



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
И МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

**МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ
СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ**

МАСТЕР РАД

Ментор:
проф.др Петар Гверо

Кандидат:
Слађана Јанковић

Бања Лука, јул 2018. године



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-



ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ И МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

КОМБИНОВАНИ СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ
„ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ У ЗГРАДАРСТВУ“

МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

МАСТЕР РАД

Ментор:

проф.др Петар Гверо

Кандидат:

Слађана Јанковић

Бања Лука, јул 2018. године



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-



ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ И МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

COMBINED STUDY PROGRAM
„ENERGY EFFICIENCY IN BUILDING“

POSSIBILITIES OF SOLAR SYSTEMS APPLICATIONS ON GOVERNMENT BUILDING IN REPUBLIC OF SRPSKA

MASTER'S THESIS

Mentor:
prof. Petar Gvero, PhD

Candidate:
Sladana Janković

Banja Luka, jul 2018

Информације о ментору и мастер раду

Ментор: проф.др Петар Гверо, дипломирани инжењер машинства, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци

Наслов мастер рада: Могућности примјене соларних система у згради Владе Републике Српске

Резиме: Рад се бави испитивањем соларних система за оптимизацију потрошње енергије код јавних објеката са већим удјелом стаклених површина, који немају елемената енергетски ефикасне градње. Циљ је да се повеже теорија и практична истраживања наведене теме са стварним стањем, реалним објектом и конкретним примјером. Кроз навођење индикатора потрошње енергије прије и после увођења нових соларних енергетских система доказује се валидност примјене, што представља сврху истраживања теме. Истраживање је мотивисано претпоставкама да се нове, савремене енергетски ефикасне технологије могу поставити на постојећу конструктивно – материјалистичку структуру већ изграђеног објекта, без нарушавања архитектонског идентитета зграде, као и то да соларни системи за оптимизацију потрошње енергије у зградарству треба да обезбједе боље услове топлотног комфора и смањене енергетске трошкове унутар објекта за најмање 30 %. У истраживачком дијелу рада испитују се различити соларни системи: соларни панели и колектори, дупле стаклене фасаде, технологије танких превлака, инфлектор материјала, електрохроматског и фотонапонског стакла. Приказују се постојећа искуства у примјени оваквих система и примјери из праксе, њихова цијена, ефикасност и друге карактеристике које су касније анализиране на примјеру Зграде Владе Републике Српске. У практичном дијелу истраживања за сваки систем посебно су одређене димензије, цијена, енергетска уштеда и период отплате материјала у односу на површину. У овом прегледу се види да су сви системи ефикасни и могу пружити одређене уштеде. Након поређења система долази се до оптимално најпогоднијег рјешења у смислу енергетско-економске оправданости и ефикасности, а то је постављање инфлектор ролетни са унутрашње стране објекта. Уштеде које би се постигле примјеном инфлектор материјала за енергетске трошкове објекта износе 35 - 40% у периоду временског трајања материјала - 25 година. Постављањем овог система знатно се побољшава топлотни комфор радне средине, услови рада, те задовољство корисника просторија зграде Владе Републике Српске.

Кључне ријечи: енергетска ефикасност, зградарство, соларни системи, оптимизација, материјали, топлотни комфор.

Научна област: Архитектура, Енергетска ефикасност у зградарству

Научно поље: Архитектура и урбанизам, Обновљиви извори енергије

Класификациона ознака: 0020-001

Тип одабране лиценце креативне заједнице: Ауторство-некомерцијално-без прерада (CC BY-NC-ND)

Informations about mentor and master's thesis

Mentor: prof. Petar Gvero, PhD, Mechanical engineer, Faculty of Mechanical Engineering, University of Banja Luka

Title: Possibilities of solar systems application on Government Building in Republic of Srpska

Abstract: This paper is about the examination of solar energy optimization systems for public buildings with a large glass surface, not built with energy efficient construction's elements. The aim is to connect practical and theoretical research of the given topic with the real state, real object and concrete example. Through the energy consumption indicators before and after new solar energy system's setup, validity of the application is proven and it is the purpose of research. This research is motivated by the assumptions that new, modern energy efficient technologies can be placed on the existing constructive and materialistic building structure, without disturbing building's architectural identity. Solar energy optimization systems in the building sector should provide better thermal comfort's conditions and reduced energy costs by at least 30%. Various solar systems are examined in research area: solar panels and collectors, double glass facades, thin coating technologies, Inflector material, electrochromatic and photovoltaic glass. On the Republika of Srpska Government Building are analyzed applications of such systems: their price, efficiency and other characteristics. Practical research shows for each system: dimensions, prices, energy savings and return of investment of materials in relation to the surface. This review presents that all systems are efficient and can provide energy savings. After having compared each sistem, most optimal solution for energy efficiency in analyzed building is the installation of Inflector material inside of building. 35-40% savings for energy cost (over 25 year - duration's period of material) can be achieved by using Inflector. Setting up this system significantly improves the thermal comfort of the working environment, the working conditions, and premises users's pleasure of the Government Building in Republic of Srpska.

Key words: energy efficiency, building, solar systems, optimization, materials, thermal comfort.

Scientific area: Architecture, Energy efficiency in building

Scientific field: Architecture and urban planning, Renewable sources of energy

Classification mark: 0020-001

The type of Creative Creativity Licens: Authorship-non-commercial-without processing (CC BY-NC-ND)

Глосаријум

ЕЕ - Енергетска ефикасност

PV/ФН - Photo voltaric/ фотонапон

PVT - Photo voltaric termal/ соларни термални колектори

SHGC - Solar Heat Gain Coefficient/ соларни коефицијент повећања топлоте

NIR - Near-infrared/ близу инфрацрвено подручје електромагнетног спектра

UPS - Uninterruptible Power Suply/ уређај за непрекидно напајање електричном енергијом

МОЕС - Metal oxide electrochromic/ електрохроматско једињење метал оксида

ETICS - External thermal insulation composite system/ спољашња топлотна изолација композитног система

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers/ америчко инжењерско удружење које се бави системима за гријање, хлађење и климатизацију

САД - Сједињене Америчке Државе

PCM - Phase changed material/ материјал са високим фазним промјенама

HRV - Heat recovery ventilation/ вентилација за рекуперацију топлоте

PDLC - Polymer dispersed liquid crystals/ полимјерни дисперговани течни кристали

NASA - National Aeronautics and Space Administration - национална управа за аеронаутику и простор

АЦ ВРС - Административни центар Владе Републике Српске

ЦНУС - Централни надзорни управљачки систем

ЕУ - Европска унија

ПЕ - Полиетилен

ИТ - Information technology/ Информационе технологије

UV – Ultra violet/ ултра љубичасто зрачење

CIGS - Copper, Indium, Gallium, Selenium/ бакар, индијум, галијум, селен

МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

Сажетак
Глосаријум

I) ИСТРАЖИВАЧКИ ДИО РАДА

1. Увод	1
2. О соларној енергији	2
2.1 Соларна енергија у региону.....	3
3. Соларни енергетски системи за апсорпцију и рефлексију соларне енергије ... 4	
3.1 Пасивни системи, дупле стаклене фасаде.....	5-10
3.2 Активни системи.....	10-17
3.3 Комбиновани пасивни и активни системи.....	17-19
3.4 Савремене технологије енергетски ефикасног застакљивања.....	19
3.4.1 Термоизолацијско стакло.....	19-20
3.4.2 Технологије танких превлака за прозоре.....	20-22
3.4.3 Паметно (електрохроматско) стакло.....	22
3.4.4 Фотонапонско стакло и фотонапонске превлаке.....	23-28
3.5 Инфлектор материјали.....	28-32

II) ПРИМЈЕНА ИСТРАЖИВАЊА _ ПРАКТИЧНИ ДИО РАДА

4. Анализа примјене наведених соларних система на згради Владе Републике Српске	33
4.1 О стаклу и застакљеним јавним објектима.....	34-36
4.1.1 Зграда Владе РС, архитектонско-технички осврт.....	36-38
4.2 Енергетска потрошња и услови топлотног комфора.....	38-43
4.3 Постојећи програми за увођење ЕЕ мјера анализираног објекта.....	43-48
4.4 Испитивање могућих инвестиција и уштеда.....	48-49
4.4.1 Соларни активни и пасивни системи.....	49-52
4.4.2 Технологије танких превлака и фотонапонског стакла.....	53-54
4.4.3 Инфлектор ролетне.....	55
4.5 Постизање оптималне енергетске ефикасности.....	56-57
4.6 Доказивање исплативости предложене инвестиције.....	57-60

III) ЗАКЉУЧАК	61-62
----------------------------	-------

IV) ЛИТЕРАТУРА	62-65
-----------------------------	-------

V) ПРИЛОЗИ

Биографија аутора

Г) ИСТРАЖИВАЧКИ ДИО РАДА

1. Увод

Усљед забринутости за глобално загријавање, климатске промјене и константан раст цијена енергената, у последњих неколико година проналазе се нови начини и развијају нове технологије, како би се овај облик енергије искористио на што више начина у области зградарства [1,2]. Градитељство је дјелатност која троши највећу количину природних ресурса, због тога је један од главних циљева пронаћи алтернативна рјешења, која користе обновљиве енергетске ресурсе. У Европи, зграде троше 40-45% укупне потрошње енергије [1,2]. Према прорачунима у Сједињеним Америчким Државама емисије гасова са ефектом стаклене баште из грађевинског сектора повећавају се за скоро 2% годишње од 1990. године. Очекује се да ће емисија CO_2 из стамбених и пословних зграда расти по стопи од 1,4% годишње до 2025. године [1]. Будући да су зграде одговорне за око 20% емисије гасова са ефектом стаклене баште, постоји све већа свијест о значајној улози зграда за смањење њихових утицаја на животну средину. Такође сматра се да је смањење потрошње енергије у зградама најјефтинији начин за постизање великог смањења емисије угљен диоксида и очувања природних конвенционалних облика енергије [1]. У овом раду истражена је могућност примјене соларне енергије, као обновљивог извора, зарад смањења потрошње конвенционалних облика енергије, побољшања топлотног комфора и енергетске ефикасности у области зградарства. Анализирано је како од постојеће-изграђене структуре зграде направити зграду са већим нивоом енергетских уштеда и који соларни системи за уштеду енергије задовољавају овакав концепт постављања. Највише напретка у овом концепту постигнуто је примјеном иновативних рјешења на фасадама објеката [3]. Омотач је дио објекта, који је својим обликом и материјализацијом директно усмјерен са потребама корисника за сунчевом енергијом. Вертикални транспарентни дио омотача зграде је тај који први долази у контакт са корисником и формира примарну термичку и визуелну баријеру између унутрашњости и спољашњости зграде. Соларни добици кроз застакљене површине су веома велики и истакнути и имају велике импликације на потрошњу енергије потребне за гријање и хлађење. Највећа количина електричне енергије потроши се за хлађење стамбених и пословних објеката. Одговарајућа употреба уређаја за затварање прозора може смањити потрошњу енергије за гријање и хлађење и значајно побољшати топлотни комфор у просторијама. Помак према боље изолованој и ваздушној згради фасадног омотача, у комбинацији са архитектонским трендом високо остакљених фасада, резултирао је примјеном нових материјала који имају бинарну функцију – смањују дневни топлотни добитак и ноћни губитак. Напредни фасадни системи, који су анализирани у раду треба да понуде услове комфора унутар објекта, звучну заштиту и добро освјетљење, а са друге стране да минимизирају потребе за примјеном електричне и топлотне енергије како би се постигле уштеде енергије.

За енергетску ефикасност у објектима нису довољни само принципи пројектовања из области архитектуре, већ се константно врши интеракција са машинском струком, која нам омогућава трансформацију енергије, добро пројектоване системе за гријање, хлађење и вентилацију, оптимизацију омотача, итд. То значи да је савремено градитељство мултидисциплинаран и холистички процес, који је у савременом животу неопходан у области зградарства. Изградња пасивних (самоодрживих, енергетски ефикасних и др.) објеката подразумева употребу што више природних материјала и обновљивих извора енергије. Обновљиви извори енергије (у наставку текста – ОИЕ) омогућују примјену концепата сталног протока природних енергетских ресурса, да би се смањила употреба фосилних горива и других необновљивих видова енергије.

Даље у раду наведени су подаци о соларној енергији на дефинисаној локацији, а након тога анализиран је сваки од облика соларних система за апсорпцију и рефлексију соларне енергије у зградарству, за јавне зграде – објекте са великом количином застакљења. Дупле стаклене фасаде, соларни колектори, фотонапонски панели, технологије танких превлака и инфлектори, неки су од система који су у међународној пракси присутни кроз веома добре исходе кориштења [4,5]. Након истраживања њихове примјене слиједи практични дио рада, анализирање проблематике региона, локације, објекта и спровођење анализе наведених соларних система на примјеру зграде Владе Републике Српске, тачније на једном објекту од комплекса зграде Владе, а то је зграда Министарстава. Након добијених резултата и проведене анализе изведен је закључак, тј. препоручено је најадекватније рјешење за постизање енергетске ефикасности анализаног објекта.

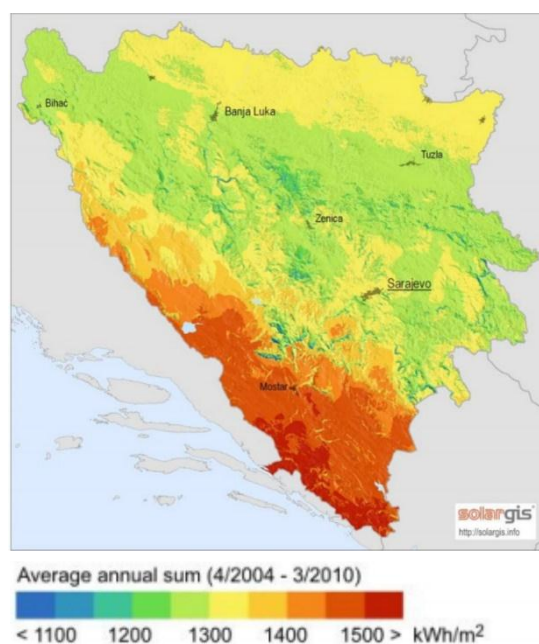
2. О соларној енергији

„Живот на земљи јасно је дефинисан Сунцем и може се закључити да се до сада кроз историју напредност цивилизација мјерила односом те цивилизације према Сунцу и енергији Сунца [6]. Потреба за свјетлошћу подстицала је стални развој архитектуре и иницирала увијек нове идеје. У историји архитектуре, уз климатске утицаје и услове локације, свјетлост је била одлучујући фактор у конципирању простора. Соларна енергија представља суштинску биолошку и физиолошку компоненту човјековог живота – омогућава поимање простора и облика. Са аспекта градитеља, свјетлост је и основни елемент који (де)материјализује површину, ствара боје, манипулише видом корисника и распламсава имагинацију“ [6]. Осим визуелних карактеристика за обликовање и стварање простора, представља битан и најраспрострањенији облик обновљивог енергетског извора и може да се користи како за топлотну енергију, тако и за трансформацију соларне енергије у електричну. Принципи у градитељству који испитују услове кориштења природних ресурса једног климатског подручја, између осталих и сунчеве енергије називају се принципи биоклиматског пројектовања и одговорни су за различите концепте примјене инсолације у области архитектуре.

Енергија Сунца је један од најдоступнијих и најсигурнијих енергената на Земљи. Годишња дозрачена енергија на површину планете износи око $1,07 \cdot 10^9$ TWh, [7] односно око 40 000 пута више него што су све годишње потребе за енергијом. Коришћењем Сунчеве енергије смањује се потреба за фосилним горивима, те се смањује загађење околине проузроковано њиховим изгарањем. Сунчева енергија не производи гасове са ефектом стаклене баште који узрокују глобално затопљење и радиоактивни отпад. Међутим, иако је енергија Сунца бесплатна и практично свуда доступна, уређаји за коришћење сунчеве енергије спадају у најскупље енергетске технологије. На путу кроз атмосферу сунчево зрачење слаби јер се апсорбује због интеракција са гасовима и воденом паром, па распршује на молекулама гасова и честицама прашине. Соларно зрачење које достиже границе атмосфере Земље је топлотно зрачење (радијација), познато и као директно зрачење. На границу Земљине атмосфере стиже густина топлотног зрачења од око 1370 W/m^2 (соларна константа). На површину Земље стиже мања густина топлотног флукса јер се дио зрачења апсорбује у атмосфери, а дио рефлектује назад у свемир. Количина ће зависити од положаја Сунца у односу на посматрану површину, нпр. на површини мора када је Сунце на 20 степени изнад хоризонта то је 750 W/m^2 , а када је облачно 100 W/m^2 . [7] Приближно 30% укупне примјене соларне енергије своди се на трансформације у топлотну енергију за загријавање воде. Из тога је видљиво да се зависност од конвенционалних извора енергије може значајно смањити помоћу соларних колектора и фотонапонских система. Соларна енергија ће се у будућности знатно више користити јер се очекују резултати научних истраживања који би требали смањити цијену и повећати ефикасност овога извора енергије. То показују и трендови пораста коришћења соларних технологија. [7]

2.1 Соларна енергија у региону

Како би се стекао увид о томе какав је соларни потенцијал у региону, битно је знати и колико је приближно соларно зрачење у околини – у Босни и Херцеговини. На примјер, јужни дијелови Босне и Херцеговине имају климу сличну медитеранској, док на сјеверу преовладава континентална клима. Ово, очигледно, има везе са соларним зрачењем – са удаљеношћу од Екватора, јер је на јужним дијеловима оно око 1600 kWh/m^2 годишње, а на сјеверу 1240 kWh/m^2 [9], што је отприлике просјек за овај регион 1300 kWh/m^2 у години (слика 1). Сљедећи важан статистички податак је број сунчаних дана у години, а у случају Босне и Херцеговине је то око 270 дана годишње [9].



Слика 1. Интензитет осунчаности у Босни и Херцеговини, [9]

Иако базирани на просјечним вриједностима, ови подаци могу бити веома корисни за даља истраживања. Могу се вршити процјене о томе колико је соларна енергија примјењљива у одређеним околностима. Мада свако може искористити потенцијал соларне енергије, географске одлике околине и метеоролошке шеме региона могу имати ограничавајућег утицаја на цјелокупну дјелотворност с обзиром на цијене. Сунчева свјетлост се пробија у било каквим временским условима, али њена снага слаби проласком кроз облаке, тзв. дифузна свјетлост или индиректно зрачење. Мјесец са највећом количином примљеног зрачења је јул када се вриједности зрачења крећу од $6,1 \text{ kWh/m}^2$ до $7,5 \text{ kWh/m}^2$ у дану. Најмање дневне озрачености могу се очекивати у децембру и то од $0,98 \text{ kWh/m}^2$ до $1,46 \text{ kWh/m}^2$ у току дана [9]. У наредним табелама дати су подаци о дневним озраченостима према југу нагнуте површине укупним Сунчевим зрачењем (kWh/m^2).

