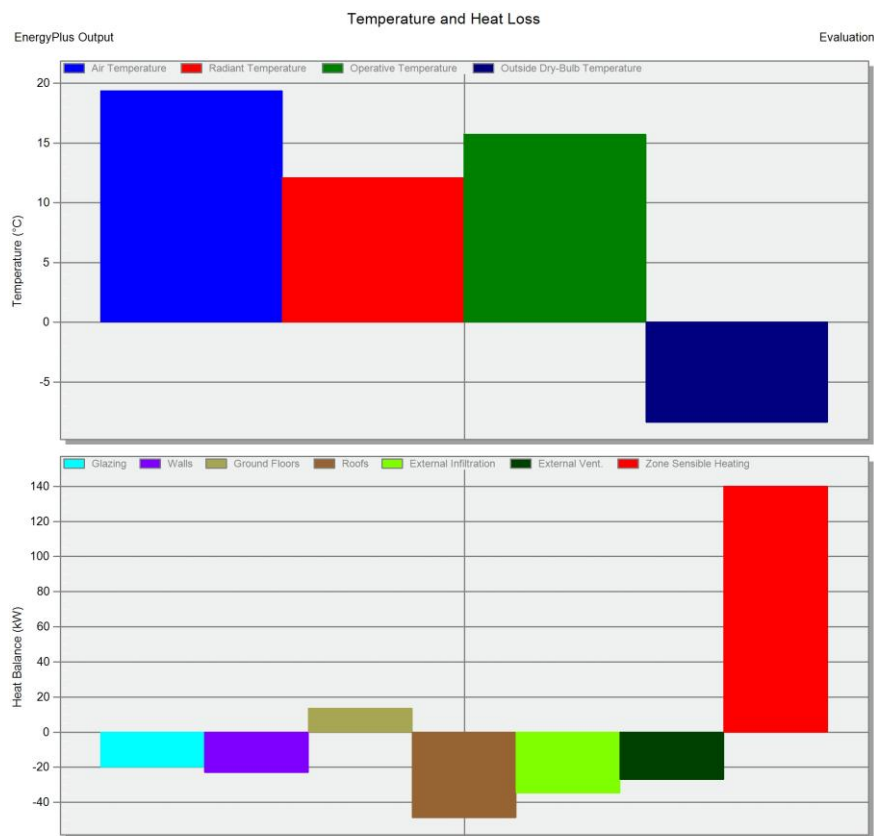
Дијаграм 35. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио 2с - намена индустрија



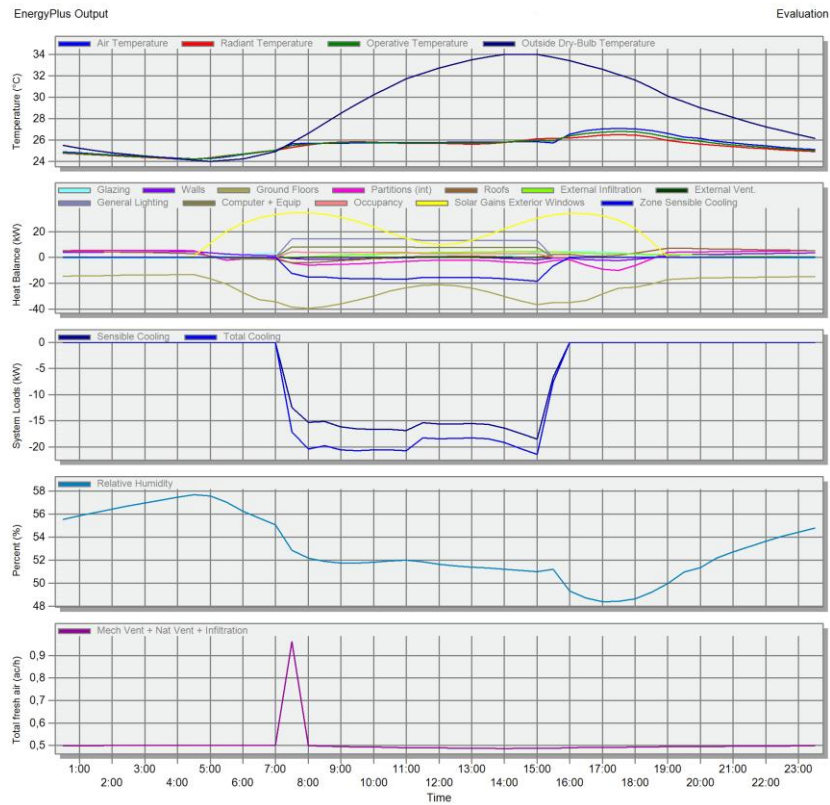
Дијаграм 36. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2с - намена индустрија



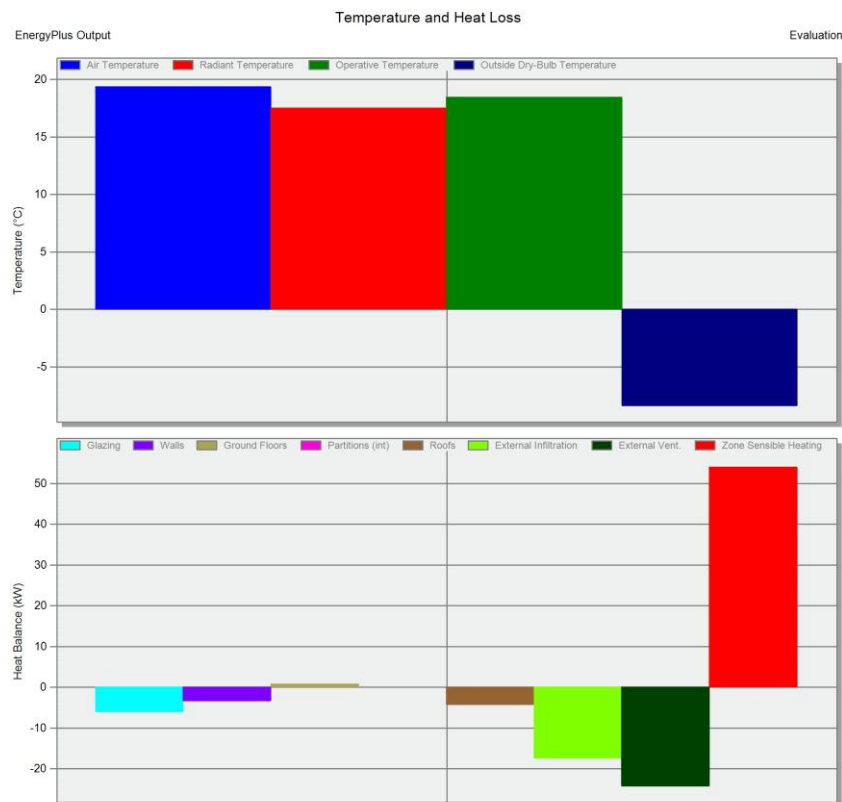
Дијаграм 37. Дизајн хлађења објекта модел М2 постојеће стање - намена пословање



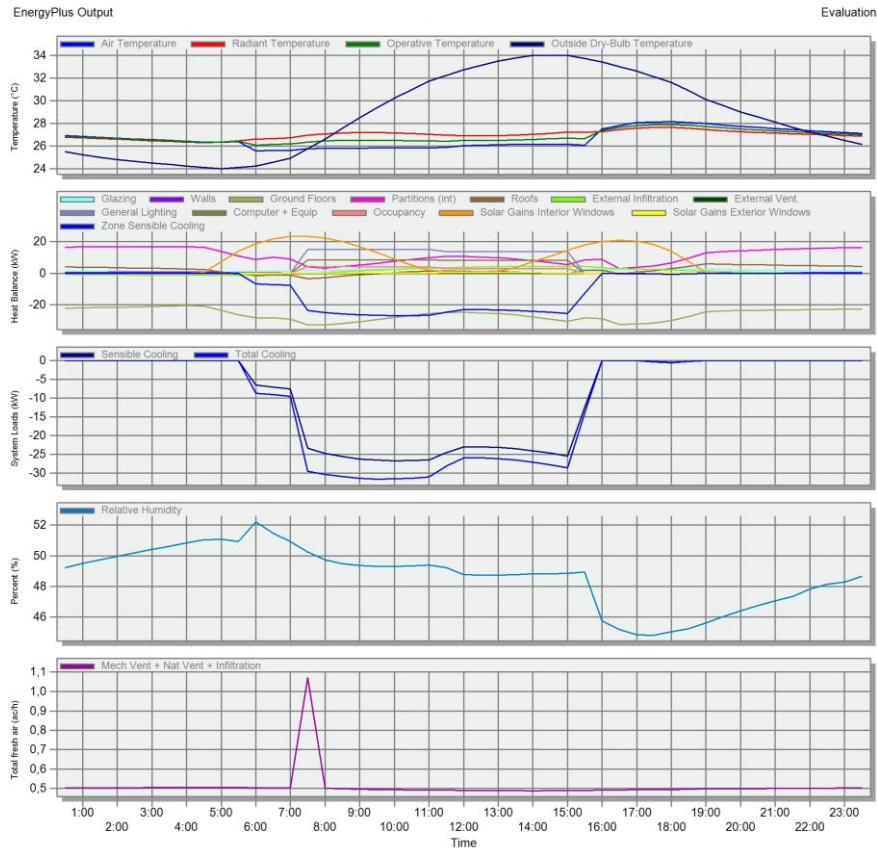
Дијаграм 38. Дизајн грејања објекта модел М2 постојеће стање - намена пословање



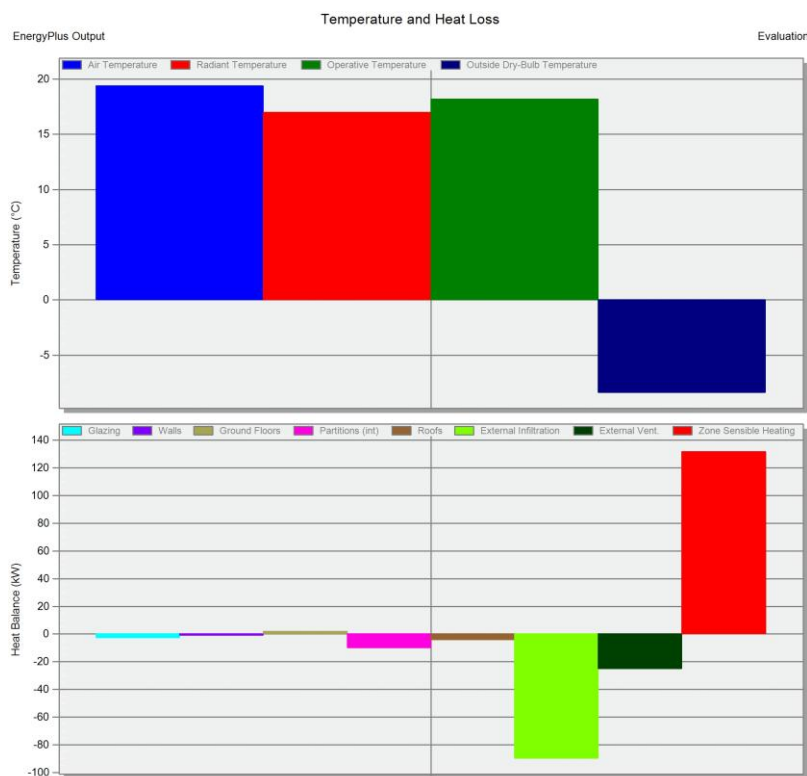
Дијаграм 39. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 1 - намена пословање



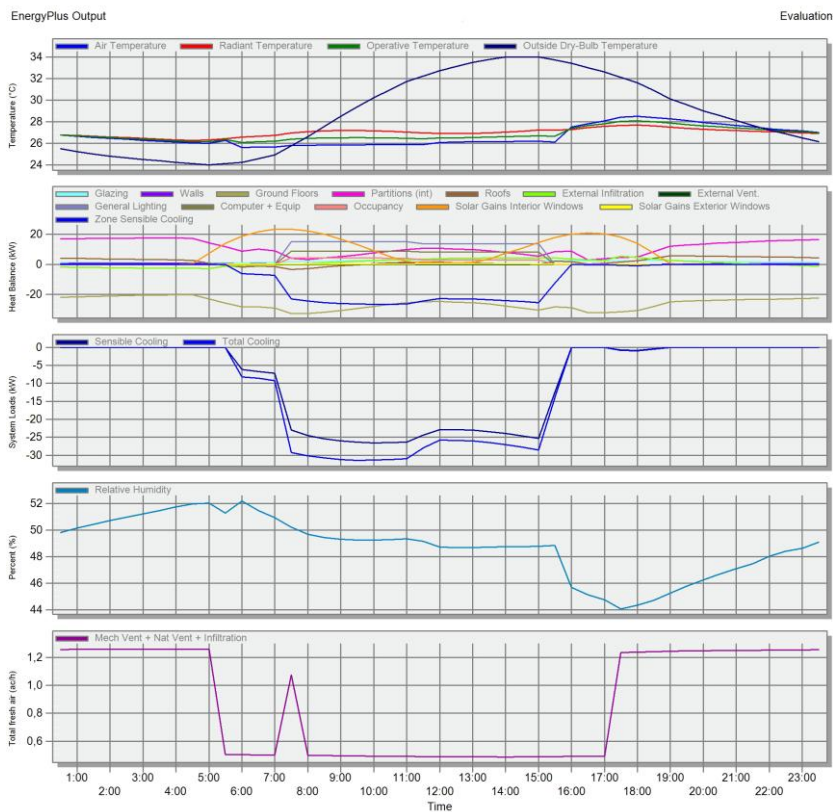
Дијаграм 40. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 1 - намена пословање



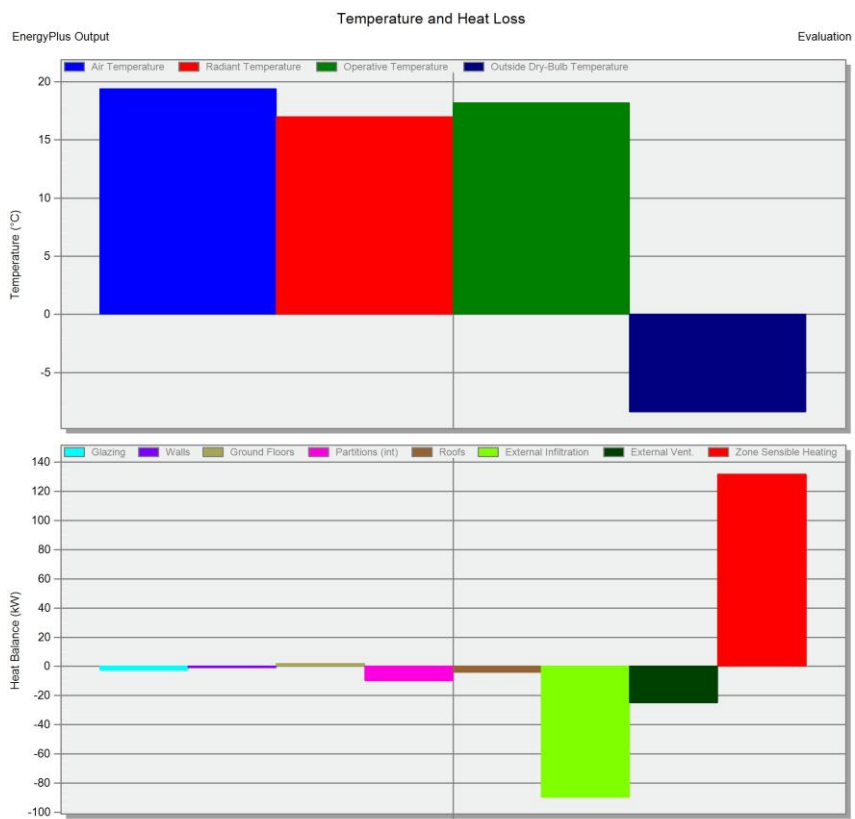
Дијаграм 41. Дизајн хлађења објекта модел М2 сценарио 2 - намена пословање



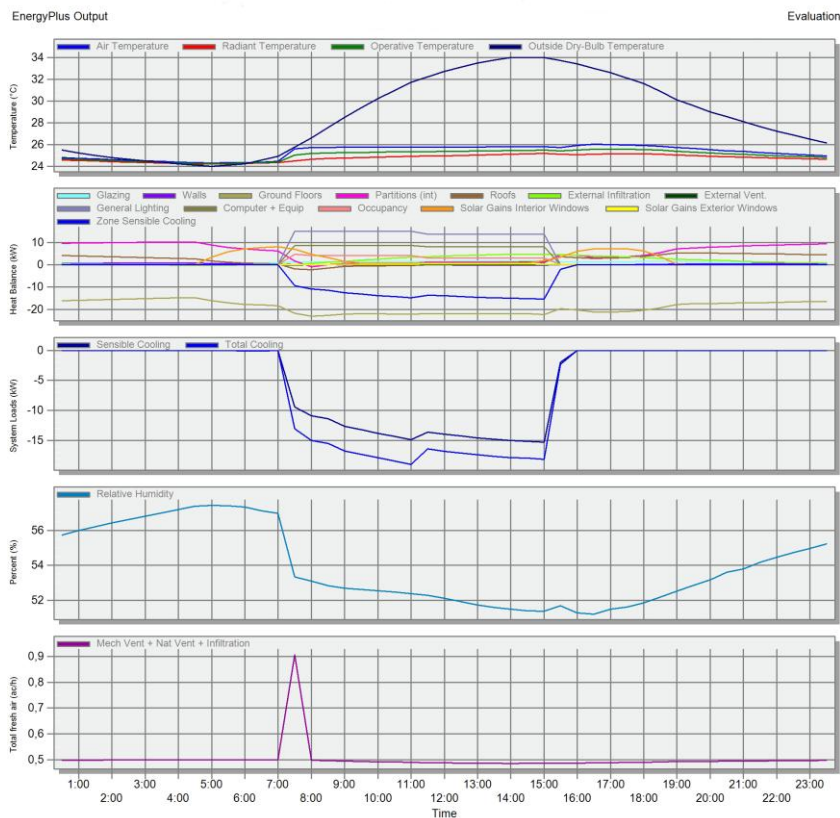
Дијаграм 42. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2 - намена пословање



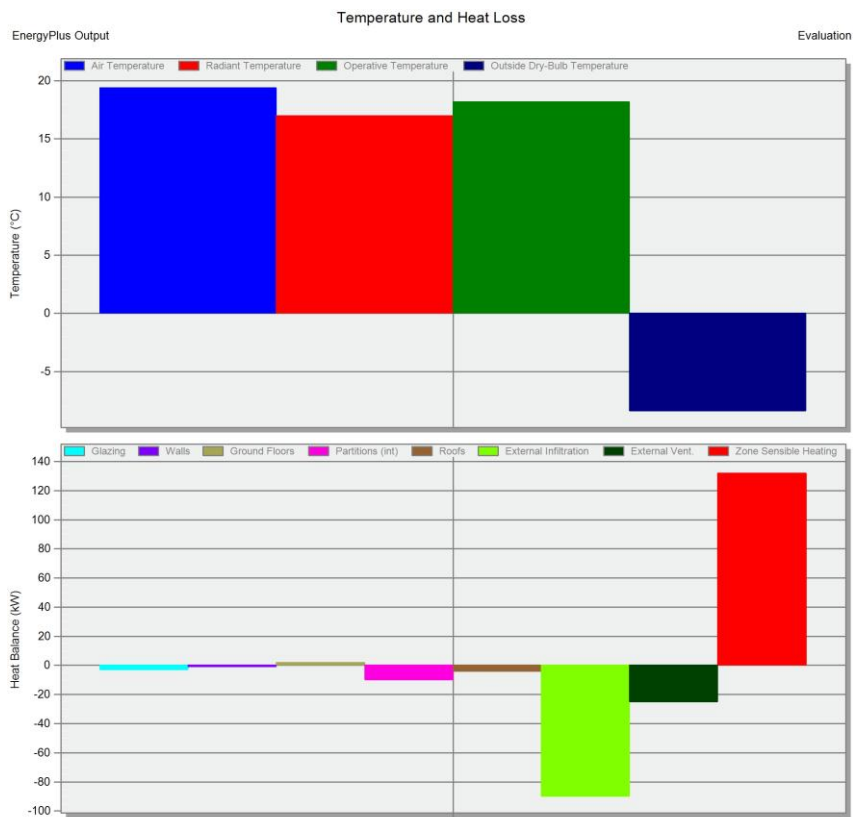
Дијаграм 43. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2а - намена пословање



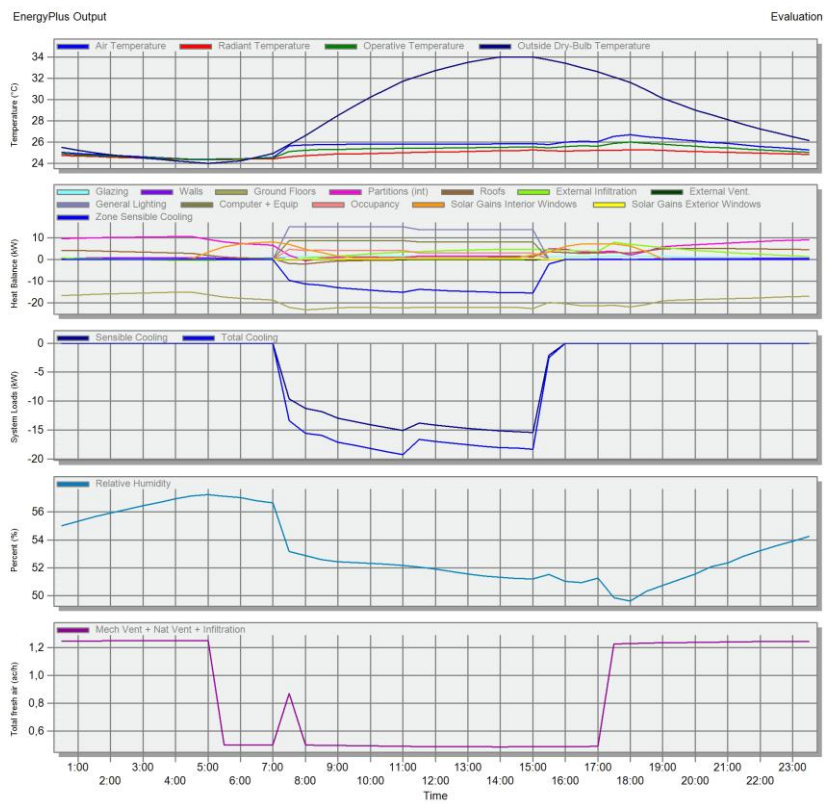
Дијаграм 44. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2а - намена пословање



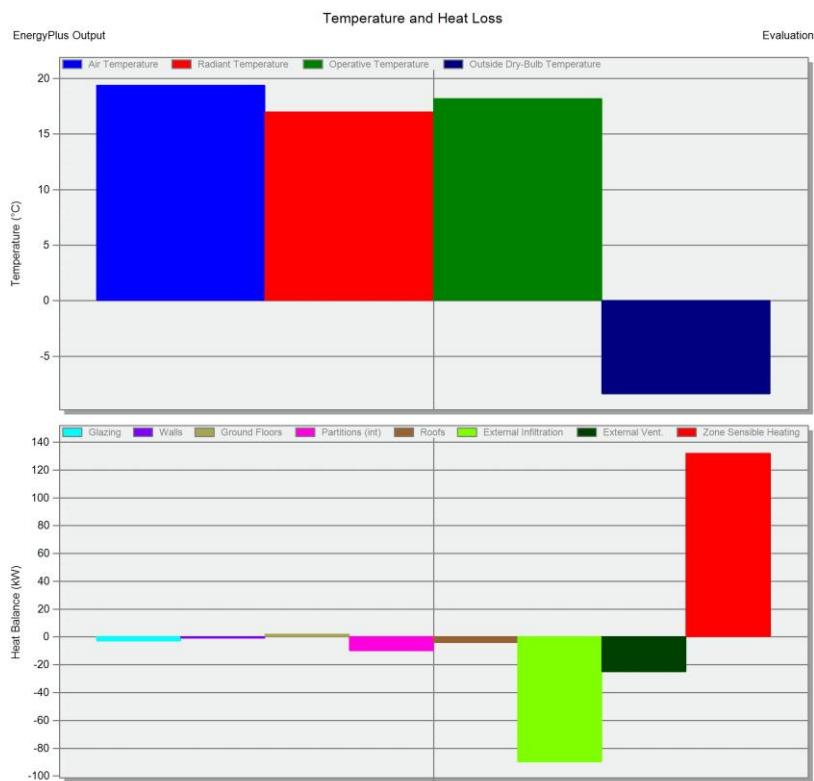
Дијаграм 45. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2b - намена пословање



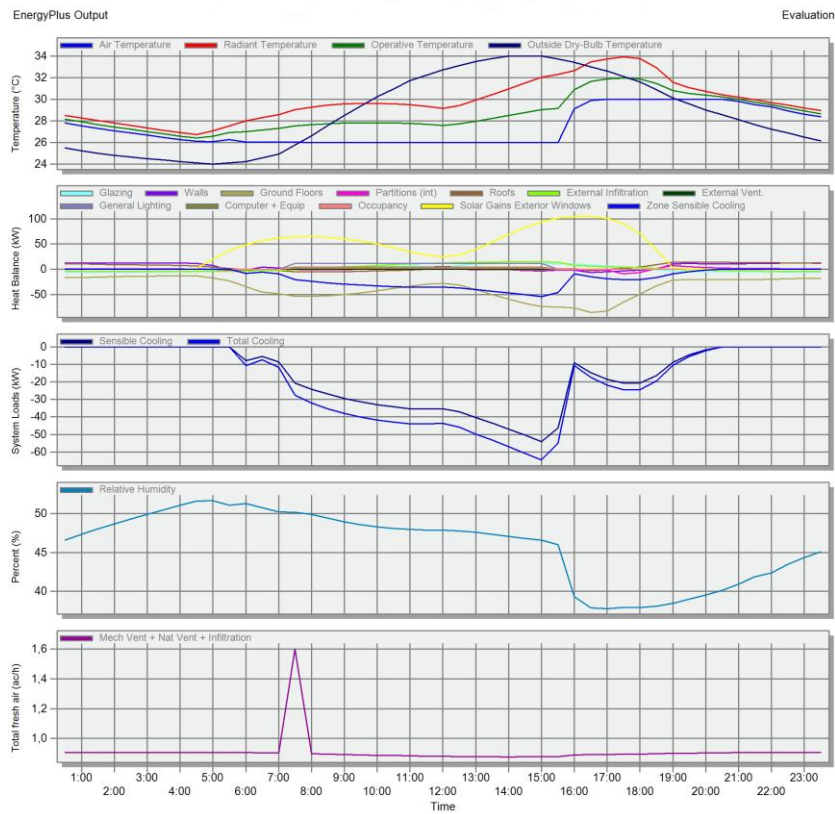
Дијаграм 46. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2b - намена пословање



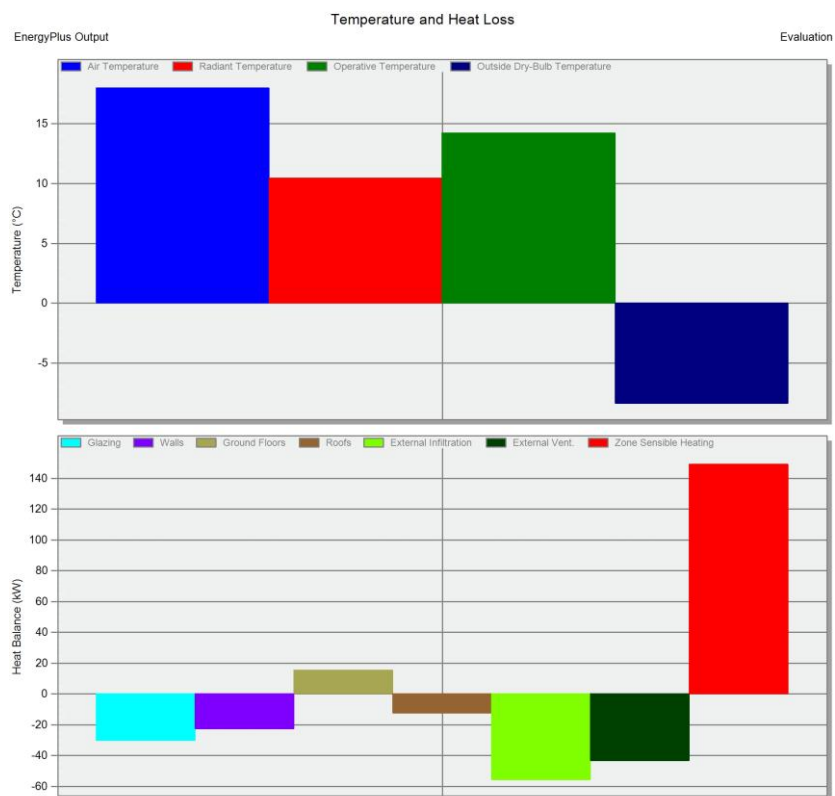
Дијаграм 47. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2с - намена пословање



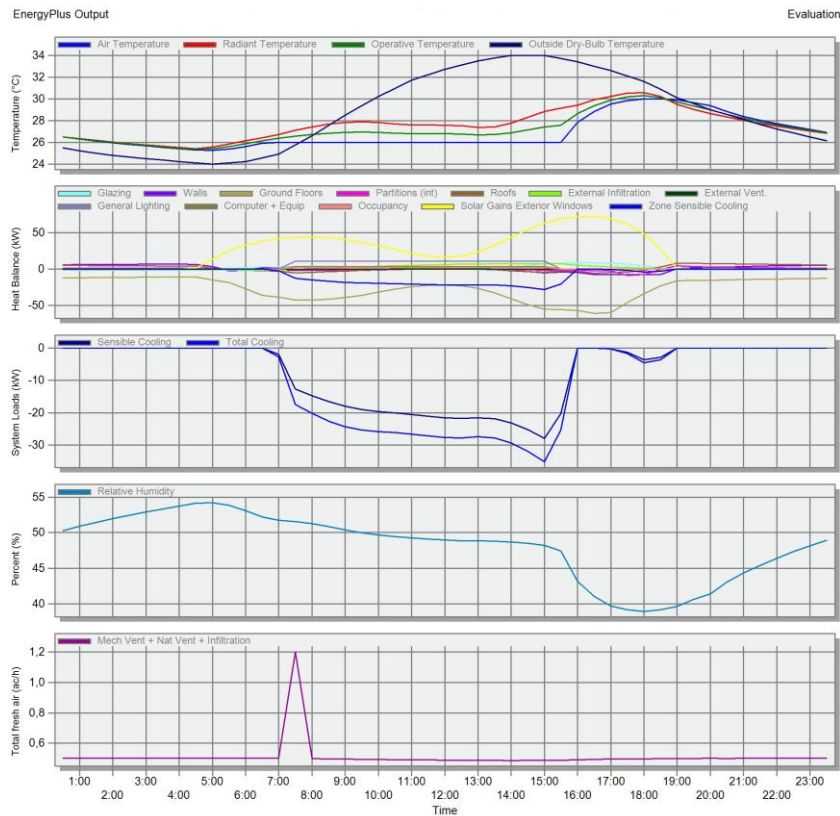
Дијаграм 48. Дизајн грејања објекта модел М2 сценарио 2с - намена пословање