Табела 1. Средње дневне озрачености према југу нагнуте површине за Бања Луку, [10]

Мјесец	Дневна озраченост према југу нагнуте површине						опт. угао [°]	Д/Г	темп. ваздуха [°C]	степен дани гријања
	Угао нагиба									
	0°	15°	25°	40°	90°	опт. угао				
јануар	1,253	1,629	1,838	2,074	2,017	1,992	63	0,6	1,6	465
фебруар	1,960	2,388	2,613	2,841	2,499	2,767	55	0,6	2,8	342
март	3,104	3,529	3,725	3,866	2,927	3,833	43	0,5	7,6	285
април	4,292	4,591	4,679	4,623	2,880	4,672	29	0,5	12,4	86
мај	5,334	5,475	5,437	5,174	2,720	5,309	16	0,5	17,0	22
јун	5,775	5,816	5,710	5,337	2,566	5,517	11	0,5	20,9	8
јул	6,287	6,415	6,340	5,977	2,901	6,158	15	0,4	22,9	2
август	5,345	5,661	5,729	5,590	3,205	5,680	25	0,4	22,3	13
септембар	4,047	4,586	4,822	4,965	3,542	4,939	41	0,4	16,7	60
октобар	2,543	3,067	3,338	3,599	3,048	3,517	52	0,5	12,1	209
новембар	1,456	1,832	2,038	2,261	2,115	2,186	60	0,6	7,5	382
децембар	1,027	1,329	1,499	1,690	1,656	1,624	63	0,7	2,6	531
Просјечно	3,544	3,868	3,988	4,006	2,673	4,023	34	0,5	12,2	-
Укупно	1294	1411,9	1455,7	1462,2	975,8	1468,4	-	-	-	2405

3. СОЛАРНИ СИСТЕМИ ЗА АПСОРПЦИЈУ И РЕФЛЕКСИЈУ ЕНЕРГИЈЕ

Основна подјела соларних система је на пасивне и активне, али и њихова комбинација [11]. У последње вријеме се активни соларни системи често користе за загријавање просторија, али и за производњу топле воде и електричне енергије која служи за освјетљење просторија и напајање електро-техничких елемената у објекту са струјом. Активни системи који користе соларну енергију морају имати додатне уређаје и изворе енергије за покретање вентилатора, пумпи и остале опреме неопходне да би се соларна енергија сакупила, сачувала и конвертовала у топлотну или електричну енергију. Системи који се користе за производњу електричне енергије функционишу захваљујући фотонапонским ћелијама од којих су изграђени соларни панели, док се за директну акумулацију топлоте користе соларни колектори. Када се соларна енергија апсорбује, складишти се за каснију употребу. Мањи соларни системи могу снабдијевати домаћинство струјом и топлотом, док се већи соларни системи могу користити за снабдијевање топлотом читавих насеља и ел. енергијом читавих градова. Активни системи су много комплекснији од пасивних када је начин функционисања у питању, али њихова инсталација и примјена је једноставна и високо поуздана [11,12]. Комбиновани системи користе дизајн пасивних система, са неком од врста пасивне соларне фасаде и постављањем соларних колектора и панела у склопу објекта, како би се соларна енергија максимално искористила. Они такође предстрављају и комбинацију активних соларних система за гријање са другим конвенционалним начинима гријања, да би се употпунила комплетна потреба једног домаћинства за гријањем.

3.1 Пасивни системи

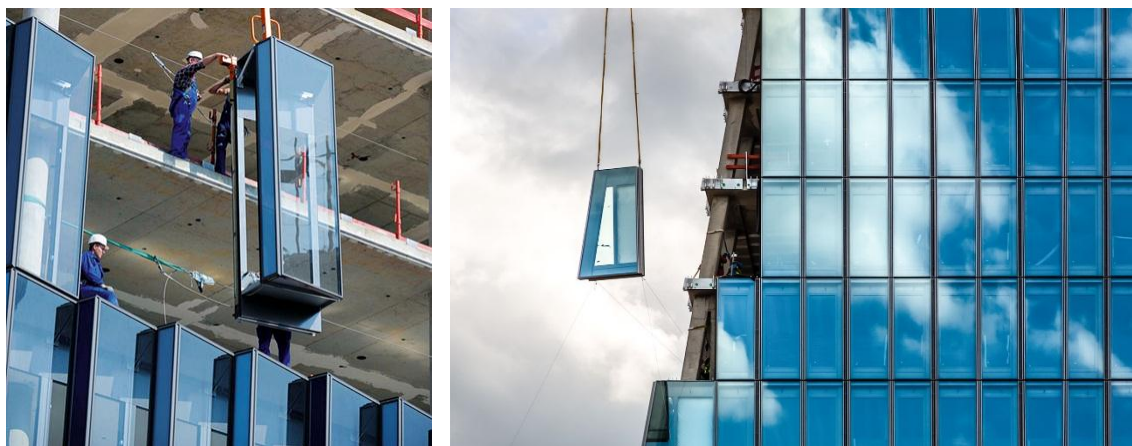
Пасивни соларни системи нам омогућују да сунчево зрачење директно трансформишемо у топлотну енергију за загријавање просторија. Овакав вид гријања је један од елемената такозваног пасивног соларног дизајна, који се базира на употреби инсолације за производњу топлотне енергије, или транспорт топлотне енергије путем природне конвекције, кондукције или зрачења [12]. За разлику од активног соларног дизајна, ова технологија не захтијева додатне уређаје, много веће трошкове и најчешће је исплативост инвестиције у периоду од неколико година. Пасивно соларно гријање користи се системима који апсорбују топлотну енергију Сунца, акумулирају је, а затим, када температура опадне, та енергија се ослобађа из акумулатора, загријавајући околни простор [12]. Недостатак овог система је тај што долази до топлотних губитака када су временски услови лоши, тј. када имамо неочекивано ниске температуре и већи број облачних дана у континуитету, када долази до немогућности загријавања просторија. С тога је потребно имати резервне, допунске системе гријања. За пријем, акумулацију и дистрибуцију топлотне енергије често се користе сами прозори, кровови, зидови или подови зграде. Код објеката којима се накнадно уграђују ови системи, трошкови могу бити већи, али углавном је период повратка тих инвестиција релативно кратак. За дизајн елемената пасивног соларног гријања битни су следећи елементи [11,12]:

- Правилна оријентација прозора објекта, односно оријентација ка југу, одакле током читаве године долази највећа количина сунчевог зрачења;
- Прозори и стакла које данашња технологија пружа, а који се састоје од посебних материјала, или су прекривени специјалним слојевима, који омогућавају већу акумулацију топлотне енергије;
- Акумулација енергије у термалним масама, које чине грађевински материјали великог капацитета складиштења топлоте, попут цигле, бетона, земље, али и воде;
- Правилно дизајнирани системи за дистрибуцију акумулиране топлотне енергије кроз објекат;
- Заштитни елементи, који спречавају сунчево зрачење да загријава објекат и тиме утиче на потребе за хлађењем.

Пасивне соларне фасаде представљају различито дизајниране системе код којих се омотачи објекта постављају тако да се између њих формира додатни ваздушни слој термоизолације- углавном је ваздух, али се у последње вријеме почиње експериментисати и са другим медијима, углавном инертнијим гасовима или водом [13]. Преко доњег улазног и горњег излазног отвора остварује се проток ваздуха и на тај начин се провјетрава међупростор, а даље преко прозора на унутрашњој страни провјетрава се и унутрашњи простор. Тромбов зид је први примјер овакве фасаде, а данас је он само један од облика модерних дуплих фасада. Технолошка и архитектонска еволуција су дале допринос да овакви системи немају више само климатску и вентилацијску улогу, већ и да креирају нове мултифункционалне просторе као амбијенталне цјелине, који служе за свакодневни боравак човјека. Тромбов зид, активни масивни зид, водени зид, стакленици и зимски боравци су неки од могућих облика за избор пасивне соларне фасаде, који се највише примјењују у области једнопородичног или вишепородичног становања [13]. У области зградарства највише се примјењују дупле стаклене фасаде, и савремени облици хибридних фасада, чије карактеристике су приказане даље у раду [3].

Дупла фасада представља фасадни систем код ког се омотачи објекта, односно фасаде постављају тако да се између њих формира додатни слој термоизолације. Овај слој углавном чини ваздух, посебно ако су у питању скелетни системи зграда са стакленим зид завјесама, али се у данашњици почиње експериментисати и са другим медијима, углавном другим, инертнијим, гасовима [14]. Двострука фасада се заснива на принципу да спољашњи зидови другачије динамички реагују на абијенталне услове, те да се постављањем дуплих зидова прави прекид у преносу топлотне енергије кроз зидове, чиме се добија ефикаснији систем заштите од Сунца, загријавање и хлађење објекта, вентилација, заштита од влаге и још много тога у зависности од годишњег доба и потреба корисника. Овакав тип конструкције побољшава топлотну изолацију за U вриједност од $0,2 - 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ од класичне форме [15]. Двострука фасада има теоријску вриједност $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Међутим, унутрашња фасада је значајна због пасивне сунчеве топлоте у зимском периоду и има позитиван ефекат смањујући губитке топлоте, што доводи до еквивалентне вредности U вриједности $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Стакло је одличан материјал за фасаде јавних објеката, јер изгледа једноставно и веома елегантно. Када се раде реконструкције често се користи и убацује код старих рустикалних објеката који су имали сасвим мали проценат стакла у првобитној изградњи. То знатно освјежава и модернизује објекат, као што је приказано на примјеру (слика 2). Објекат је јавног карактера и изграђен 2013. године.



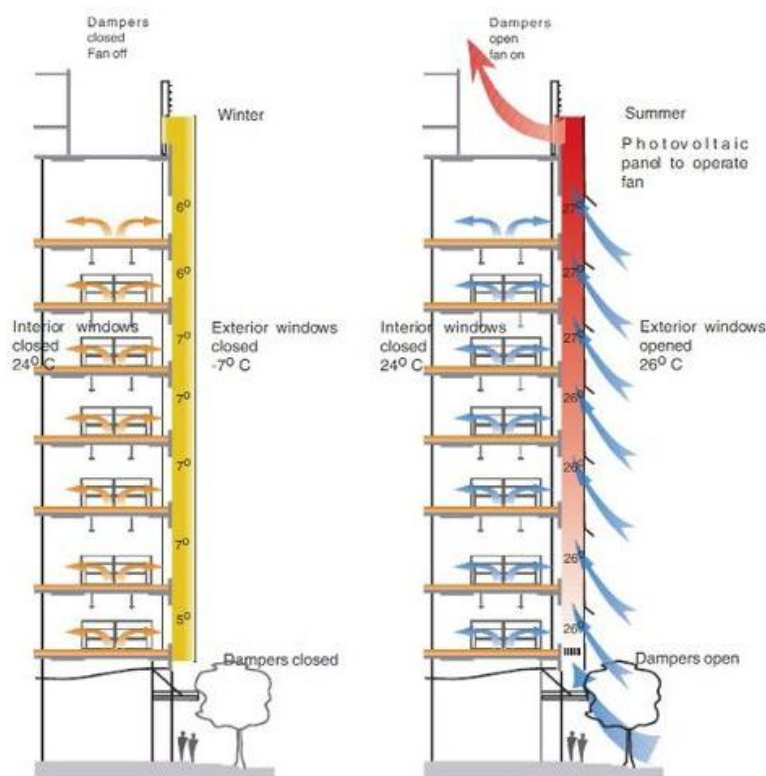
Слика 2. Централна банка, Франкфурт, [6]

Двострука стаклена фасада се творнички производи у блок панелима и инсталира се на лицу мјеста, слично као на начин на који се ауто дијелови испоручују прије коначне производње аутомобила [14]. Ова префабрикована градња даје бољу заптивеност омотрача зграде, која је неопходна за енергетску ефикасност зграде (слика 2). Цијене оваквих система су високе, али обзиром на поврат инвестиције су исплативе. Разликују се од произвођача и земље у којој се производе, а оквирно се крећу око 500 KM/m^2 (300 долара/ m^2) у Сједињеним Америчким Државама [15] и око $460-500 \text{ KM/m}^2$ ($275-300$ еура/ m^2) у Њемачкој¹, а уколико је застакљење двоструко цијена расте на 640 KM (384 еура). У зимском периоду уштеде на топлотној енергији су око $23\% - 25\%$, а у лјетном периоду уштеде за хлађење су око 21% [16].

Основни елементи дупле фасаде су: спољашња фасада, унутрашња фасада, шупљина између наспрамно постављене спољашње и унутрашње фасаде у којој може да струји ваздух и застори. Ширина шупљине може да варира између 200mm и 2m , и утиче на термоизолационе карактеристике фасада, као и на начин одржавања [14]. Застори се по правилу постављају унутар шупљине, мада се могу наћи и на унутрашњој или спољашњој страни фасадног зида.

¹ <http://www.fensterhandel.de/fenster-kosten/>

Уколико су смјештени у шупљини фасаде онда су заштићени од спољашњих утицаја што омогућује примјену једноставнијих конструкција и повећава избор материјала за засторе. Њихова главна улога је апсорпција сунчеве топлоте током хладних дана и регулација топлоте и вентилације током лјетњег периода. Користе се и за предгријавање ваздуха за вентилацију (застори апсорбују топлоту, а затим је конвекцијом предају околном ваздуху и размјењују топлоту зрачењем са околним површинама). На сваком дијелу на спољашњој фасади су потребни отвори за улаз и излаз ваздуха (слика 3).



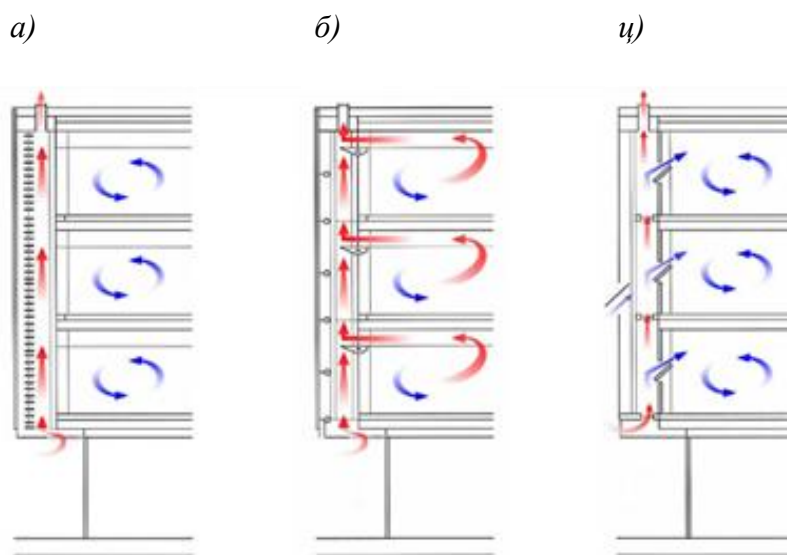
Слика 3. Шема протока ваздуха у а) зимском периоду, б) лјетном периоду, [15]

Преко доњег улазног и горњег излазног отвора остварује се проток спољашњег ваздуха са шупљином фасаде и на тај начин се врши циркулација ваздуха, а даље преко прозора на унутрашњој страни размјењује се ваздух и са унутрашњим простором. У периодима без Сунчевог зрачења, додатни омотач обезбеђује већу термичку изолацију. У периодима са Сунчевим зрачењем шупљина се провјетрава услед ефекта димњака [15]. По потреби соларни до- бици се повећавају апсорпцијом зрачења, а смањују се тако што се загријани ваздух избацује напоље. Температурна разлика између спољашњег ваздуха и загријаног ваздуха у шупљини мора бити велика да би овај систем функционисао па се његова употреба не препоручује у топлијим поднебљима, гдје су погоднији облици фасада са заштитом од превелике инсолације. Употребом ових система објекат може знатно да уштеди на потрошњи енергије. Подјела фасада је извршена према типу, тј. врсти вентилације, облику шупљине и начину протока ваздуха (слика 4). Према типу вентилације дјеле се на [16]: механичке, хибридне и природне.



Слика 4. Шема протока ваздуха кроз међупростор фасаде и унутрашњост објекта, [17]

Према геометрији шупљине дјеле се на [15,16,17]: кутијасте прозоре, стубну фасаду, коридорни тип и вишеспратну дуплу фасаду. Од типа фасаде зависи и геометрија прозора и изглед фасаде. Тако код кутијастог типа хоризонталне и вертикалне преграде дијеле фасаду на мање независне дијелове. Код стубне фасаде кутијасте прозори су повезани на сваком спрату преко вертикалних канала који се налазе на фасади. Ваздух струји из прозора кроз канал до врха гдје се избацује. Коридорни тип има већу подјелу на хоризонталне дијелове. Хоризонталне преграде се постављају због противпожарне заштите, звучне изолације или због провјетравања. Код вишеспратне дупле фасаде мања је подјеленост стакла. У овом случају не постоје ни хоризонталне ни вертикалне преграде. Провјетравање је омогућено преко великих отвора у подножју зграде и близу крова зграде. Погодне су за примјену на локацијама са великом буком с обзиром да ова конструкција не захтјева отворе дуж цијеле висине. Код активне фасаде (примјер б, слика 5), постављена је додатна површина са унутрашње стране постојеће фасаде-рециркулисани ваздух пролази кроз шупљину фасаде и враћа се у вентилациони систем. У периодима са сунчевим зрачењем топлота, коју су апсорбовали застори, одводи се вентилацијом. У периодима са губицима топлоте енергија се може спровести до размјењивача топлоте и тако искористити. И током хладних периода са мало или без сунчевог зрачења и током периода са соларним или топлотним добицима, температура унутрашње површине унутрашње фасаде је приближна собној температури што повећава осјећај угодности у граничној зони просторије уз фасаду. Овај тип препоручује се за хладне климатске услове због повећаног комфора током хладног периода и могућности репродукције соларне енергије. Под примјером ц, слика 6, приказана је интерактивна фасада, која је слична природно-провјетраваној фасади, али је код ње провјетравање принудно па систем може да ради у ситуацијама са високом спољном температуром. Због тога је идеалан за топла климатска подручја са високим добицима топлоте. Код овог система дозвољено је отварање прозора и на тај начин је омогућено природно провјетравање чак и код високих зграда [14].



Слика 5. Шема протока ваздуха кроз међупростор фасаде и унутрашњост објекта, [14]

„One Angel Square“ је један од најважнијих одрживих великих грађевина у Европи (слика 6). Пројекат је дизајниран од стране „3D REID“ архитеката 2009. године, а градња је завршена у 2013.године. У току 2012.године, енергетски склоп је надмашио своје циљеве одрживости, те је постигао BREEAM² свјетски рекорд резултатом од 95.32% [18]. То је уједно и енергетски плус зграде, производња вишка енергије и нулта емисија угљен диоксида. Уз примјену више различитих система објекат постиже енергетски плус. Отворени атријум који је окренут на југ прикупља топлоту од Сунца и представља примјер пасивне соларне градње. Дијагонални степенаци исјечак на последњим етажама зграде нагнут је такође према југу како би се омогућило сунчевој свјетлости да прође у горње етаже.



Слика 6. One Angel Square, Manchester, 2013, [18]

² BREEAM - је водеће свјетско удружење за методе и процјене одрживости инфраструктуре и зграда

Прегријавање се може зауставити захваљујући начину покривања атријума са пет степенастих, заобљених надстрешница. Осим заштите од прегријавања оне омогућују да не долази до рефлексије свјетлости. Битна је и примјена двоструке фасаде, гдје се врши акумулација топлоте, те природна вентилација објекта. Зимски вентилацијски отвори на врху pročелја двоструке фасаде су затворени за одржавање топлотне енергије која се генерише у згради. У љетним мјесецима, супротно се догађа и вентилацијски отвори на врху pročелја двоструке фасаде су отворени да би избацили топао зрак из унутрашњости просторија, како би се смањило прегријавање. Зграда за одржавање топлотне и електричне енергије користи био-горива и отпадно јестиво уље. Рачунарске системе зграде ће рециклирати отпадну топлоту. Зграда такође има системе за рециклажу воде и прикупљања кишнице. Добила је бројне награде за спој естетике пројектовања и енергетске одрживости [18].

3.2 Активни соларни системи

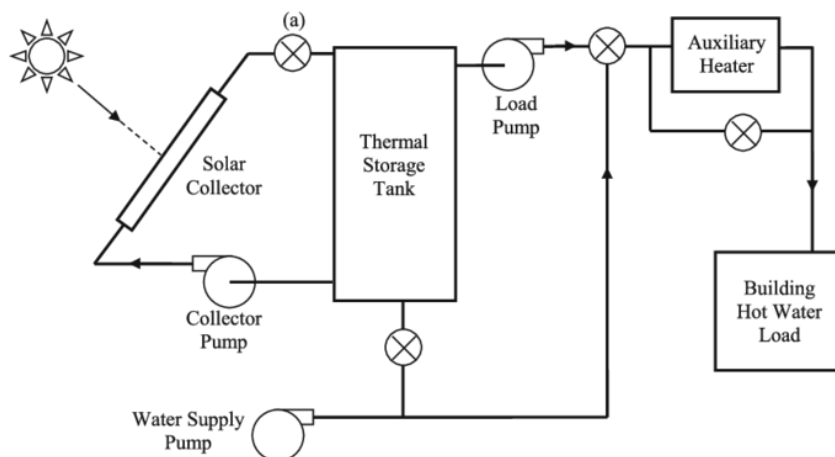
Активни соларни системи се дијеле према основној функцији на: соларне системе за провођење топлоте (загријавање воде и просторија) и соларне системе за производњу електричне енергије која се примјењује за напајање електричних уређаја, али и даљом трансформацијом за загријавање.[20] Системи који се користе за производњу електричне енергије функционишу захваљујући фотонапонским ћелијама (фотонима) од којих су изграђени соларни панели, док се за директну акумулацију топлоте користе соларни колектори. У раду су даље представљени соларни колектори и панели у функцији провођења топлотне енергије кроз објекат, тј. у функцији загријавања простора и воде у једнопородичним становању. За ефикасност соларних колектора и панела битна је оријентација и постављање према највећој инсолацији. Највећа ефикасност соларног колектора постиже се ако је усмјерен према југу. Уколико је одступање према југу веће, додатна ефикасност соларних колектора постиже се повећањем колекторског поља. Прихватљиво одступање од оријентације мјеста за постављање колектора према југу износи $\pm 30^\circ$. Исто тако оптималан нагиб кровне површине односно колекторског поља зависи од намјене соларног топлотног система и раздобља када се највише користи. Љети је најбољи угао од 20° , зими 55° , а оптимални годишњи просјек је 37° . [21] Зависно од тежње и захтјева инвеститора соларни колектори и панели могу да се интегришу у облик (дизајн) куће, тако да буду у склопу крова или фасаде, као саставни дијелови њеног омотача и тада дјелују суптилно и не доминантно. Такође могу да буду самостално постављени и да се не интегришу у саму форму објекта - тако да се постављају у двориштима, поред куће, у склопу партера, оријентисани на јужну страну или се постављају на кров, путем специјалних држача да би се у потпуности смањила потрошња топлотне и електричне енергије.

Сваки активни соларни систем за загријавање простора или потрошне санитарне воде састоји од рецептора сунчеве енергије (соларни колектор), акумулатора топлоте (соларни резервоар), соларне пумпе, соларне радне материје, регулационе јединице соларног система, цијевовода и топлотне изолације. Неколико једноставних правила одређују облик, врсту и изглед соларних пријемника. Тамне површине више упијају зрачења него свјетле. Уколико је површина нормална на правац зрачења довољна је мања површина пријемника, уколико је пријемник од метала тада се лакше преноси топлота на радни флуид, а изолација пријемне плоче од околног простора повећава ефикасност претварања топлоте, итд. [20] Постоје 3 различита типа и технологије производње соларних колектора [20, 21]:

- Колектори са резервоаром - први облици пријемника соларне енергије, који су настали још 1767. Године. Везани су за историјски развој и данас се готово не употребљавају.
- Равни (плјоснати) соларни колектори - њима се могу добити температуре флуида до 100°C , једноставне су конструкције, јефтине и веома су често у употреби.

- Соларни колектори са вакумираним цијевима - састављени су од низа стаклених цијеви из којих је извучен ваздух и чијом осом пролази таман метални пријемник кроз кога протиче радни флуид.

Код плочастих система значајан дио енергије рефлектује се о површину колектора што представља губитке. Вакумски колектори, захваљујући вакууму, држе енергију заробљену унутар цијеви и самим тим имају минималне губитке. У новије вријеме, да би се додатно повећала ефикасност вакуумских колектора, производе се вакуумски колектори који у полеђини имају огледало које усмјерава сунчеву топлоту ка цијеви. Овакви колектори омогућавају ефикасније коришћење сунчевог зрачења и у односу на класичне вакуумске колекторе, имају и до 30% већу ефикасност.[20] Колектор са огледалом омогућује топлотне приносе и са задње стране колектора, а истовремено има мање губитке енергије. Вакуумски колектори мање зависе од оријентације соларног колектора пошто преко цијеви и огледала усмеравају сунчеву енергију директно на апсорбер. Тако ако нпр. вакуумске колекторе са огледалима инсталирамо на исток или запад они ће произвести око 80% енергије у односу на јужну оријентацију, док ће плочасти колектори произвести око 60% енергије. [20] Одабир соларних колектора зависи од намјене/функције за коју се користе, инвеститорових могућности, а пресудан фактор за одабир соларног колектора може бити положај објекта.



Слика 7. Шематски прикраз преноса и трансформације топлоте, [20]

Примјеном активних соларних система за гријање просторија, трошкови за топлотном енергијом се смањују и до 80%. Уколико се колектори користе за испомоћ гријању, систем је потребно димензионисати тако да површина колектора буде око 20% од укупне површине која се грије. Тако нпр. за површину од 100 m² потребно је 8-10 соларних колектора површине око 2 m². [21] Приближне вриједности постављања соларних панела су представљене табелом 2.

Табела 2. Однос величине објекта, колектора, запремине бојлера и цијене опреме, [21, 23]

Површина објекта (m ²)	Површина колектора (m ²)	Запремина бојлера (l)	Цијена КМ
100	16	300	7 281
150	20	500	10 360
200	24	500	11 533
300	32	1 000	16 207
600	64	2 000	24 312

Оно што је важно за примјену соларних колектора, јесте да њихова функција не зависи од вањске температуре, него од степена инсолације, тако да системи могу бити ефикасни и током зиме. На сунчаном лјетњем дану, течност која се загријала у цијевима обично досеже температуру око 60-80 °C или више, док један такав дан зими дозвољава температуре око 50-65 °C [25]. Ови статистички подаци указују на то да, за разлику од мишљења многих, соларни колектори раде једнако добро и током зиме. Заправо, када су вањске температуре превисоке, то може благо да умањи ефикасност соларних колектора, јер долази до веће рефлексије сунчеве инсолације, а што је чињеница која је веома важна на пољу и соларних и фотонапонских панела [25].



Слика 8. Различити облици постављања колектора, [22]

Соларни колектори за производњу топлотне енергије у зградарству се могу користити на више начина. Неки инвеститори употребљавају их само за примјену топле санитарне воде док неки користе конвенционалне начине гријања и само неколико соларних колектора, као потпору, да би уштедјели 10-20% укупне потребне енергије за гријање. Соларним колекторима се не успије 100% покрити цјелогодишња просјечна потреба за топлотном енергијом, стога је потребно рјешење кориштења комплетног система. Комбинација с плинском кондензацијском технологијом добро је и релативно повољно рјешење, а комбинација соларног гријања с геотермалном дизалицом топлоте још је боље рјешење, али и скупље [25]. Рад више система за гријање треба да буде компактибилан. Ако има довољно сунчевог зрачења, флуид у соларном систему гријања загријава воду у једном од спремника путем доњег измјењивача тоpline. У случају пада температуре, укључит ће се по потреби конвенционални гријач преко другог круга који подржава додатно загријавање. Соларни колектори се у области зградарства више користе само за добијање топле воде, а као испомоћ у гријању више се користе у стамбеним објектима.

Још крајем 19-ог вијека је фотонапонска (даље у тексту ФН) технологија била доступна, јер је један њујоршки електричар добио примитивну фн ћелију из селена. 1950.-их година је та индустрија заиста процвала и то представљањем силицијумске технологије и истраживањима то била тако активна индустрија, њена технологија се стално развијала и усавршавала. Прве силицијумске ФН-ћелије из 1950-их година су биле око 4% ефикасне. Али, од тада су се истраживања и развој степена ефикасности попели на скоро 30% уз употребу неких савремених метода.[21] То значи да се преко четвртине укупне свјетлости која погоди одређену ћелију претвара у електричну енергију. Претварање "само" четвртине можда и не изгледа много, али ако знамо да око 7×10^{17} kWh соларне енергије доспије на земљину површину, онда би се употребом толике количине енергије могле и више него задовољити све наше енергетске потребе. ФН ћелија функционише на бази 2 ултра-танка слоја силицијума која су смештена између два слоја сачињена од електрода. Горњи силицијумски слој је направљен тако да садржи превелики број електрона, а доњи има премали број истих. Сунчева свјетлост продире у силицијумске слојеве и активира електроне који су скупљени на горњој катоди. У међувремену, привремени недостатак електрона у силицијумским слојевима ствара једносмерни електронски ток, док се електрони крећу према катоди. Енергија се преноси и складишти у батерији и одатле се може одмах користити као једносмерна струја или обрнуто, као и наизмјенична струја. Резултат је употребљива, слободна електрична енергија. [21]

Највећи проблем за модерну ФН-индустрију јесте цијена. Једноставно речено, фотонапонске плоче су скупе за производњу и набавку. Силицијум мора бити изузетно чистог квалитета, а количина потребна за једну ФН-плочу од 50 W, би била довољна за око двије хиљаде рачунара [20]. Иако је силицијум један од најзаступљенијих елемената на свијету, добијање његових најчистијих облика захтијева не само новац, него и специјалне уређаје. Соларна индустрија улаже велике напоре да своје производе учини приступачним. С обзиром на то да су цијене обраде силицијума основна баријера коју би требало превазићи, научници и инжењери раде на смањивању потребних количина силицијума, а да тиме не штете ФН-квалитет. Направљени су системи који користе огледала и/или сочива како би сакупили сунчеву свјетлост на минималан број ФН-ћелија, али, пошто захтевају више простора за огледала и сочива, често могу бити и незграпни под одређеним околностима. Стога је најсавременије поље идустије рад са холограмима који преусмеравају сунчеву свјетлост, а тврди се да би такви модели били до 75% повољнији од традиционалне ФН-плоче [20, 26]. Индустрија фотонапонских ћелија је напредовала последњих неколико година, јер осим силицијума користе се и други материјали за производњу ћелија, али је силицијум и даље најкавалитетнији. Данас фотонапонске ћелије (соларни панели) изграђени од истих, употребљавају се за производњу електричне и топлотне енергије код свих врста објеката различитих функција почевши од урбаног мобилијара, преко једнопородичних и вишепородичних стамбених објеката, административних и пословних зграда, индустрија, па све до програма за изучавање свемира - интерпланетарним станицама, сателитима и планетарним истраживањима помоћу робота. За загријавање просторија преко соларног фотонапонског панела користи се систем са разводним ормаром, измјењивачем топлоте и гријачем воде, који загријава воду уз помоћ ел.енергије. Систем функционише без губитака, јер сва енергија коју произведе фотонапонски панел заврши у споју гријајуће спирале, која се налази у акумулатору (спремнику) воде. Фотонапонски панели за производњу електричне и топлотне енергије дјеле се на више начина: Према величини површине, инсталисане снаге, материјализацији и структури ћелија, броју спојева и материјализацији споја. Могу да функционишу као самостални фотонапонски панели (off grid) и мрежно повезани (on grid) фотонапонски панели. Први систем је погодан за напајање тамо гдје је немогуће или тешко допремити дистрибутивни систем. Мада како он обезбјеђује потпуну самосталност експлоатације електричне енергије то је и елиминисано финансијско оптерећивање корисника

(изузев у времену отплате). Фотонапонски систем пуни батеријску банку у току дана, а ноћу се из ње црпи акумулирана енергија. Дању је могуће и директно повезивање на потрошаче. Овакав систем је скупљи, бар за 30% јер батерија доста кошта и радни вијек јој износи 5-15 год (зависи од начина експлоатације). Мрежни систем је повезан на дистрибутивну мрежу од које се допуњује до потребне снаге или се шаље вишак произведене снаге (нпр. принцип негативног бројила: када се шаље бројило одузима потрошену енергију и тако смањује рачун), Обезбјеђује електричну енергију независно од доба дана, годишњег доба и климатских услова. Овакав систем захтијева додатне уговоре са агенцијом за дистрибуцију електричне енергије, и може убрзати период отплате цијелог фотонапонског система [26].

Према материјалу од кога се производе дјеле се на: GaAs, SiS, CdTe, InP и органске. Број спојева не мора бити један - данас се развијају соларне ћелије са три или четири споја са знатно већим коефицијентом ефикасности (махом су базиране на GaAs и Ge). Силицијумске соларне ћелије су комерцијално најзаступљеније, деле се према кристалографској структури на: монокристалне, поликристалне и аморфне. Монокристалне соларне ћелије су најскупље, али зато је њихов коефицијент ефикасности до 18%, поликристалне до 15% и представљау алтернативу монокристалним (мада је технологија потпуно различита), док аморфне соларне ћелије имају најнижу ефикасност свега 8% али зато је њихова цјена најмања [24, 26]. Аморфни силицијум је погодан за наношење на разне материјале тако да се производе и ћелије са промјенљивом планарношћу (наноси се на пластичне филмове). Код соларних фотонапонских панела велик утицај на цјену има и цијена батерије за складиштење енергије. Цијене панела и батерија су разноврсне и зависе од врсте материјала, поднебља гдје се производе и постављају, подстицаја за примјену обновљивих извора енергије и самог произвођача. Детаљнији преглед цијена и енергетске производње приказан је „табелом 3“ и „табелом 4“. У „табели 3“ приказане су цијене на подручју развијених западноевропских земаља, са монокристалним панелима који су скупљи од поликристалних и литијумском батеријом. У „табели 4“ приказан је прорачун за регион и оквирно цијене у БиХ.

Табела 3. Однос снаге, величине, цијене панела, батерије и производње енергије код монокристалних панела и литијумске батерије, ЕУ, ауторски рад

Инсталисани капацитет снаге (W)	Величина инсталације (m ²)	Цијена панела ³ (€)	Бр. сати рада h/дан	Величина батерије (kWh)	Цијена литијумске батерије (€)	Производња енергије/ мјесечна kWh	Цијена укупно (€)
250	1,5	390,58	5	1-1.25	900	35-37	1 290
1 000	6	220,73	5	4-5	3 600	120-150	3 820
3 000	18	209,20	5	4-5	3 600	360-450	3 809
5 000	30	191,33	5	12-15	12 000	600-750	12 191

³ Цијене су оквирне и зависне од више фактора: произвођача, начина куповине, материјализације, величине панела, снаге и самог квалитета.

http://www.pveurope.eu/News/Planning-Operation/Solar-Saturday-Club-12-useful-tips-how-to-secure-your-PV-investment?gclid=EAIaIQobChMlCw7qqS71wIVCrcbCh0l6QT0EAAAYASAAEgKHc_D_BwE

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1000366X>

Табела 4. Однос снаге, величине, цијене панела, батерије и производње енергије код монокристалних панела и литијумске батерије, БиХ, ауторски рад

Инсталисани капацитет снаге (W)	Величина инсталације (m ²)	Цијена панела ⁴ КМ	Бр. сати рада h/дан	Величина батерије (kWh)	Цијена литијумске батерије (КМ)	Производња енергије/ мјесечна kWh	Цијена укупно оквирно (КМ)
250	1,5	355	5	1-1.25	600	35-37	1 000
1 000	6	1 420	5	4-5	2 400-3 000	120-150	1 570
3 000	18	4 260	5	4-5	2 400-3 000	360-450	4 600
5 000	30	7 100	5	12	7 000	600-750	14 100

Складиштење батерије по западноевропским цијенама, које су сличне америчким износи око 900-1 300 еура (нето) по kWh употребљивог капацитета за складиштење (за стационарне јединице за складиштење литија у сегменту за малу потрошњу у домаћинству) или 600-800 еура (нето) за оловне батерије [24]. У региону цијена исте батерије је око 600 КМ [27]. Панели се могу наћи и по повољнијим цијенама од предходно наведених, али за прорачун су изабрани сигурнији и квалитетнији произвођачи од велике масе која се налази на интернет порталима. Цијене по вату могу бити и од 0, 72 КМ/W па до 1, 5 КМ/W [27] на домаћем тржишту и од 0, 70 центи по вату на тржишту ЕУ [24]. Цијене падају брзо, посебно за складиштење енергије, гдје постоје уносне субвенције. Да би се добило колико kWh на дан соларни панел може да произведе потребно је његову снагу помножити са бројем радних сати у току дана. Тако нпр. соларни панел од 250W уколико ради оквирно 5 сати на дан произведе 1-1.25 kWh на дневном нивоу. Дакле за мјесец дана он произведе у просјеку између 30-37.5 kWh [24].

Први објекти који су примјењивали “Energy plus” концепт изградње, настали су још 1994.године. Хелиотроп у Фреибургу, пројекат Rolf Dish-a је прва грађевина (приватна резиденција) на свијету за стварање више енергије него што користи, зависна од Сунца, као извора обновљиве енергије. Ова зграда нема емисију CO₂ и додатних трошкова енергије.

⁴ Цијене су оквирне и зависне од више фактора: произвођача, начина куповине, материјализације, величине панела, снаге и самог квалитета; <https://www.olx.ba/solarna-oprema/14/2348>



Slika 9. Plus energy home, Freiburg 1994, [29]

Структура ротира (слика 9), како би пратила сунце (зграда сунцокрет), што омогућује да се користити велика количина природног сунчевог свијетла и топлоте током дана. Неколико различитих технологија производње енергије користе се у згради, укључујући и 56 m² соларних фотонапонских панела с двоструком осом, измјењивача геотермалне топлоте, комбиноване топлотне и енергетске јединице (C) и соларно-термалну ограду балкона, који пружању загријавање простора и воде [28]. Зграда је такође опремљена системом сиве воде за чишћење и системом за компостирање одпада. Након успјешно изведене зграде у Фрајбургу, Ролф Диш је дизајнирао још један соларно енергетски сунцокрет, који се користи као гостујући центар и салон у Офенбург-у, Њемачка. Трећи сунцокрет је изградио у Хилполтштајн-у у Баварској, да се користи као техничка зубна лабораторија [28].

„Sun Ship“ (слика 10), зграда у Фрајбургу, која је изграђена 2000.године, дјело је архитекте Ралфа Диша, који је пројектовао и објекат приказан као први примјер концепта грађења са енергетским вишком. Изграђен је на 5.600 m², као мултифункционални објекат, јер садржи [30]: просторе за становање, радни простори, конференцијске сале за предавања, састанак и изложбе, те супермаркет, трговине, кафе и “penthouse” на последњем спрату. Пословни простори су постављени на сјевер и југ, са стакленим-прозорским фасадама, које омогућавају продор природне сунчеве свјетлости и умањује потрошњу енергије умјетног свјетла. Кориштени елементи који доприносе енергетској ефикасности су: соларни панели за употребу сунчеве енергије, зидови изолирани вакуумом, вентилација са 95% топлотне регенерације, троструки панел прозори,...Овај објекат је први позитивни примјер пословне зграде са вишком производње енергије у свијету и не само да има високу енергетску ефикасност, већ и угодно окружење за рад и боравак, како у спољашњим, тако у унутрашњим просторима [30].



Slika 10. Ralph Disch, Sunship, plus energy home, Freiburg, 2000, [31]

3.2 Комбиновани активни и пасивни системи

Најчешће комбинације и хибридни облици који се врше у области зградарства су :

- Комбинација пасивних и активних соларних система;
- Комбинација активних соларних система за гријање, али са допуном других конвенционалних система;
- Комбинација соларних панела за производњу електричне енергије и соларних колектора за загријавање воде и просторија.

У складу са жељеном производњом енергије, потребном потрошњом и цјеном инвестиције варијације система су разне, у смислу броја панела, њихове снаге, гаранције трајности, али се у пракси највише користе комбинације соларних колектора за производњу топлотне енергије и соларних панела за производњу електричне енергије за напајање електричних уређаја и освјетљења.

Хибридна двострука фасада може да буде комбинација или варијација било којих типова који су претходно описани или неки од облика комбинације стаклених фасада са фотонапонским панелима [3]. Чести су случајеви гдје се класичним зид завјесама додаје још један слој фасаде да би се побољшале постојеће перформансе. Хибридне фотонапонске фасаде постају све већи тренд у савременом архитектонском пројектовању. Свеобухватно разумијевање комбинација утицаја на омотач зграде намеће да пројектанти креирају флексибилне и интелигентне структуре омотача које могу реаговати на те утицаје у циљу обезбјеђења одговарајућег комфора боравка за кориснике уз оптимизацију потрошње енергије у згради. Ово је тренутно изразити фактор развоја архитектонских технологија [3]. Таква ријешења класификују се на механичке и динамичке системе омотача и укључују технологије које подразумевају сарадњу са другим дисциплинама [3]. Механички системи омотача су израђени од елемената који се помјерају, клизе, ротирају, обрћу, директно од стране корисника у складу са његовим потребама. Динамички системи омотача обухватају паметне материјале и различите интелигентне, динамичке системе подржане системима централизованог надзора - Building IT. Аутоматизовани системи често не могу одговорити на индивидуалне потребе па је изазов развој система који ће одговорити на појединачне потребе, памтити везу услови-захтјеви рекације. Ово подручје је у погледу функционалних, типолошких и технолошких карактеристика врло комплексно, његов развој везан за економски и технолошки развијена друштва [3].