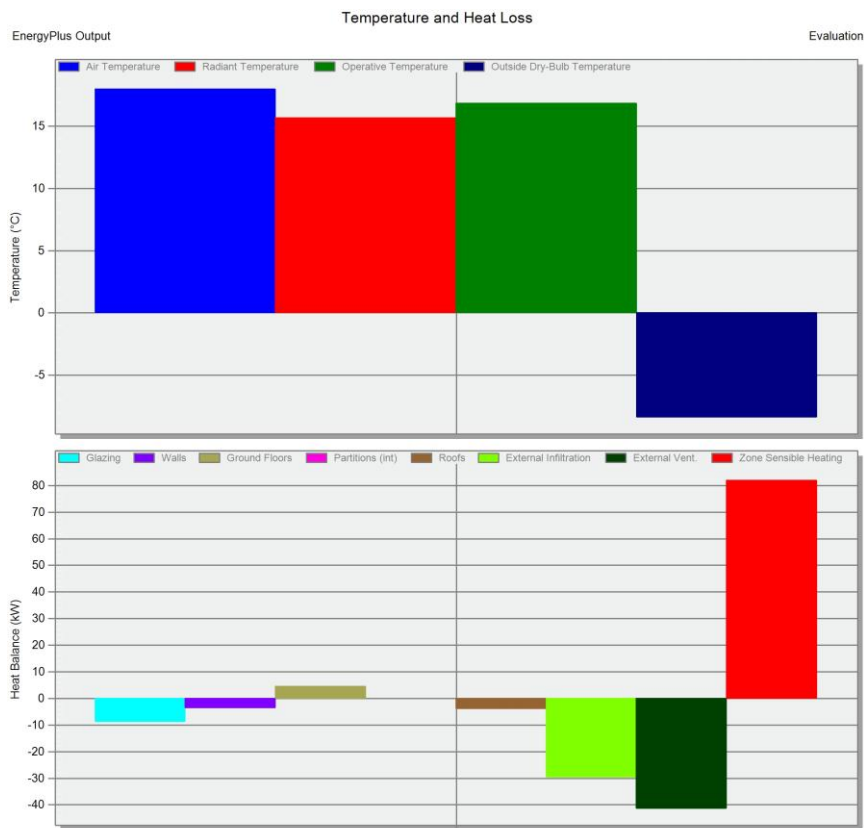
Дијаграм 49. Дизајн хлађења објекта модел М3 постојеће стање - намена индустрија



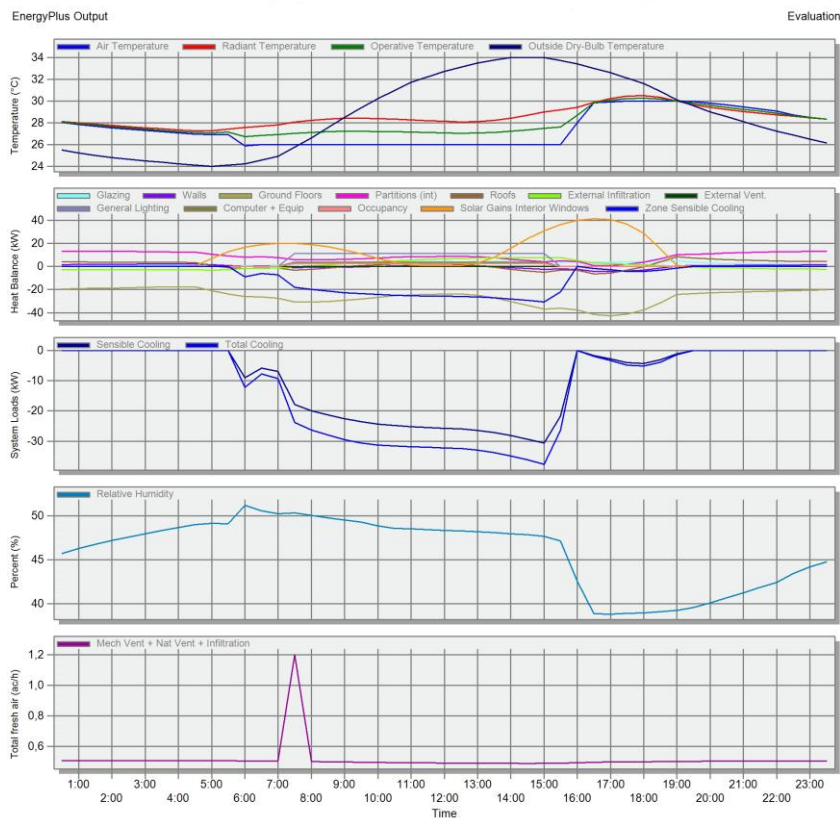
Дијаграм 50. Дизајн грејања објекта модел М3 постојеће стање - намена индустрија



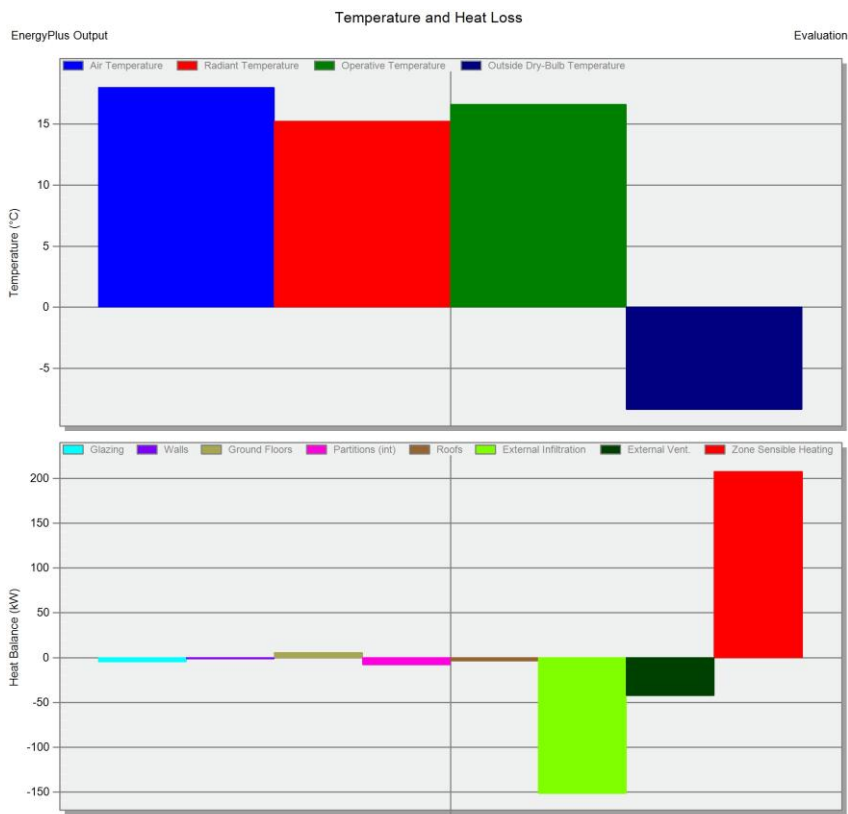
Дијаграм 51. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио1 - намена индустрија



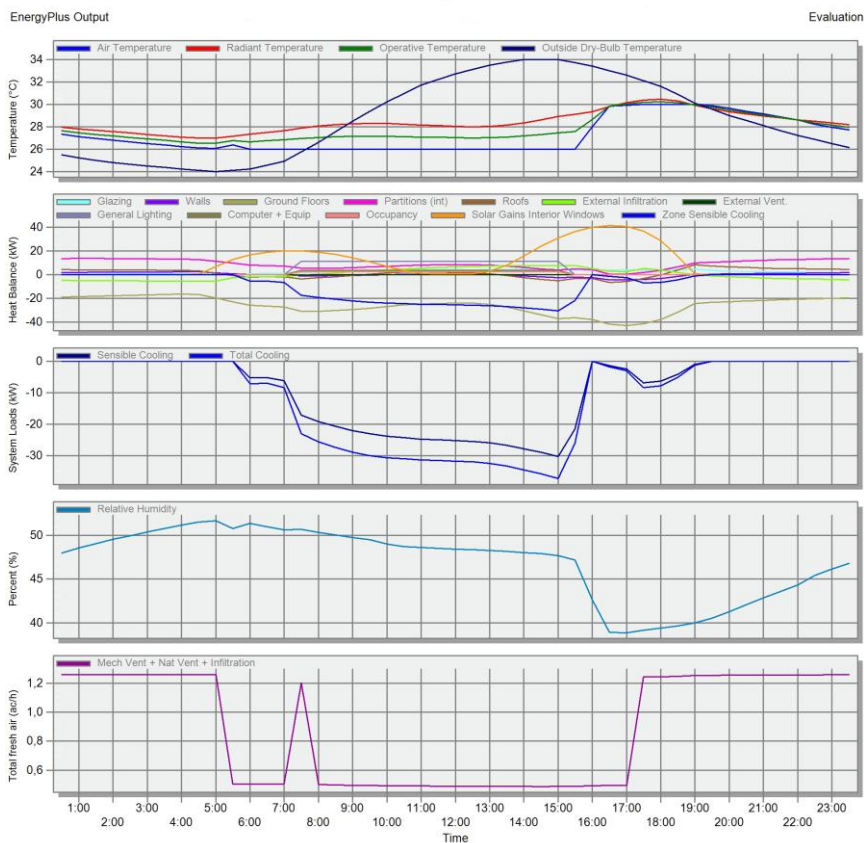
Дијаграм 52. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио1 - намена индустрија



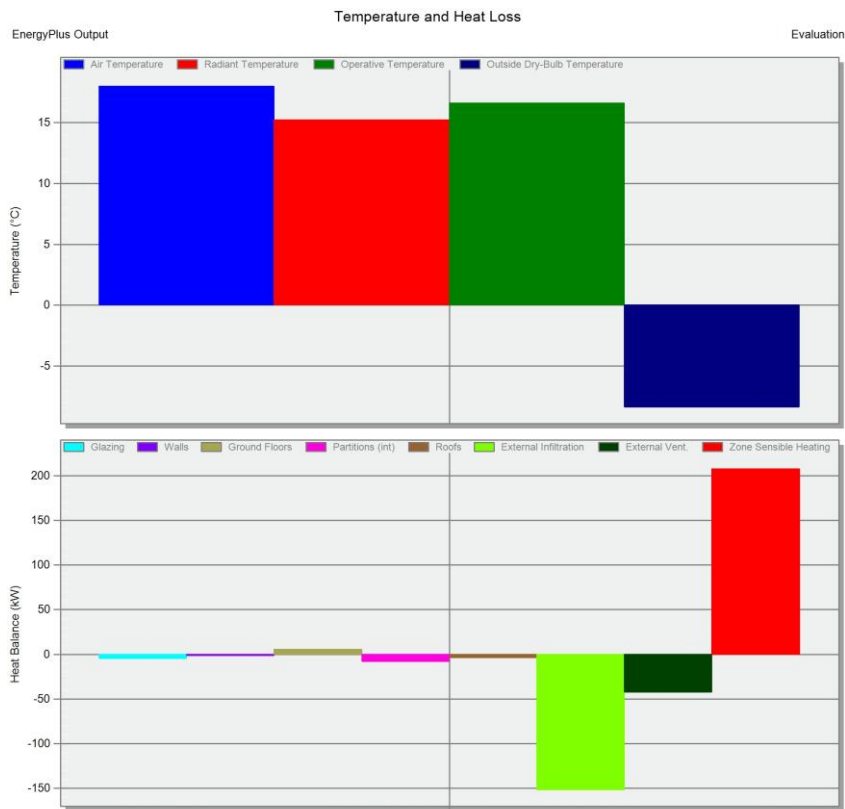
Дијаграм 53. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио 2- намена индустрија



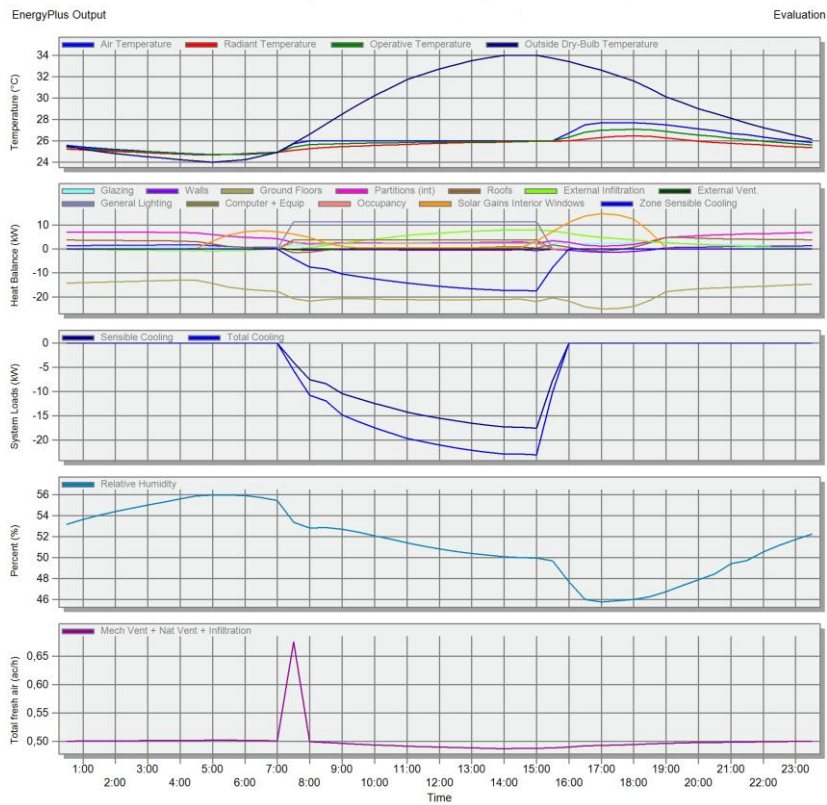
Дијаграм 54. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2 - намена индустрија



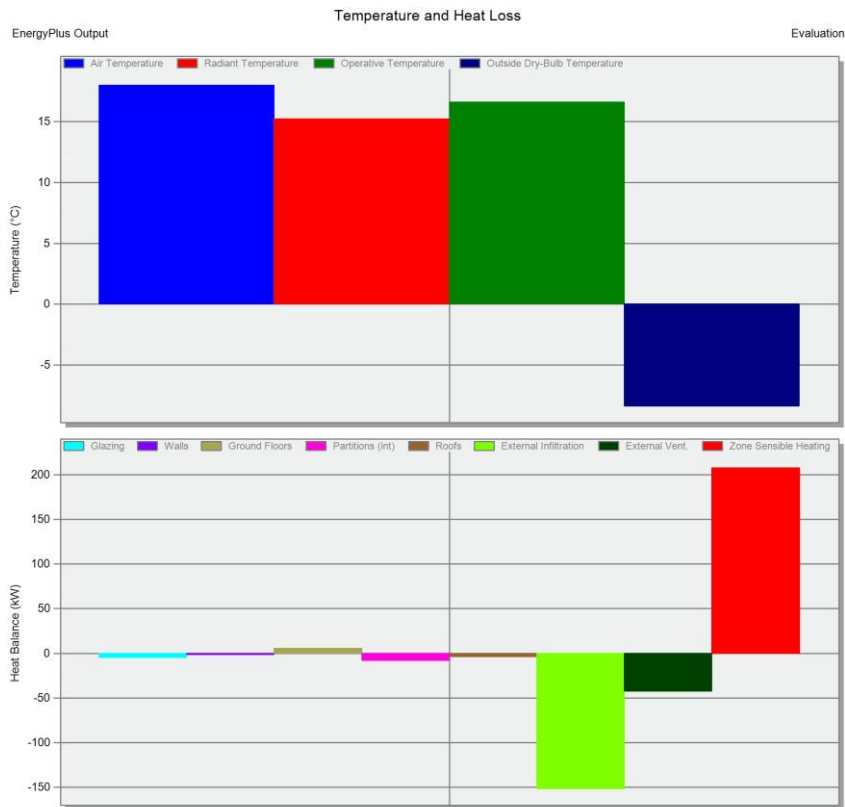
Дијаграм 55. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио 2а - намена индустрија



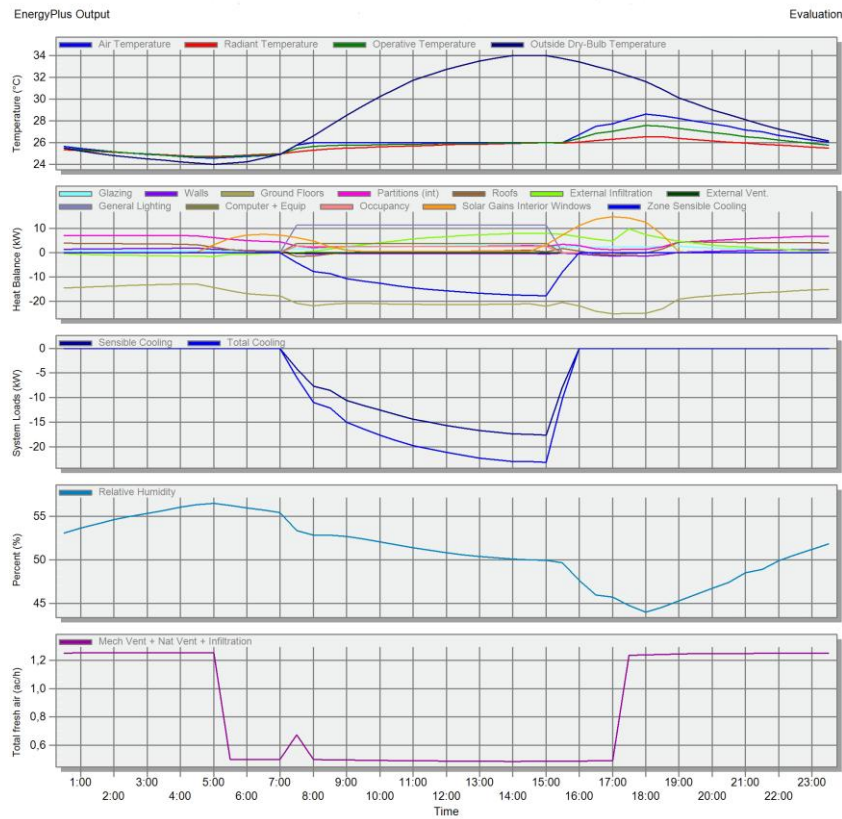
Дијаграм 56. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2а - намена индустрија



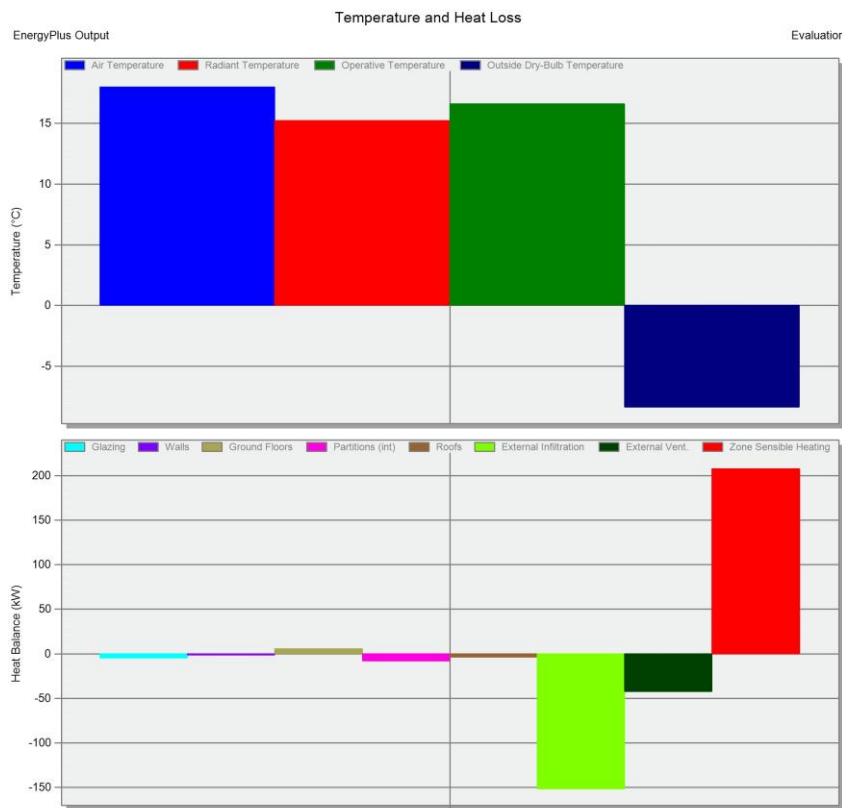
Дијаграм 57. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио 2b - намена индустрија



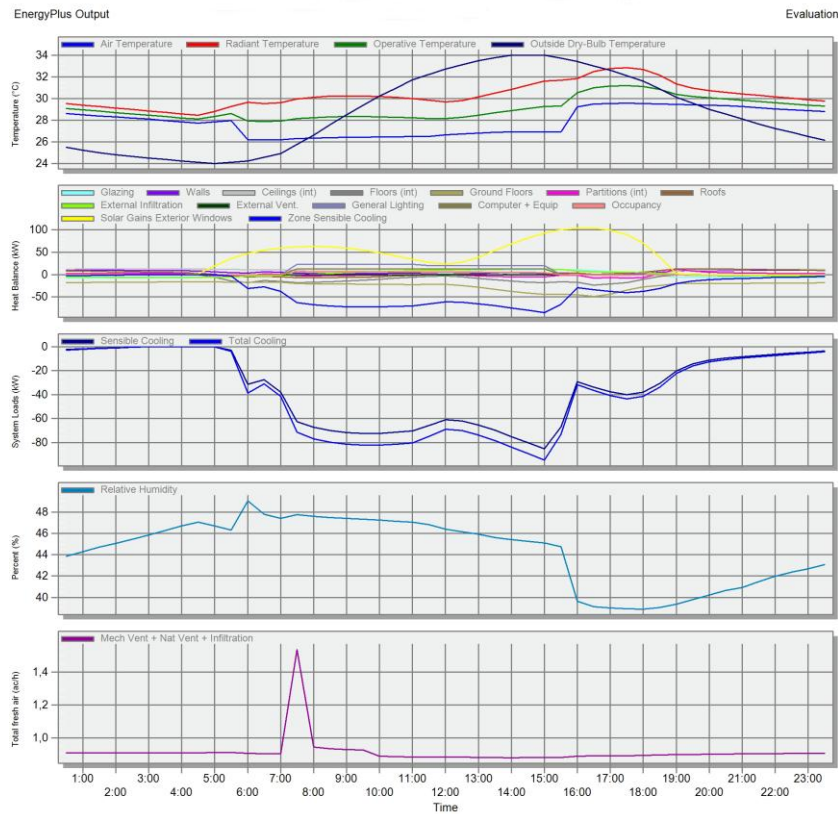
Дијаграм 58. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2b - намена индустрија



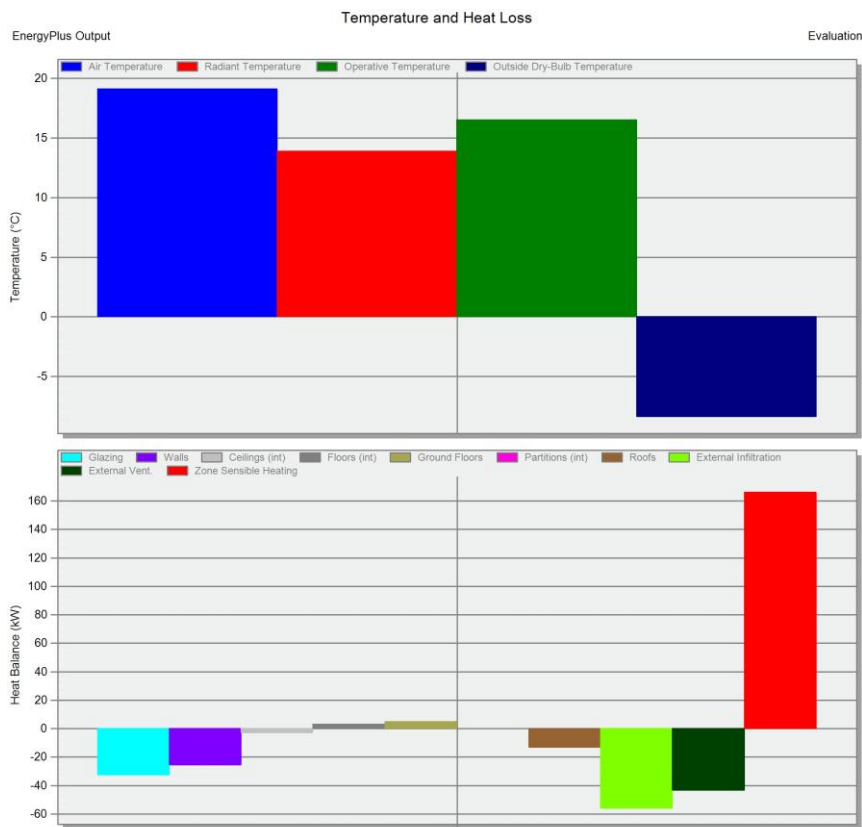
Дијаграм 59. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио 2с - намена индустрија



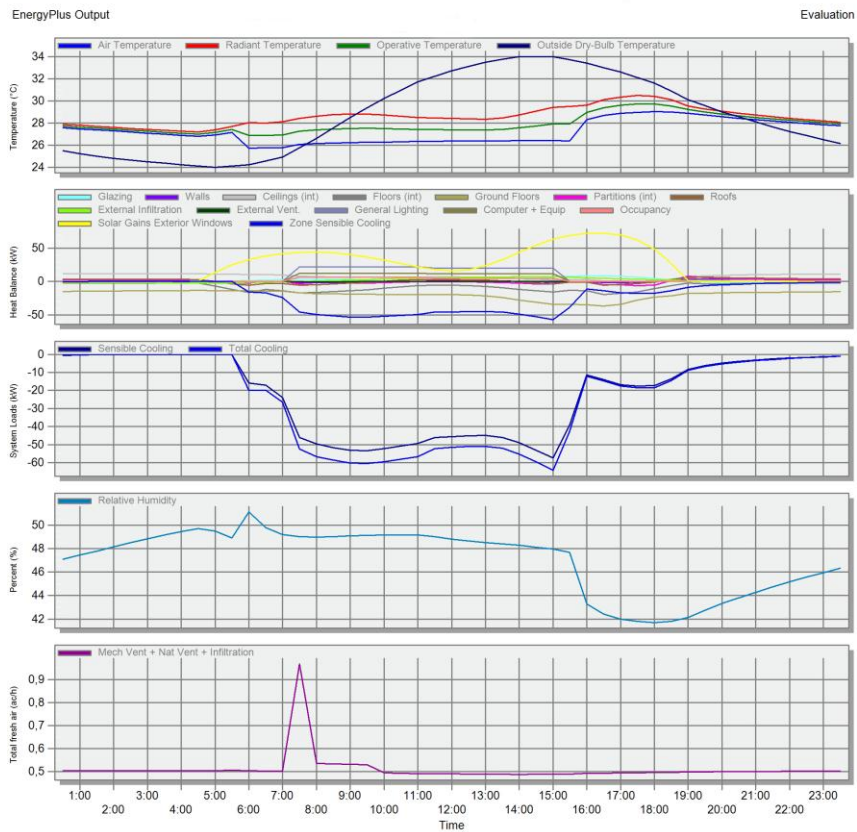
Дијаграм 60. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2с - намена индустрија



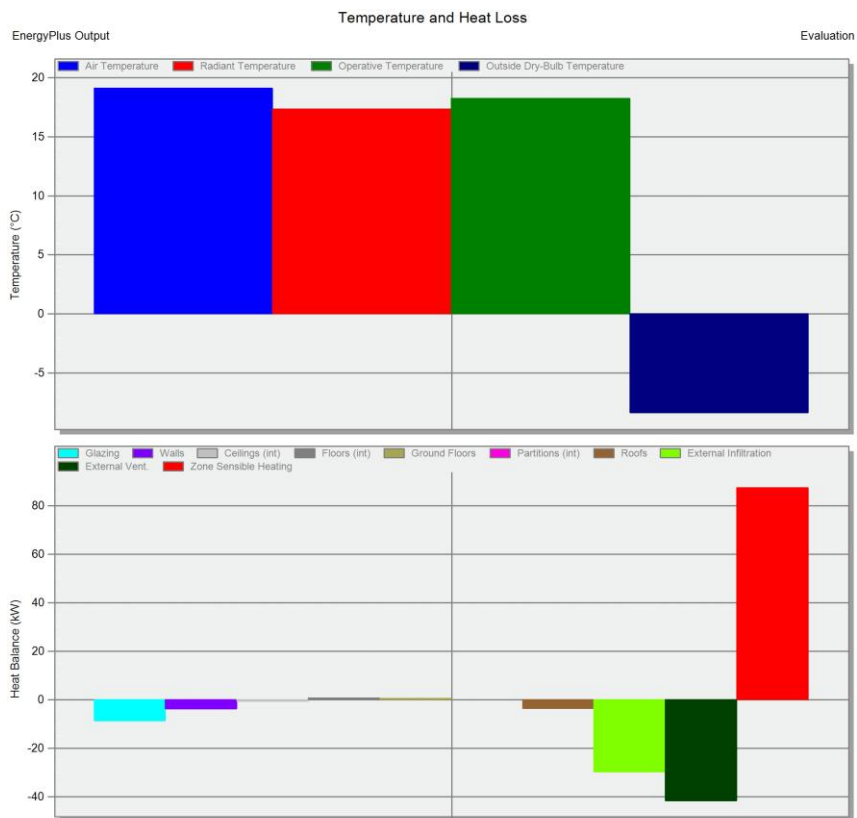
Дијаграм 61. Дизајн хлађења објекта модел М3 постојеће стање - намена пословање