У међународној пракси бројни су примјери у зградарству који користе системе хибридних фасада, који омогућавају смањење потрошње вјештачке енергије. Осим саме физичке технологије, користе се и дигиталне/сензорске технологије паметног управљања ресурсима и контролом потрошње енергије. Један од најсавременијих примјера приказан је у следећем тексту. Пословна зграда „Солар XXI“, која је изграђена у Португалу, Лисабон, 2005. године представља примјер објекта са дуплом фотонапонском фасадом (слика 11), која производи топлоту и електричну енергију унутар објекта [32]. Унутар дупле фасаде топлота, која резултира из процес конверзије сунчеве енергије у електричну енергију у фотонапонским модулима, током дана загријава ваздух из унутрашњег простора (зими) или свијеж ваздух из окружења (прољеће и јесен) који се загријани уводе у просторије, чиме се постиже топлотни комфор уз мању потрошњу енергије. Љети топао ваздух из дупле фасаде се одстрањује у спољашњи простор или се дупла фасада користи за извлачење топлог ваздуха из просторија коришћењем ове фасаде за постизање ефекта димњака. Бруто површина објекта је 1500 m^2 , а бруто гријана површина 1200 m^2 [32].



Слика 11. Солар XXI, Лисабон, 2005, [33]

Осим фотонапонских панела, као елемената енергетске ефикасности, вањски омотач зграде чине и други елементи, који су рационално кориштени и укомбиновани у систем омотача [32]:

- Опека од 22 cm, 6 cm демит фасаде (ETICS-a⁵) и укупна вриједност коефицијента пролаза топлоте је $U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Кров је изграђен од:
- 5cm експандираног полистирена; 5cm екструдираниог полистирена и укупна вриједност коефицијента пролаза топлоте на крову је $U = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Подрум: Плоча са 10 cm експандираног полистирена; $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Дупли прозори и балконска врата са алуминијумским оквиром $U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Природно хлађење зграде врши се преко пасивног система на фасадним отворима објекта, а гријање се врши преко фотонапонских панела када је присутно сунчево зрачење и котла природног гаса у периодима без сунца. Инсталирани капацитет од 12 kW фотонапонских панела на јужној фасади (100 m^2 фотонапонских панела који су постављени у складу са

⁵ ETICS - EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEM - Спољашња топлотна изолација композитног система

положајем прозора и 6 kW фотонапонских панела на паркингу) омогућава да зграда задовољава високе енергетске перформансе [32]. Годишња потребна енергије за гријање је 12 kWh/m², а за хлађење 0 kWh/m², што су знатно велике уштеде енергије у односу на потрошњу зграда које су урађене на конвенционалан начин. Овом потрошњом објекат спада у пасивне зграде. Захтјев примарне енергије за зграду је 2 kWh/m²а, а енергије обновљивих извора је потребно 54 kWh/ m²а [32].

3.4 Савремене технологије енергетски ефикасног застакљивања

Прозори су једни од најважнијих елемената у структури зграда. Његова примјена је поготово заступљена у области зградарства-јавних функција. Стакло као дио фасаде представља везу између спољашње и унутрашње средине. Њихова важност лежи у пружању неопходног дневног свјетла, свјежег ваздуха и топлоте у просторији. У циљу штедне енергије и финансијских средстава, ставља се велики нагласак на енергетску ефикасност прозора, односно способност одржавања жељене температуре просторије са што мањим утрошком енергије. Прозор има свој енергетски биланс који се састоји од добитка топлоте путем Сунчевог зрачења и губитка топлоте. На енергетску ефикасност прозора утичу сви елементи прозора: стакло, оквир, те начин монтирања, односно 'спој' прозора са зидом, при чему највећи утицај има стакло будући да заузима највећу површину (90-95 %). Стакла могу бити чиста, обојена, с рефлектујућим премазима и превлакама, премазима с ниском емисијом, а такође постоје и јединице с инертним гасовима између стаклених површина. Алуминијум, челик, дрво, поливинил-хлорид, те разне модификације и комбинације тих материјала се корсите као оквири. Механизми преноса топлоте кроз прозор укључују конвекцију, кондукцију и радијацију. Топлотна енергија може проћи кроз прозор (трансмисија), апсорбовати се или рефлектовати. Битни фактори при проучавању енергетске ефикасности су: укупна вриједност преноса топлоте (коэффициент U), добици сунчеве енергије (SHGC), коэффициент замрачења (SC), трансмисија видљивог свјетла (VT), пропуштање зрака, омјер свјетла, добит Сунчеве енергије (LSG) и контрола топлотног зрачења. Ове све факторе узимамо у обзир приликом одабира прозора који се врши помоћу прорачуна енергетских показатеља прозора како би се добила најповољнија врста прозора за одређено климатско поднебље, оријентацију прозора и жељену естетику просторије [34].

Неке од врста енергетски ефикасних прозора као што су прозори са термоизолацијским стаклом, паметно (електрохроматско стакло), технологије танких превлака, стакло са фотонапонским ћелијама и инфракциског зрачења технологије, су описани даље у раду.

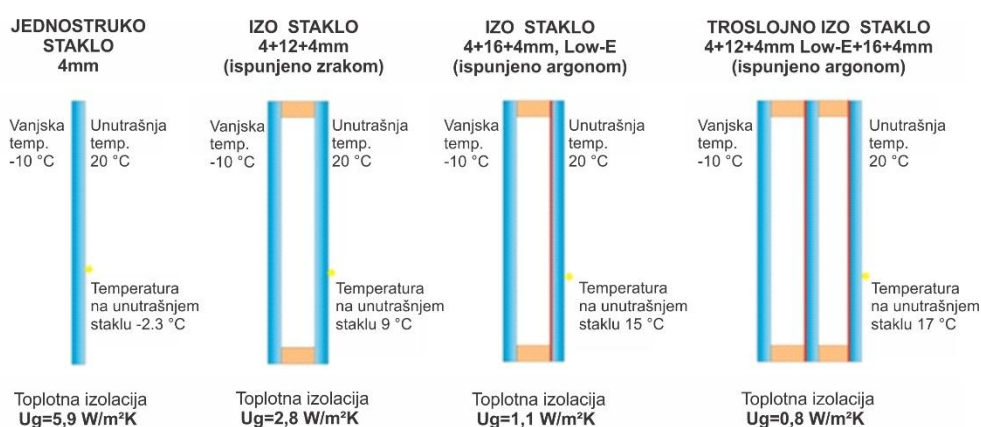
3.4.1 Прозори са термоизолацијским стаклом

Када се помињу енергетски ефикасни материјали првенствено се мисли на добре топлотне изолаторе и слабе топлотне проводнике. Примјена оваквих материјала у конструкцијама објеката, омогућава смањену потрошњу конвенционалне топлотне и електричне енергије и повећану енергетску ефикасност. Међутим веома важан материјал, без кога готово ни једна грађевина не може комфортно функционисати је стакло.

Термоизолационо стакло је врста стакла које својим технологијама и савременим принципима израде и обраде смањује топлотне губитке приликом преношења топлоте (смањена вриједност коэффициента пролаза топлоте U) и омогућава добитке сунчеве енергије и дневне свјетлости [35,36]. Развој термоизолационог стакла и стакала ниске емисије је почео нагло да се одвија 90. година прошлог вијека, када су почели да владају концепти енергетски ефикасних грађевина у општем смислу, иако се поједине технологије јављају и знатно раније

[34]. У последњих неколико година развој ове врсте стакла је веома прогресиван и добија на све већем значају. Побољшања су постигнута увођењем двоструких и троструких стаклених јединица (*дијаграм 1*), са малом тежином и дебљином између 8 и 10 mm. У 2012. години најмодерније застакљивање имало је постигнуту U_g вриједност од $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ па чак до $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [35]. Данас изолационо стакло треба да има следеће карактеристике [35]:

- побољшање топлотне изолације
- минимални губитак топлоте вентилацијом
- оптимална топлотна изолација током јесени
- коришћење соларне енергије
- смањење коришћења вјештачког свјетла побољшаним коришћењем дневног свјетла
- безбједност/сигурност, звучна изолација и заштита од пожара.



Дијаграм 1. Врсте и развој термоизолационог стакла, [36]

Неки од основних енергетски ефикасних конструктивних склопова, гдје стакло игра важну улогу су пасивни соларни системи: Тромбов зид, водени зид, стакленици и дупле стаклене фасаде [36]. Ови фасадни ситеми су значајни, јер умјесто топлотних губитака који се дешавају код конвенционалних једноструких фасада, настају акумулације топлоте, које смањују топлотне губитке и потрошњу енергије за чак 30% [34,35].

3.4.2 Технологије танких превлака за прозоре

Нови концепти и истраживања се односе на нове технологије обраде стакла, као што су танке превлаке и електрохроматска стакла. Ово је тренутно изразити фактор развоја архитектонских технологија [37]. Нова ријешења класификују се на механичке и динамичке системе омотача и укључују технологије које подразумевају сарадњу са другим дисциплинама. Механички системи омотача су израђени од елемената који се помјерају, клизе, ротирају, обрћу, директно од стране корисника у складу са његовим потребама. Динамички системи омотача обухватају паметне материјале и различите интелигентне, динамичке системе подржане системима централизованог надзора –Building IT. Коријени технологије нискоемисионих премаза могу се пратити од прије више од 100 година, од Друде, Хаген и Рубенсових теорија [37]. Нискоемисиона стакла карактерише посебно селектован слој молекула оксида постављених на површину стакла који рефлектују само топлотно зрачење. Кроз стакла ниске емисије губи

се мање топлоте јер се енергија враћа у простор из кога потиче [37,38]. Први стаклени премази који су могли селективно одржавати зрачење настали су 1958., када су Холланд и Сидал показали златну превлаку на стаклу с високим пролазним и рефлектујућим карактеристикама. Шездесетих година прошлог вијека, производ "Stop Ray" први пут је пуштен на тржиште соларног стакла како би се смањио трошак хлађења зграде. У 1970-им годинама појавила се друга врста стакла са технологијом танких премаза, под називом "K-Glass", која је показала високу еколошку и хемијску издржљивост, а такође је смањила и пренос топлоте сунчевог зрачења. У 1980/90-има први пут се прави стакло са сребреним премазом с већом пропусношћу, ниском емисивношћу и пријатном бојом. Брзо, сребрни премаз постаје доминантан производ ниске емисивности на тржишту. Данас технологија сребрених нискоемисивних превлака чини више од 90% укупног нискоемисивног тржишта [37]. Док пиролитске нискоемисивне превлаке за једноструко стакло обично могу постићи око 20% емисивности, сребро постиже 8-2% емисивности и смањује топлотне губитке на $U = 0.41$ [37]. Осим сребреног постоје и други материјали и врсте превлака (табела 5), али се оно због своје цијене и приступачности показало као водеће. Цијене метра квадратног фолије са сребром су веома разнолике и крећу се од 50 – 200 КМ⁶ у зависности од квалитета и спецификације превлаке. Уштеде које се могу постићи примјеном износе око 30 % [37].

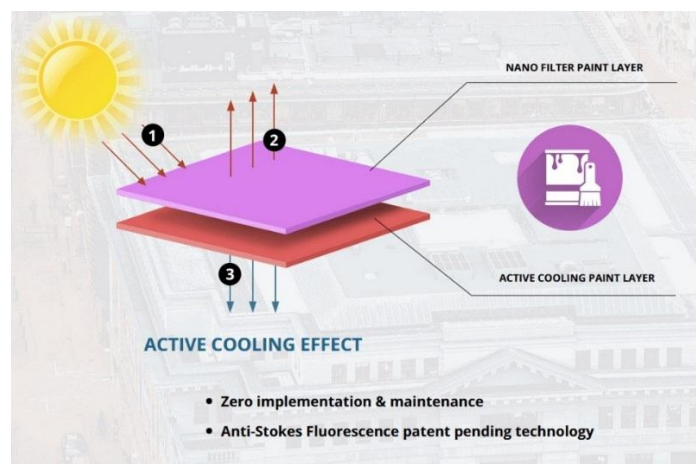
Табела 5. Врсте танких премаза и њихове карактеристике, [37]

Врста стакла	Чисто стакло	SH 68	Nu 50	Ac 43	Сребро 20
Трансмисија	89%	68%	50%	43%	18%
Соларни добици	81.8%	37.4%	39.2%	29.6%	20.0%
U (W/m ² K)	1.1	0.29	0.52	0.31	0.41

Солколд (SolCold) нова технологија нано превлака [39] - боје која трансформише сунчеве зраке у хладан клима уређај је потенцијално рјешење (без електричне енергије) за хлађење зграда или опреме у интензивно сунчаним климатама или временским периодима. Материјали за премазивање који штите од пожара, воде или екстремних температура нису ништа ново, али израелска високотехнолошка боја не штити само површину од сунца. Солколд заправо користи сунчеву снагу да активира механизам за хлађење, што ефикасно пружа климу без струје. Овај двослојни премаз (дијаграм 3) апсорбује вруће зраке сунца и поново емитује ту енергију у облику хладноће. Што је сунчево зрачење топлије, премаз се више хлади, чинећи солколдову боју потенцијалним рјешењем које може да ради без електричне енергије. Технологију "против загријавајуће флуоресценције" изумио је израелски електро инжењер Iaron Shenhav, који је постао суоснивач и извршни директор компаније Солколд. Они кажу да је технологија врло компликована и није позната за превише људи. Сакупљали су јединствену комбинацију знања у свјетовима термодинамике, нанотехнологије и квантне физике и радили су на томе у последње четири године. Фирма Солколд, по којој је материјал и добио име очекује да ће производ бити веома брзо приступачан и да ће понудити прилично брз поврат инвестиције. Он објашњава да материјали који се користе у премазу

⁶ <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/326984?lang=en®ion=BA>

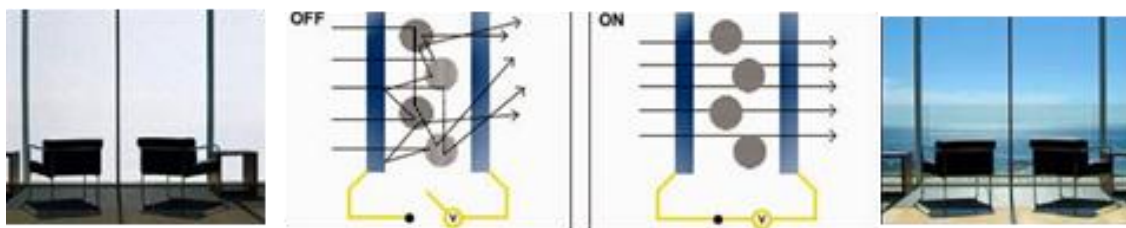
постоје на тржишту, 100% су "зелени" и без емисије угљеника, а активирају се слободном енергијом од сунца. Када је тестиран у лабораторији помоћу симулатора сунца, двослојни слој Солколда је хладио објекат за 1,2 степена Целзијуса користећи еквивалент од само 1% енергије Сунца. Боје би могле смањити потрошњу електричне енергије до 60% и очекује се да ће трајати 10 до 15 година прије него што затреба нова превлака [39]. Овај материјал ће се убрзо инсталирати у неколико нових зграда у Израелу, а до тада требамо чекати конкретне резултате ове најновије технологије управљања и манипулације соларне енергије.



Дијаграм 2. Режим рада солколд технологије танког премаза, [39]

3.4.3 Паметно (електрохроматско) стакло

Електрохроматско стакло или паметно стакло садржи (премаз) превлаку од диспергираног полимјерног течног кристала (PDLC) који се налази између два слоја стакла и два слоја водљивих међуслојева [38]. Стакло може проћи од потпуно прозирне до потпуно непрозирне боје у секунди - ова трансформација се одвија електронички, провођењем електричне енергије кроз стакло - мијењају се његова својства (слика 12).



Слика 12. Паметно стакло, [38]

Предности оваквих прозора су: лако управљање, комфор и удобност - управљање на дугме, или чак помоћу неког другог паметног уређаја; завјесе, ролетне и венецијанери нису више потребни; мање прашине, мање ствари за одржавање и што је најважније уштеда енергије – мања потрошња енергије која се користи за хлађење или гријање просторија, захваљујући трансформацијама које ове превлаке могу подржати. Недостаци су велика цјена и трајност материјала [35]. Цијена паметног PDLC стакла је 220-280 америчка долара⁷, што је између 356-

⁷ https://www.alibaba.com/product-detail/Transparent-Smart-Window-Electric-Switchable-Privacy_60647336119.html?spm=a2700.7724857.main07.1.fe3d7969Koajo&s=p

453 KM. Највише се употребљава у Сингапуру, Шведској и Канади и највише енергетске и финансијске уштеде се постигне у јуну, јулу и августу и за 9 објеката у којима се користе постигнута је уштеда од 53 000 долара на годишњем нивоу [38]. Уштеде које се могу постићи примјеном износе и до 57%, укупно за хлађење и гријање.

Табела 6. Техничке карактеристике електрохроматског стакла, [38]

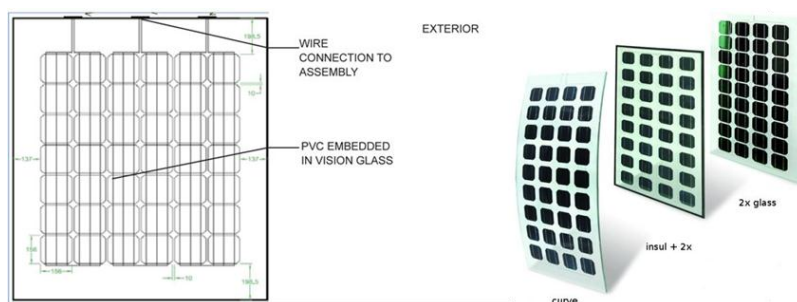
PDLC Стакло / Техничке карактеристике		Статус	Подаци
Оптичке	Паралелно свијетло	on	> 65%
		off	< 6%
	Видљива свијетлост	on	> 75%
		off	> 45%
	Хазе	on	< 8%
		off	> 90%
	УВ блок	on/off	> 98%
	Угао гледања	on	> 160
Електричне	Напон	on	36 ~ 50 VAC
	Вријеме одзива	on → off	< 45ms
		off → on	< 45ms
	Потрошња струје	on	< 4W/ M ²
Комфор	Радна температура	on/off	- 20°C до + 70°C
	Температура складиштења		- 15°C до + 50°C
	Влажност		< 85%
Енергија	Звучна изолација		> 35 dB
	Термоизолација		> класа 2

3.4.4 Фотонапонско стакло и фотонапонске превлаке

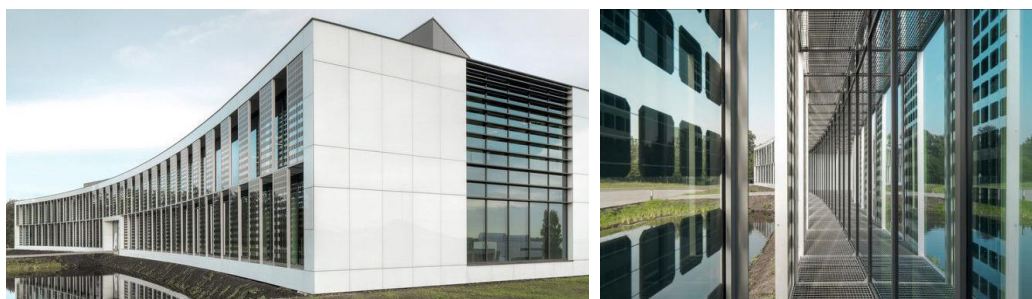
Постављање фотонапонских панела, који су тешки, несуптилини и нетранспарентни на фасаде, замјењено је новим дизајном фотонапонских ћелија на прозоре. Циљ грађевинских фирми које се баве производњом, како стакла тако и фотонапонских панела био да се пронађе оптимално рјешење, које ће бити и добро дизајнирано и енергетски ефикасно. Наглашава се да се производи за застакљивање са фотонапоном могу интегрисати у фасаду, кров или прозоре без изазивања било каквог естетског проблема. У последњих неколико година производи се таква врста стакла, која је изум њемачког хемичара Michaela Braungart-а и амерчког архитекте William McDonough-а (слика 13) [41,42].

Нови производ под називом „SunEwat“ је ламинирано сигурносно стакло кога карактеришу уграђене фотонапонске ћелије. Спајањем стакла са фотонапонским ћелијама, ефикасно се комбинује дизајн и производња електричне енергије [41]. Овакви фотонапонски модули (слика 14) испуњавају све естетске и функционалне захтјеве за једноставну интеграцију у зградама.

Они се могу користити умјесто уобичајених материјала и у складу са релевантним стандардима за оба грађевинска производа.



Слика 13. Изглед стакленог панела са с-Si фотонапонским ћелијама, [41]



Слика 14. Дупла фасада са „SunEwat“ транспарентним фотонапонским панелима, [42]

Пошто се „*SunEwat*“ модули посебно дизајнирају могу бити посебно прилагођени за сваки пројекат. Ово даје архитектама велики број опција за комбиновање производње електричне енергије са фасаде, надстрешнице, сунцобрана, ограде, ламеле и тако даље. Осим фотонапонских ћелија користи се двоструко застакљење које обезбјеђује додатни ниво топлотне изолације. Примјеном ових фотонапонских модула побољшава се могућност перформансе зграде и позитиван имиџ који се односи на заштиту животне средине [42].

Технологија је заснована на прскању наноса наночестица силикона на прозор, који раде као ФН ћелије [41]. Први облици ФН застакљивања базирани су на непрозирним c-Si ФН ћелијама⁸ (слика 13 и 14), што их чини неодговарајућим за кориштење у стамбеним зградама. У производњи ФН застакљивања на бази a-Si⁹, ћелије постају танке додавањем ситних перфорација (слика 15). Соларна пролазност ФН застакљивања се подешава промјеном површине ових отвора. Смањење излазне снаге је стога везано за визуелну пролазност ФН застеклења. Тест на објекту у Пекингу (Кина) показује да се више од 50% нежељене сунчеве топлотне енергије кроз конвенционалне прозоре током лjeta може смањити помоћу ФН застакљивања [43]. Сматра се да ће ова технологија тек заживјети у будућем развоју зградарства.

8-19 Врсте фотонапосних силицијумских једињења



Слика 15. Соларно стакло и *a-Si* фотонапонске ћелије, [43]

Цијене ових система углавном су везане за количину производње енергије. Први системи које је представила фирма Шарп, 2013. године, цијене се на чак 2000 долара по метру квадратном [43]. У 2016. години просјечна соларна плоча (соларни фотонапонски панел од 1m^2) кошта око 0,64 долара по вату или 124 долара по панелу. То значи да су соларни прозори били 1.876 долара скупљи по квадратном метру од конвенционалних соларних панела. Технологије на основу којих функционишу ови системи разликују се од произвођача [43] :

- Energy glass¹⁰ користи "Патентирану неорганску нано технологију" - технологија квантних тачкица - креира прозирне соларне прозоре без видљивих линија или тачака. Производи око 3 до 4 вати по квадратном метру у вршним временима, а 1 до 2 вати по квадратном метру у другим периодима дана. Произвођач тврди да корисници имају 100% видно поље. Као и свака соларна плоча, електрична енергија се може користити у просторијама, ићи у мрежу или се може чувати у батеријама. Овај произвођач је

¹⁰ Energy glass- назив фирме која се бави производњом енергетски ефикасног стакла

најразвијенији од ове врсте произвођача. Они производе 4 различите верзије соларних прозора: основну ламинирану верзију, изоловану верзију, двоструку изолацију и верзију са троструком изолацијом.

- Phisee¹¹ (још није доступан на тржишту) - Ова холандска фирма производи оно што називају „Power window“, соларни прозор, сличан Energy glass-у, који користи квантне тачке за слање електричне енергије соларним ћелијама на периферију окна. Тренутно, компанија је инсталирала само један пројекат - 300 квадратних метара „Power windows“- а на холандској банци.
- Ubikuitous Energy¹² (још није доступна на тржишту) - Још један почетак, овог пута базиран у Силицијумској долини - производи филм који премазује спољашњост стакла и који упија само ултраљубичасто и инфрацрвено свјетло, омогућавајући 90% видљивог свјетла да се креће кроз стакло.
- Smart window¹³ - Њихови производи су још увек у фази тестирања и комерцијално су недоступни. Они тврде да виде практичну ефикасност од 10% (што значи да 10% све сунчеве свјетлости која удара у прозор, може се претворити у електричну енергију). Ако је истина, ово би могло бити огроман пробој за соларне прозоре.

Фотонапонске фолије представљају флексибилну технологију за постављање на већ изграђену структуру објекта. Постављају се попут тапета на стаклене површине, венецијанере, конзоле, надстрешнице или брисолеје које имају оријентацију према осунчаној страни (*слика 16*). Ова технологија је поуздана и штити животну средину [44,45]. Фотонапонски панели имају 40 % ефикасности, а превлаке од 16,5-20 %, али ако се постављају у већим количинама, могу бити и доста више ефикасније. [45]

Најновије технологије представљају посебну серију соларних модула које се израђују помоћу штампарске прес технологије, која има потенцијал за постизање огромне уштеде у фази производње. Код ове технологије наночестице се налазе унутар соларног мастила које се наноси на ролне алуминијумске превлаке уместо да се користи стакло. Наносолар¹⁴ је развио соларне ћелије од CIGS бакра индиј-галиј-селенида, а коришћење алуминијума има три предности: много је јефтиније (1 – 2 cm по mm дебљине); омогућује да се панели производе помоћу "roll to roll" технологије односно да се штампају превлаке у ролни од 50.000 страница у једној континуираној ролни, и крајњи производ је врло лаган и прилагодљив за многе апликације. Наносолар ће бити у могућности производити своје модуле јефтиније од било којег другог произвођача до сада. Наносолар још није објавио своје трошкове производње модула и одредио цијене, али према најавама трошак производње наносолар модула би требало износити 0,99\$ долара по сваком W снаге. Наносолар панел може издржати 6 до 7 ампера струје што омогућује да се панели могу нанизати заједно у много дуге линије прије него што се досегне лимит инвертора. То може смањити потребу за кабловима којима спајамо инвертор, па се на крају смањује значајан дио трошкова цијлог система за чак 73%. Наносолар

¹¹ Phisee – назив холандске фирме за производњу соларних прозора

¹² Ubikuitous Energy – назив фирме у Калифорнији (Силицијумској долини) која се бави производњом прозора

¹³ Smart window – назив фирме

¹⁴ Наносолар - водећи произвођач трошковно ефикасних соларних ћелија и панела танког филма

поља могу се нанизати до 64 метра што опет смањује трошкове инсталације и каблирање. Панели су такође дизајнирани за системе с напоном од 1500 V, 50% више од стандарда. Коначно, Наносолар модули имају електрични прикључак на рубу модула, а не на позадини модула тако да је потребан само кратки кабл између модула што опет према тестирању независних института смањује трошкове рада за спајање модул за чак 85% од стандарда. [45]

Табела 7. Техничка спецификација фотонапонских превлака, [45]

Version A (PCE ~2%)^b

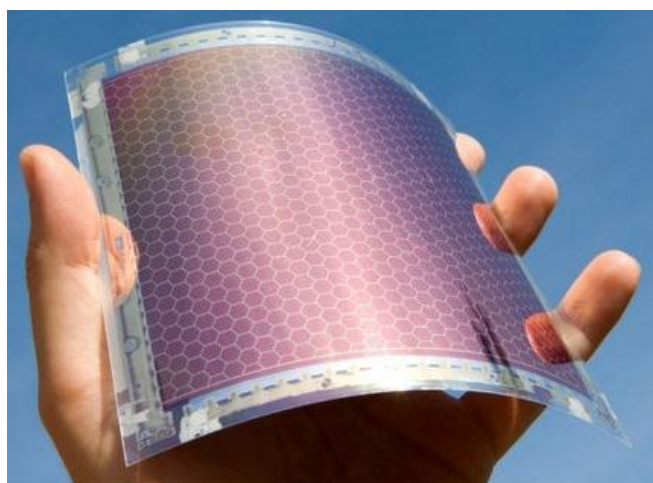
Voltage pr. meter (V)	40	100
Current (mA)	30	40
Power (W pr.m)	ca. 1	ca. 2
Cost (€ pr. m)	30	55
Contacts (€) ^c	10	10

Version B (PCE ~3%)^b

Voltage pr. meter (V)	60	150
Current (mA)	30	40
Power (W pr.m)	ca. 1.5	ca. 3
Cost (€ pr. m)	50	95
Contacts (€) ^c	10	10

Version C (PCE ~4%)^b

Voltage pr. meter (V)	65	130
Current (mA)	60	60
Power (W pr.m)	ca. 2	ca. 4
Cost (€ pr. m)	90	175
Contacts (€) ^c	10	10



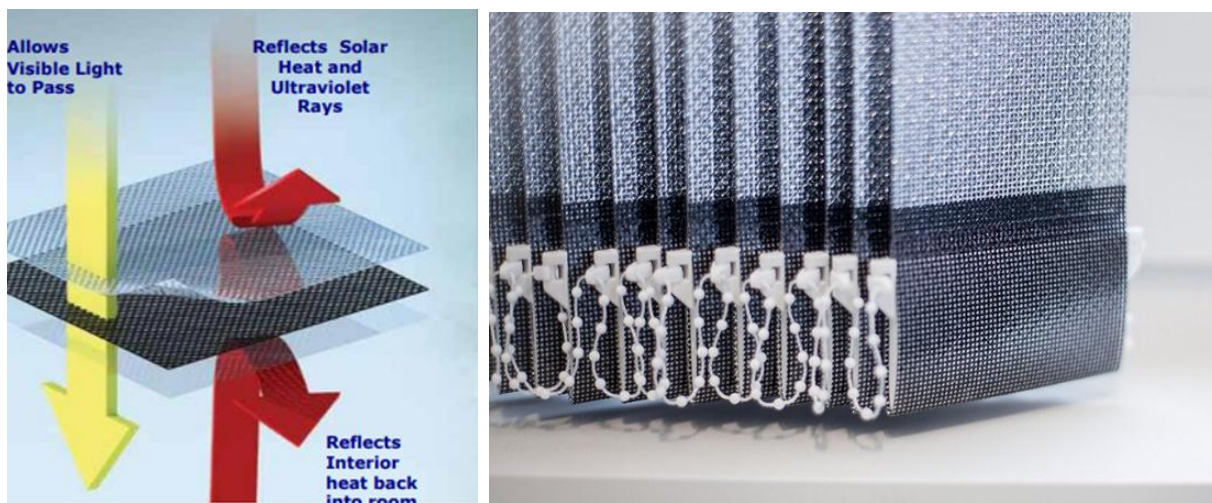
Слика 16. Фотонапонске превлаке, [44]

Цијене фотонапонских превлака (табела 7) зависе од врсте и снаге производње струје (од 30-175 еура или око 60-340 КМ). Опција која је анализирана у раду, у примјењеном дјелу је фолија снаге од 150 вати са цијеном од 185 КМ (95 еура).

3.5 Инфлектор материјали

Инфлектор производи за изолацију прозора први пут су ушли у средњи источни регион, прије нешто више од годину дана, склапајући заједничко улагање у партнерство са локалним породичним бизнисом, Алсеркал Гроуп. Прије блиског истока, инфлектор је почео да се

развија у сјеверном и јужноамеричком, европском и азијском тржишту већ више од 25 година, а потиче из америчког NASA централног технолошког центра Сједињених Америчких Држава [46]. Инфлатор може бити постављен унутар или изван стакла. Еластичан је материјал, који се састоји од метала алуминијума са полиетиленским плочама, затим од ламинираногна угљеничног графита, који је перфориран и заштићен ламинираним слојем чистог полиестера од 1 милиметра дебљине.



Слика 17. Инфлатор ролетна, [47]

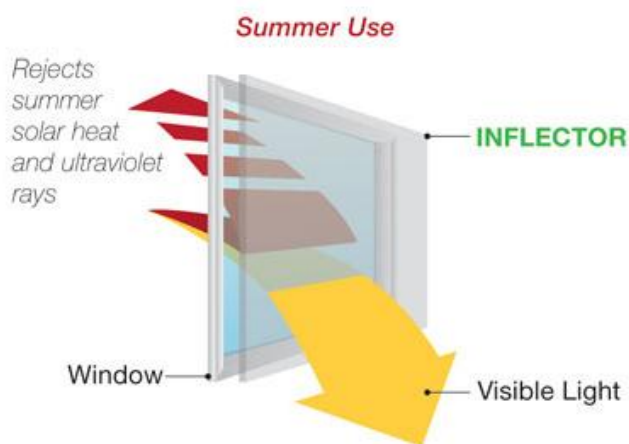
Он заправо представља диелектричне превлаке са високим и ниским индексима рефракције у комбинацији са микро танким слојевима других високо рефлектујућих метала. NASA је првобитно развила инфлатор материјал за олакшавање свемирских путовања, кроз примјену на прозорима како би се удаљила топлота, док је видљивост и даље била присутна. Данас се може употребљавати у свим функцијама гдје је присутно стакло: куће, тржни центри, болнице, банке и други јавни објекти који имају велике количине прозора за омогућавање визуре и доста природног свјетла у објектима, а уз то све чини објекат енергетски ефикасним. Инфлатор је вишедимензионални производ и може имати функцију [46]:

- ролетне
- вертикалне жалужине
- фиксирани плоча са алуминијумским рамом
- инсталиране конструкције у новом стаклу за нове грађевине

3.5.1 Принцип рада стакла заштићеног инфлатор превлаком

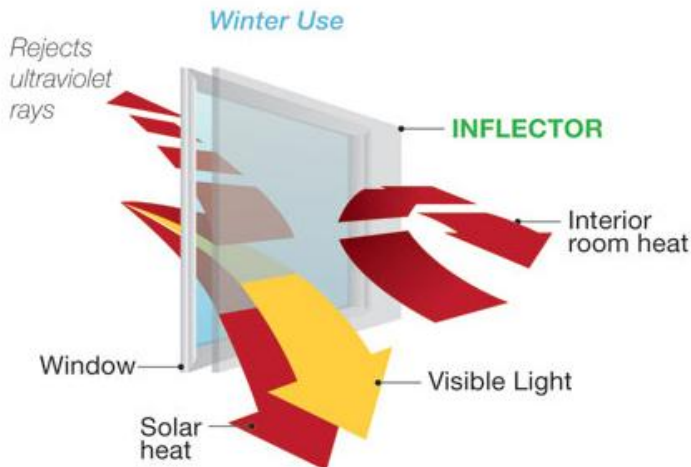
Соларно зрачење продире у стакло и загријава га проузрокујући провођење директним зрацима и тиме загријава просторију. Ово провођење ступа у интеракцију с конвекцијом док хладни зрак узима топлоту са стакла стварајући топлотну петљу, (стални покрет и интеракција топлог и хладног ваздуха) која као погонска струја чини да се теже задржи константна температура. Током топлх мјесеци, инфлатор спријечава да сунчево зрачење доспије у собу рефлектујући га назад кроз прозор (табела 7). Јединствена проводна преграда инфлатора ће зауставити топлоту која уђе у простор провођењем, јер инфлатор не ствара контакт са стаклом - увјек ће бити размак између њих, тако да се конвекционе струје држе

између флукуара и стакла (топлота не продире у просторију и не створа конвекцију ваздуха унутар простора мјешањем са хладним А/ Ц зраком, не ствара топлотну петљу због чега клима уређаји теже раде), тако да се може одржавати стабилна собна температура. Тиме се смањује потрошња електричне енергије потребна за климатизацију [46, 47, 48].



Дијаграм 3. Режим рада инфлектора у љетном периоду, [47]

Током хладних мјесеци, обе стране инфлектора су окренуте тако да се рефлектујућа страна окреће према унутра. Губитак топлоте кроз прозоре смањује се принципом рефлективних премаза - рефлектују топлоту у просторију прије него што се може пренијети топлота на површину стакла. Смањењем губитка топлоте на површини стакла смањује се број активације система за гријање, коју потрошач сачува на рачуну.



Дијаграм 4. Режим рада инфлектора у зимском периоду, [47]

Инфлатор ће смањити енергетску потрошњу и до 50% и смањити опасне емисије CO₂ [47]. Инфлатор зауставља 80% сунчевог одсјаја, тако да неће бити потребе да се блиндови повуку и укључе свијетла. Инфлатор материјал ради на два својства: рефлективност и емисивност, те је алуминијум као материјал изабран из два разлога [47]:

- Да рефлектује повећану топлоту кроз прозор;
- Што је важно, алуминијум има ниску емисивност од 0,03 до 0,05.

То значи да се преко алуминијума емитује само 3% до 5% топлотне енергије. Трајање материјала је око 25 година, а најбржи повратак инвестиције је само 18 месеци (у зависности од величине објекта и врсте фасаде).

Табела 7. Техничка спецификација, термички и оптички фактори, [48]

Инфлектор	Ts Трансмисија соларне ен.	Rs Соларна рефлексција	As Соларна апсорпција	Tv Трансмисија сунчеве свјетл.
Сива страна	0,253	0,496	0,251	0,22
Црна страна	0,253	0,083	0,664	0,22

Ts - Овај фактор мјери удио сунчевог зрачења који се преноси кроз зрачну баријеру. Низак постотак значи да тканина добро обавља смањивање сунчеве енергије.

Rs - Овај фактор мјери удио сунчеве енергије која се рефлектује, тј. врати од неку површину, кроз ваздушни слој. Високи постотак значи да ваздушна баријера добро функционише и рефлектује сунчевој енергији, што је погодно за топлије временске услове и љетни период.

As - Овај фактор мјери удио сунчевог зрачења који се апсорбира у зрачном дијелу. Мали постотак значи тканина апсорбира мало соларне енергије. Сунчево зрачење се увијек дјеломично преноси, апсорбира или рефлектира зрачење баријере.

Tv – Овај фактор мјери постотак видљиве свјетлости који долази кроз тканину у просторију. Ради се о количини свјетлости (свјетлости), а добија се кроз остакљење. Низак ниво трансмисије показује да је материјал врло дјелотворан.

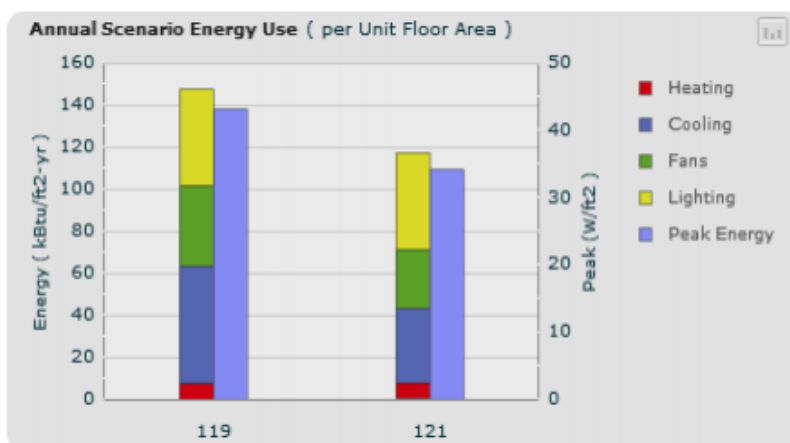
Коефицијент топлотне проводљивости овог материјала зависи од више фактора. У многим објектима у којима је постављен постоје тест извјештаји са резултатима одређених параметара, а поједини од њих су приказани у раду. На основу директног упита компанија која се бави израдом инфлектора шаље сертификате, спецификације, тестове и извјештаје корисника на основу нашег упита. Неки од њих су приказани у раду. Најближа држава гдје постоји заступништво за овај материјал, за балканске земље је Бугарска. Цијена инфлектор ролетни за балканско тржиште износи око 120 - 140 КМ/м² материјала.¹⁵

Према извјештајима менаџера фирме Dennis Roberts-а из Тексаса, постоје различити докази и сертификати о ефикасности инфлектор ролетни. Рађени су бројни тестови, експертизе и потврде из објеката који имају инсталисане системе инфлектора. Неки од извјештаја извучени су из бројних докумената, који нису јавно доступни, него су добијени директним контактом и упитом о детаљима везаним за материјал [48]:

- Инфлектор побољшава вриједност U за 54% у зимском периоду, 50% у љетњом периоду – извјештај примјене из Текас А & М Универзитета;

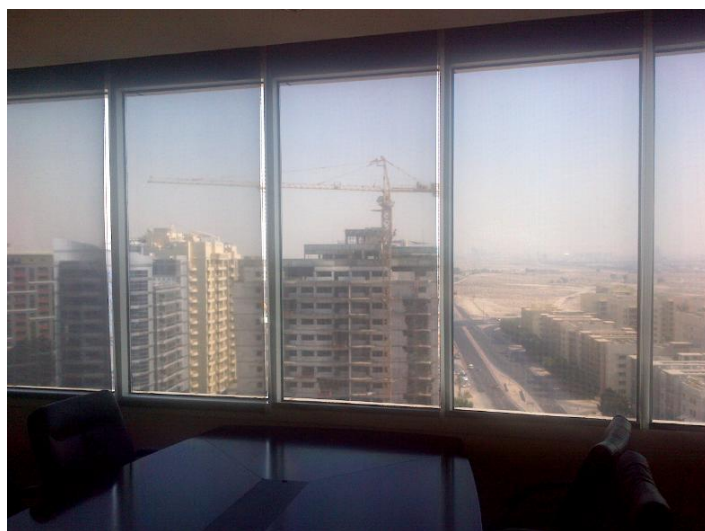
¹⁵ <http://www.inflectorbg.com/>

- Инфилтрација инфлектора смањује цурење ваздуха са 71% на 64,8% - извјештај примјене из Scanada Consultants Lmtd;
- Квадратни прозор (са изолаторима инфлектора у зимској конфигурацији) има топлину 2096 Btu/h, што одговара електричном грејачу од 600 W";
- Примјена инфлектора смањује потрошњу енергије за 30% - Извјештај примјене из сјеверозападног универзитета Јужне Африке;
- Инфлектор смањује УВ зраке до 90%;
- Соларна појачања инфлектора смањују двоструко соларни добитак двоструког прозора „EDTM SP2065 Btu Power Meter“;
- Инфлектор смањује коефицијент преноса топлоте за 47% - извјештај примјене из „Ortech Laboratories“;
- HVAC Load инфлектор смањује потребу за HVAC-ом од 41% - извјештај примјене из Dubal UAE тест-а;
- Инфлектор омогућава побољшање површинске температуре од 32.9 степени - извјештај примјене из Raytek MX;
- Инфлектор смањује губитке топлоте од 35% до 40% кроз прозоре - извјештај примјене из BRE UK / EU.