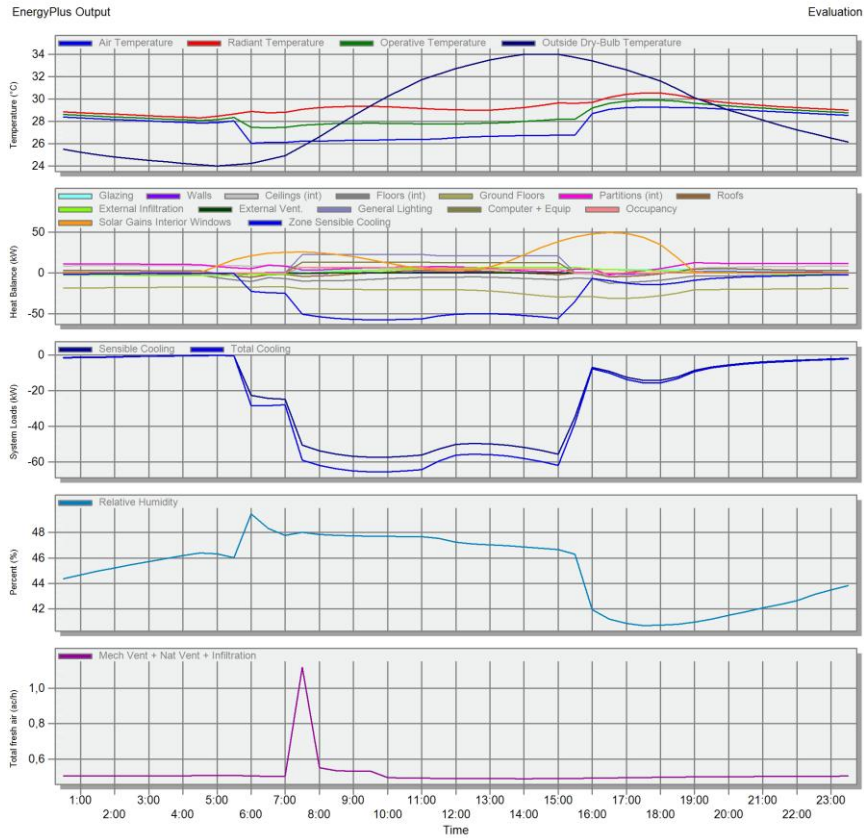
Дијаграм 62. Дизајн грејања објекта модел М3 постојеће стање - намена пословање



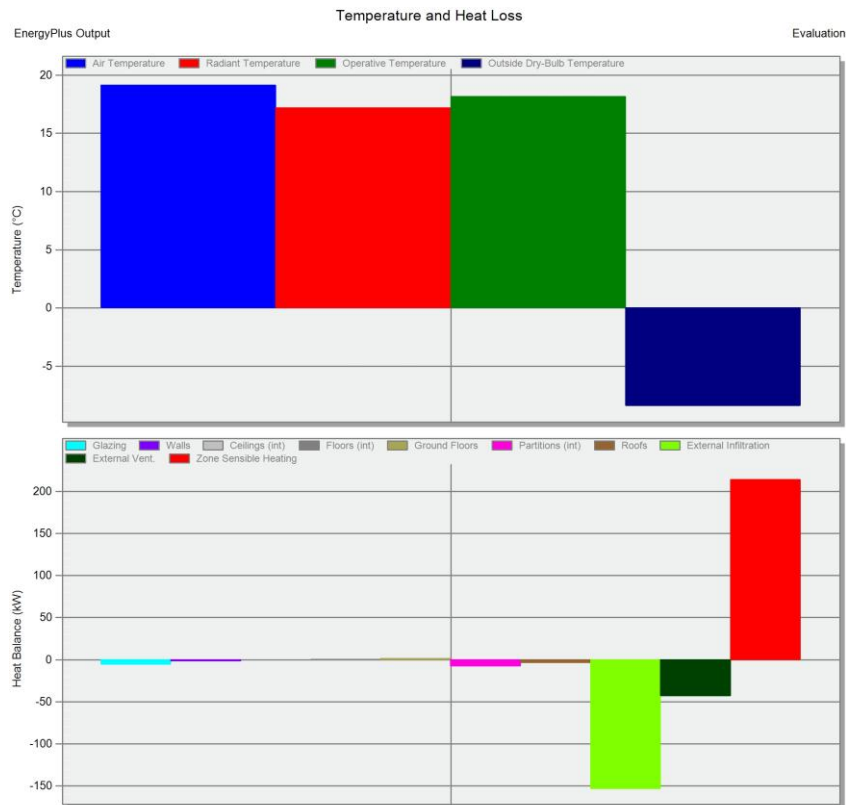
Дијаграм 63. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 1 - намена пословање



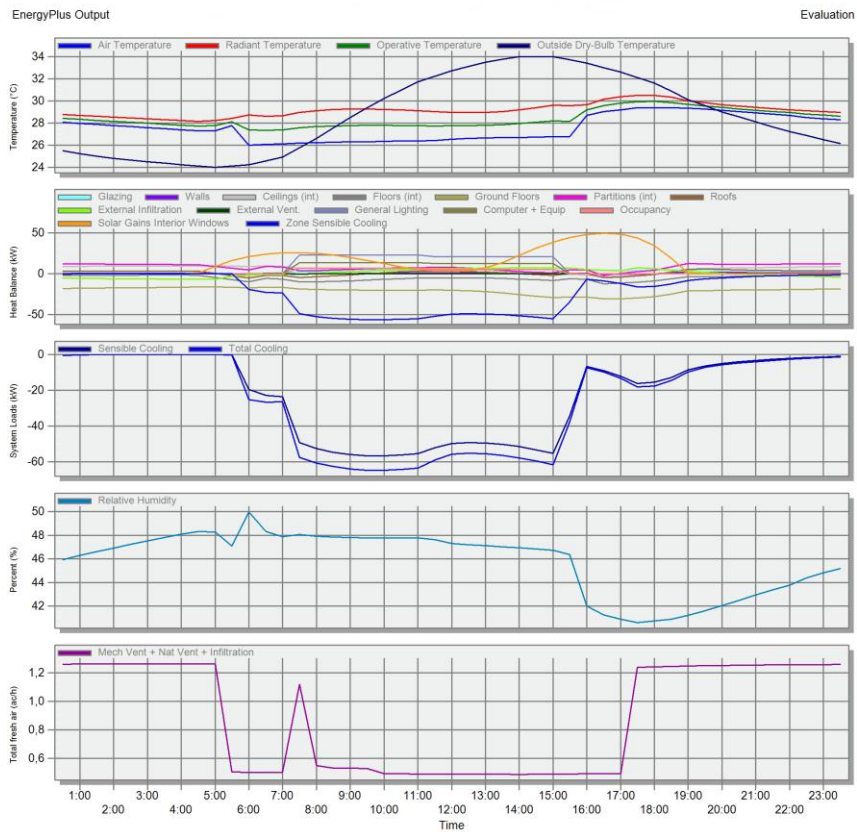
Дијаграм 64. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 1 - намена пословање



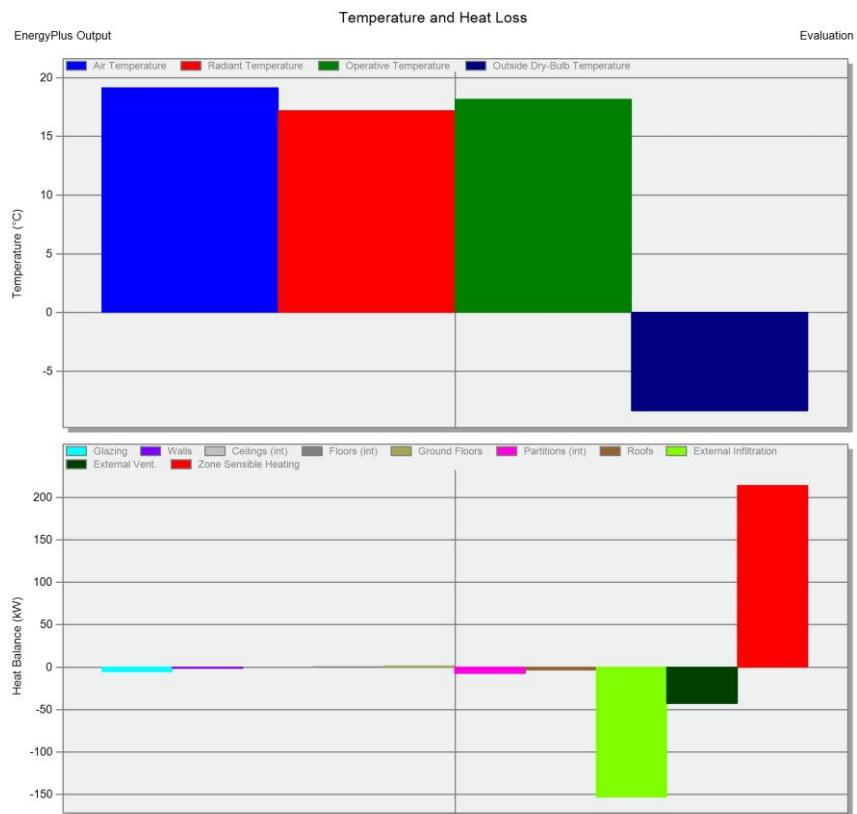
Дијаграм 65. Дизајн хлађења објекта модел М3 сценарио 2 - намена пословање



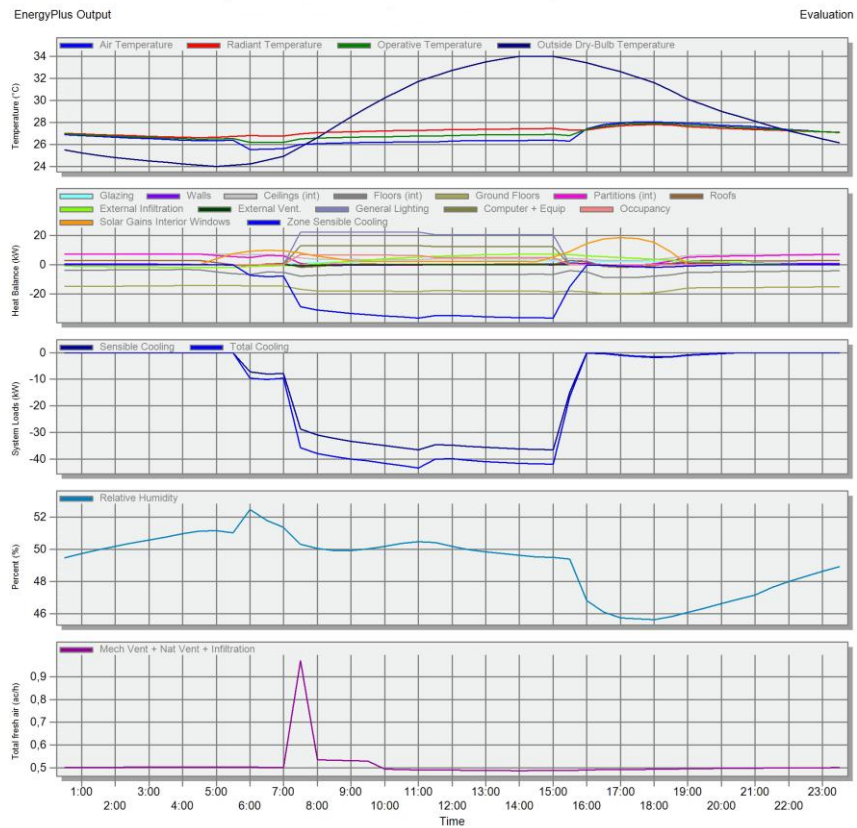
Дијаграм 66. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2 - намена пословање



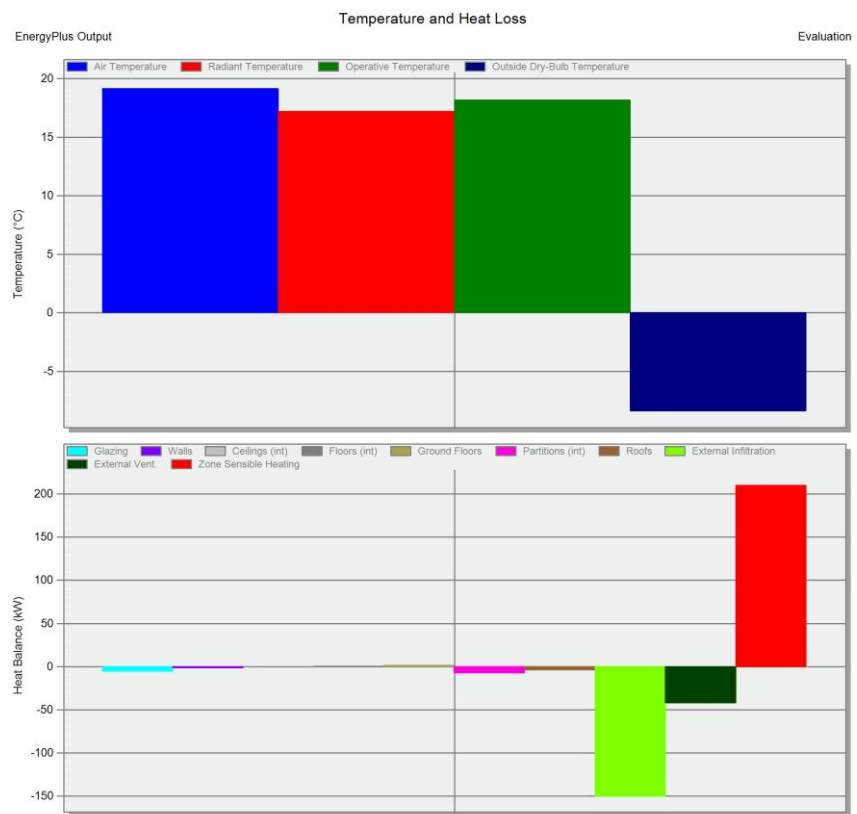
Дијаграм 67. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2а - намена пословање



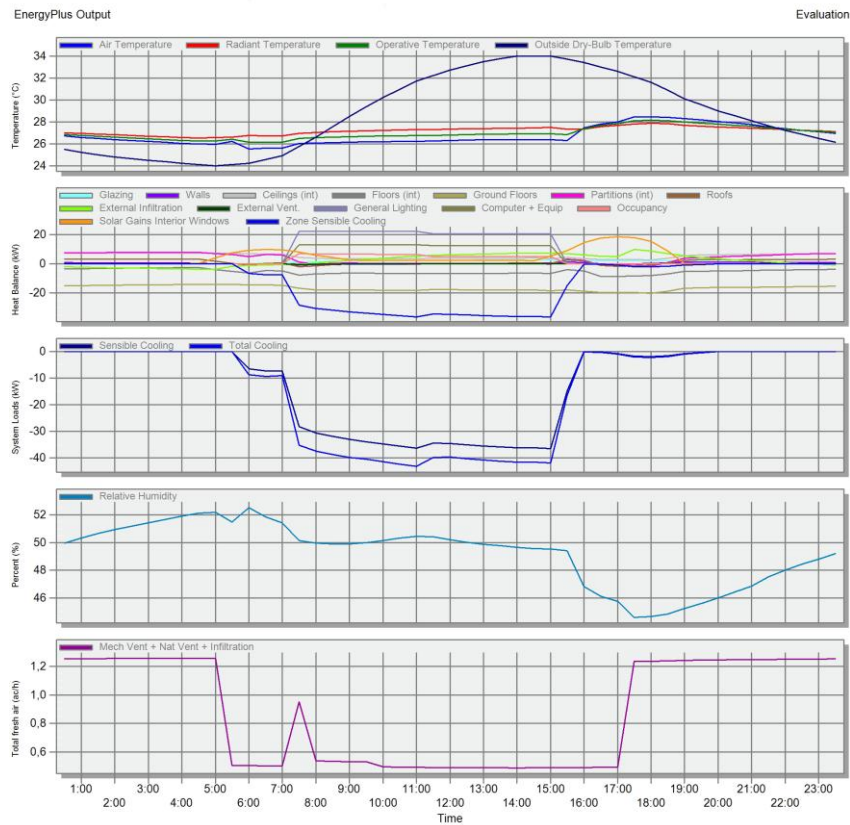
Дијаграм 68. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2а - намена пословање



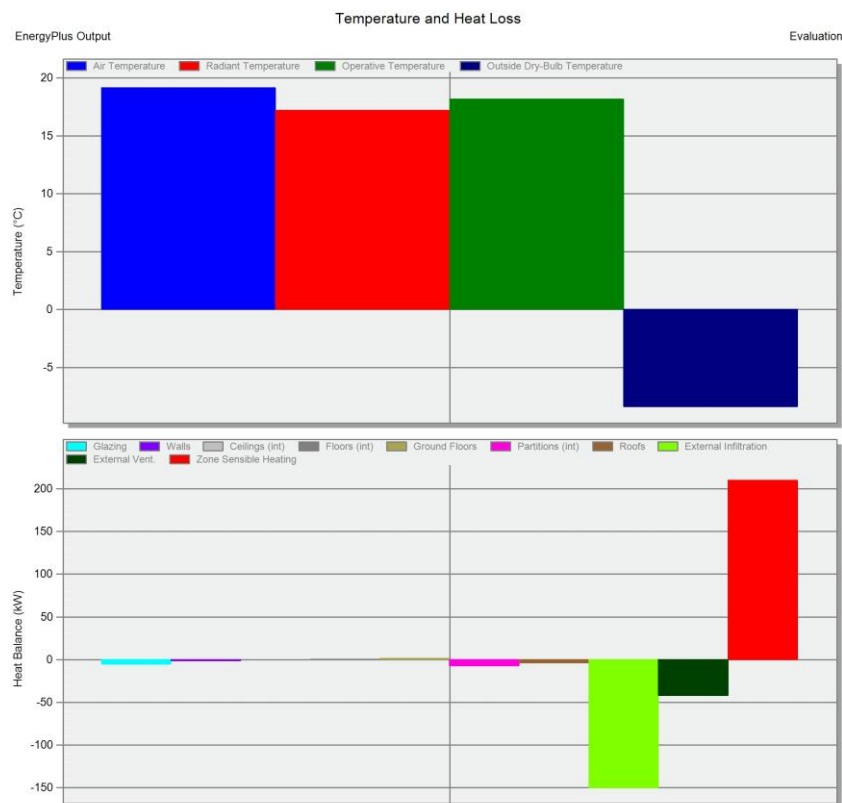
Дијаграм 69. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2b - намена пословање



Дијаграм 70. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2b - намена пословање



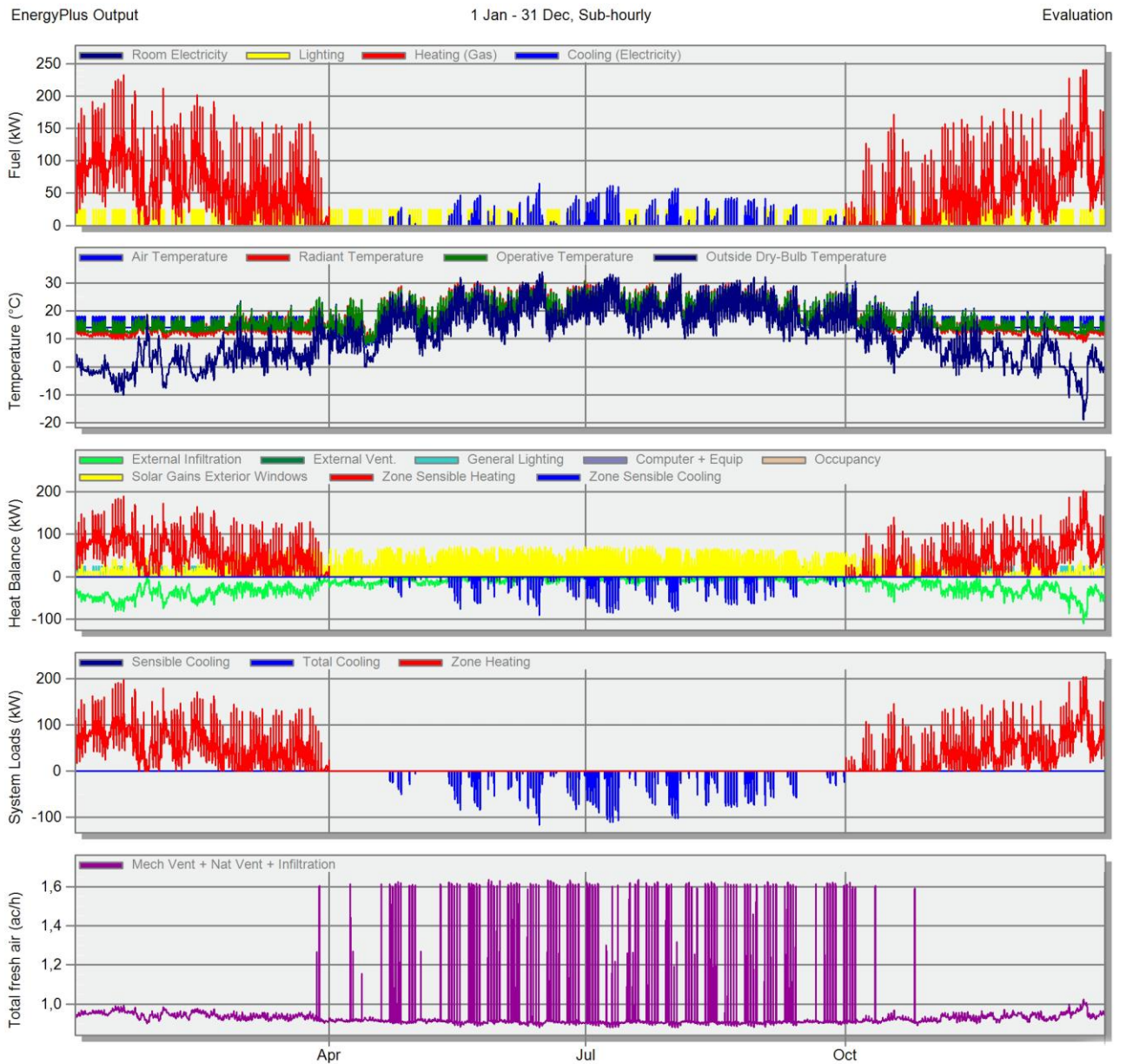
Дијаграм 71. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2с - намена пословање



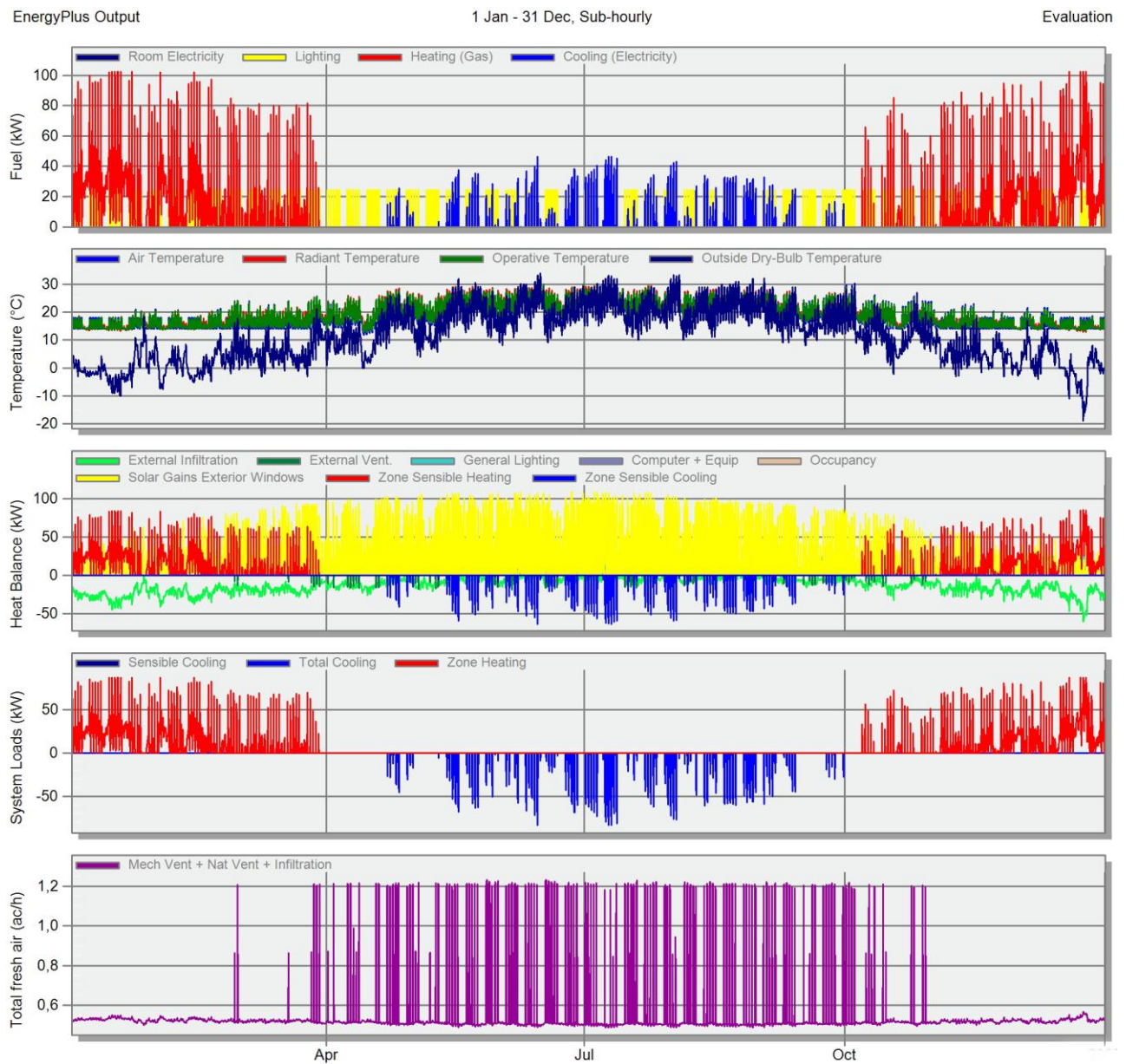
Дијаграм 72. Дизајн грејања објекта модел М3 сценарио 2с - намена пословање

ПРИЛОГ 2

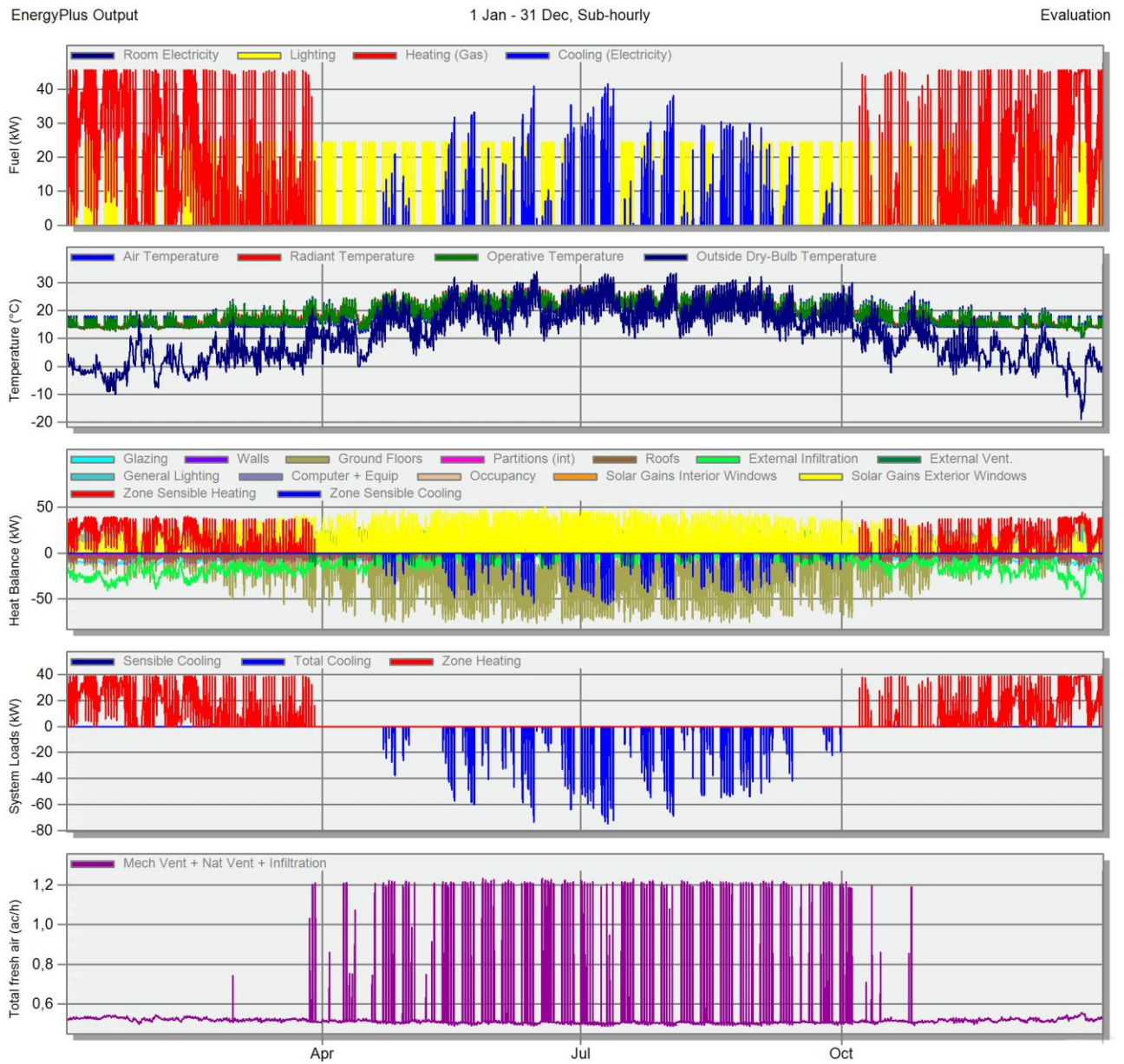
Дијаграмски приказ енергетског баланса за све моделе, сценарије санације и намене на годишњем нивоу са 30 минутним временским интервалом