Дијаграм 5. Тест извјештај вриједности коефицијента топлотне проводљивости, [48]

Дијаграм 5. илуструје интензитет употребе енергије прије и након инсталирања инфлектор материјала на јужном зиду пословне зграде у Санта Клари, Калифорнија. Број 119 представља енергетску употребу објекта без инфлектора. Број 121 представља зграду након инсталације овог материјала. Резултати симулације су открили да ће инфлектор смањити потрошњу енергије у објекту за 20,33% и резултирати смањењем оптерећења потражње од 20,88%. [48]



Слика 18. Примјена и изглед инфлектор материјала- ролетни на транспарентним дјеловима објекта, [46]

II) ПРИМЈЕНА ИСТРАЖИВАЊА – ПРАКТИЧНИ ДИО РАДА

4. Анализа примјене наведених соларних система на примјеру зграде Владе Републике Српске

У предходном поглављу I, истражени су и анализирани системи, који могу да подрже пријем, рефлексију и трансформацију соларне енергије, ради повећања енергетске ефикасности (у наставку текста ЕЕ) у области зградарства, а да се тиме не наруши постојећи идентитет објекта. Приказани су начини и системи градње, потребне количине, производња и уштеда енергије, оквирно цијене и у поједимим случајевима примјери из праксе. Даље у раду извршена је анализа система на једном примјеру – Згради Владе Републике Српске (згради Министарстава), на основу података који су били доступни. На основу енергетске базе извршен је преглед потрошње електричне и топлотне енергије, а на основу самог пројекта изведеног рјешења утврђене су тачне мјере архитектонских елемената који могу да подрже апликације система енергетски ефикасних инсталација. Испитана је ефикасност система за гријање и хлађење, као и материјала и конструкција који утичу на енергетске аспекте зграде. Такође овај објекат већ има постојећи оперативни план за побољшање енергетске ефикасности, као елаборат за увођење једноставних, бесплатних и сложених мјера ЕЕ. Постојеће мјере, које су већ спроведене, углавном се односе на мале и бесплатне мјере, а за сложене постоје пројекти и прорачуни који нису спроведени. Одрађен је само дио сложенијих мјера, који се огледа у изградњи парапета на појединим спратовима.

Прије саме анализе објекта, као увод у поглавље, дискутована је генерално енергетска ефикасност у зградарству региона: контекст транспарентних јавних објеката, економски, привредни и технолошки развој, материјализација и конструкције објеката овог типа. Краћи опис слиједи даље у раду.

4.1 О стаклу и застакљеним јавним објектима

Однос у градитељству региона директно је сразмјеран са привредном и економском ситуацијом, која је неповољна. Када споменемо Републику Српску и државу Босну и Херцеговину прогреси у технологијама градње у области зградарства нису присутни. Примјери из праксе и примјери значајних концепата енергетске ефикасности и примјене обновљивих извора енергије, дуплих стаклених или хибридних фотонапонских фасада су веома ријетки. Постоје поједини системи који користе биомасу и геотермалну масу за загријавање простора или соларне панеле за пријем и апсорпцију соларне енергије, али све је то у количинама које су занемарљиве и областима које нису везане за зграде јавне функције са већим удјелом стаклених површина. Главни проблеми са којима се сусреће зградарство региона су [36]:

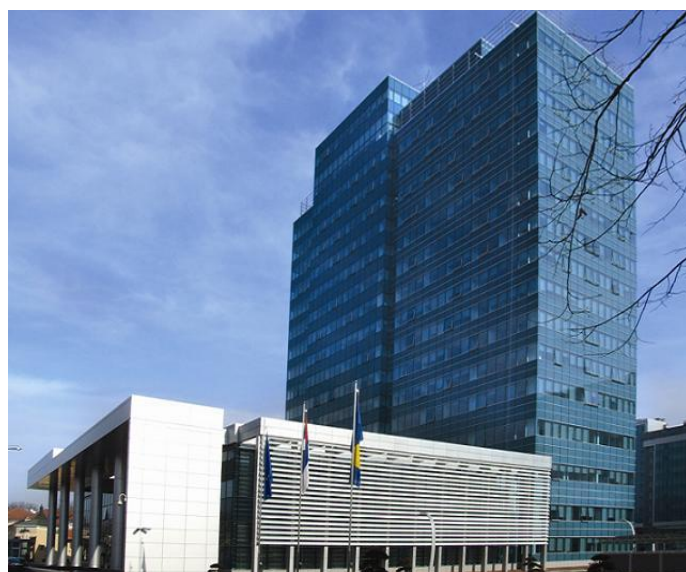
- економска и привредна неразвијеност,
- недостатак инвестиција,
- велика улагања у овакве системе без довољно субвенција,
- незаступљеност подстицаја,
- недовољна промоција и менаџмент за примјену активних соларних система на државном нивоу,
- скептичности потенцијалних инвеститора у доказаност повратка инвестиције,
- културни идентитет средине.

Разматрањем фактора развоја архитектонских технологија изведени су закључци [3]:

- Политичко-економски услови имају снажан одраз на развој архитектонских технологија, посебно софистицираних иновативних технологија оријентисаних ка смањењу потрошње енергије од фосилних горива и загађења животне средине.
- Архитектонски објекти са иновативним технологијама постају симбол економске и политичке моћи друштва, корпорација као и појединаца, али исказују и приврженост енергетски и еколошки одрживим технологијама.
- Трансфер технологија је основ развоја многих напредних технологија у архитектури; то подразумева учешће мултидисциплинарних тимова. Техничка рјешења којима се постиже природно темперирање, вентилација и осветљавање зграда постају кључни елементи у креирању форме зграде, као и њеног ентеријера, и дају нов имиџ зградама и урбаним и руралним пејзажима.

У зградарству региона (јавни сектор), углавном су присутни објекти са стакленим зид завјесама и стаклом, које је обично једноструко или двоструко, без ниско енергетских карактеристика. Концепти изградње су прилично слични (*слика 19*). Овакав облик пројектовања и изградње нових објеката је био заступљен у међународној пракси у 1970-им годинама. Концепти у области зградарства – јавних транспаретних објеката у међународној пракси данас све више теже ка принципима одрживог енергетског управљања.

На основу анализа закључује се да регион посједује природни климатски потенцијал за примјену соларне енергије, а да приципи изградње одговарају постојећим културолошким и типолошким карактеристикама објеката, који су код нас заступљени. То значи да се системи прилагођавају облику и типологији објекта, а не обрнуто.



Слика 19. Јавни објекти у Бањалуци са већим удјелом фасадних стаклених површина

4.1.1 Зграда Владе РС, архитектонско-технички осврт

Зграда Владе Републике Српске је објекат у Бањој Луци изграђен за потребе смјештаја институција Републике Српске. Располаже корисном површином од 49.140 m², од чега је (највиша зграда у Бањој Луци), а 26.104 m² у комплексу АБЦ ламела. Трг испред зграде има 13.005 m² и четири фонтане. Објекат је грађен двије године. Изградња објекта је почела у новембру 2005. за потребе Телекома Српске. На основу споразума о уступању од 26. јула 2006, Влада Републике Српске преузима инвестицију изградње пословне зграде. Највише контроверзи које су пратиле изградњу овог објекта тичу се цијене изградње. Према процјенама главног ревизора РС коначна цијена комплекса је 220 милиона конвертибилних марака [50].



Слика 20. Зграда Владе Републике Српске, [50]

Ламела А је објекат спратности -2По+П+17 и ламела Б- ниски објекат спратности -2По+П+Г+1. Објекат Б је у подруму проширен за потребе рампе. С обзиром на знатно различите спратности ова два објекта, они су дилатирани сеизмичком дилатацијом. Темељи су јединствена темељна а.б. контра плоча дебљине 80 cm и 120 cm – МБ-30 за читав објекат. Основна конструкција објекта се састоји од пуних а.б. плоче које се ослањају на централно а.б. језгро и на а.б. стубове по обиму плоче са конзолним препустима. Обзиром на веће растере међуспратна а.б. плоча је дебљине 20 cm, МБ-40. Носиви а.б. стубови су дим.80/80 cm до седмог спрата и 60/60 cm до седамнаестог спрата, МБ-40. Степеништа су постављена симетрично у крајњим растерима централног језгра и ријешена су конструктивно као а.б. кољенасте плоче дебљине 16 cm, са подестима и међуподестма дебљине 20 cm. Основна конструкција нижег објекта су пуне а.б. плоче које се ослањају на систем а.б. рамова у оба смјера укрућени а.б. платнима [50].

Фасаду Зграде Владе чини алуминијумска зид завјеса "far wall" у конструкцији од алуминијумских профила са прекинутим термичким мостом. Транспарентни дијелови фасаде су остакљени двослојним, термоизолационим стаклом дебљине 6+15+3.3.1 mm, произвођача AGC Glass. Спољашње стакло је каљено - дебљине 6mm, затим слиједи ваздушни простор од

15mm и унутрашње ламелирано стакло које има структуру 3mm+3mm. Нетранспарентни дијелови су са испуном од једноструког стакла дебљине 6mm, које је каљено, емајлирано, тамно бојеног лима иза стакла и слојем термоизолације у склопу панела. Дијелови фасаде имају отварајућа крила око горње хоризонталне осовине без маказа. По европским стандардима је урађена заптивеност ваздуха класа А3 (евр. станд. UNI-EN 42) [50].

Вањски зид подрума је армирани бетонски дебљине 25 cm и 20 cm МБ-40, обложен вареним трослојним и двослојним еластомерним тракама. Преко вертикалне хидроизолације постављен је екструдирани полистирен XPS дебљине 5 cm. Унутрашњи носиви зидови високог објекта су а.б. зидови дебљина од 25 cm и 20 cm МБ-40. А.б. зидови и зидови од опеке у дијелу гријаног и негријаног простора су обложени минералном вуном дебљине 5cm. Унутрашњи преградни зидови су од монтажног система "Knauf W-112" и "W-111" д-12,5 cm, са металном потконструкцијом и испуном од минералне вуне од 5 cm. У подрумима, на а.б. плочу МБ40 је термоизолација у облику тврде екстудирана полистирен плоче URSA FOAM N-III-L, дебљине 5 cm. На спратовима на а.б. плочи МБ40 је термоизолација у облику тврде плоче од минералне вуне URS PIP/T/, дебљине 2 dm са пе-фолијом, на коју иде цементни естрих дебљине 5,3 cm, те изравнавајући - самонивелациони слој и завршни слој. Спуштени стропови су комбинација монолитних гипс-картонских плоча од 15mm и "Amstrong" плоча димензија 60/60 cm. Стropови су спуштени 40 cm од а.б. плоче. Проходни кровови су рађени са термоизолацијом од екстудиране полистирен плоче XPS N-V-L, на коју иде филц (140gr/m²), пјесак и камене плоче. На непроходним крововима је иста термоизолација дебљине 8 cm и филцом, те завршним слојем од гранулисаног шљунка [50].

Топлотна енергија за гријање објекта се преузима од Топлане а.д. преко два измјењивача, за сваки објекат посебно и мјери се помоћу два калориметара. На овај начин мјери се стварно преузета енергија. Топлотна енергија се за Зграду Владе усмјерава од раздјељивача према главним потрошачима системом развода и пумпама које покривају подсистеме [50]:

- водене гријаче за клима коморе,
- топоводне гријаче ваздушних завјеса на улазима у приземљу објекта,
- радијаторско гријање на етажама П-1 и П-2,
- стропне вентилоконвекторе инсталисане у канцеларијама и салама свих спратова, као и на ходнику у приземљу.

Главни подсистеми гријања су [50]:

- стропни вентилоконвектори инсталисани у канцеларијама и на ходнику у приземљу,
- парпетни вентилоконвектори инсталисани у канцеларијама и салама свих спратова, на ходницима и на степеништима,
- радијатори у техничким просторијама, тоалетима, те купатилски регистри (сушачи пешкира) у апартманима,
- водени гријачи за клима коморе.

За хлађење објекта у АЦ ВРС користе се расхладни агрегати смјештени на терасама објекта: у Згради Владе РС на 16. спрату (3 агрегата серијски спојена у јединствен систем). У овим агрегатима се помоћу расхладног средства (фреон R-134a) хлади вода која се системом пумпи допрема до појединих група потрошача. Групе потрошача на објекту Зграда Владе РС (подсистеми) су [50]:

- систем вентилоконвектора (3 пумпна круга) и

- систем водених хладњака (чилера) клима комора (3 пумпна круга).

На Згради министарстава на сваком агрегату једна пумпа (инсталисана радна и резервна) потискује воду у двије вертикале (огранак за сваки улаз). За потребе хлађења техничких просторија у којима су смјештене телефонске и рачунарске централе, сервери и UPS¹⁶ уређаји, инсталисано је, што од почетка рада објеката, што накнадно, преко 30 клима уређаја, сплит¹⁷ система. Скоро без изузетка, сви инсталисани уређаји су класе А и користе еколошки прихватљива расхладна средства. Како се Згради Владе проширују активности, тако се јавља потреба за накнадном уградњом још ових уређаја.

Систем клима комора на објектима намјењен је за обраду вањског ваздуха, његово кондиционирање (филтрирање, загријавање или хлађење), те дистрибуцију изолованим ваздушним каналима до издувних дистрибутера (решетки, дифузора и анемостата). Све клима коморе истовремено и одсисавају засићени ваздух из просторија и избацују га у вањски простор. У Згради Владе РС инсталисано је 14 клима комора које имају различите функције:

- клима коморе намјењене за канцеларије и сале (9 ком) обезбјеђују 100% свјежи ваздух, претходно филтриран и загријан, односно охлађен на пројектовану температуру.
- клима коморе за вентилацију подрумских просторија и архива на П-1 и П-2 (2 ком) свјежи ваздух само филтрирају и догријавају на пројектну температуру.
- клима коморе у противпожарној функцији (3 ком) вањски ваздух директно удувавају у заштићене зоне за евакуацију, при активирању противпожарне централе.

Гријање и хлађење се обавља преко вентилоконвектора, а измјене свјежег ваздуха се врше преко клима комора. У просторијама гдје је предвиђено да ће дуже вријеме боравити повећан број људи за вентилисање су предвиђени рекуператори ваздуха, као посебни HRV уређаји (heat recovery ventilation – вентилација са повратом топлоте). Ови уређаји се налазе у салама за састанке појединих министарстава на објекту Б2, у холовима на А1, Б2, Ц1. Принцип рада HRV уређаја је описан код рекуперативне секције клима комора, с тим да је овдје ријеч о посебном уређају са заштитним предгријачем. Топлота се узима из истрошеног ваздуха и користи за предгријавање свјежег ваздуха, чиме се остварује аутоматско уравнотежење вањске и унутрашње температуре. Ефикасност ових уређаја је врло висока, тако да увођење овог система вентилације растеређује комплетни систем климатизације преко 30%. Будући да се ваздушне струје не мијешају, на овај начин просторије се снабдевају са 100% свјежим ваздухом. Ови уређаји спадају у ред високоефикасних уређаја за вентилацију.

4.2 Енергетска потрошња и услови топлотног комфора

Енергетска ефикасност у зградарству се води концептом да се за смањену енергетску потрошњу не губе услови комфора боравка у просторији, заправо резултат је бољи и напреднији комфор. Коришћење конвенционалних облика енергије, подразумева да за већу енергетску потрошњу требају бити бољи услови комфора: Топлота у просторију у зимском периоду и расхладна енергија у лјетном. Низ лоших елемената на објектима резултира

¹⁶ UPS - Uninterruptible Power Supply – Уређај за несметано напајање електричном енергијом

¹⁷ сплит системи - клима уређаји који се састоје од две јединице: спољашње и унутрашње, као и система катализатора за повезивање кроз које пролази фреон. Системи са двокомпонентом су најчешћи, али чак и система са више унутрашњих јединица (тзв. Мулти системи).

супротно - да се са великим енергетским потрошњама не задовољавају услови комфора. Неки од тих елемената који доводе до прекомјерне потрошње су:

- одабир локације
- лоше пројектно рјешење вертикалног омотача зграде: незаптивеност омотача и непостојање заштите од сунца, те одабир некавалитетних материјала
- врста застакљења
- неефикасност елемената за гријање и хлађење: лош пројекат машинских инсталација, недовољна количина елемената
- не адекватно опхођење корисника

Подаци о електричној и топлотној потрошњи (табела 7 и 8) наведени су на основу Енергетске базе [49], а услови комфора са становишта корисника испитани су на основу анкете спроведене у Згради Владе Републике Српске (прилог 1). Енергетска база за 2016. годину израђена је према 50 001 ISO¹⁸ стандарду и на основу ње можемо извући податке за мјесечне потрошње енергије на основу којих се могу вршити даља разматрања и поређења са анкетом.

Табела 8. Потрошња ел. енергије у згради Владе (Зграда Министарстава, нето површина 22 830, 21 m²), [49]

Мјесец	Утрошена енергија (kWh)	Остварени енергетски показатељ (kWh/m ²)	Планирани енергетски показатељ (kWh/m ²)
Јануар	153 642, 00	6,73	6,05
Фебруар	133 072, 00	5,83	5,85
Март	154 336, 00	6,76	5,60
Април	115 008, 00	5,04	5,04
Мај	119 486, 00	5,23	5,24
Јун	138 286, 00	6,06	6,03
Јул	157 718, 00	6,91	6,94
Август	145 680, 00	6,38	6,60
Септембар	132 000, 00	5,78	6,04
Октобар	126 754,00	5,5	5,9
Новембар	138 480, 00	6,07	5,68
Децембар	206 548, 00	9,05	6,60

На основу табеле закључује се да је највећа потрошња у децембру, јануару и јулу. Укупна потрошња износи 1 721 000 kWh [49]. Када се ова вриједност подјели са површином зграде добије се око 82,65 kWh/m². Према резултатима анкете и коментарима испитаника топлотна енергија у најхладнијим мјесецима није довољна за загријавање просторија, те додатно загријавање врше путем климе и због тога су у децембру и јануару највеће потрошње и електричне и топлотне енергије.

¹⁸ 50 001 ISO - стандард за помоћ организацијама у управљању енергетским перформансама.

Табела 9 . Потрошња топлотне енергије у згради Владе (Зграда Министарстава, нето површина 20 823 m²), [49]

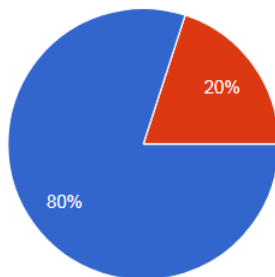
Мјесец	Утрошена енергија (MWh)	Просјечна утрошена енергија 2008-2015 (MWh)	Остварени енергетски показатељ (MWh/m ²)	Планирани енергетски показатељ (MWh/m ²)
Јануар	285, 57	287,49	13,71	13,81
Фебруар	138, 38	261,12	6,65	12,54
Март	170,77	180,49	8,20	8,67
Април	27,69	72,91	1,33	3,50
Октобар	90,46	67,04	4,34	3,22
Новембар	147,47	155,38	7,08	7,46
Децембар	202,17	239,73	9,71	11,51

Укупна потрошња топлотне енергије износи 1 062, 51 MWh [49]. На основу табеле закључујемо да је највећа потрошња у децембру и јануару, а најмања у априлу и октобру. Према резултатима анкете и коментарима испитаника најнепријатнији мјесеци за боравак у канцеларијама су јануар, април и октобар, јер је тада неопходно још загријавања простора.

Анкета „Анализа топлотног кофора у љетном и зимском периоду“ спроведена је 15.01.2018. године међу 40 запослених у Министарству за просторно уређење, грађевинарство и екологију. Анкета је извршена у односу на оријентацију - постоје два различита типа испитаника: 20 испитаника ради у канцеларијама оријентисаним према југу и југоистоку, а 20 према сјеверу и сјеворозападу. Циљ анкете је испитивање услова рада и задовољства корисника простора, њихове примједбе, критике и тежње за нека од могућих рјешења. Такође извршена је и анализа потрошње енергије и употреба климе за додатно загријавање и хлађење. Нека од питања и резултата, као и поређење резултата у односу на оријентацију просторија се налазе даље у тексту заједно са закључком на анализу, а детаљна електронски обрађена анкета налази се у прилогу бр. 1, заједно са потврдом о извођењу и захтјеву за израду који је послат прије одласка на локацију.

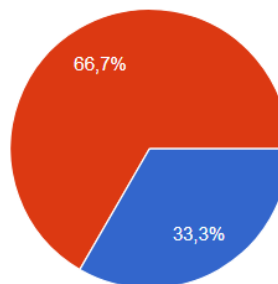
Резултати анкете показују да су корисници чије су канцеларије оријентисане према јужној и југоисточној страни (они који су више изложени соларној енергији) незадовољнији у љетњем периоду (*график 1а*) због превелике инсолације и топлотне соларне енергије, за разлику од испитаника чије су канцеларије оријентисане на супротну страну (*график 1б*). Сви испитаници у великом броју користе климу - у просјеку 86% (*график 2а* и *график 2б*). Од оних који раде у канцеларијама оријентисаним на јужну страну 61% користи климу цијели радни дан (*график 3а*), док само 12% користи климу цијели радни дан на супротно оријентисаној страни (*график 3б*) у љетном периоду. У зимском периоду 47, 4% радника чије су канцеларије оријентисане на јужну и југоисточну страну користи климу за додатно загријавање просторија (*график 4а*), док их је 75% на сјеверној и сјеворозападној страни. Обзиром да у зимском периоду клима представља облик додатног загријавања, користи се у мањим процентима и краћим временским интервалима у односу на љетњи период. Радници углавном зими користе климу 2-3 сата и то 43,8 % оних који раде у канцеларијама оријентисаним на југ и југисток (*график 5а*), а у супротно оријентисаним канцеларијама 33,3 % (*график 5б*).

а)



Да
Не

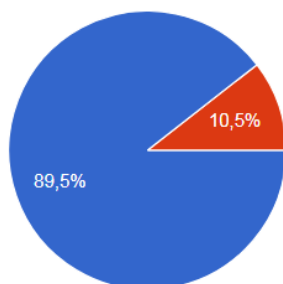
б)



Да
Не

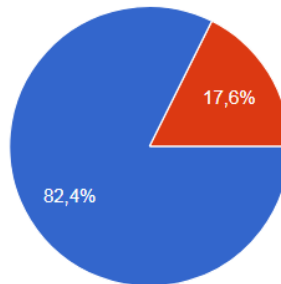
График 1. Изложеност соларној топлотној енергији: а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

а)



Да
Не

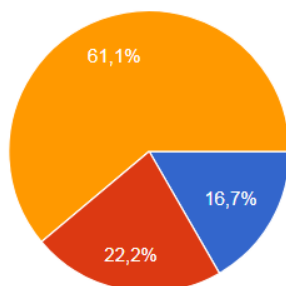
б)



Да
Не

График 2. Коришћење климе у љетном периоду : а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

а)



2-3
3-5
Цијели дан

б)

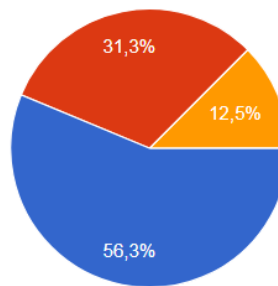
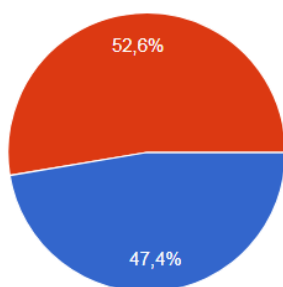


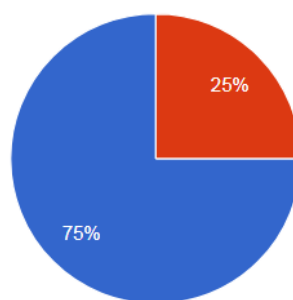
График 3. Временски оквир коришћења климе у љетном периоду : а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

а)



б)

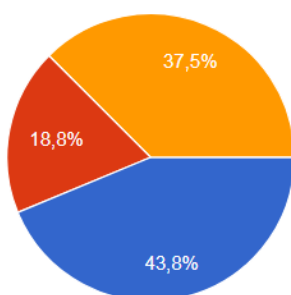
Да
Не



Да
Не

График 4. Коришћење климе у зимском периоду : а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

а)



б)

2-3 сати
3-5 сати
Цијели радни дан

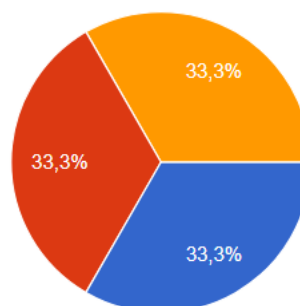
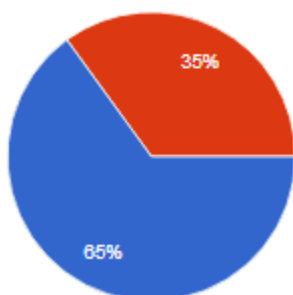


График 5. Временски оквир коришћења климе у зимском периоду : а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

Они што је карактеристично за зимски период и топлотне губитке у том периоду јесте да су резултати приближно једнаки и корисници су већином задовољни топлотним комфором у зимском периоду. Разлика је за 5%, гдје се неочекивано закључује се да су корисници чије су канцеларије оријентисане на јужну и југоисточну страну незадовољнији од корисника са супротне стране (график ба и бб).

а)



б)

Да
Не

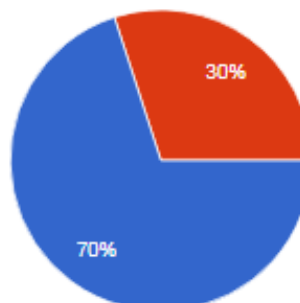


График 6. Задовољство корисника топлотном енергијом у зимском периоду : а) оријентација југ и југоисток б) сјевер и сјеверозапад

Корисници су одговорили да углавном одржавају температуру од 27 °C (*прилог 1 , питање 8*), али већина њих не подноси добро расхладну енергију из клима уређаја – укупно 75% (45 % је одговорило да на подноси рад климе, али нема другог рјешења, а 30% је заокружило само не као одговор). Испитанци су навели и неколико коментара, који се углавном односе на комфор радног простора са аспекта коришћења климе (*прилог 1, дио 2, питање 8*):

- У мјесецу априлу је јако хладно, док је у октобру јако топло.
- Клима је једини начин загријавања.
- У зимском периоду нема довољно дотока чистог ваздуха кроз клима уређаје.
- Квалитет зрака који излази из централног система је јако лош. Систем се не одржава и не чисти што ствара проблеме и алергијске реакције.

Након анализе анкете и поређења са енергетском базом закључује се да се троши велика количина електричне енергије, као енергента за расхлађивање просторија у лјетном периоду, и догријавање у зимском. Количина топлотне енергије достављене из градске топлане је недовољна за загријавање зими, што указује на неефикасност система и непостизања оптималног топлотног комфора за боравак и рад у канцеларијама.

4.3 Постојећи програми за увођење ЕЕ мјера анализираног објекта

Оперативни план за побољшање енергетске ефикасности у републичким органима управе дефинише конкретне мјере којима се планира остварење веће енергетске ефикасности (ЕЕ) и предвиђених уштеда. Мјере остварења енергетске ефикасности (ЕЕ) могу се дефинисати као:

- правне, које обухватају доношење законске регулативе у области ЕЕ и дефинишу одговорност за њено спровођење,
- стратешке и планске, којима се дефинишу главне смјернице за унапређење ЕЕ,
- организационе, које дефинишу организационе шеме дјеловања и појединачна задужења у области побољшања ЕЕ,
- економске, које разрађују начине финансирања и прибављања финансијских средстава за реализацију планираних активности за побољшање ЕЕ и
- техничко-технолошке мјере које дефинишу начин остварења уштеде енергије и побољшања ЕЕ управљањем потрошњом енергије.

У том смислу, Оперативни план за побољшање ЕЕ у републичким органима управе, представља скуп организационих и техничко-технолошких мјера којима се остварује рационализација и смањење потрошње енергије. Истовремено, оперативни план представља и плански документ, јер се уклапа у остале стратешке и планске мјере, те законску регулативу која је до сад донесена у области ЕЕ. Синхронизованом примјеном више мјера (законских, стратешких, планских, организационих, економских и техничко-технолошких) осигурава се задато смањење потрошње финалне енергије. Претходно донешена законска регулатива, стратешка и планска документа у области ЕЕ поставиле су основне смјернице унапређења, те правно уредиле како ће се ове активности спроводити. Оперативни план разрађује мјере којима се планирани циљ уштеде треба остварити [50]:

- бесплатне мјере,
- једноставне/енергетски исплативе мјере,
- сложене мјере.

Бесплатне мјере представљају мјере одговорног понашања према енергији, тзв. мјере домаћинског односа. Потребна количина енергије у постојећем објекту најчешће се анализира на годишњем нивоу. Ова количина не зависи само од техничких карактеристика објекта (грађевинских материјала, конструкције, оријентације, термичких и електро инсталација и сл.), него зависи и од понашања корисника. Ове мјере могуће је примјенити у већини објеката, не захтјевају било каква финансијска улагања, а могу да допринесу знатној уштеди енергије. Ово су између осталог и први кораци који се у објекту предузимају у циљу повећања енергетске ефикасности. Бесплатне мјере за гријање и хлађење подразумевају да треба [50]:

- Смањити температуру гријања у просторији за један степен. Само један степен нижа температура у просторији, може да уштеди од 5 до 6% потрошње енергије.
- Не дозволити прегријавање просторија, исправно користити уграђене термостате. Отварање прозора је врло скуп начин регулисања температуре.
- Правилно се требају провјетравати просторије. Не остављати отворене прозоре и врата док ради гријање/хлађење, него широм отворити прозор на неколико минута да се просторија провјетри, а да се зидови не расхладе/угрију. Прије провјетравања гријање/хлађење искључити.
- У просторијама које се не користе, потребно је искључивати гријање и хлађење.
- Директна употреба електричне енергије за гријање није оправдана. Акумулирана енергија у ТА пећима и уљним радијаторима се емитује и након искључивања, када више није потребна. У прелазним периодима препоручује се употреба клима уређаја који за 1 kW електричне енергије одају и до 3 kW топлотне енергије. Овога се придржавати кад год је то могуће.
- Уређаје користити намјенски, према упутству произвођача.
- Током зимских дана, на прозорима окренутим према Сунцу, потребно је уклонити завјесе и подићи ролетне, како би се искористила сунчева енергија. У периоду облачног и вјетровитог времена потребно је навући завјесе и ролетне, како би се ублажили топлотни губици из просторије
- Користити ваздушне завјесе у комбинацији са аутоматским затварањем врата, како би се смањили топлотни губици/добаци при честом отварању.
- Побољшати редовно одржавање инсталација, уређаја и агрегата, прегледати исправност инсталација и уређаја.
- Подесити температуру просторије у периоду хлађења на 26°C и више, тако да разлика између вањске и унутрашње температуре буде 7°C. Поред уштеде енергије ово ће осигурати и боље здравствено стање корисника.
- Изворе топлоте (сијалице и друге електричне уређаје који исијавају топлоту) удаљити од термостата, како они не би регистровали погрешну температуру простора и узроковали продужено хлађење, кад није потребно.
- Искључивати електричне уређаје кад нису у употреби. Уређаји и у режиму чекања троше електричну енергију (неки и до 30% у односу на режим рада) и зраче одређену количину топлотне енергије.
- Клима уређаје искључивати при напуштању просторије. У току рада клима уређаја прозоре и врата држати затворене и не хладити простор у којем се не борави.
- Користити природну или механичку вентилацију да се објект расхлади током ноћи.
- Поставити засјенчење на прозорима изложеним директном сунчевом зрачењу. Правилним избором се постиже уштеда хлађења од 15 до 30%, зависно од величине прозора и оријентације. Вањско засјенчење је ефикасније од унутрашњег, али уколико није примјењиво, користе се специјалне фолије, венетијанери и завјесе свијетлих боја, како би се рефлектовало сунчево зрачење.
- Адекватно се облачити у складу са временским условима.

Једноставне мјере су мјере које подразумевају повећање ефикасности постојећих система или смањење потрошње енергије кроз једноставне захвате и одређен ниво инвестиција. Спровођење ових мјера енергетске ефикасности углавном не кошта много, а инвестирана средства се враћају у врло кратком року. У следећем тексту приказане су мјере за гријање и хлађење: постављање адекватне изолације, рјешавање проблема прозора и врата, аутоматска регулација топлотне и расхладне енергије, увођење термостатски вентили и регулатори диференцијалног притиска. Инвестиција која се најбрже враћа је изолација стропа према негријаном тавану. Да би се спријечио продор влаге из доње просторије и кондензација у изолациони материјал, прије изолације се поставља парна брана. Парну брану може представљати неки од различитих материјала. Производе се у виду премаза на бази битумена, полимербитуменских трака са улошком од алуминијске фолије, трака и фолија на бази гуме и сл. У примјени је најчешће полиетиленска ПЕ фолија дебљине 0,2 mm. Изолација изведена на овај начин је једноставна и брза, поступак је јефтин, а смањује трансмисионе губитке објекта и до 10%. Смањити губитке можемо и изолацијом радијаторских ниша и кутија за ролетне, коз које су губитци топлоте најчешће већи, него на комплетном прозору [50]. Најчешћи губитци топлоте на прозорима и вањским вратима су узроковани лошим заптивањем. Поправком окова и заптивања постижу се велике уштеде. Уколико је стакло једнослојно или двослојно, али лоше вакумирано, треба размотрити замјену стакала са low-e стаклима. За прозоре је најповољнија варијанта уградња ролетни [50]. Ово је добар и учинковит начин да се спријече топлотни губитци зими, као и продор топлоте споља лети. Зато ову мјеру треба спровести гдје год је то могуће. Систем гријања и хлађења са потпуном аутоматском регулацијом -овај систем је најдјелотворнији. Њиме се постиже константна амбијентална температура, без утицаја вањских температурних осцилација. Аутоматска регулација се остварује електронским уређајима преко електромоторних погона. Аутоматика прима податке од температурних сензора, вањских и унутрашњих. Регулација може бити постављена у зависности од вањске или од унутрашње температуре. У већини случајева боље рјешење је да се регулација оствари у зависности од вањске температуре. Примјењеном система аутоматске регулације, може се уштедити и до 30% на енергији хлађења и гријања [50].

Сложене мјере за постизање енергетске ефикасности захтјевају већа инвестициона улагања, али дугорочно су исплативе. Највеће трошкове у објекту представљају трошкови електричне енергије, трошкови за загријавање и хлађење простора, те трошкови енергије за припрему топле санитарне воде. Док се потрошња електричне енергије може претходним мјерама значајно умањити, трошкови загријавања и хлађења увелико зависе од претходно изведене грађевинске фазе. Топлотни комфор у просторији се може остварити само ако се у простор доведе грејна/расхладна енергија, за чију производњу се троши неки од енергената: нафта, гас, дрво, угаљ, уран и сл. Углавном су то необновљиви извори енергије, које трошимо док их има или док можемо плаћати њихову цијену. Оно што је битно за испуњеност топлотног комфора са минималном потрошњом енергије је исправна термичка изолација објекта. Ако се током градње објекта није извела добра термоизолација, нарочито вањског омотача, свакако се исплати и накнадно изоловати објекат (зидове, подове и друге површине оријентисане према негијаним просторима). Премда топлота тежи уравнотежењу и њен ток од топлијег тијела ка хладнијем се не може зауставити, изолациони материјали овај проток успоравају. Ову особину провођења топлоте дефинише коефицијент топлотне проводљивости λ (W/mK) и што је он мањи, то је материјал бољи изолатор [51]. Такође битни параметри за пролаз топлоте кроз вишеслојан раван зид су топлотна отпорност R ($m^2 K/W$) (формула 1) и коефицијент пролаза топлоте U (W/ m^2K) (формула 2). Укупна вриједност топлотне отпорности износи [51]:

$$R = R_u + R_z + R_s \text{ (m}^2 \text{ K/W)},$$

Формула 1. Укупна (еквивалентна) топлотна отпорност, [51]

Гдје је:

R_u - топлотна отпорност унутрашњег ваздуха прелазу топлоте са ваздуха на зид,

R_z – топлотна отпорност вишеслојног зида и

R_s – топлотна отпорност спољашњег ваздуха прелазу топлоте са зида на ваздух.

Коефицијент пролаза топлоте U (W/m²K) представља количину топлоте која у јединици времена протекне кроз јединичну површину преградног зида [51]:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{a_u + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_s}}$$

Формула 2. Коефицијент пролаза топлоте, [51]

Реципрочан је топлотној отпорности и представља квантитативну мјеру топлотних губитака, тј. показује колика се количина топлоте преноси кроз зид у јединици времена. Што је U (W/m²K) вриједност мања (топлотни отпор већи), то је мања густина топлотног флукса, што значи да је зид боље изолован [51]. Обзиром да је коефицијент топлотног пролаза на спољашњем зиду објекта око $U_{sw}=1,5$ W/m²K, сматра се да нису испуњени услови за ниско енергетске одредице објекта, пошто овај коефицијент за климатско подручје гдје се налази анализирани објекат треба да буде 0,3 W/m²K¹⁹ (услови су дефинисани правилником у складу са просјечном годишњом температуром и просјечном мјесечном температуром најхладнијег мјесеца у години за одређено климатско подручје).

Сложене мјере енергетске ефикасности у згради Владе РС, које су предложене Оперативним планом [50] предлажу и следеће:

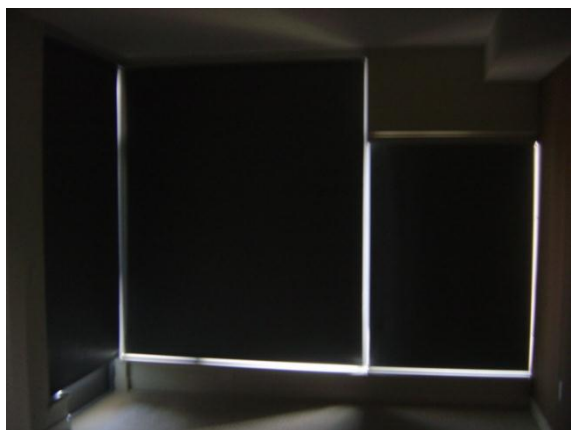
- Наставити са побољшањем термоизолације у парпетним зидовима фасаде - оквирна цијена инвестиције: 20,000 КМ.
- Поново планирати постављање "black out" ролетни на јужну и источну фасаду - оквирна цијена: 245,000 КМ. Већ је од раније планирано да се ставе "black out" ролетне (слика 17) на јужну и источну фасаду, јер постојећи систем хлађења у лјетним мјесецима не задовољава. Са овим ролетнама температура у просторијама се смањује за 7°C редукцијом сунчевих зрака. Због недовољних финансијских средстава за сада се одустало од тога.
- Радити на побољшању спојева алум.профила фасадног платна - цијена инвестиције: 10,000 КМ.
- Израда термоизолације на равним крововима, оквирно: 80,000 КМ.