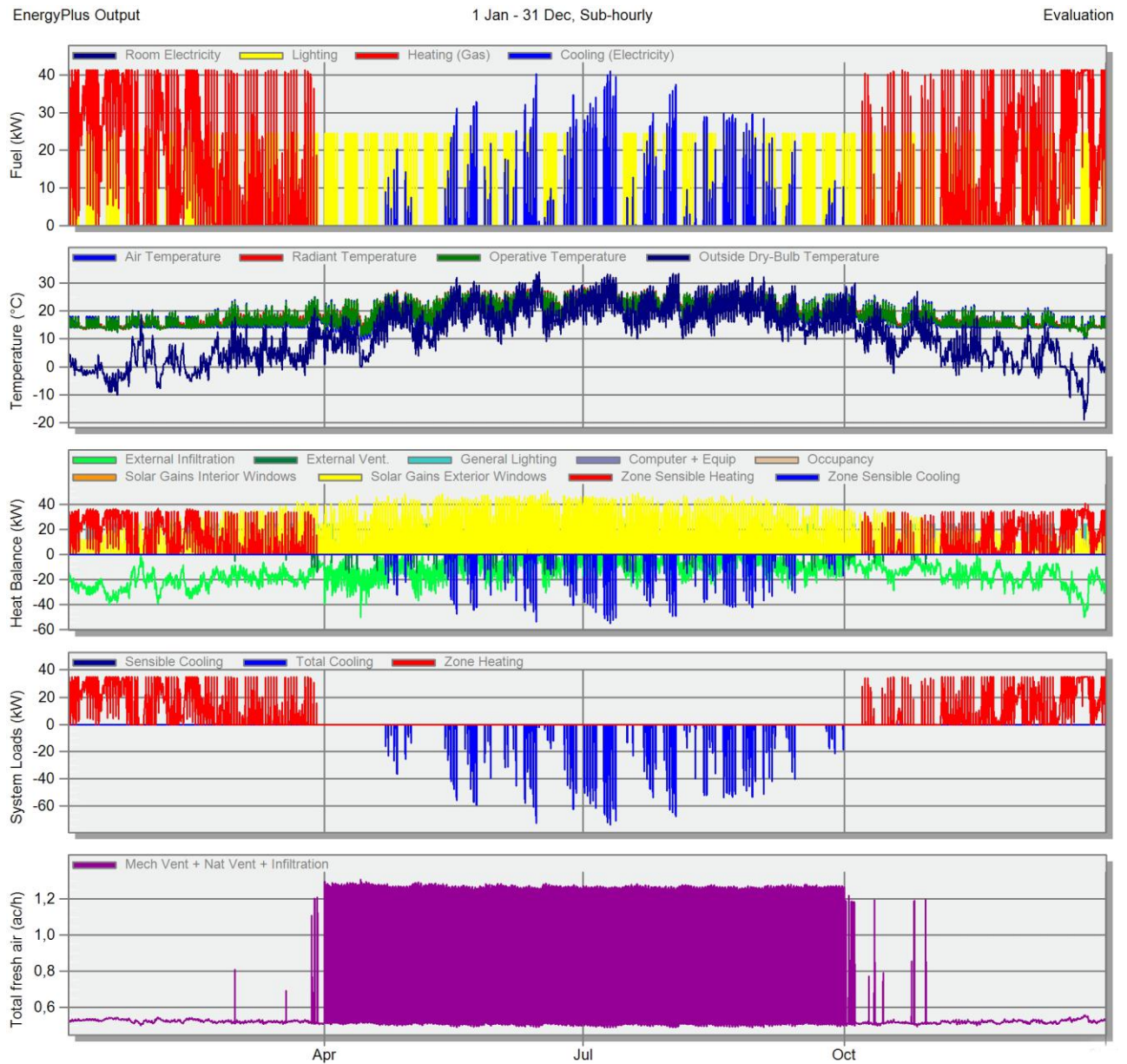
Дијаграм 1. Енергетски баланс објекта модел М1 постојеће стање - намена индустрија



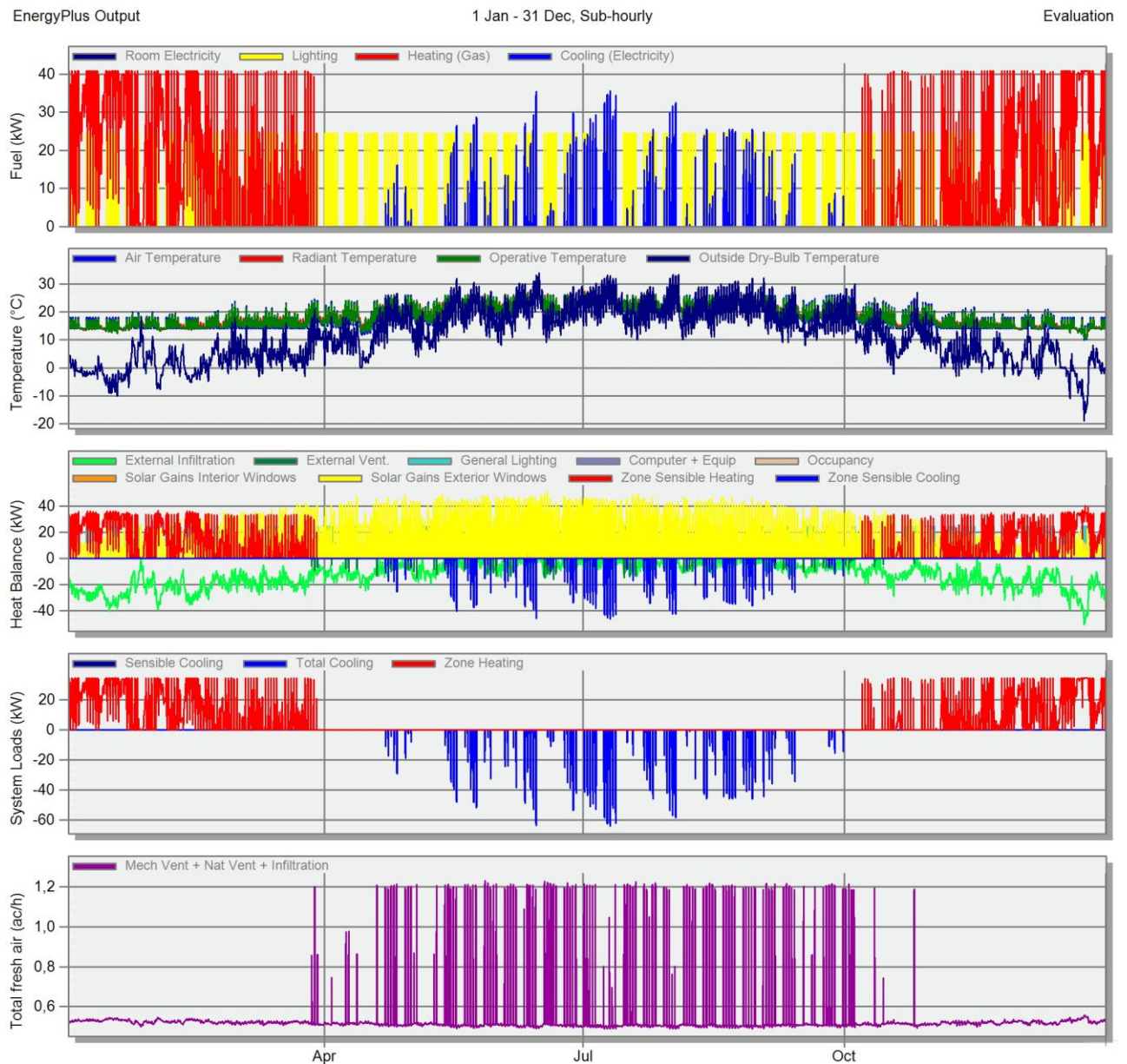
Дијаграм 2. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 1 - намена индустрија



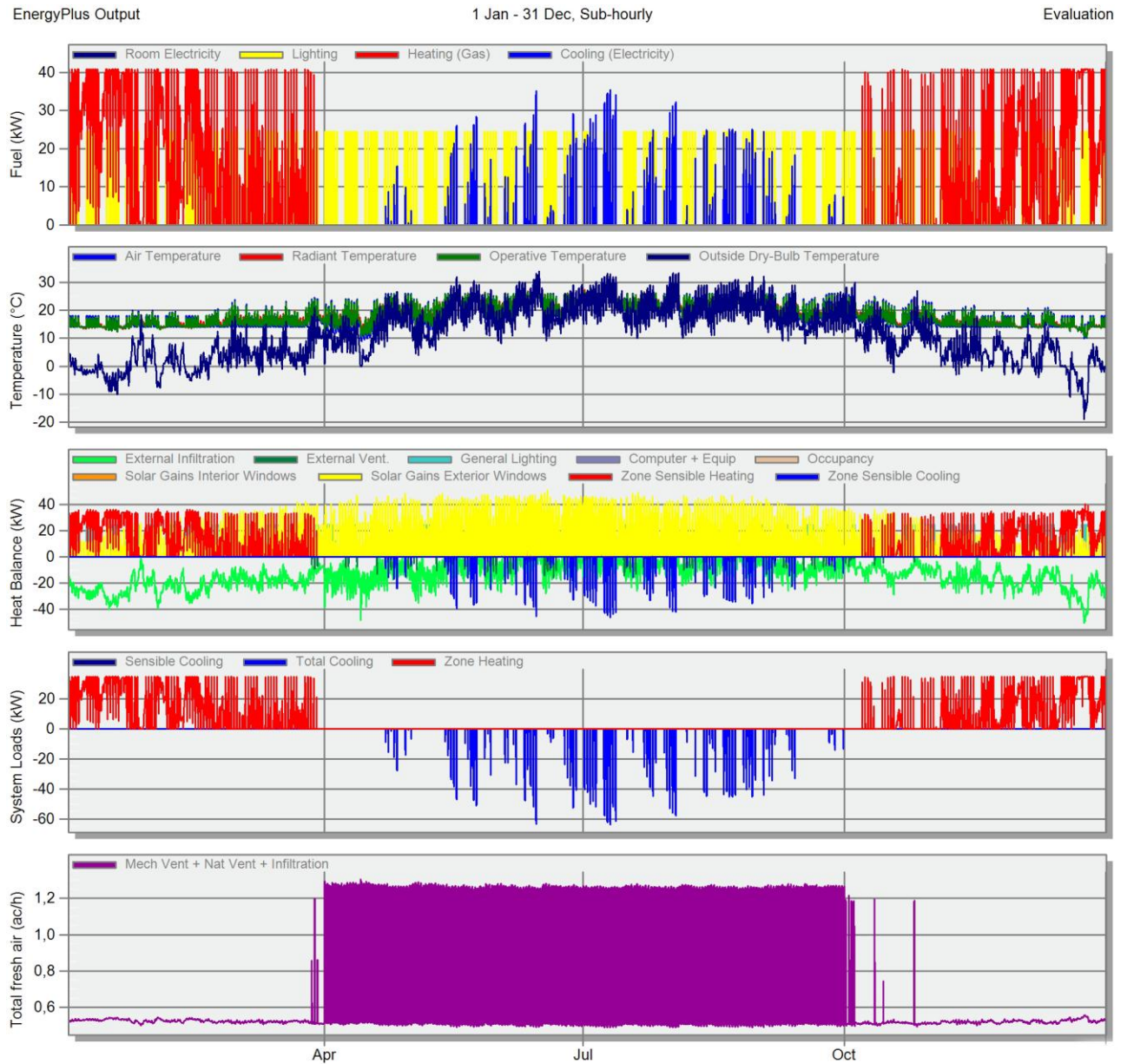
Дијаграм 3. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2 - намена индустрија



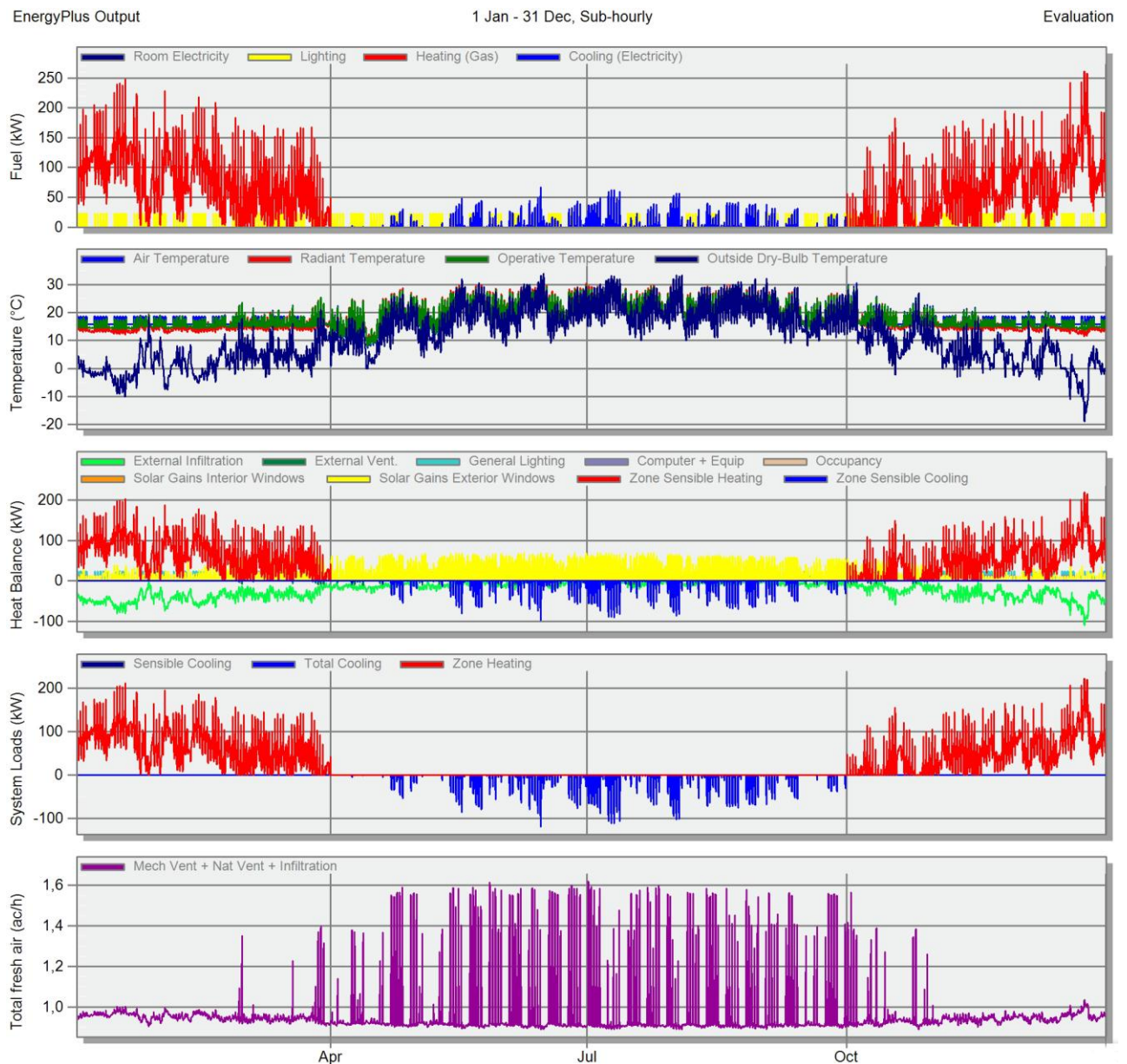
Дијаграм 4. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2а - намена индустрија



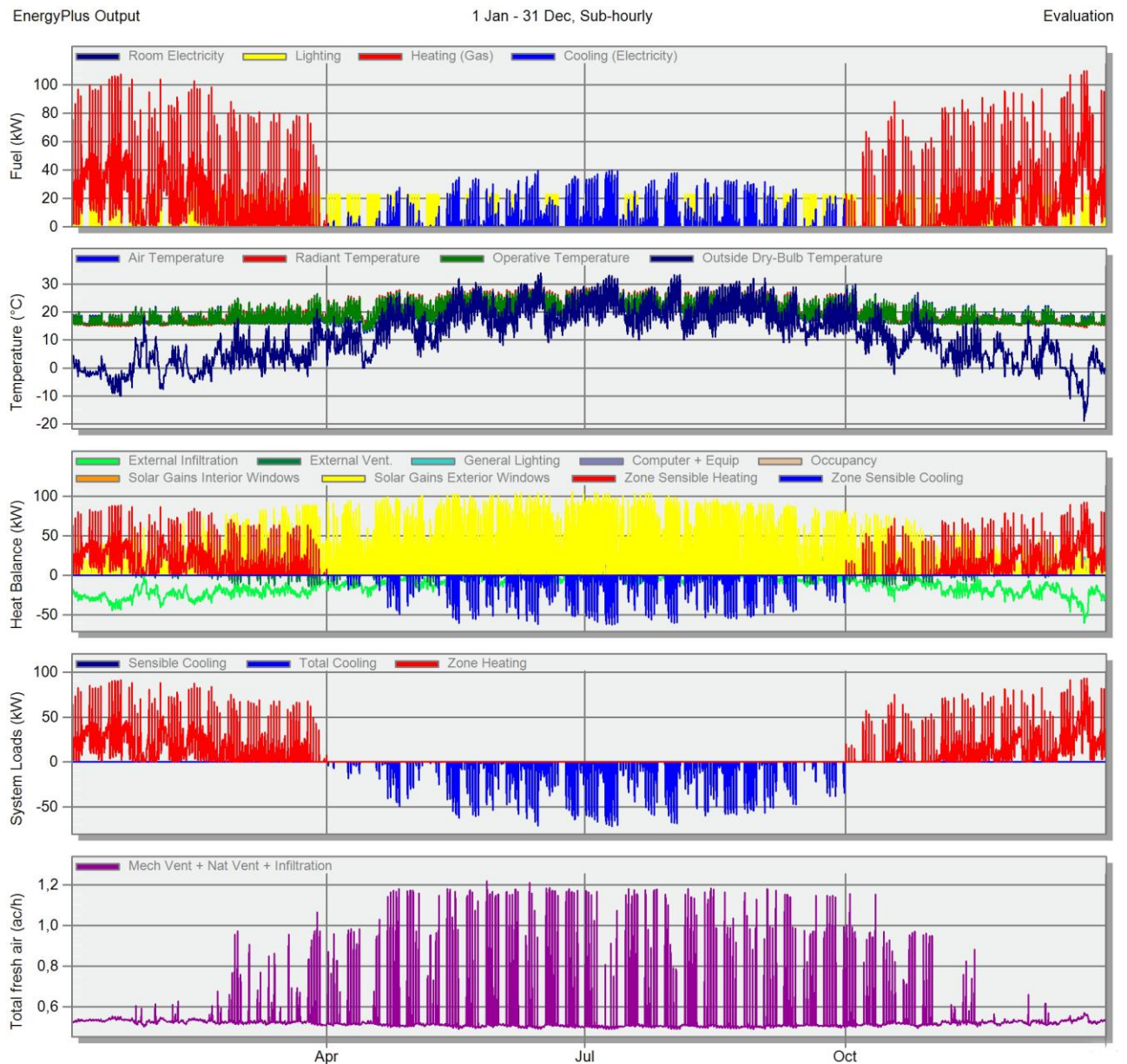
Дијаграм 5. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2b - намена индустрија



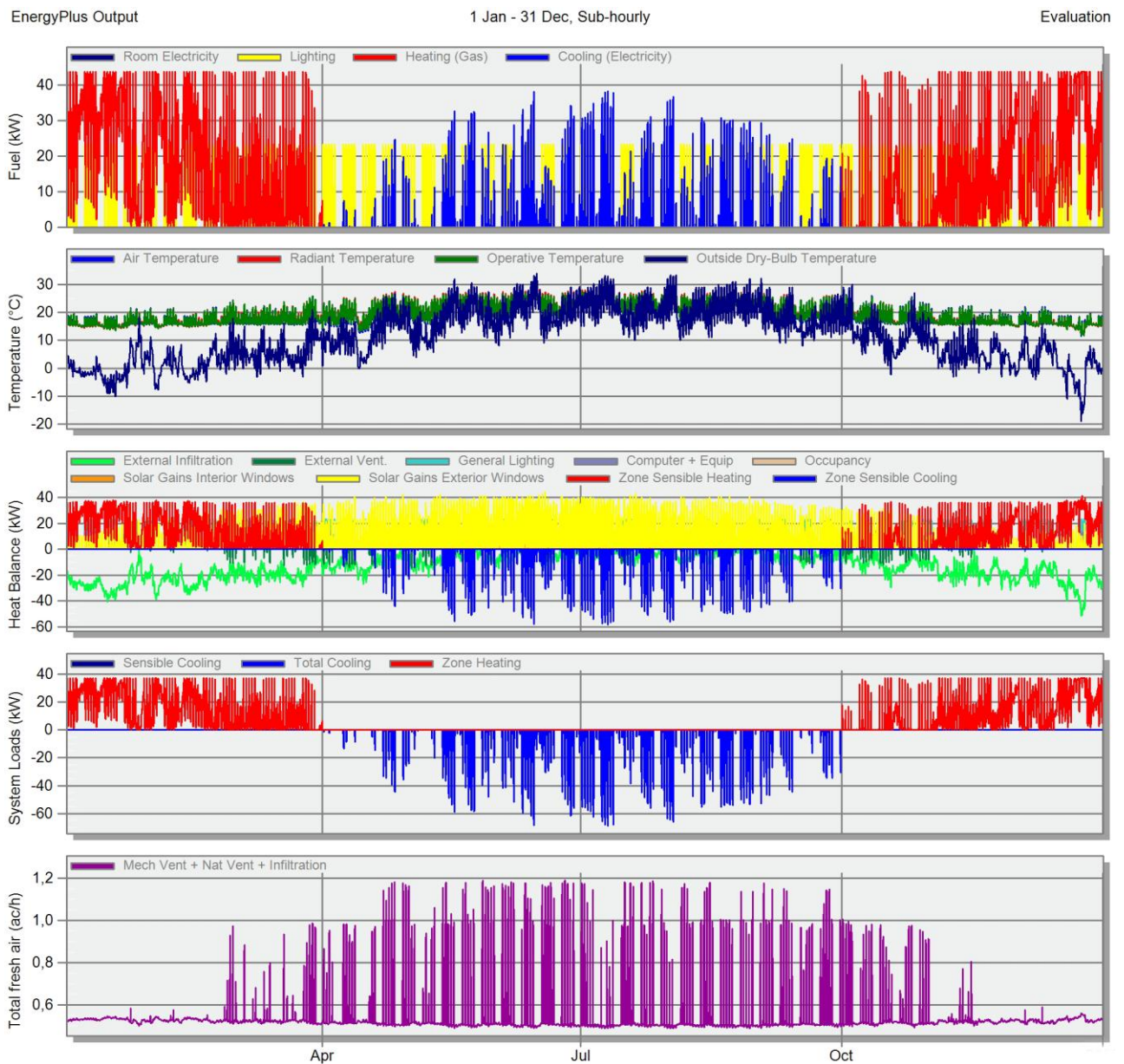
Дијаграм 6. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2с - намена индустрија



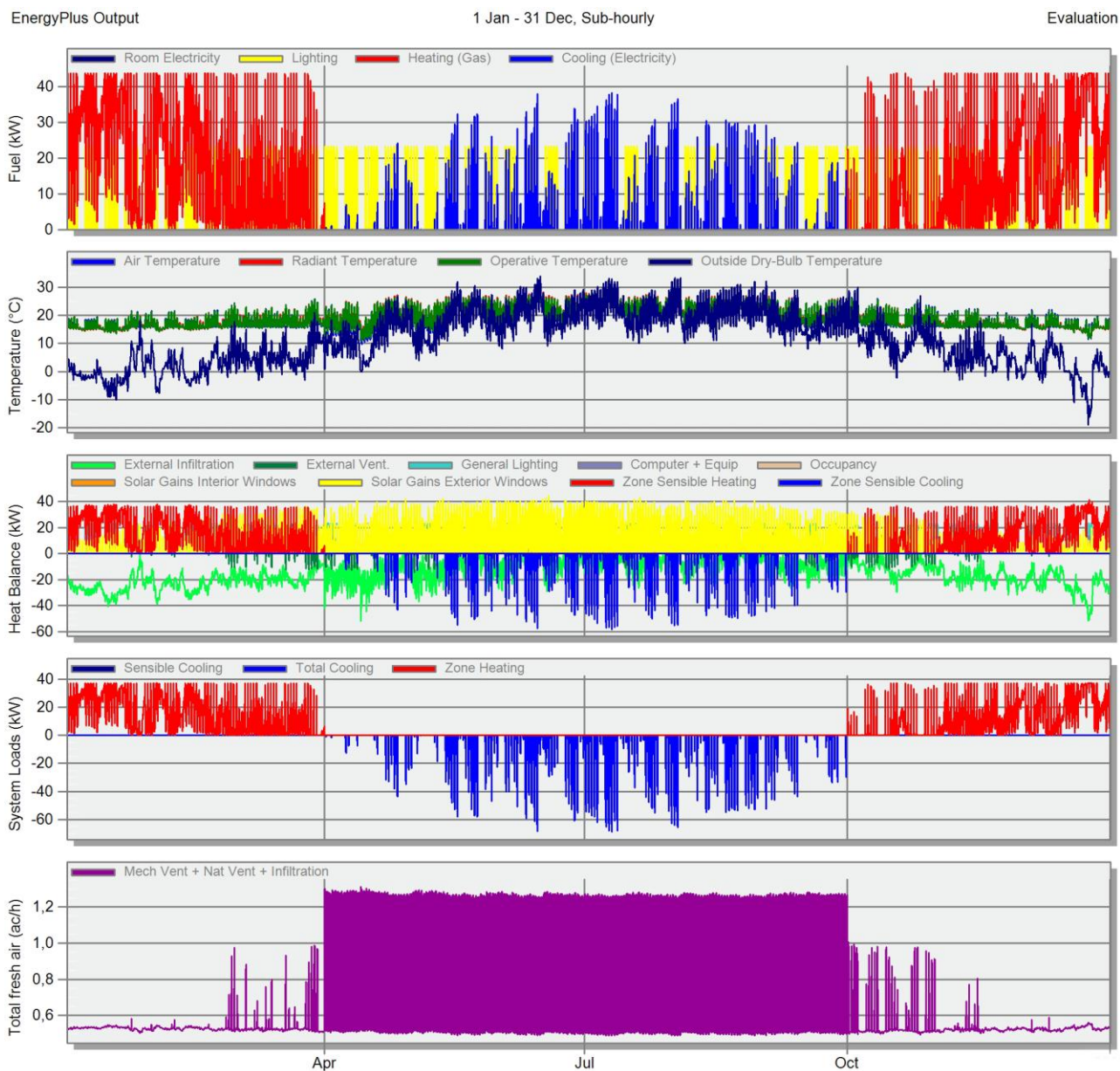
Дијаграм 7. Енергетски баланс објекта модел М1 постојеће стање - намена пословање



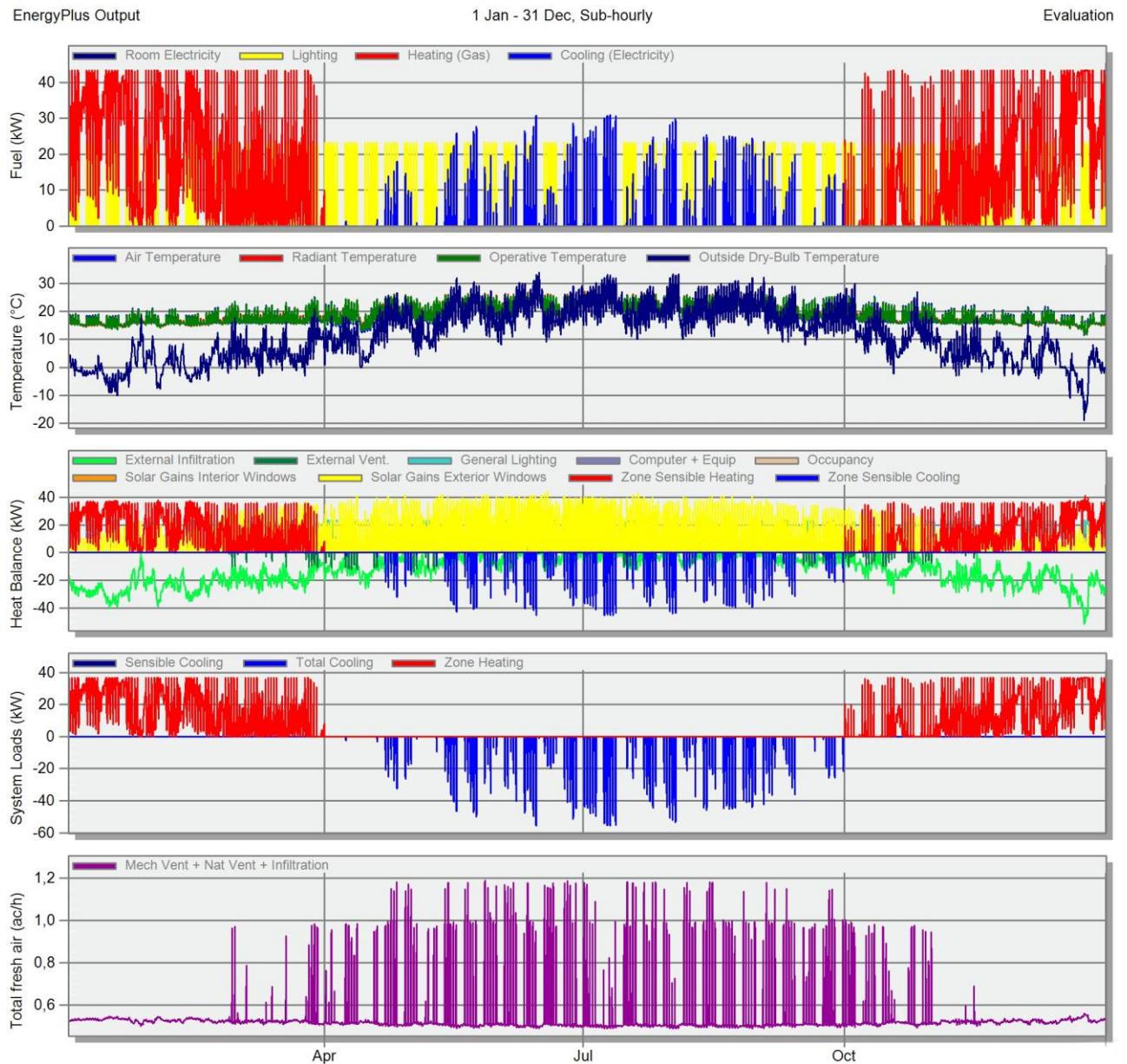
Дијаграм 8. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 1 - намена пословање



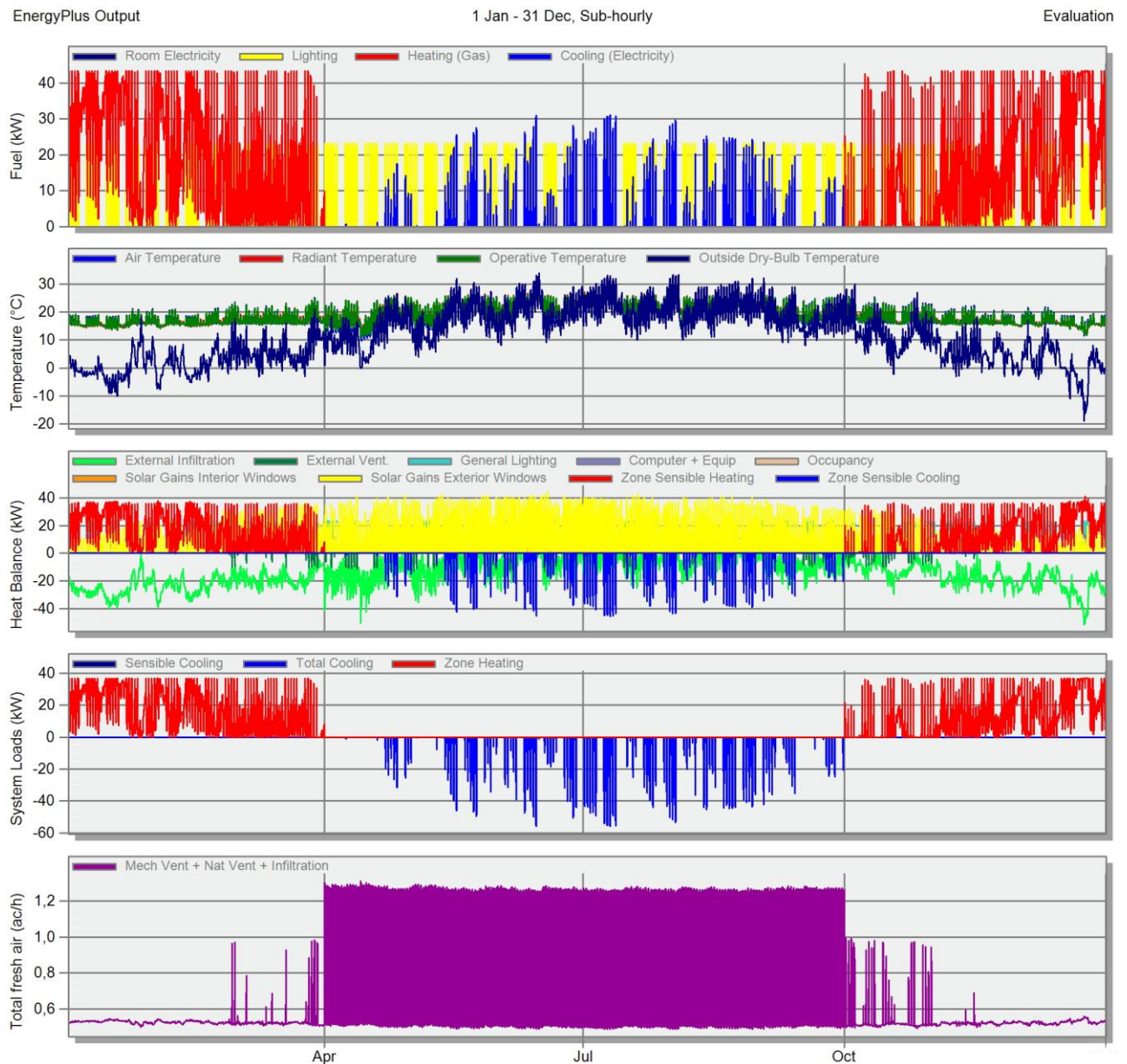
Дијаграм 9. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2 - намена пословање



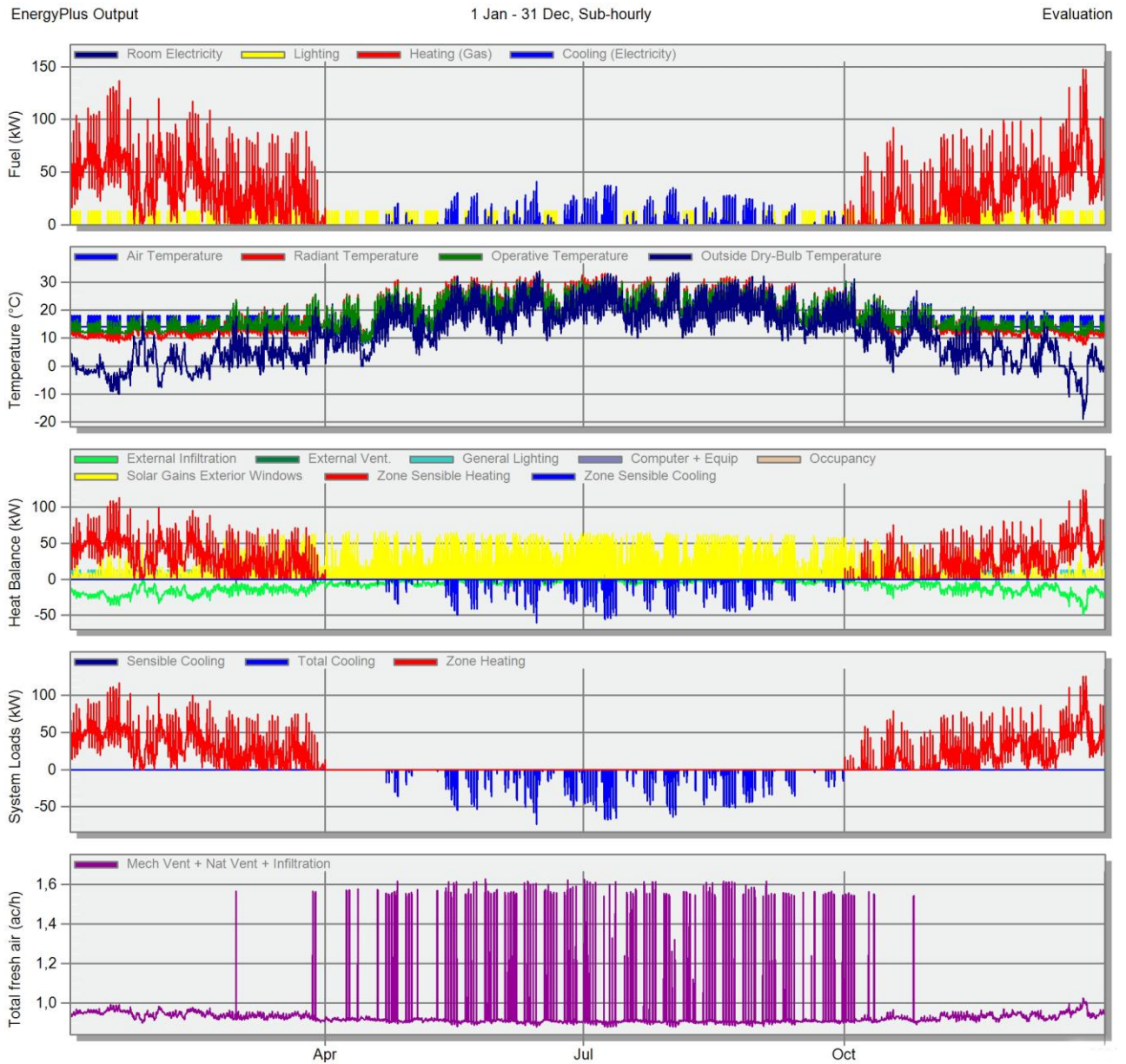
Дијаграм 10. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2а - намена пословање



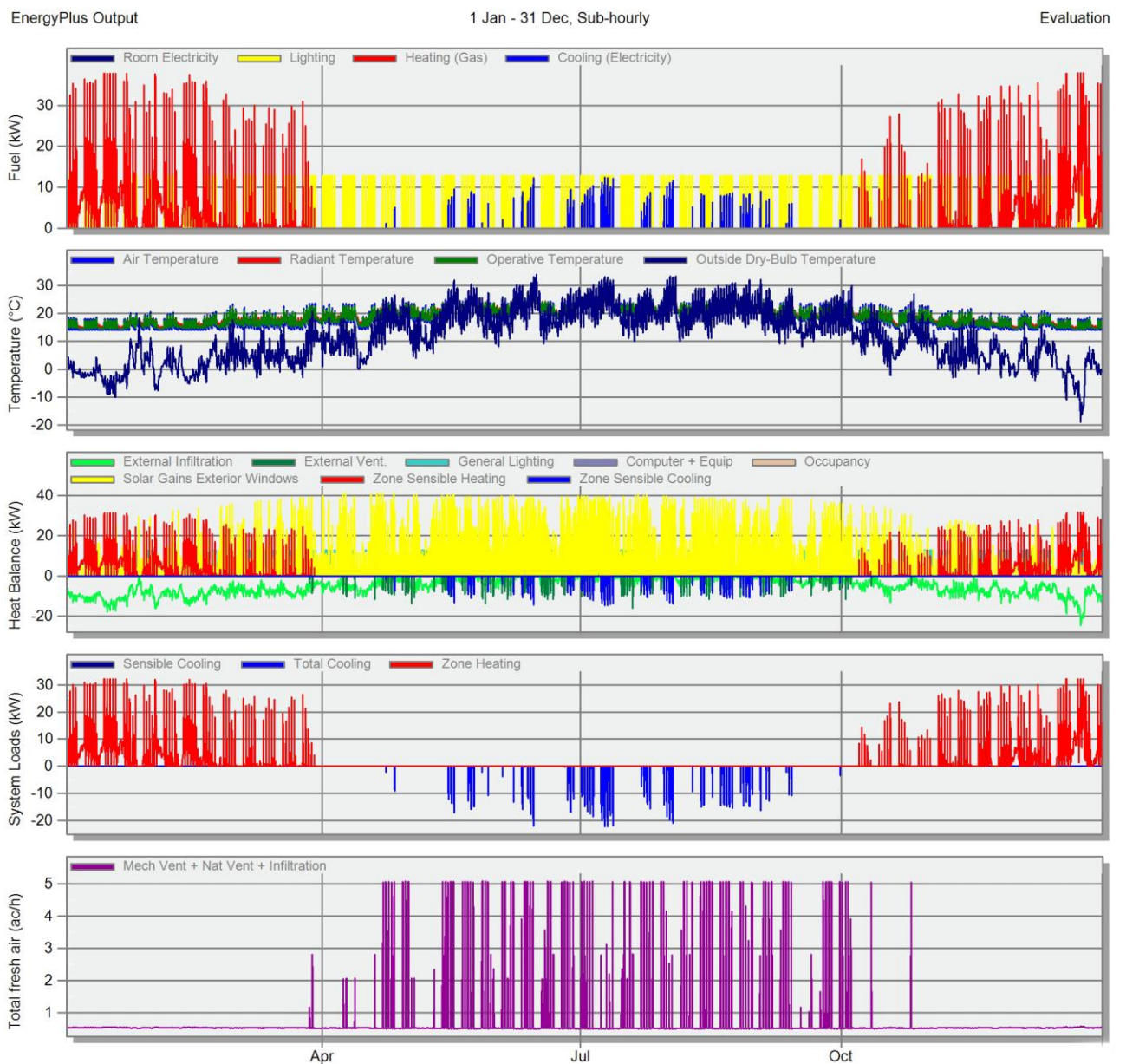
Дијаграм 11. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2b - намена пословање



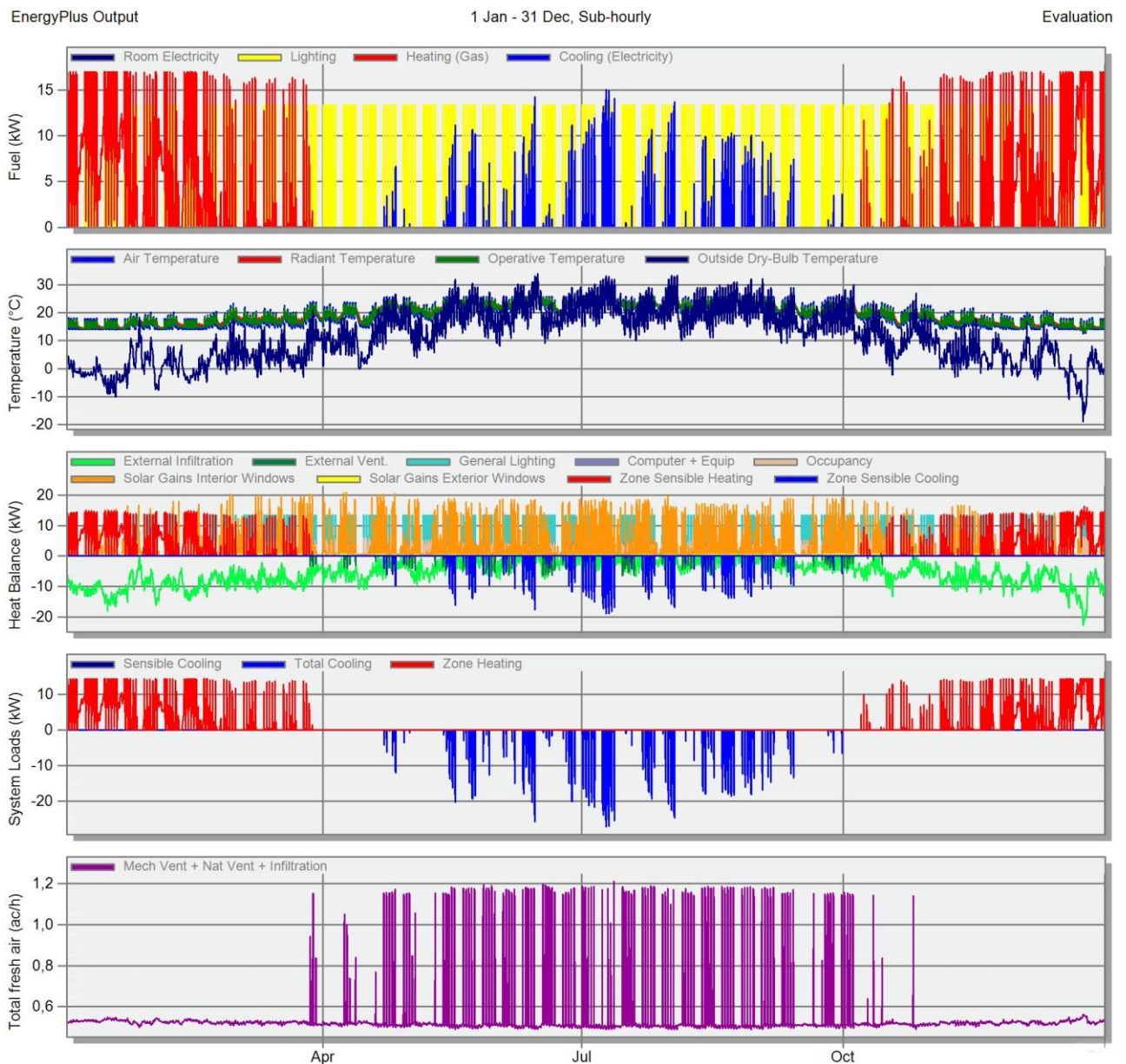
Дијаграм 12. Енергетски баланс објекта модел М1 сценарио 2с - намена пословање



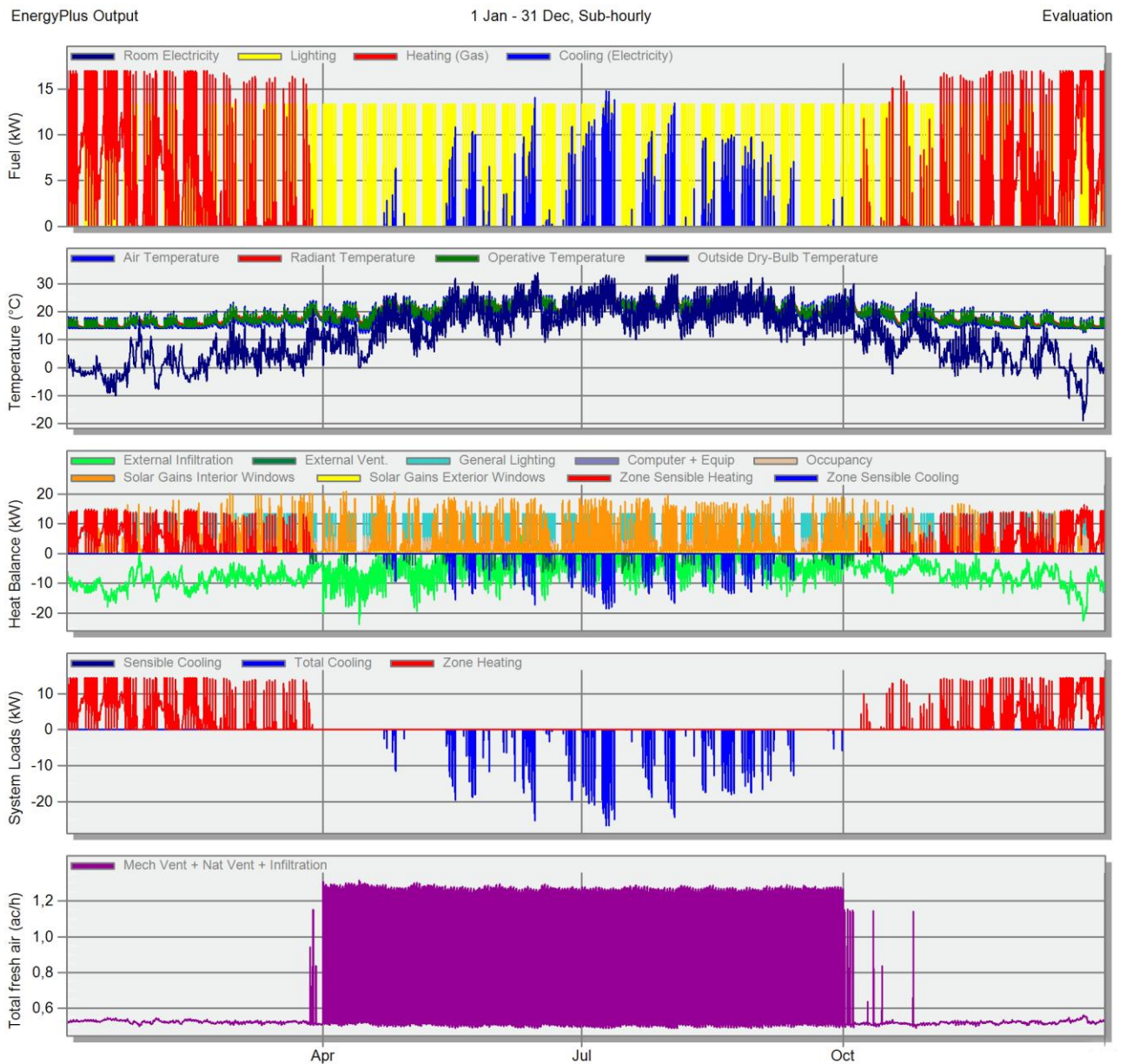
Дијаграм 13. Енергетски баланс објекта модел М2 постојеће стање - намена индустрија



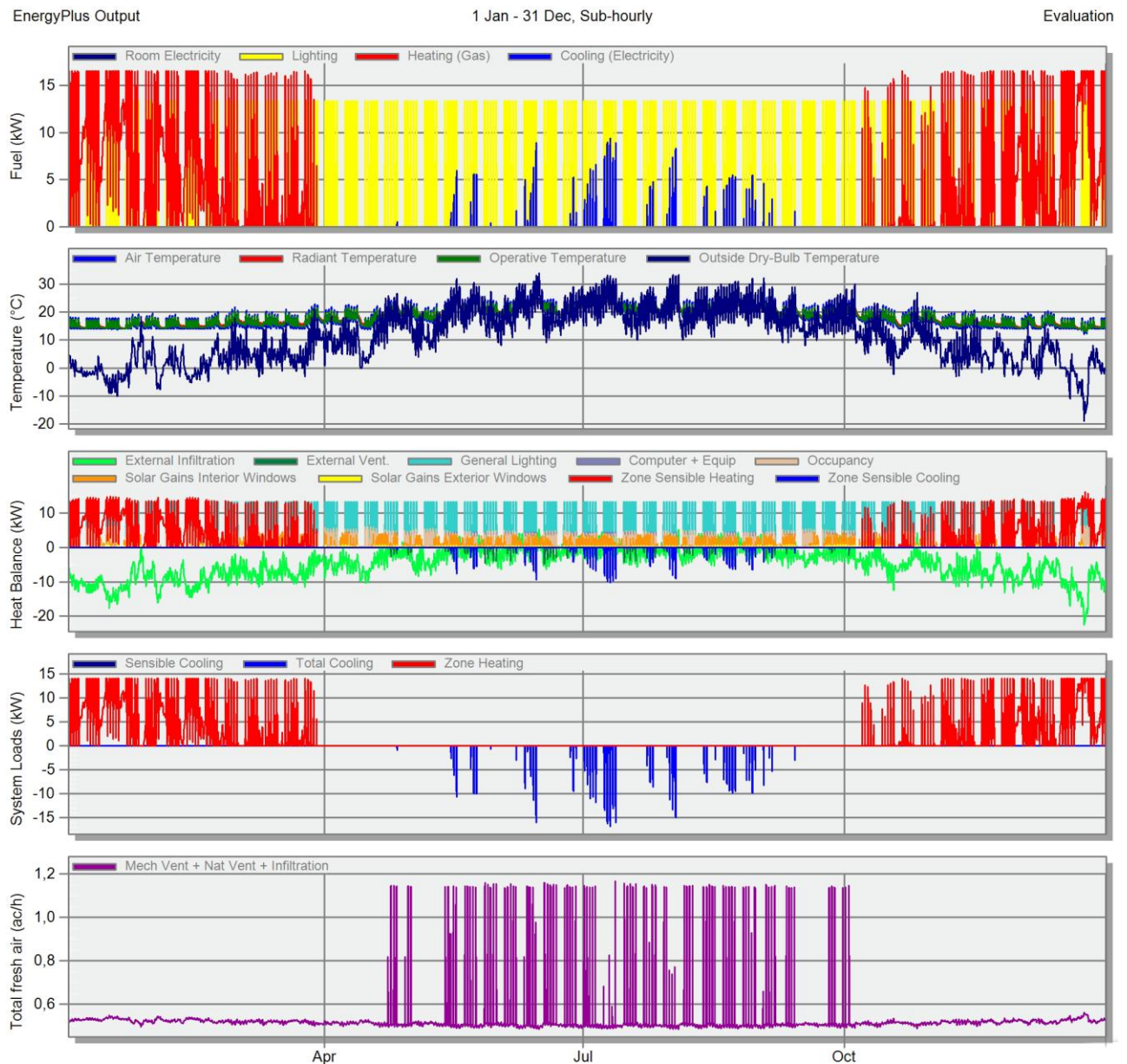
Дијаграм 14. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 1 - намена индустрија



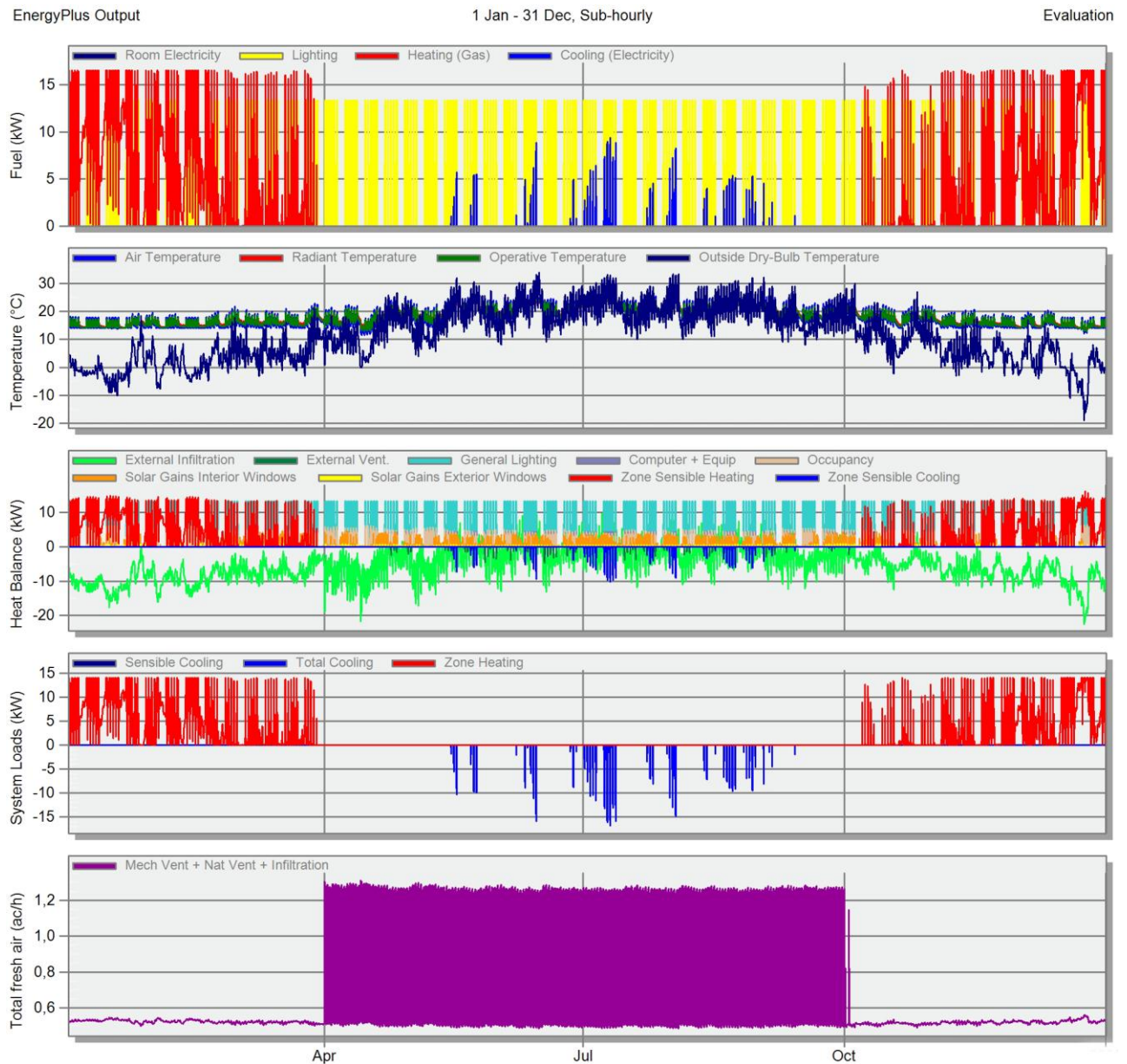
Дијаграм 15. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2 - намена индустрија



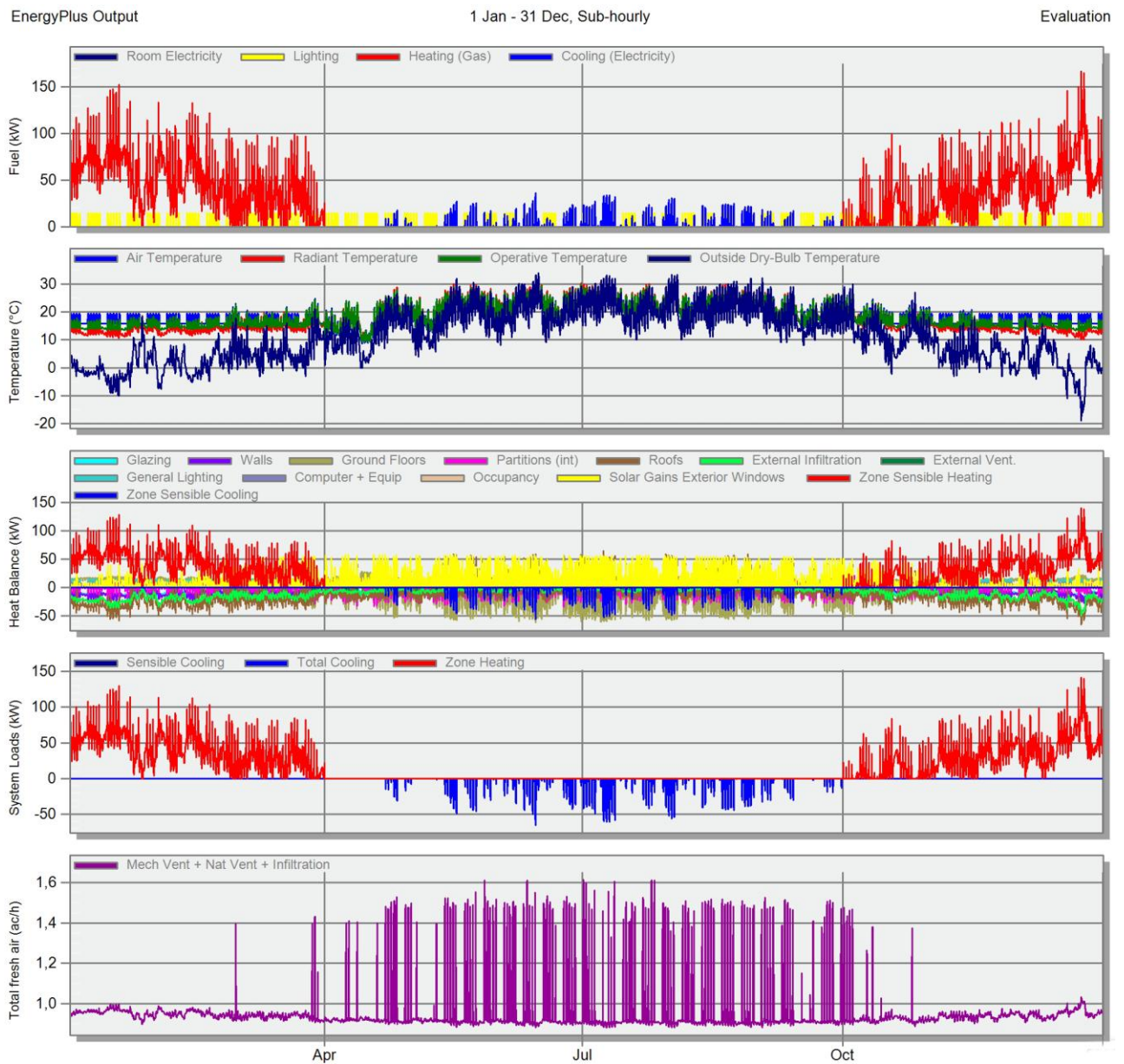
Дијаграм 16. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2а - намена индустрија



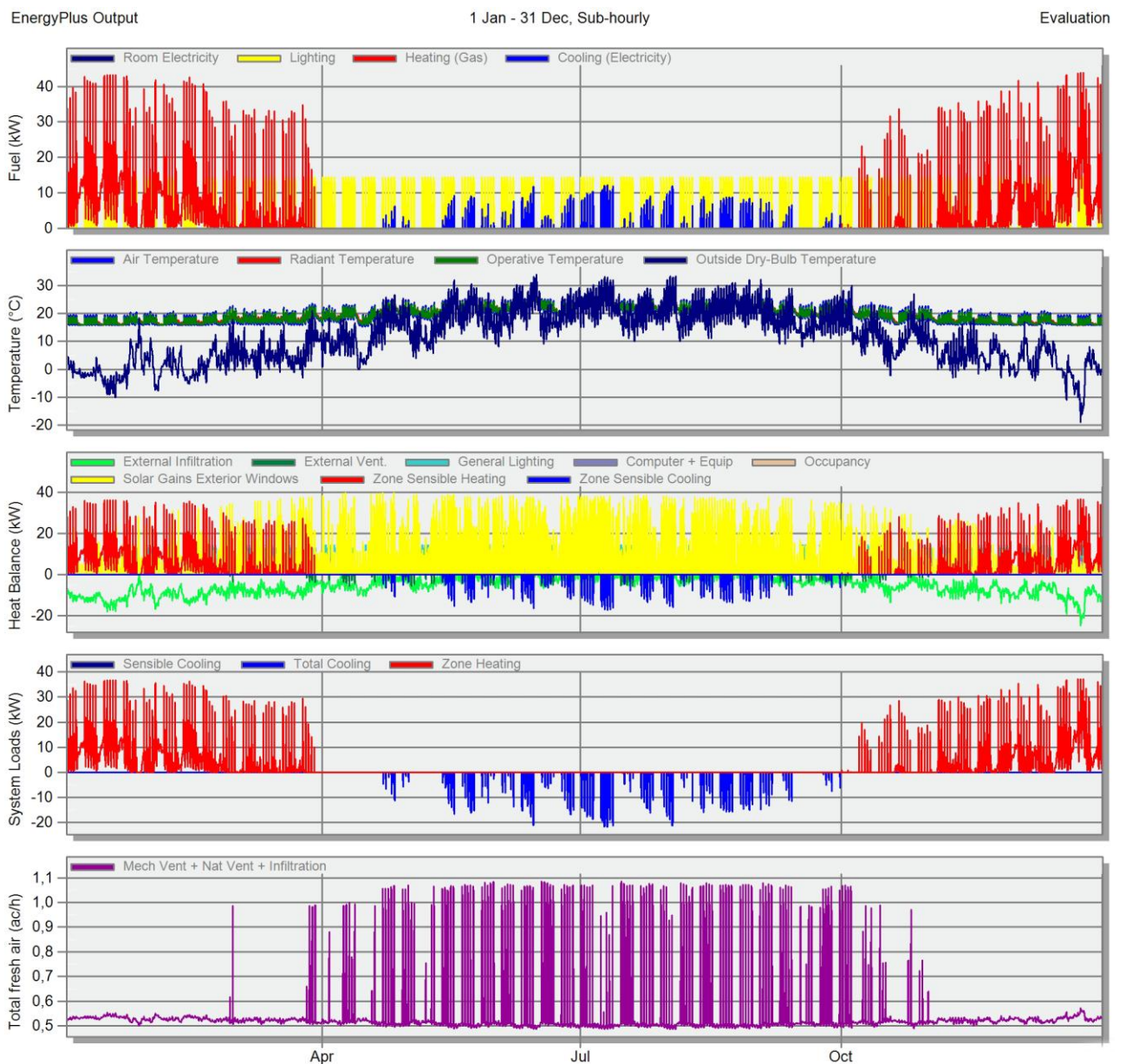
Дијаграм 17. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2b - намена индустрија



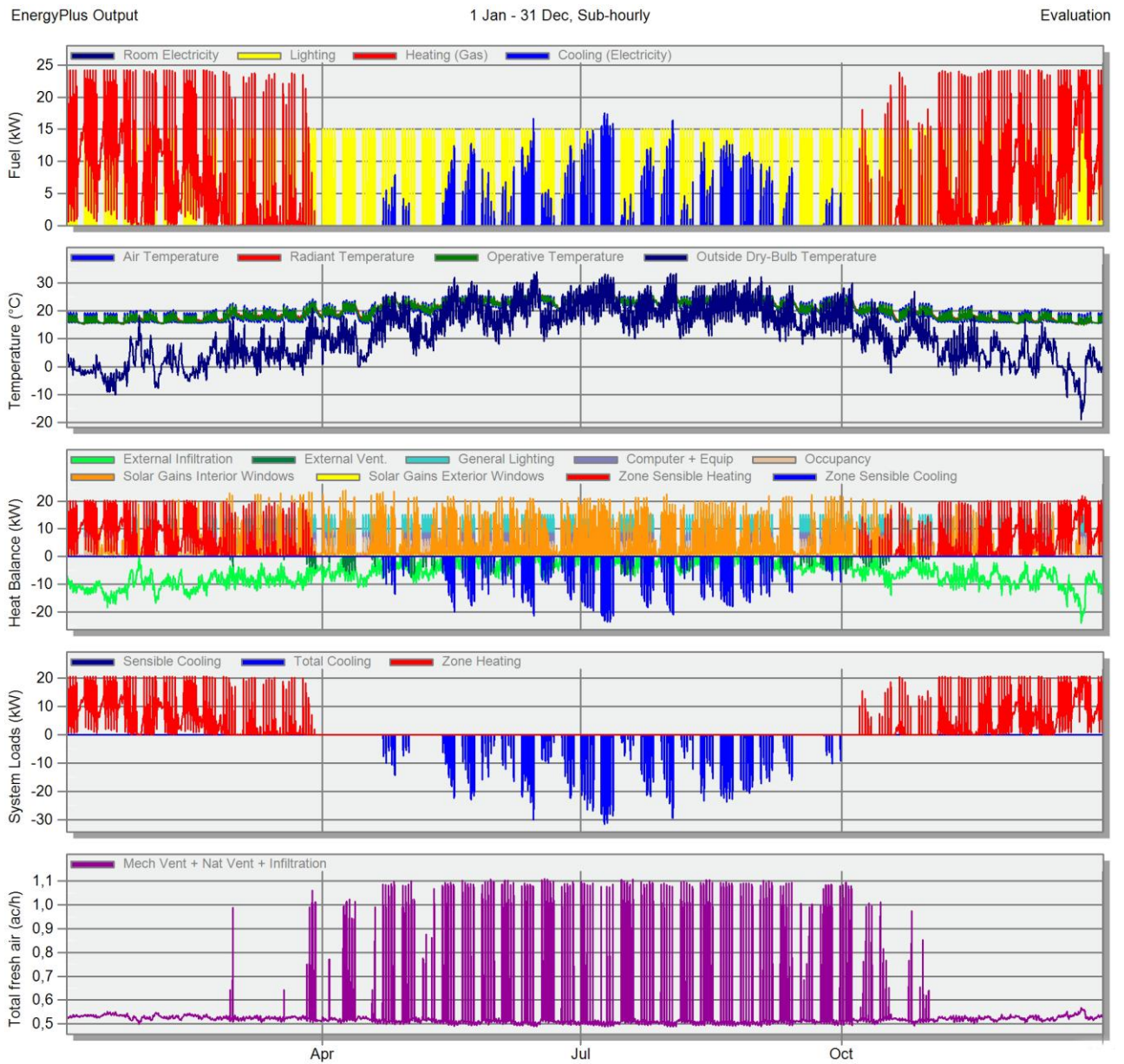
Дијаграм 18. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2с - намена индустрија



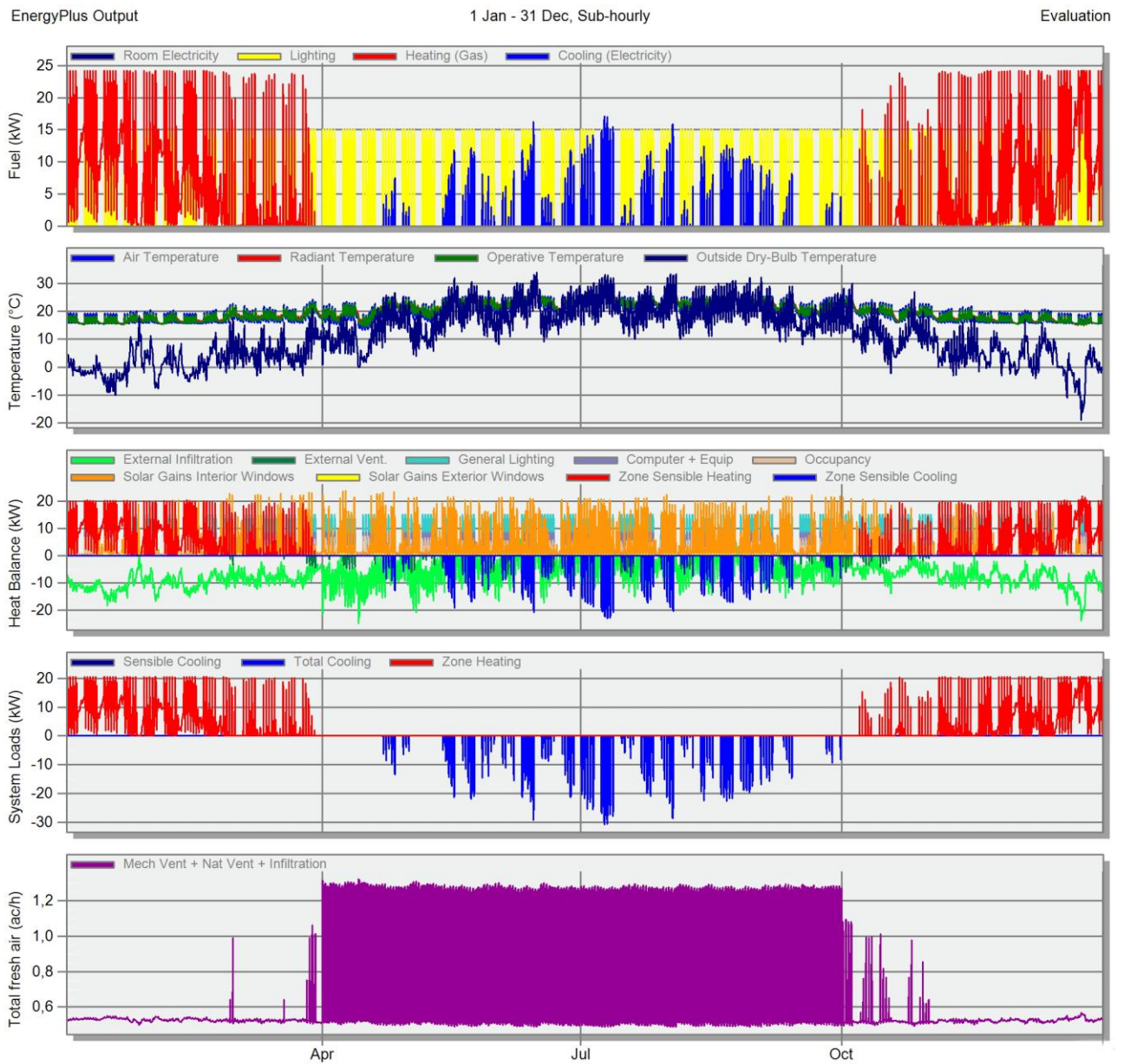
Дијаграм 19. Енергетски баланс објекта модел М2 постојеће стање - намена пословање



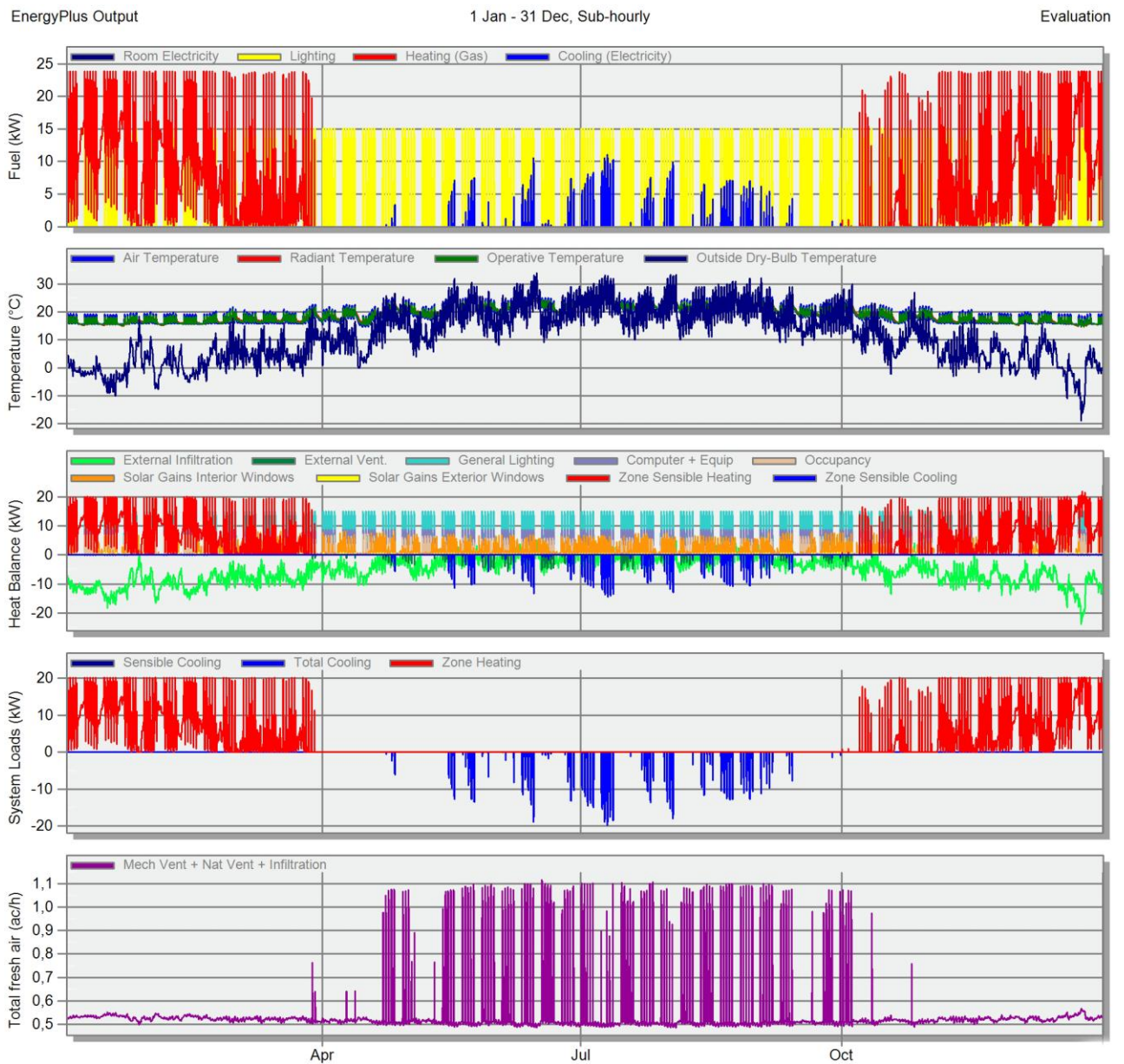
Дијаграм 20. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 1 - намена пословање



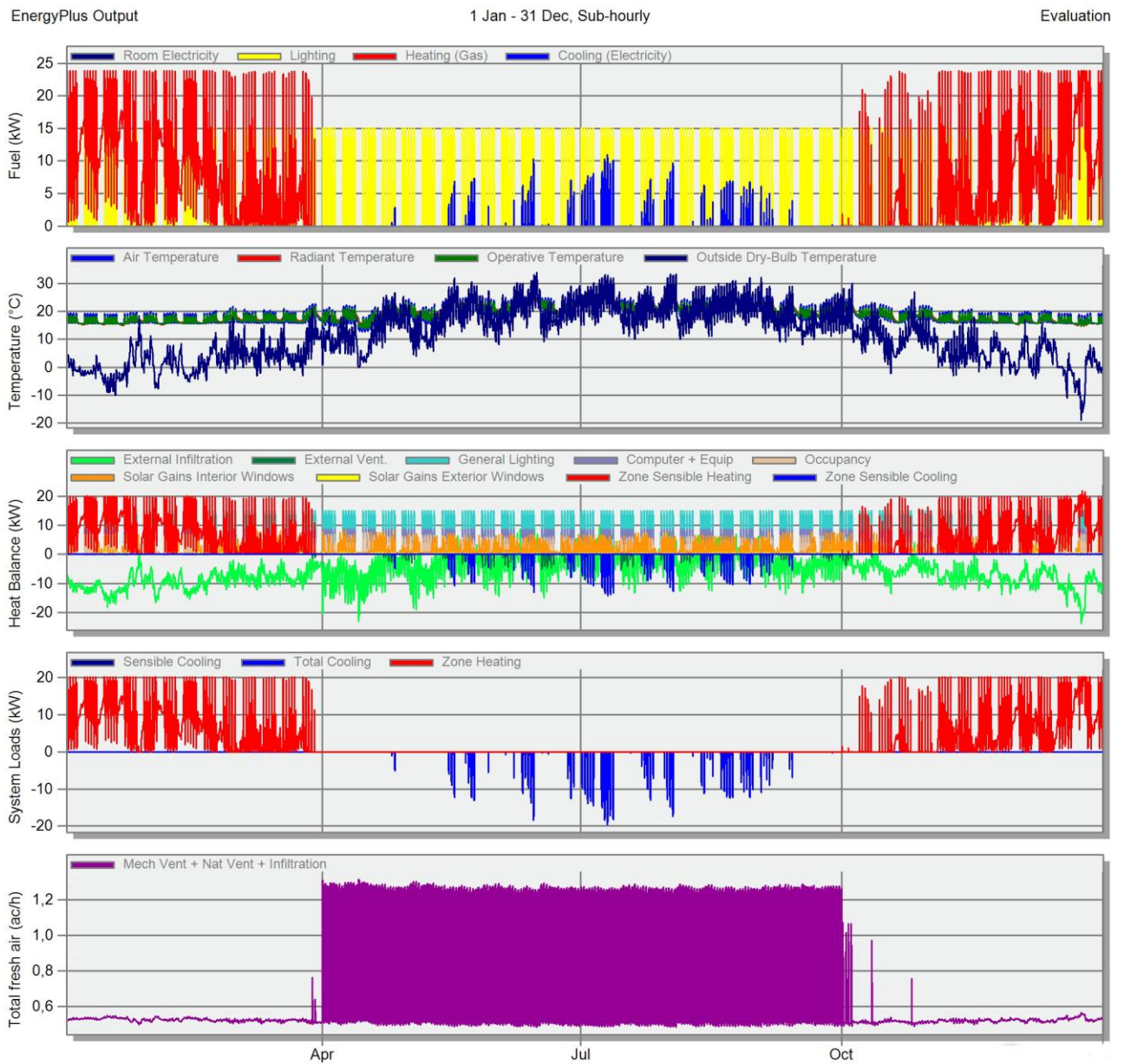
Дијаграм 21. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2 - намена пословање



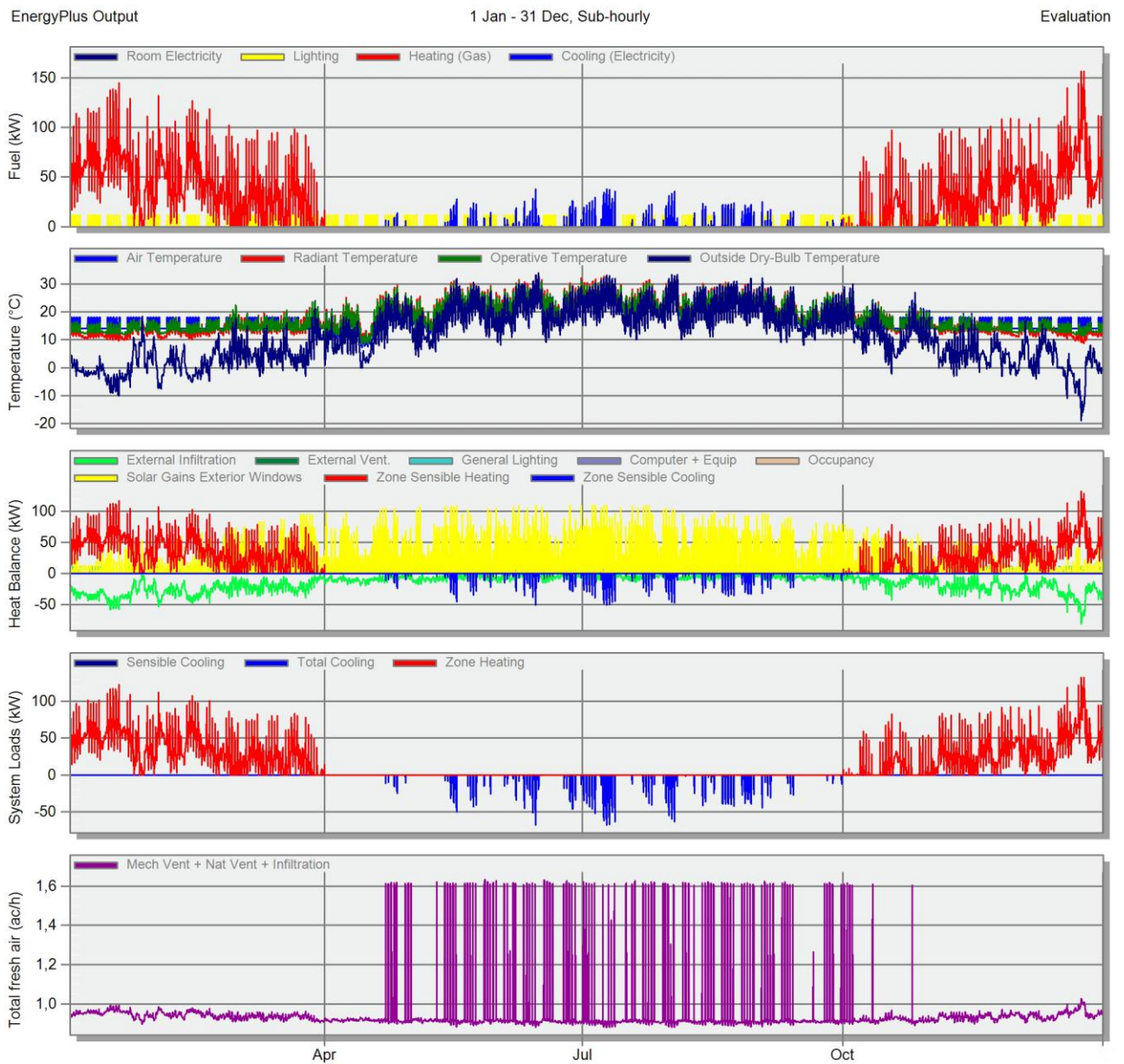
Дијаграм 22. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2а - намена пословање



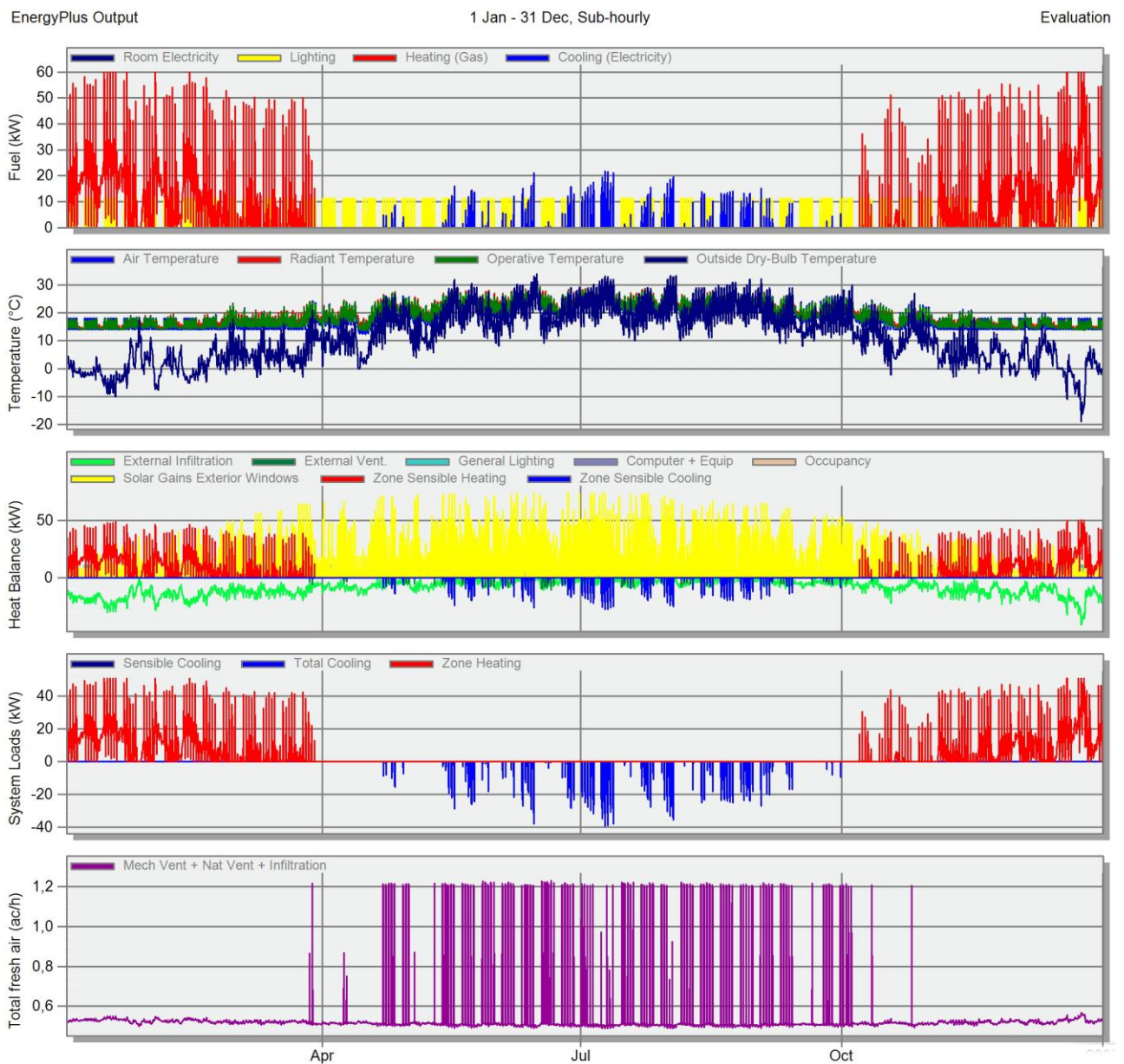
Дијаграм 23. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2b - намена пословање



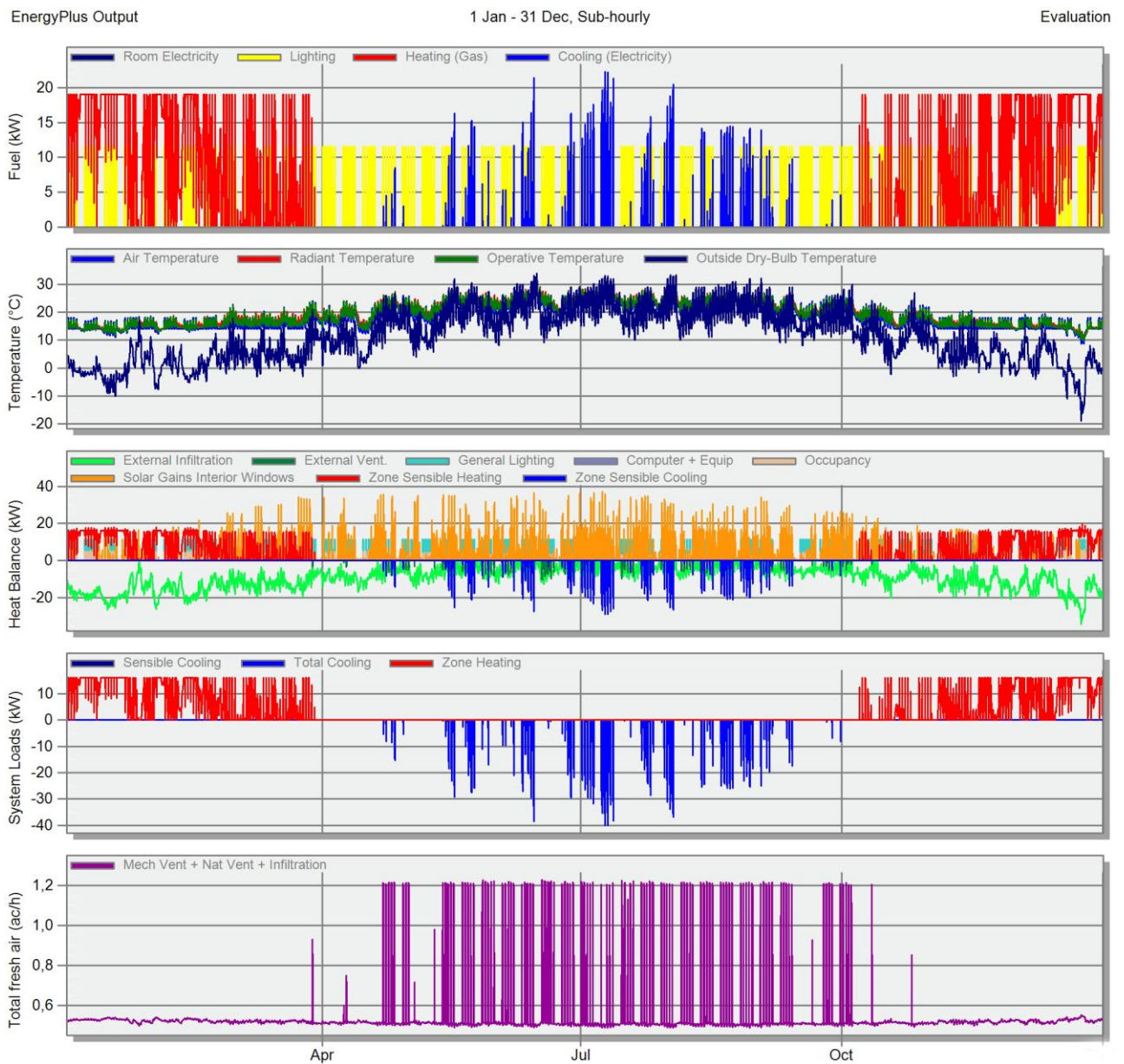
Дијаграм 24. Енергетски баланс објекта модел М2 сценарио 2с - намена пословање



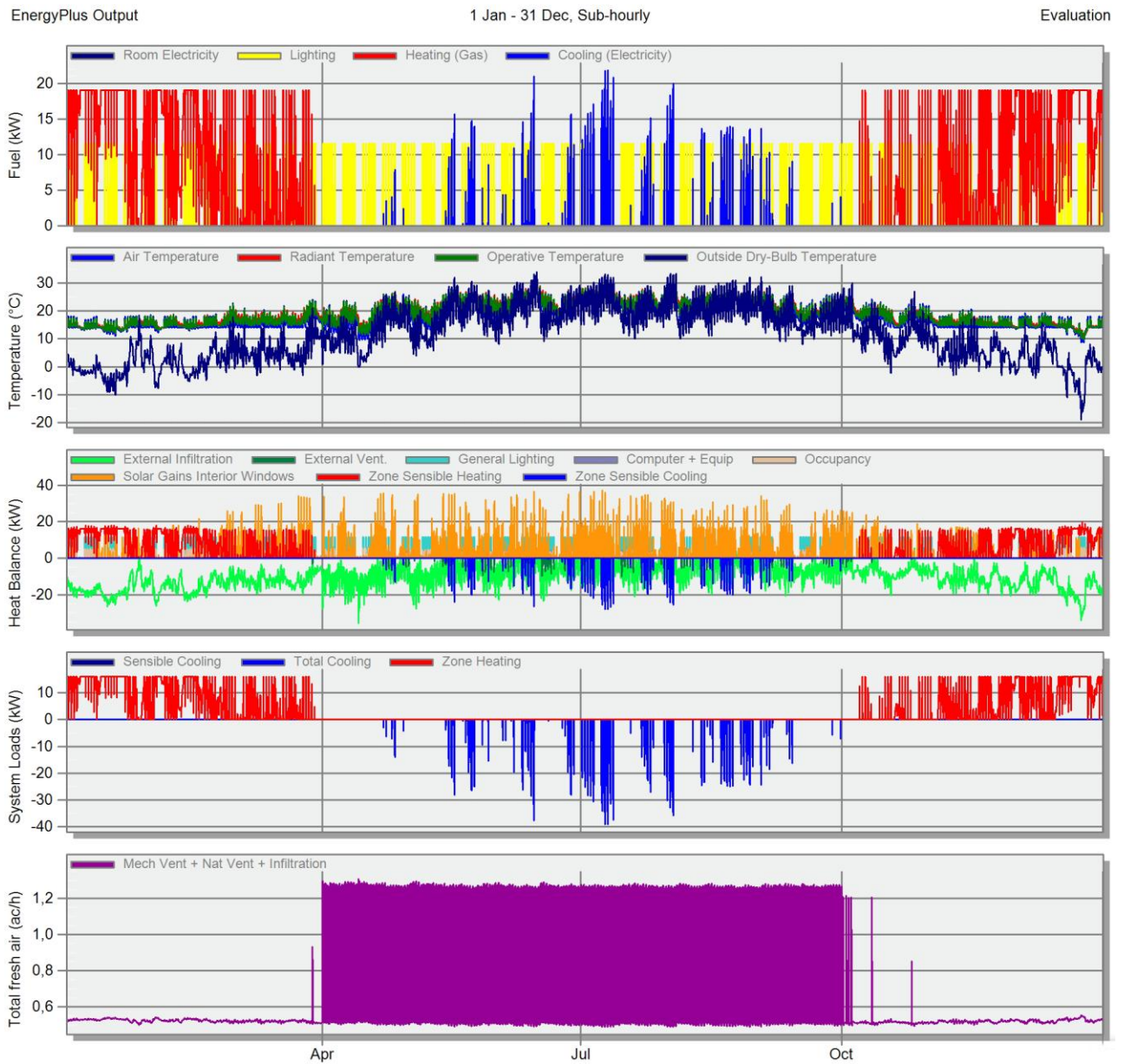
Дијаграм 25. Енергетски баланс објекта модел М3 постојеће стање - намена индустрија



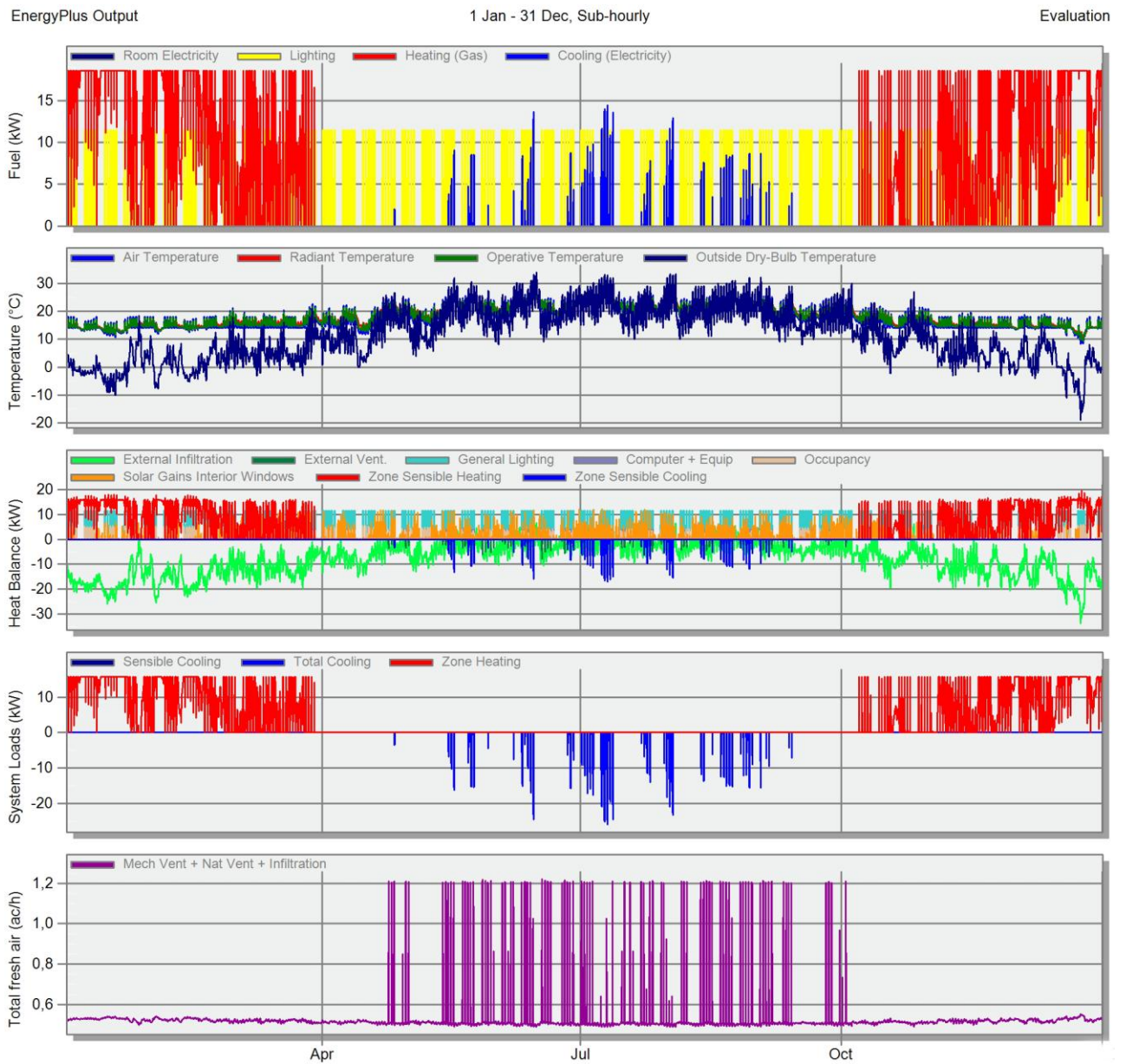
Дијаграм 26. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 1 - намена индустрија



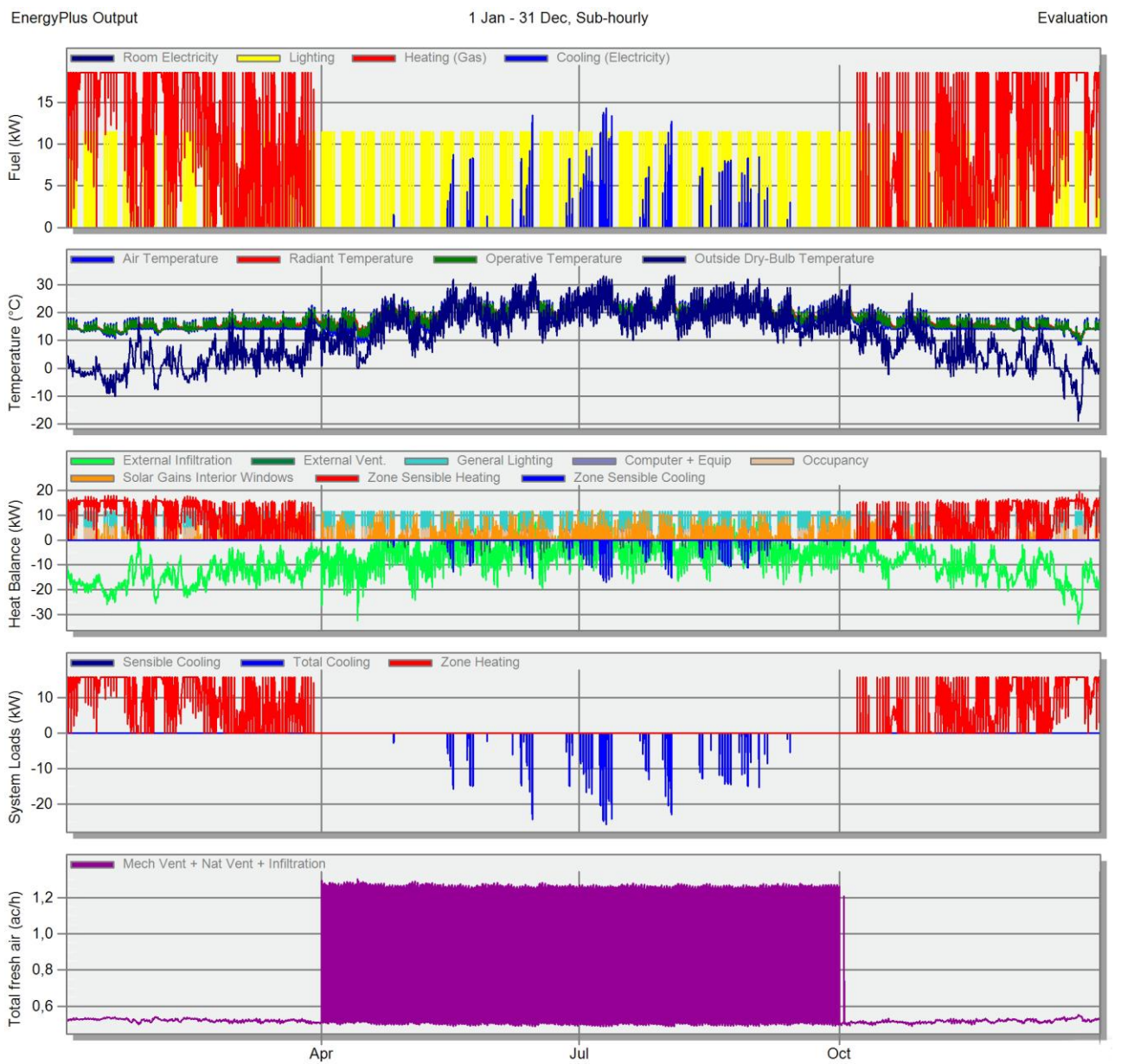
Дијаграм 27. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2 - намена индустрија



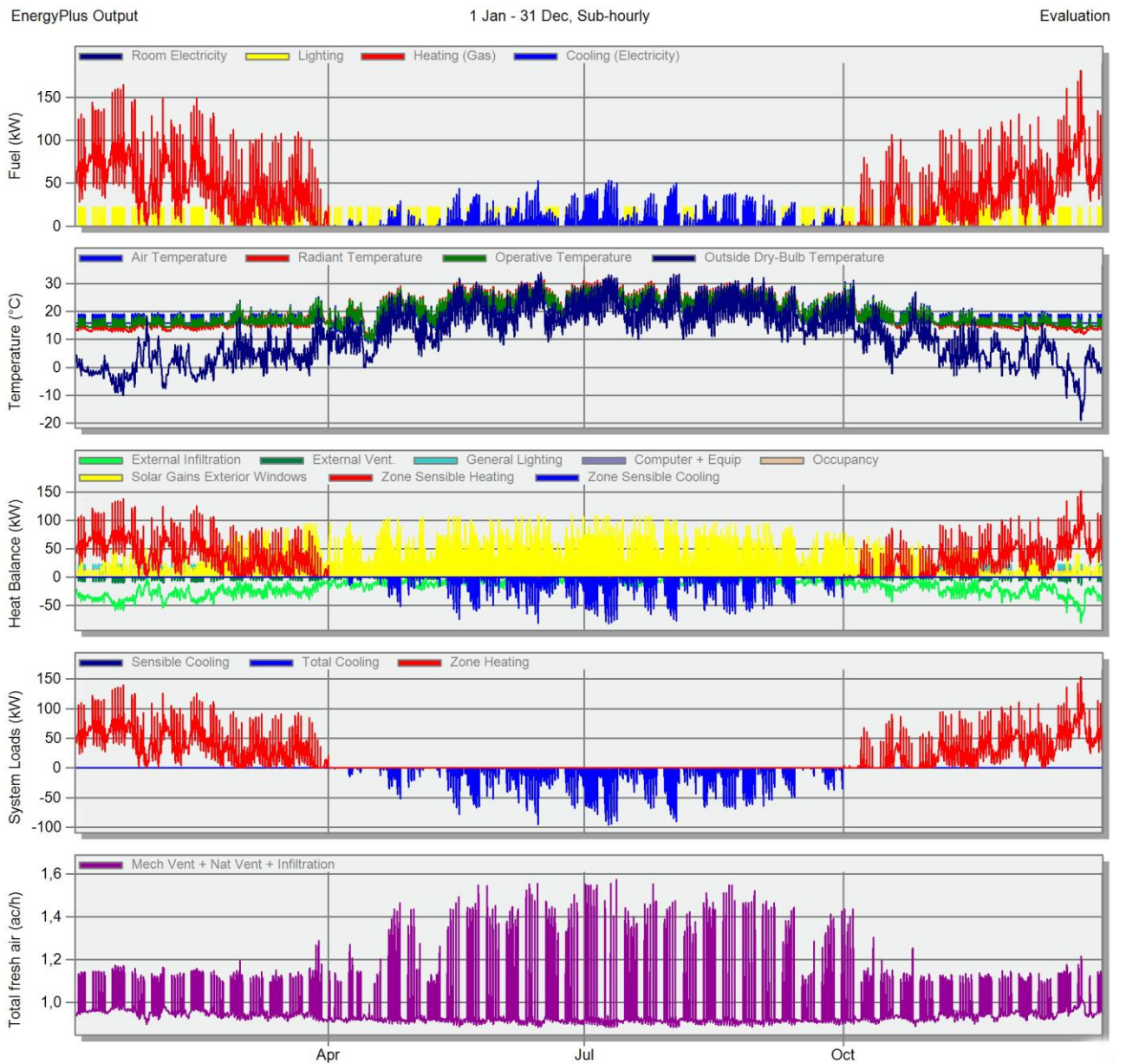
Дијаграм 28. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2а - намена индустрија



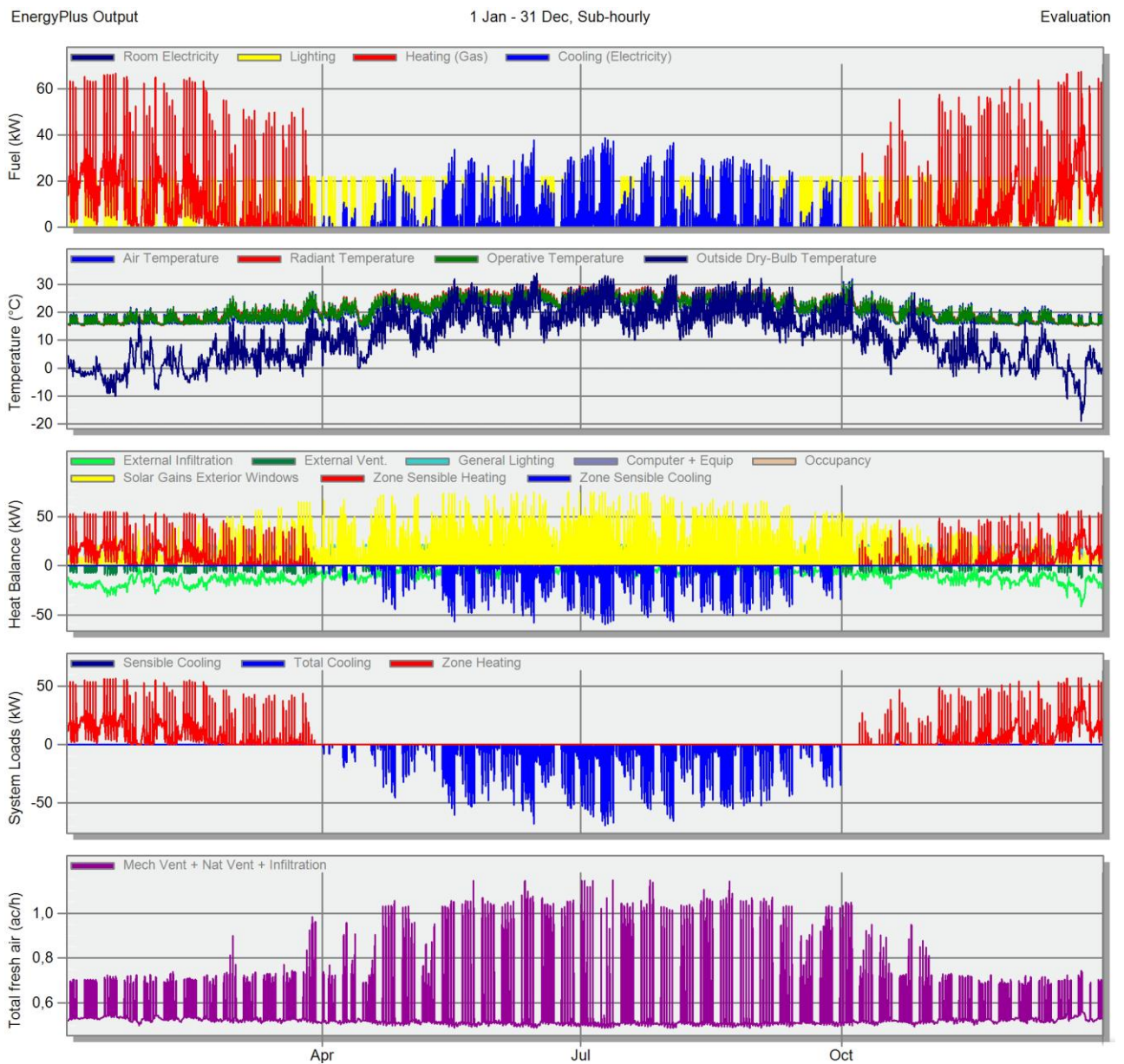
Дијаграм 29. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2b - намена индустрија



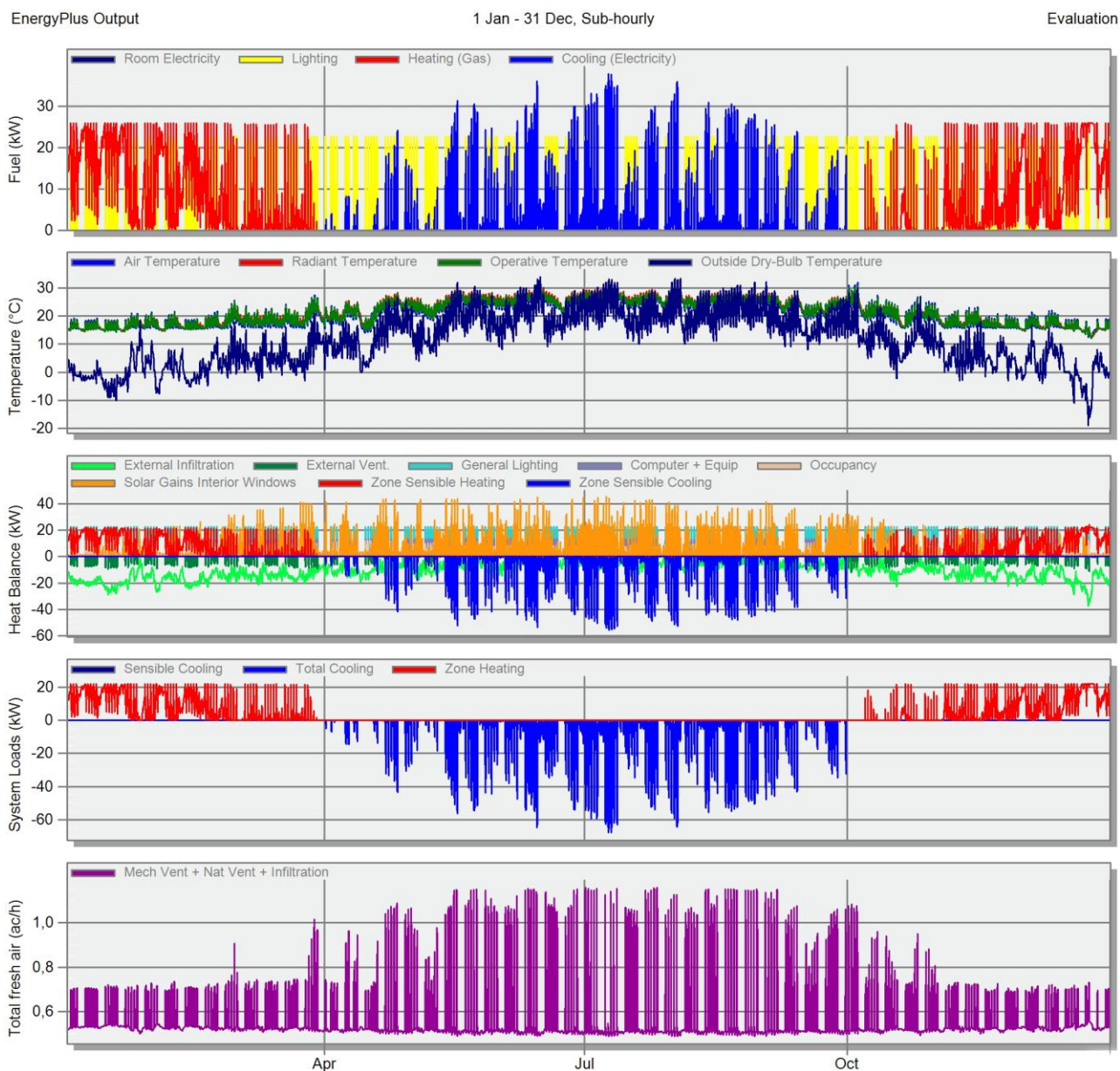
Дијаграм 30. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2с - намена индустрија



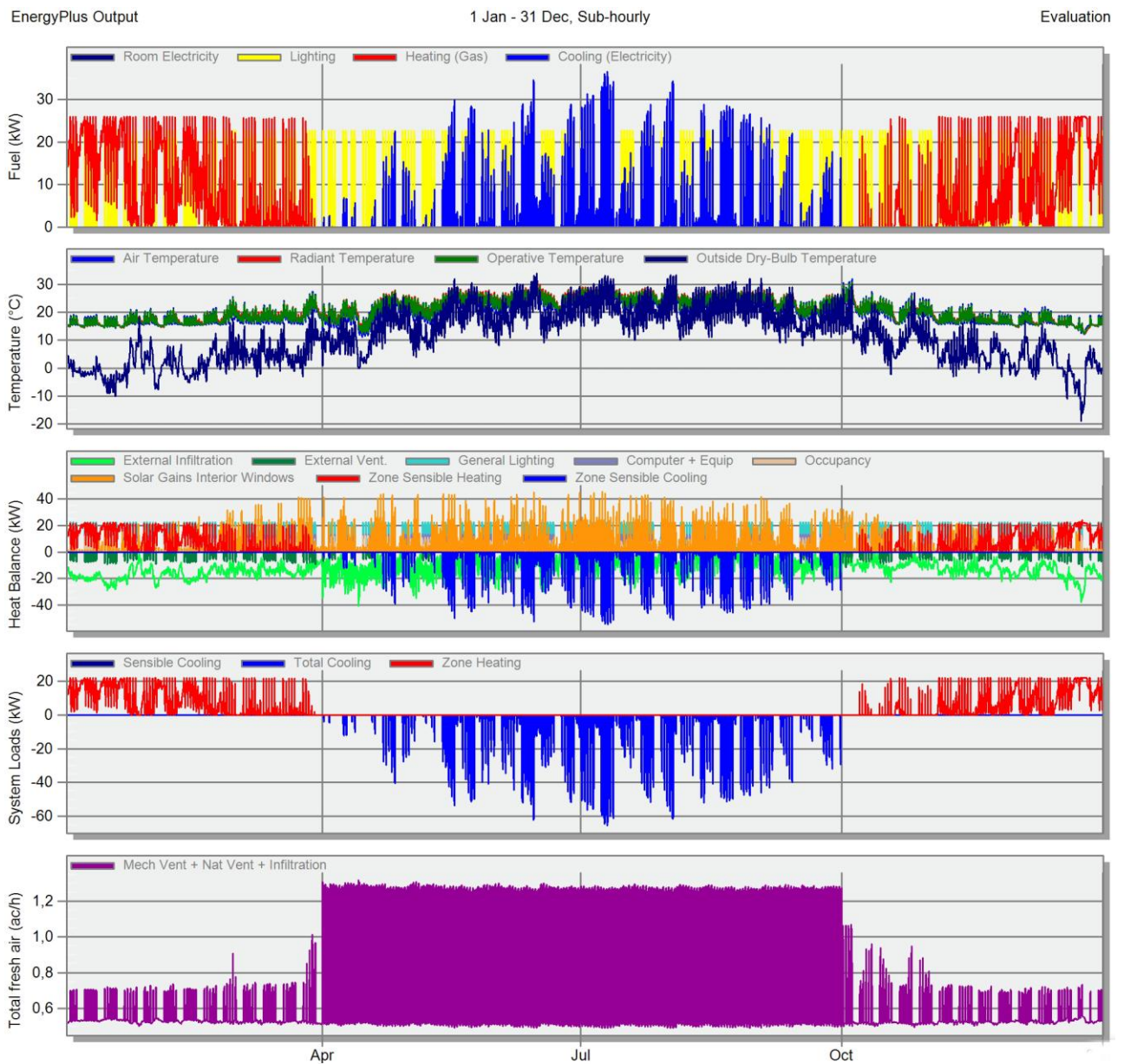
Дијаграм 31. Енергетски баланс објекта модел М3 постојеће стање - намена пословање



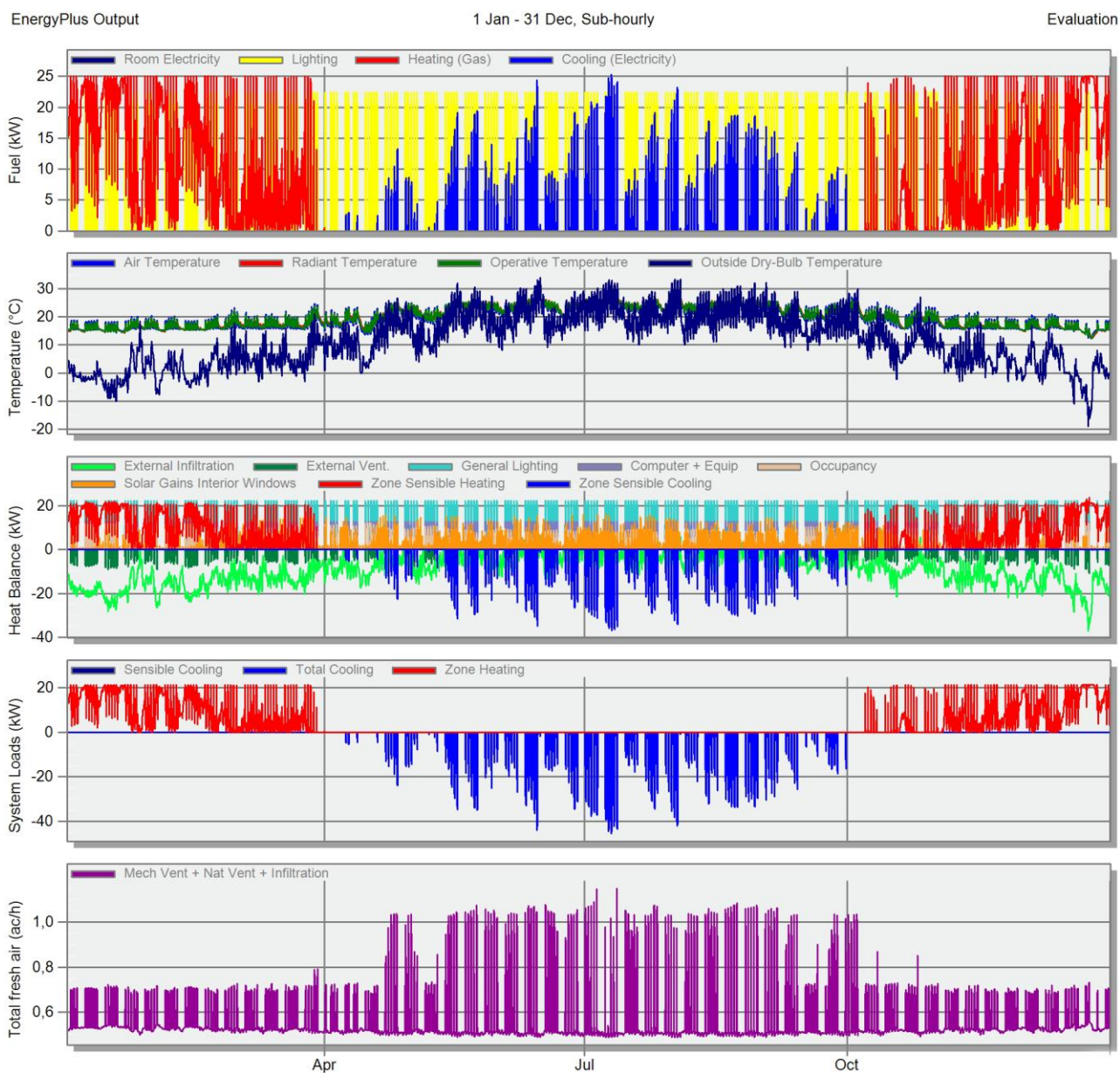
Дијаграм 32. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 1 - намена пословање



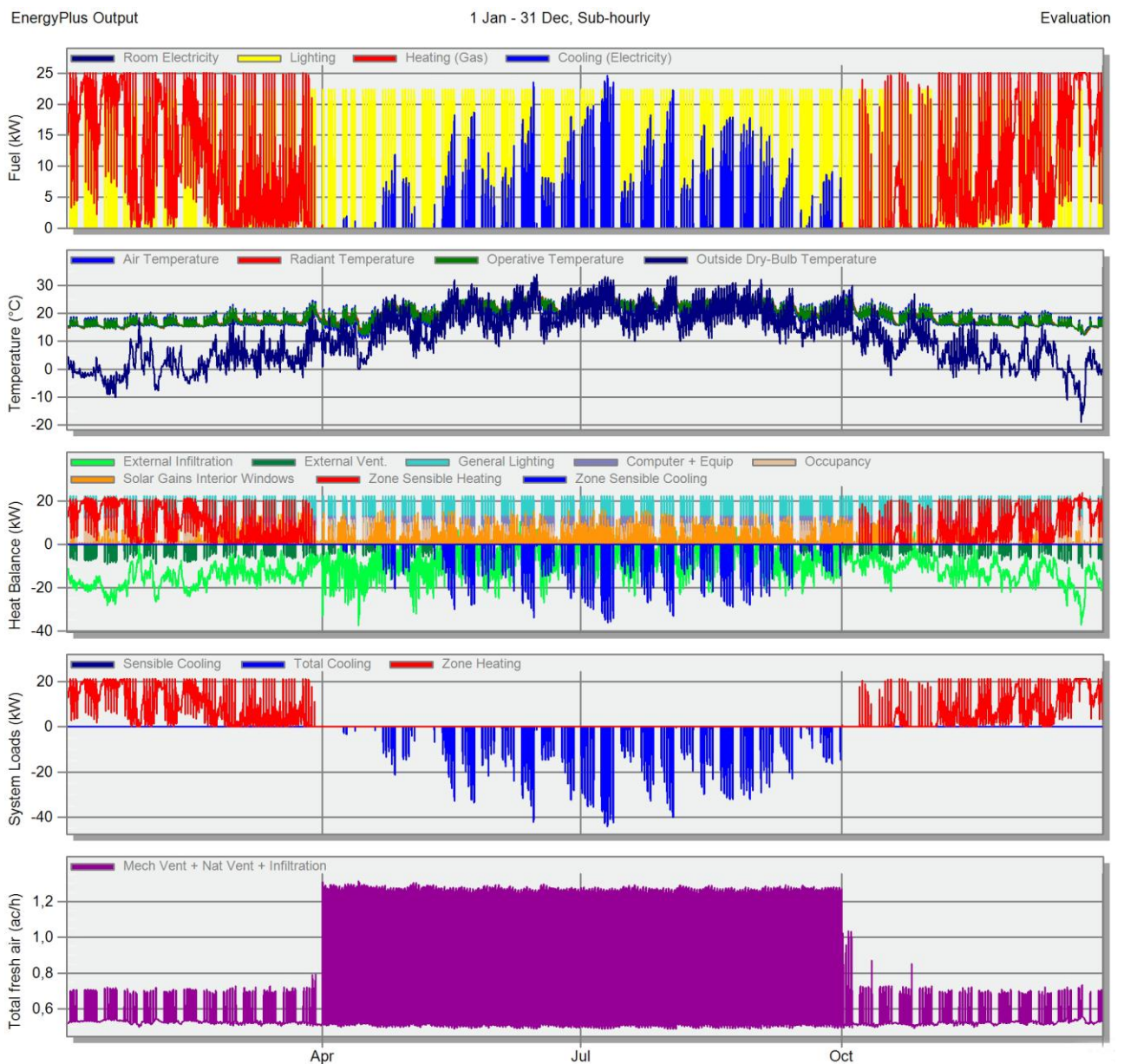
Дијаграм 33. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2 - намена пословање



Дијаграм 34. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2а - намена пословање



Дијаграм 35. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2b - намена пословање



Дијаграм 36. Енергетски баланс објекта модел М3 сценарио 2с - намена пословање

ПРИЛОГ 3

**Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама за све моделе,
сценарије санације и намене**

Табела 1. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	3,52	143,59	29,66	0,33	13,31	2,75
индустријска хала	186,63	116,01	21,63	22,50	13,99	2,61
гардероба	3,89	158,88	32,82	0,27	10,98	2,27
Укупно	194,04	117,05	21,88	23,10	13,93	2,60

Табела 2. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	0,69	28,25	6,10	0,10	4,20	0,91
индустријска хала	45,70	28,41	5,51	20,47	12,72	2,47
гардероба	0,75	30,70	6,34	0,06	2,39	0,49
Укупно	47,14	28,44	5,53	20,63	12,44	2,42

Табела 3. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	0,67	27,26	5,89	0,09	70,95	15,33
индустријска хала	42,57	26,43	5,13	16,89	10,48	2,03
гардероба	0,76	30,96	6,70	0,08	3,43	0,74
Укупно	44,00	25,69	5,02	17,06	9,96	1,95

Табела 4. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	0,67	27,26	5,89	0,07	2,76	0,60
индустријска хала	42,57	26,43	5,13	15,98	9,92	1,93
гардероба	0,76	30,96	6,70	0,07	2,66	0,58
Укупно	44,00	25,69	5,02	16,12	9,41	1,84

Табела 5. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, сценарио 2b

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	0,69	28,26	6,11	0,06	2,36	0,51
индустријска хала	45,39	28,19	5,47	12,70	7,89	1,53
гардероба	0,80	32,49	7,04	0,04	1,82	0,39
Укупно	46,88	27,37	5,35	12,80	7,47	1,46

Табела 6. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена индустрија, сценарио 2c

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
тоалет	0,69	28,26	6,11	0,05	1,88	0,41
индустријска хала	45,39	28,19	5,47	12,09	7,51	1,46
гардероба	0,80	32,49	7,04	0,03	1,40	0,30
Укупно	46,89	27,37	5,35	12,17	7,10	1,39

Табела 7. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	32,76	176,79	32,84	5,85	31,59	5,87
сала за презентације	9,23	84,79	15,78	0,23	2,07	0,39
канцеларије центар север	13,43	185,23	34,62	1,54	21,20	3,96
канцеларије исток	50,50	170,16	31,56	11,27	37,97	7,04
кафе	7,66	141,60	25,29	0,08	1,48	0,26
магацин	11,06	149,85	27,98	0,21	2,80	0,52
канцеларије центар југ	22,33	122,74	22,80	2,57	14,11	2,62
канцеларије запад југ	32,76	176,79	32,83	5,85	31,60	5,87
тоалет	3,73	152,42	31,49	0,40	16,39	3,39
комуникација	57,26	141,84	27,40	0,24	0,59	0,11
гардероба	4,07	166,06	34,30	0,50	20,33	4,20
Укупно	244,79	151,92	28,55	28,73	17,83	3,35

Табела 8. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	9,17	49,38	9,54	6,72	36,18	6,99
сала за презентације	3,06	28,00	5,42	0,14	1,32	0,26
канцеларије центар север	4,18	57,55	11,18	1,16	15,89	3,09
канцеларије исток	13,93	46,87	9,05	13,61	45,80	8,84
кафе	1,81	33,37	6,20	0,0009	0,02	0,003
магацин	2,86	38,72	7,52	0,01	0,11	0,02
канцеларије центар југ	7,00	38,36	7,41	1,92	10,52	2,03
канцеларије запад југ	9,17	49,38	9,54	6,72	36,18	6,99
тоалет	0,62	25,18	5,44	0,19	7,91	1,71
комуникација	14,65	36,11	7,26	0	0	0
гардероба	0,81	33,02	7,14	0,04	1,55	0,33
Укупно	67,26	41,62	8,14	30,50	18,88	3,69

Табела 9. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	8,24	44,27	8,56	5,90	31,67	6,12
сала за презентације	2,80	38,49	7,48	0,15	2,00	0,39
канцеларије центар север	3,79	34,69	6,72	1,13	10,35	2,00
канцеларије исток	13,05	43,78	8,45	9,16	30,72	5,93
кафе	2,12	39,01	7,25	0,43	8,01	1,49
магацин	2,38	32,16	6,24	0,30	4,12	0,80
канцеларије центар југ	6,33	34,73	6,71	1,91	10,47	2,02
канцеларије запад југ	8,33	44,76	8,65	5,30	28,46	5,50
тоалет	0,52	21,23	4,59	0,15	6,23	1,35
комуникација	8,95	22,03	4,43	0	0	0
гардероба	1,50	60,66	13,08	0,15	6,15	1,33
Укупно	58,01	34,64	6,81	24,59	14,68	2,89

Табела 10. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	8,24	44,27	8,56	5,64	30,31	5,86
сала за презентације	2,80	38,49	7,48	0,14	1,87	0,36
канцеларије центар север	3,79	34,69	6,72	1,08	9,92	1,92
канцеларије исток	13,05	43,78	8,45	8,72	29,25	5,64
кафе	2,12	39,01	7,25	0,41	7,53	1,40
магацин	2,38	32,16	6,24	0,28	3,84	0,75
канцеларије центар југ	6,33	34,73	6,71	1,84	10,06	1,94
канцеларије запад југ	8,33	44,76	8,65	5,09	27,33	5,28
тоалет	0,52	21,23	4,59	0,14	5,69	1,23
комуникација	8,95	22,03	4,43	0	0	0
гардероба	1,50	60,66	13,08	0,14	5,47	1,18
Укупно	58,01	34,64	6,81	23,48	14,02	2,76

Табела 11. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2б

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	9,03	48,52	9,38	3,52	18,90	3,65
сала за презентације	2,81	38,65	7,51	0,15	2,00	0,39
канцеларије центар север	3,80	34,83	6,74	1,12	10,25	1,98
канцеларије исток	15,29	51,30	9,90	5,01	16,81	3,24
кафе	2,12	39,10	7,26	0,43	7,99	1,48
магацин	2,39	32,36	6,28	0,29	3,92	0,76
канцеларије центар југ	6,36	34,87	6,74	1,89	10,37	2,00
канцеларије запад југ	9,08	48,74	9,42	3,48	18,71	3,62
тоалет	0,52	21,28	4,60	0,15	6,19	1,34
комуникација	9,17	22,57	4,54	0	0	0
гардероба	1,57	63,49	13,70	0,10	4,16	0,90
Укупно	62,15	37,11	7,29	16,15	9,64	1,90

Табела 12. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2с

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
канцеларије запад север	9,03	48,52	9,38	3,40	18,25	3,53
сала за презентације	2,81	38,65	7,51	0,14	1,88	0,37
канцеларије центар север	3,80	34,83	6,74	1,07	9,83	1,90
канцеларије исток	15,29	51,30	9,90	4,79	16,08	3,10
кафе	2,12	39,10	7,26	0,41	7,52	1,40
магацин	2,39	32,36	6,28	0,27	3,68	0,71
канцеларије центар југ	6,36	34,87	6,74	1,82	9,98	1,93
канцеларије запад југ	9,08	48,74	9,42	3,36	18,07	3,49
тоалет	0,52	21,28	4,60	0,14	5,67	1,23
комуникација	9,17	22,57	4,54	0	0	0
гардероба	1,57	63,49	13,70	0,09	3,71	0,80
Укупно	62,15	37,11	7,29	15,50	9,25	1,82

Табела 13. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	100,10	118,40	27,94	16,01	18,93	4,47
магацин запад	3,77	221,91	58,13	0,08	4,67	1,22
магацин исток	4,59	189,84	48,36	0,14	5,60	1,43
тоалет ж.	3,06	148,42	32,12	0,11	5,37	1,16
ходник	2,30	191,52	40,75	0	0	0
тоалет м.	2,03	152,28	35,47	0,06	4,85	1,13
Укупно	115,85	124,22	29,32	16,40	17,58	4,15

Табела 14. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	9,16	11,10	2,89	3,19	3,87	1,01
магацин запад	0,49	31,78	9,24	0	0	0
магацин исток	0,63	27,80	7,88	0	0	0
тоалет ж.	0,42	21,07	5,00	0	0	0
ходник	0,40	34,28	8,02	0	0	0
тоалет м.	0,28	21,79	5,60	0	0	0
Укупно	11,38	12,54	3,26	3,19	3,51	0,91

Табела 15. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	9,08	10,58	2,79	5,40	6,29	1,66
магацин запад	0,64	37,25	11,47	0,04	2,27	0,70
магацин исток	0,70	28,74	8,56	0,03	1,33	0,40
тоалет ж.	0,34	16,89	4,16	0	0	0
ходник	0,10	8,78	2,07	0	0	0
тоалет м.	0,24	18,88	5,05	0	0	0
Укупно	11,11	11,54	3,05	5,47	5,68	1,50

Табела 16. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	9,08	10,58	2,79	4,99	5,82	1,53
магацин запад	0,64	37,25	11,47	0,03	1,67	0,51
магацин исток	0,70	28,74	8,56	0,02	1,00	0,30
тоалет ж.	0,34	16,89	4,16	0	0	0
ходник	0,10	8,78	2,07	0	0	0
тоалет м.	0,24	18,88	5,05	0	0	0
Укупно	11,11	11,54	3,05	5,05	5,24	1,39

Табела 17. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, сценарио 2б

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	11,10	12,94	3,41	1,41	1,64	0,43
магацин запад	0,79	45,69	14,07	0	0	0
магацин исток	0,91	37,24	11,09	0	0	0
тоалет ж.	0,38	18,91	4,66	0	0	0
ходник	0,12	8,78	2,07	0	0	0
тоалет м.	0,27	21,12	5,65	0	0	0
Укупно	13,56	14,09	3,73	1,41	1,46	0,39

Табела 18. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена индустрија, сценарио 2с

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	11,10	12,94	3,41	1,31	1,52	0,40
магацин запад	0,79	45,69	14,07	0	0	0
магацин исток	0,91	37,24	11,09	0	0	0
тоалет ж.	0,38	18,91	4,66	0	0	0
ходник	0,12	8,78	2,07	0	0	0
тоалет м.	0,27	21,12	5,65	0	0	0
Укупно	13,56	14,09	3,73	1,31	1,36	0,36

Табела 19. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	3,89	228,96	61,68	0,09	5,43	1,46
сала за презентације	14,40	153,51	36,19	1,00	10,69	2,52
канцеларије исток	51,06	154,29	36,37	7,41	22,39	5,28
комуникација	14,20	126,92	27,05	0	0	0
канцеларије запад	51,40	177,01	43,94	6,30	21,71	5,39
кафе	5,46	225,45	58,98	0,48	19,84	5,19
тоалет ж.	2,98	144,85	32,09	0,20	9,78	2,17
ходник	2,28	190,30	41,37	0,001	0,10	0,02
тоалет м.	1,94	145,68	34,79	0,13	9,77	2,33
Укупно	147,61	161,49	38,28	15,62	17,09	4,05

Табела 20. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	0,52	33,31	10,06	0	0	0
сала за презентације	2,06	22,42	5,82	0,28	3,10	0,81
канцеларије исток	6,29	19,49	5,06	2,77	8,59	2,23
комуникација	1,25	11,21	2,62	0	0	0
канцеларије запад	6,15	21,93	6,03	2,22	7,91	2,17
кафе	0,55	24,51	7,21	0,02	0,89	0,26
тоалет ж.	0,29	14,48	3,54	0	0	0
ходник	0,37	31,72	7,42	0	0	0
тоалет м.	0,18	14,08	3,75	0	0	0
Укупно	17,66	19,87	5,19	5,29	5,95	1,56

Табела 21. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	0,67	38,67	11,82	0,10	5,69	1,74
сала за презентације	1,98	20,75	5,43	0,63	6,63	1,73
канцеларије исток	6,44	19,18	5,02	4,03	12,02	3,14
комуникација	0	0	0	0	0	0
канцеларије запад	7,08	23,81	6,60	3,64	12,26	3,40
кафе	0,75	31,05	9,18	0,42	17,44	5,15
тоалет ж.	0,22	10,88	2,66	0	0	0
ходник	0,29	24,46	5,72	0	0	0
тоалет м.	0,15	16,86	4,49	0	0	0
Укупно	17,57	18,96	4,99	8,83	9,53	2,51

Табела 22. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	0,67	38,67	11,82	0,08	4,51	1,38
сала за презентације	1,98	20,75	5,43	0,56	5,90	1,54
канцеларије исток	6,44	19,18	5,02	3,69	11,00	2,88
комуникација	0	0	0	0	0	0
канцеларије запад	7,08	23,81	6,60	3,28	11,04	3,06
кафе	0,75	31,05	9,18	0,38	15,50	4,58
тоалет ж.	0,22	10,88	2,66	0	0	0
ходник	0,29	24,46	5,72	0	0	0
тоалет м.	0,15	16,86	4,49	0	0	0
Укупно	17,57	18,96	4,99	7,99	8,63	2,27

Табела 23. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, сценарио 2б

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	0,81	46,62	14,25	0,002	0,10	0,03
сала за презентације	2,58	26,99	7,06	0,10	1,02	0,27
канцеларије исток	8,12	24,20	6,33	1,42	4,23	1,11
комуникација	0	0	0	0	0	0
канцеларије запад	8,52	28,65	7,94	1,43	4,82	1,34
кафе	0,98	40,29	11,91	0,14	5,63	1,67
тоалет ж.	0,39	19,55	4,79	0,03	1,45	0,35
ходник	0,30	25,49	5,96	0	0	0
тоалет м.	0,15	11,67	3,10	0	0	0
Укупно	21,84	23,57	6,20	3,12	3,36	0,89

Табела 24. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М2 – намена пословање, сценарио 2с

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
магацин запад	0,81	46,62	14,25	0,001	0,07	0,02
сала за презентације	2,58	26,99	7,06	0,09	0,89	0,23
канцеларије исток	8,12	24,20	6,33	1,30	3,88	1,02
комуникација	0	0	0	0	0	0
канцеларије запад	8,52	28,65	7,94	1,30	4,38	1,21
кафе	0,98	40,29	11,91	0,12	4,95	1,46
тоалет ж.	0,39	19,55	4,79	0,02	0,93	0,23
ходник	0,30	25,49	5,96	0	0	0
тоалет м.	0,15	11,67	3,10	0	0	0
Укупно	21,84	23,57	6,20	2,83	3,05	0,80

Табела 25. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	126,51	165,00	19,74	10,97	14,31	1,71
Укупно	126,51	165,00	19,74	10,97	14,31	1,71

Табела 26. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	31,61	42,35	5,17	6,41	8,59	1,05
Укупно	31,61	42,35	5,17	6,41	8,59	1,05

Табела 27. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	28,41	37,12	4,54	7,04	9,20	1,12
Укупно	28,41	37,12	4,54	7,04	9,20	1,12

Табела 28. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	28,41	37,06	4,53	6,38	8,33	1,02
Укупно	28,41	37,06	4,53	6,38	8,33	1,02

Табела 29. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, сценарио 2б

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	32,48	42,37	5,18	2,81	3,67	0,45
Укупно	32,48	42,37	5,18	2,81	3,67	0,45

Табела 30. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М3 – намена индустрија, сценарио 2с

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
индустријска хала	32,48	42,37	5,18	2,55	3,33	0,41
Укупно	32,48	42,37	5,18	2,55	3,33	0,41

Табела 31. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, постојеће стање

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	9,30	91,32	17,04	0,04	0,41	0,08
приземље степениште	1,90	76,96	14,38	0	0	0
приземље кафе	6,24	82,49	15,39	0,64	8,44	1,58
приземље тоалет	3,48	68,30	12,75	0,13	2,53	0,47
приземље канцеларија 1	7,98	194,53	36,25	0,49	11,99	2,23
приземље хор. Комуникација	9,66	80,89	15,09	0	0	0
приземље канцеларија 2	23,22	108,60	20,26	3,09	14,44	2,69
приземље сала за презентације	15,14	117,18	21,87	0,61	4,71	0,88
спрат канцеларије запад	35,29	104,33	37,12	14,78	43,68	15,54
спрат ходник	5,29	68,67	23,23	0,06	0,71	0,24
спрат канцеларије исток-север	13,22	98,32	35,01	6,57	48,82	17,38
спрат канцеларија исток-југ	16,49	97,86	34,84	8,63	51,22	18,24
спрат степениште	2,78	84,80	30,14	0,68	20,86	7,41
Укупно	149,99	99,50	24,29	35,71	23,69	5,78

Табела 32. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 1

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	2,34	23,26	4,34	0	0	0
приземље степениште	0,49	19,78	3,69	0	0	0
приземље кафе	1,61	21,36	3,98	0,56	7,46	1,39
приземље тоалет	0,65	12,76	2,38	0,04	0,83	0,16
приземље канцеларија 1	1,43	37,12	6,92	0,39	10,23	1,91
приземље хор. Комуникација	2,50	21,13	3,94	0	0	0
приземље канцеларија 2	5,90	28,07	5,24	2,53	12,05	2,25
приземље сала за презентације	3,98	31,31	5,84	0,60	4,73	0,88
спрат канцеларије запад	7,16	21,79	8,25	14,05	42,76	16,18
спрат ходник	0,92	12,10	4,34	0,02	0,24	0,09
спрат канцеларије исток-север	2,52	19,34	7,32	6,09	46,75	17,70
спрат канцеларија исток-југ	3,35	20,48	7,75	8,03	49,08	18,58
спрат степениште	0,54	16,66	6,31	0,49	15,18	5,75
Укупно	33,39	22,61	5,62	32,81	22,21	5,52

Табела 33. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	0,93	9,22	1,72	0	0	0
приземље степениште	0,14	5,52	1,03	0	0	0
приземље кафе	1,76	23,32	4,35	0,91	12,12	2,26
приземље тоалет	0,58	11,43	2,13	0,17	3,32	0,62
приземље канцеларија 1	1,53	38,51	7,19	0,71	17,89	3,34
приземље хор. Комуникација	0	0	0	0	0	0
приземље канцеларија 2	6,17	28,53	5,32	3,16	14,58	2,72
приземље сала за презентације	4,12	31,52	5,88	0,74	5,63	1,05
спрат канцеларије запад	7,16	21,03	7,77	13,17	38,69	14,28
спрат ходник	0,14	1,78	0,62	0,05	0,64	0,22
спрат канцеларије исток-север	2,49	18,65	6,89	5,40	40,41	14,92
спрат канцеларија исток-југ	3,20	19,08	7,05	7,34	43,76	16,16
спрат степениште	0,38	11,66	4,30	0,80	24,17	8,92
Укупно	28,59	18,94	4,68	32,44	21,48	5,30

Табела 34. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2а

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	0,93	9,22	1,72	0	0	0
приземље степениште	0,14	5,52	1,03	0	0	0
приземље кафе	1,76	23,32	4,35	0,76	10,01	1,87
приземље тоалет	0,58	11,43	2,13	0,12	2,42	0,45
приземље канцеларија 1	1,53	38,51	7,19	0,59	14,81	2,77
приземље хор. Комуникација	0	0	0	0	0	0
приземље канцеларија 2	6,17	28,53	5,32	2,75	12,73	2,37
приземље сала за презентације	4,12	31,52	5,88	0,60	4,60	0,86
спрат канцеларије запад	7,16	21,03	7,77	11,47	33,69	12,44
спрат ходник	0,14	1,78	0,62	0,02	0,30	0,10
спрат канцеларије исток-север	2,49	18,65	6,89	4,88	36,56	13,50
спрат канцеларија исток-југ	3,20	19,08	7,05	6,60	39,35	14,53
спрат степениште	0,38	11,66	4,30	0,63	19,20	7,09
Укупно	28,59	18,94	4,68	28,43	18,83	4,65

Табела 35. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2б

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	1,07	10,58	1,97	0	0	0
приземље степениште	0,10	4,12	0,77	0	0	0
приземље кафе	2,11	27,85	5,20	0,33	4,32	0,81
приземље тоалет	0,66	13,02	2,43	0,01	0,23	0,04
приземље канцеларија 1	1,80	45,22	8,43	0,20	5,08	0,95
приземље хор. Комуникација	0	0	0	0	0	0
приземље канцеларија 2	6,98	32,24	6,01	1,40	6,46	1,20
приземље сала за презентације	4,66	35,59	6,64	0,25	1,88	0,35
спрат канцеларије запад	8,30	24,34	8,99	7,26	21,28	7,86
спрат ходник	0,13	1,69	0,59	0	0	0
спрат канцеларије исток-север	2,97	22,15	8,18	2,70	20,13	7,43
спрат канцеларија исток-југ	3,94	23,45	8,66	3,71	22,06	8,14
спрат степениште	0,50	15,17	5,59	0,05	1,65	0,61
Укупно	33,22	21,74	5,34	15,90	10,41	2,55

Табела 36. Потребна финална енергија за грејање и хлађење објекта по зонама модел М1 – намена пословање, сценарио 2с

Зона	Грејање [MWh]	Грејање [kWh/m ²]	Грејање [kWh/m ³]	Хлађење [MWh]	Хлађење [kWh/m ²]	Хлађење [kWh/m ³]
приземље магацин	1,07	10,58	1,97	0	0	0
приземље степениште	0,10	4,12	0,77	0	0	0
приземље кафе	2,11	27,85	5,20	0,25	3,27	0,61
приземље тоалет	0,66	13,02	2,43	0,01	0,15	0,03
приземље канцеларија 1	1,80	45,22	8,43	0,16	3,94	0,73
приземље хор. комуникација	0	0	0	0	0	0
приземље канцеларија 2	6,98	32,24	6,01	1,18	5,44	1,01
приземље сала за презентације	4,66	35,59	6,64	0,19	1,45	0,27
спрат канцеларије запад	8,30	24,34	8,99	6,52	19,13	7,06
спрат ходник	0,13	1,69	0,59	0	0	0
спрат канцеларије исток-север	2,97	22,15	8,18	2,43	18,16	6,71
спрат канцеларија исток-југ	3,94	23,45	8,66	3,33	19,82	7,32
спрат степениште	0,50	15,17	5,59	0,04	1,15	0,42
Укупно	33,22	21,74	5,34	14,10	9,23	2,27

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Бранко Славковић је рођен 1984. године у Новом Пазару, где је завршио основну и средњу школу. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписао је 2003. године. Основне академске студије је завршио 2006. године и исте године уписује мастер академске студије на истом факултету које завршава 2008. године, одбраном мастер рада код доц. др Драгане Васиљевић Томић са пројектом музеја спорта на Ади Циганлији. У октобру 2009. Године уписује докторске академске студије на Архитектонском факултету у Београду (основна област истраживања архитектура, ужа област истраживања – технологије у архитектури и биоклиматска и еколошка архитектура).

Своју проофесионалну каријеру Бранко Славковић започиње 2008. Године. Од тада ради у својству сарадника у научно-истраживачком центру Државног Универзитета у Новом Пазару, где је 2010. године изабран у звању асистента на студијском програму – Архитектура. Упоредо са радом на ДУНП ради у својству пројектанта, надзора при извођењу радова, учествује на архитектонским изложбама и конкурсима, бави се научним радом и објављује текстове из области архитектуре.

Списак предмета на којима је Бранко Славковић ангажован у настави на Државном Универзитету у Новом Пазару:

- | | |
|--|------------------|
| • Увод у архитектонске конструкције | први семестар |
| • Архитектонске конструкције 1 | други семестар |
| • Архитектонске конструкције 2 | трећи семестар |
| • Архитектонске конструкције 3 | четврти семестар |
| • Грађевинске инсталације | пети семестар |
| • Пројектовање – Јавни објекти 2 – Објекти културе | седми семестар |
| • Заштита и ревитализација градитељског наслеђа | осми семестар |
| • Пројектовање – Завршни рад – Објекти туризма | осми семестар |

Бранко Славковић се активно бави научним радом у области одрживе архитектуре, као и стручним радом у области архитектонског и урбанистичког пројектовања. Тежиште рада након дипломирања претежно је на научно-истраживачком раду. Допринос архитектонској струци и научној мисли остварује кроз сталну јавну активност,

учешћем на научним и стручним скуповима у земљи и иностранству. Учествовао је на више домаћих и међународних скупова, конференција и едукативних програма. Самостално или са коауторима објавио је више научних и стручних радова из области архитектуре у домаћим и иностраним часописима и зборницима научно-стручних скупова, конференција и конгреса.

УЧЕШЋЕ НА АРХИТЕКТОНСКО-УРБАНИСТИЧКИМ КОНКУРСИМА

- 2012 Првопласирани рад на конкурс за „Урбанистичко-архитектонско решење уређења „Житног трга“ у Новом Пазару“
- 2013 Друга награда на „Међународном конкурс за урбанистичко-архитектонско уређење централне зоне општине Сремски Карловци“

УЧЕШЋЕ У ЛЕТЊИМ ШКОЛАМА

- 2013 Summer School 2013 at the Technical University Munich, Germany, from 15 July – 04 August 2013.

УЧЕШЋЕ У СТУДЕНТСКИМ РАДИОНИЦАМА У СВОЈСТВУ МЕНТОРА

- 2013 Међународна радионица „Нови Пазар – Сарајево – Штутгарт – Пројектовање у историјском контексту“ на Архитектонском факултету универзитета у Сарајеву, 30. јуна – 03. јула 2013. године, у оквиру Међународног пројекта ДААД и сарадње три универзитета.
- 2013 Међународна радионица „Нови Пазар – Сарајево – Штутгарт - Пројектовање у историјском контексту“ на Државном универзитету у Новом Пазару, 28 – 31. октобра 2013. године, у оквиру Међународног пројекта ДААД и сарадње три универзитета.
- 2013 Међународна радионица „Нови Пазар – Сарајево – Штутгарт - Пројектовање у историјском контексту“ на Архитектонском факултету универзитета у Штутгарту, 7 – 12. децембра 2013. године, у оквиру Међународног пројекта ДААД и сарадње три универзитета.

БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА

Рад објављен у истакнутом међународном научном часопису

(M23):

Slavkovic, B. (2016). Application of the double skin facade in reconstruction of the industrial buildings in Serbia. *Thermal Science*, DOI: 10.2298/TSCI160524179S. ISSN 0354-9836, IF 1.222

Радови објављени у целости у зборницима са међународних научних скупова

(M33):

Dragović, D., **Slavković, B.**, Žižić, K. (2015). The cultural identity of „Modern“ Novi Pazar, In the Proceedings of the *The 3rd International Conference - The Importance of Place*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: CICOP, pp. 119-132. ISSN 2232-965X.

Slavković, B., Dragović, D.(2013). Modern approach toward the use of glass in the materialization of the building skin, In the Proceedings of the *5th International conference on hazards and modern heritage*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: CICOP, pp. 223-236. ISSN 2232-965X.

Slavković, B., Žižić, K., Dragović, D. (2014). Adaptation of an industrial building into higher a education institution accordance with improved energy performance, In the Proceedings of the 1st International Academic Conference on Places and Technologies, “Places and Technologies 2014”, editors: Vaništa Lazarević, E., Krstić-Furundžić, A., Djukić, A., Vukmirović, M., Faculty of Architecture, University of Belgrade, Belgrade, 2014, pp. 557-564. ISBN 978-86-7924-114-6.

Славковић, Б., Жижић, К., Драговић, Д. (2014). Адаптација индустријског објекта у високообразовну установу у складу са побољшањем енергетских перформанси објекта, У *Зборнику 45. Међународног Конгреса за грејање, хлађење и климатизацију*, уредник: Бранислав Тодоровић, Савез машинских и електротехничких инжењера Србије (SMEITS) - Београд, Србија: Друштво за, грејање, хлађење и климатизацију (KGN) Србије, ISBN 978-86-81505-75-5.

Радови објављени у изводу у зборницима са међународних научних скупова

(M34):

Slavković, B., Dragović, D.(2013). Modern approach toward the use of glass in the materialization of the building skin, In the Proceedings of the *5th International conference on hazards and modern heritage*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: CICOP, pp. 62. ISSN 2232-965X.

Dragović, D., **Slavković, B.** (2013). Problems in remodeling of residential interiors: Kitchen design issues, In the Book of Conference abstracts of the *5th International conference on hazards and modern heritage*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: CICOP, pp. 49. ISSN 2232-965X.

Превод изворног текста у облику студије, поглавља или чланка

(M44):

Славковић, Б., (2011). Разговор са Мариом Ботом. У Бојанић, П., Ђокић, В. (ур). *Дијалози са архитектама: о речи архитектуре као архитектуралном акту*. Београд: Архитектонски факултет. стр. 321-334.

БРАЧНИ СТАТУС

Ожењен. Отац једног детета.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Потписани-а _____ Бранко Славковић _____

број индекса _____ 76/Д2009 _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ СОЛАРНИХ СИСТЕМА

ПРИ САНАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ

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

Потпис докторанда

У Београду, новембар 2016. године

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКОГ РАДА**

Име и презиме аутора Бранко Славковић

Број индекса 76/Д2009

Студијски програм Архитектура и урбанизам

Наслов рада МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ СОЛАРНИХ СИСТЕМА ПРИ
САНАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ

Ментор Проф. др Александра Крстић-Фурунџић

Потписани Бранко Славковић

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, новембар 2016. године

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

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

МОДАЛИТЕТИ ПРИМЕНЕ ПАСИВНИХ СОЛАРНИХ СИСТЕМА

ПРИ САНАЦИЈИ ИНДУСТРИЈСКИХ ОБЈЕКТА У СРБИЈИ

која је моје ауторско дело.

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

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

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

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

Потпис докторанда

У Београду, новембар 2016. године

1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.