У административном центру зграде Владе Републике Српске спроведене су већ поједине мјере енергетске ефикасности, које су у облику архитектонско-дизајнерских рјешења и у облику техничко-машинских промјена везаних за системе гријања и хлађења [50]:

¹⁹ Правилник о методологији за израчунавање енергетских карактеристика зграде (Службени гласник РС број 40/13), табела 5.

- На приземљу и на 1.спрату у канцеларијама на парпетима је урађена нова термоизолација (минерална вуна 10 cm).
- На 13. спрату у једној канцеларији су постављене "black out" ролетне.
- Пројектом је дефинисано и изведено да се мјери стварна количина испоручене топлотне енергије, а уговором са Топланом да се стварна количина преузете енергије плаћа.
- Пумпни системи за вентилоконвекторе су електронски контролисани (са фреквентним регулаторима), како би се што равномјерније уједначили притисци у мрежи топле воде, сачувала инсталација и цијевна арматура.

Рад главних система гријања надгледа се и подешава са ЦНУС-а (централни надзорни управљачки систем). Подешавањем радног времена пумпних система и клима комора, те усклађивањем са потребама корисника и радом Топлане, остварују се уштеде топлотне и електричне енергије, те избјегава непотребан рад пумпи, вентилатора и осталих уређаја и опреме. Ефекте ових мјера одражава смањење потрошње испоручене топлотне енергије у периоду од 2008 до 2014. Рад инжењера на ЦНУС-у се синхронизује са радом сервисера и монтера, који ову опрему поправљају и одржавају у исправном стању.



Слика 21. Изглед "black out" ролетни

- Поред интервентног одржавања које подразумева отклањање тренутних кварова и застоја, уведено је и редовно одржавање система: дневно, мјесечно, полугодишње и годишње.
- Због велике дужине цијевне мреже регулација протока по спратовима је изведена баланс вентилима. Регулација на сваком спрату је извршена димензионисањем цијевне мреже, што се на појединим спратовима показало као недовољно. Зато је на 4.спрату у Згради Владе накнадно извршена уградња баланс вентила испред вентилоконвектора, како задњи вентилоконвектор у огранку не би остао без гријања.
- Расхладни агрегати раде са еколошким расхладним средством (фреон R-134a) које не шкоди озонском омотачу. Сваки агрегат има по 2 расхладна круга, тј. 2 вијчана компресора који се степенасто оптерећују. На тај начин се машина равномјерно оптерећује, нема непотребног потхлађивања. Коефицијент ефикасности за рахладне агрегате је EER=3,2 енергетска класа производа А. Расхладни агрегати се редовно сервисирају према упутама произвођача (дневни и полугодишњи прегледи), а годишње од стране овлаштених сервисера, како би се обезбједио њихов добар и поуздан рад.
- Вода као носилац расхладне енергије разведена је кроз објекат изолованим цијевима. Изолација цијеви се кроз редовно одржавање поправља, како би се спријечило

кондензовање воде на цијевима и оштећење стропних и подних облога, као и непотребни губитак расхладне енергије.

- Пумпни системи вентилоконвектора су електронски регулисани (са фреквентним регулаторима) чиме се штеди енергија и штити опрема.
- Спратна регулација извршена је преко баланс вентила који обезбјеђују оптималније кориштење расхладне воде.
- Кроз редовно и интервентно одржавање у претходном периоду отклоњени су уочени недостаци и неправилности на уређајима и инсталацијама.
- Системи са расхладном водом подешавају се са централног надзорног управљачког мјеста (ЦНУС), тако да се рад појединих система дефинише унапријед, а прегледа и мијења у зависности од потреба корисника и временских услова.
- Клима коморе намјењене за канцеларије и сале у Згради Владе РС имају рекуператоре ваздуха. Ово су секцијски елементи који штеде енергију. У рекуператорима долази до струјања ваздуха који се узима из вањске средине и ваздуха који се избацује ван. Конструкција рекуператора је ламелна и обезбјеђује струјање ове двије струје у контра смјеру, без мјешања, при чему се у сезони гријања вањски ваздух догријава загријаним ваздухом из просторија, прије него се избаци ван. У лјетном периоду се вањски ваздух дјелимично расхлади хладним ваздухом из просторија, прије него се он као отпадни избаци у околину. На тај начин се знатно штеди енергија, а задржава се висок квалитет ваздуха у простору.
- Рад клима уређаја је подешен на радно вријеме запослених у објекту, преко аутомаског управљања на ЦНУС-у, те нема непотребног рада и губитака. Промјене режима рада се одрађују сукцесивно у зависности од временских услова и потреба корисника објекта. Управљање овим системом је централизовано са једног мјеста.
- Систем клима комора контролише се и подешава дневним и полугодишњим прегледима, редовно се чисте измјењивачке површине, одводња кондензата, врши замјена ремења, замјена филтера и друго, све у циљу исправног и ефикасног рада.
- Едукација корисника који раде у просторима гдје су инсталисани HRV уређаји.
- Едукација сервисера који раде на поправкама и сервису система HRV уређаја, рекуператора топлоте.
- Редовно сервисирање и контрола рада HRV уређаја, замјена филтера, оштећених и дотрајалих дијелова и поправка дотрајале изолације.
- Едукација особља које користи техничке просторије у којима су инсталисани split-sistem уређаји.
- Редовно сервисирање и одржавање split-sistem уређаја, прање филтера и измјењивачких површина, замјена оштећених дијелова, допуњавање расхладног средства.
- Приликом накнадних набавки ових расхладних уређаја, при одабиру се водило рачуна о класи ЕЕ и заштити животне средине.

4.4 Испитивање нових могућих инвестиција и уштеда

У наредном дијелу рада извршен је прорачун за постављање нових система – соларних система за апсорпцију и рефлексију соларне енергије, који омогућавају уштеду конвенционалних облика енергије, повећавају енергетску ефикасност објекта и трансформишу постојећи објекат у објекат са новим нивоом енергетских перформанси. Рачун је поједностављен и настаје на основу потрошње енергије у згради на годишњем нивоу и тренутне цијене електричне и

топлотне енергије. Цијена ел. енергије износи 0,1282 KM/kWh²⁰ и укупна цијена на годишњем нивоу је 220 632 KM (на основу потрошње од 1 721 000 kWh/год) за сву енергетску потрошњу. Постотак потрошње енергије који одлази на системе гријања, хлађења, климатизације и вентилације (HVAC - Heating, Ventilation and Air Conditioning) у јавним пословним објектима за анализирано климатско подручје је између 28-30 %. ²¹ Тиме се у прорачуну енергије узима потрошња од 23,3 kWh/m² или цијена од 67 514 KM/год са урачунатом стопом инфлације ел. енергије за подручје Босне и Херцеговине од 2%. ²² Укупни издаци за топлотну енергију износе 21 746 KM, што значи да су укупни трошкови за електричну и топлотну енергију 87 260 KM/год. На основу прорачуна за производњу енергије путем фотонапонских система настају вриједности уштеда (табела 10 и 12). За остале системе прорачун је извршен на основу процентуалних уштеда из предходно истражених извјештаја постојећих пројеката (табела 11 и 13). Поређењем цијене инвестиције и уштеда, поједностављеним прорачуном, добија се период отплате материјала, а за изабрану инвестицију (инвестиција приказана као оптимално најпогодније рјешење) урађен је детаљан период повратка инвестиције са урачунаним параметрима, као што су: каматна стопа, трошкови доставе и монтаже, трошкови амортизације, порез на добит, итд.

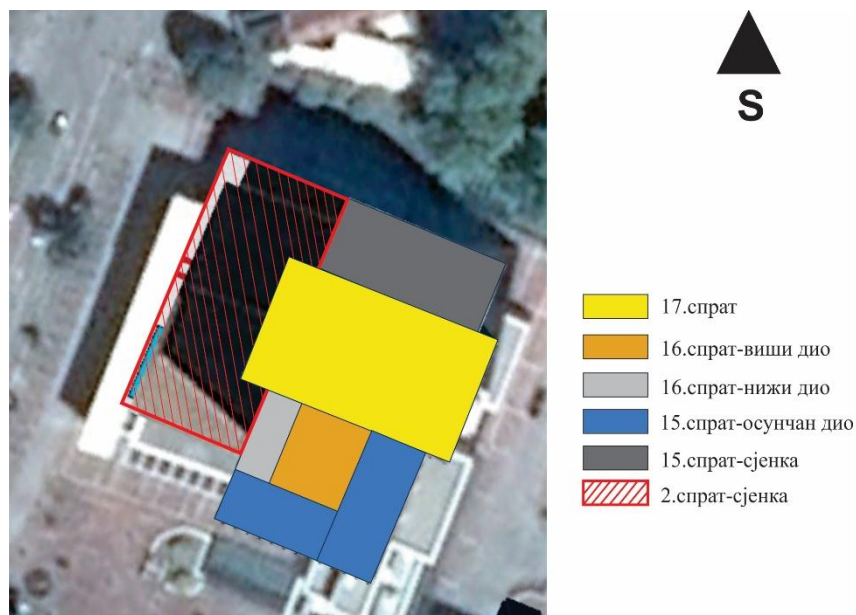
4.4.1 Соларни активни и пасивни системи

Да би се детаљније испитале могућности постављања активних или пасивних система потребно је извршити прорачун постојећих елемената на основу архитектонског идејног рјешења (прилог 2, 2а, 2б и 2ц). Из њега се могу очитати димензије које су потребне, а на основу раније наведеног прорачуна цијена система (табела 2 и табеле 3 и 4), и раније наведеног објашњења може се добити оквирна цијена система и могуће уштеде у потрошњи енергије. Уколико се посматрају соларни фотонапонски панели, соларни колектори и положај који је адекватан за њихово најбоље функционисање извршена је анализа површине равних кровова и њихове оријентације. У даљој анализи елиминисани су системи соларних колектора, који углавном у зградарству служе за добијање топле воде, а након енергетске анализе објекта закључено је да се потроше велике количине електричне енергије, гдје се стога рад базира на анализи фотонапонских панела. На згради Владе постоје 4 нивоа равних кровова (Прилог 2а, Пројекат објекта Зграде Владе, изведено стање). Највећи дио је крова након 15-ог спрата, чија површина износи $P_{15} = 352,6 \text{ m}^2$. Дио овог крова, површина од $P_{15'} = 133 \text{ m}^2$ је заклоњена 16 и 17 спратом, тако да тај дио није осунчан и долази до засјенчења (дијаграм 7). 16 спрат има двије нивелације. Нижа, која је површине од $P_{16'} = 63 \text{ m}^2$ је дијелом заклоњена/засјенчена вишим дијелом од $P_{16} = 73,6 \text{ m}^2$, који је чист и у потпуности искористив. Највећа искористива површина је кров 17-ог спрата, чија површина слободне (чисте) зоне крова износи $P_{17} = 266 \text{ m}^2$.

²⁰ <http://www.elektroprivreda.ba/novost/13217/prelaskom-na-zimsko-racunanje-vremena-jeftinija-elektricna-energija-od-13-do-16-i-od-22-do-07-sati>

²¹ MANAGING ENERGY COSTS IN OFFICE BUILDINGS; <https://www.srbijadanas.com/biz/vesti/visoka-potrosnja-elektricne-energije-klime-obaraju-rekord-2017-07-11>

²² Стопа инфлације за подручје Босне и Херцеговине је преузета са сајта свјетске банке <https://www.statista.com/statistics/454029/inflation-rate-in-bosnia-herzegovina/>



Дијаграм 6. Кровне површине, шематски приказ, ауторски рад



Слика 22. Могућности постављања соларних панела на равним крововима, [26]

Укупна површина крова куле је приближно 622 m^2 . $P_k = (P_{15} - P_{15'}) + P_{16} + P_{17} = 219,5 + 63 + 73 + 266 = 622 \text{ m}^2$. Соларни панели могу бити постављени на разне начине (слика 22), на

рамовски систем под углом од 30 степени, са већом или мањом густином постављања соларних панела.

Извршен је прорачун за сваки сегмент крова посебно (*табела 10*) и на крају за укупну површину крова (кров на објекту је непроходног карактера). Укупна површина крова је 622 m² (*табела 10*). Прорачуном настаје једнак период отплате материјала, јер се производња пропорционално повећава или смањује у односу на површину.

Табела 10. Систем са фотонапонским панелима: Однос површине, цијене и енергетских добитака, ауторски рад

Кров	Површина крова/панела (m ²)	Цијена система (КМ)	Производња енергије kWh/god	Год. уштеде (КМ)	Период отплате материјала
17. спрат	266	125 020	79 800	22 063	5,6
16. спрат	73,6 m ²	34 592	22 080	22 063	1,5
16. спрат	63 m ²	29 610	18 900	22 063	1,3
15 спрат	352,6 m ²	165 722	105 780	22 063	7,5
Укупно	622	292 340	186 600	22 063	13,2

Након извршене анализе примјетно је да је површина за постављање соларних фотонапонских панела 6 пута мања у односу на цијелу површину омотача и дозвољава производње електричне енергије од 22 063 КМ. Уштеде постављањем овог система износе око 10% уколико се посматра укупна енергетска потрошња објекта од 220 632 КМ, а повратак инвестиције за укупну површину крова је око 13,2 године. Обзиром да фотонапонски панели и енергија која се њима производи углавном служи за укупно енергетско напајање објекта, теже је одредити параметре који одлазе само за систем климатизације. Анализом соларних панела долази се до закључка да су ови системи адекватнији и исплативији за веће површине. Што је већа површина мања је цијена инвестиције, а већа производње енергије. У раду је испитано постављање фотонапонских фолија на јужну и југоисточну фасаду објекта, чија је површина 3 пута већа од површине крова.

$$Pf = Pfji + Pfjz + Pfsi + Pfsz$$

Формула 3. Површина фасадног омотача, поједностављен приказ

Површина фасаде (*формула 3*), која се састоји од комбинације панела и стаклене зид завјесе представља укупан збир југоисточне ($Pfji$), југозападне ($Pfjz$), сјеверноисточне ($Pfsi$) и сјеверозападне ($Pfsz$) фасаде. Југоисточна и сјеверозападна фасада су једнаке, јер је објекат симетричан, а друге двије се разликују само по распореду 16 и 17 спрата (*Прилог 2б и 2ц-, фасаде објекта*). Укупна површина фасаде је $Pf = 8\,613,5\text{ m}^2$, која настаје детаљнијим прорачуном односа дужине, ширине и висине објекта по различитим оријентацијама (*формула 4*).

$$Pf = (h \times a) \times 2 + (h \times b) \times 2 + (h' \times a') \times 2 + (h' \times b') + (a'' \times h'') \times 2 + b'' \times h''$$

Формула 4. Укупна површина фасаде, детаљнији прорачун

Гдје је:

h - висина објекта до 16 спрата, [m]

a - дужина објекта, [m]

b - ширина објекта, [m]

h' - висина 16-ог и 17-ог спрата, [m]

a' - дужина 17-ог спрата, [m]

b' - ширина 17-ог спрата, [m]

h'' - висина 16-ог и дио 17 спрата, [m]

a'' - дужина 16-ог спрата, [m]

b'' - ширина 16-ог спрата, [m]

Укупну површину фасадног омотача било је потребно израчунати да би се могла извршити анализа постављања дупле стаклене фасаде, као пасивног система за оптимизацију потрошње енергије. Из анализе закључено је да је за површину фасаде од 8 613,5 m² потребно 4 280 900 КМ, јер је цијена панела око 497 КМ/ m² [15]. Ово је систем који може доприњети уштедама, међутим о облику дупле стаклене фасаде, потребно је размишљати приликом изградње или ревитализације неког девастираног објекта. У смислу оптимизације није погодно рјешење, јер осим трошкова самих панела систем има много тежи приступ постављања од свих анализираних система: захтјева више времена и велике додатне трошкове и самим тим значајно већи период отплате инвестиције.

Даље у раду испитане су прозорске и фасадне површине адекватне за постављање енергетски ефикасних танких превлака и паметног стакла.

4.4.2 Технологије танких превлака и фотонапонског стакла

Прозори на објекту су тракасто поредани и налазе се на сваком спрату, по принципу понављања. Иако би се на основу спољашњег изгледа могло закључити да је цијела површина фасада стаклена, то није тачно, јер је фасада хоризонтално подјељена на парапете и стаклене површине прозора висине $h_p = 1,75$ m (*Прилог 2а и 2ц, Графички приказ фасада објекта*). Укупна површина прозора настаје сабирањем појединачних дјелова: свих површина по дужини и ширини објекта помножено са висином прозора и бројем спратова (*формула 5*).

За испитивање инвестиција енергетски ефикасних технологија, које се постављају на прозоре рачуна се укупна површина, јер су цене система изражене у цијени по m^2 . Укупна површина прозора је $P_p = (3599,3)$ што је приближно једнако $P_p = 3600$ m^2 . Површина прозора са југоисточне стране износи $P_{pi} = 1300$ m^2 , а са јужне 500 m^2 .

$$P_p = [(h_p \times a) \times 2 + [(h_p \times b) \times 2] \times 15 + (h_p \times a' + h_p \times b') \times 2$$

Формула 5. Укупна површина прозора

гдје је:

h_p - висина прозора, [m]

a - дужина фасаде, прозорске траке са западне и источне стране, [m]

b - ширина фасаде, прозорске траке са сјеверне и јужне фасаде, [m]

a' - дужина фасаде, прозорске траке са западне и источне стране 17-ог спрата, [m]

b' - ширина фасаде, прозорске траке са сјеверне и јужне фасаде 17-ог спрата, [m]

Захваљујући прорачуну површине прозора, можемо знати колико би нам требало m^2 превлаке, премаза или друге врсте стакла, као система који су енергетски ефикасни. Укупна површина прозора износи $3\,600$ m^2 , а на јужној и југоисточној фасади $1\,800$ m^2 . Прорачун за технологије сребрених превлака и електрохроматског стакла је рађен на основу процентуалних уштеда из истраживачког дијела рада, гдје је истражен и регион са сличним климатским условима (*табела 11*), а за технологије које производе енергију прорачун за уштеде је настао на основу њихове производње енергије у односу на површину и поређењем добитака са постојећом потрошњом ел. енергије (*табела 12*).

Табела 11. Систем са танким фолијама: Однос површине, цијене и енергетских добитака, ауторски рад

Врста система	Површина на фасади (m ²)	Цијена КМ/m ²	Цијена укупно (КМ)	Цијена потрошње енергије КМ/год ²³	Енергетске уштеде (%)	Уштеде КМ/год	Период отплате материјала (год)
Сребрене фолије	3 600	100	360 000	89 260	30	26 780	13,4
Електрохроматско стакло	3 600	400	1 440 000	89 260	45	40 170	35,8

Табела 12. Систем са технологијама које производе енергију: Однос површине, цијене и енергетских добитака, ауторски рад

Врста система	Површина на фасади (m ²)	Цијена КМ/m ²	Цијена укупно (КМ)	Цијена потрошње енергије КМ/год	Енергетске уштеде (%)	Уштеде КМ/год	Период отплате материјала (год)
Фотонапонско стакло	1800	2000	3 600 000	89 260	40	35 704	100
Фотонапонске превлаке	1800	190	342 000	89 260	30	26 780	12,7

На основу анализе система наведених табелама 11 и 12 закључује се да је најефикаснији систем електрохроматског стакла, најјефтинија технологија фотонапонских превлака, али је и најмање ефикасна од 4 наведене, а најскупља је технологија постављања фотонапонског стакла.

Из истраживања материјала и технологија примјетно је да је фотонапонско стакло једно од иновативнијих рјешења, које тек ступа на примјену у струци. Ова инвестиција има највећу цијену (око 2000 КМ/m²) и за постављање на југоисточну и јужну страну укупна количина материјала би износила 3 600 000 КМ. Систем је ефикасан, јер осим уштеда производи енергију, али је производња енергије код фотонапонског стакла мања у односу на соларне фотонапонске панеле. Код панела је снага 250W, а код фотонапонског стакла или превлака око 150 W. Инвестиција због цијене није исплативо рјешење за анализирани објекат, јер као и дупла стаклена фасада и електрохроматско стакло захтјева измјену постојеће структуре фасаде. Примјеном електрохроматског стакла се постижу највеће уштеде, али о њему треба размишљати приликом изградње објекта. За енергетску симулацију већ изграђених објеката повољне опције су сребрене и фотонапонске превлаке.

У следећем поглављу испитане су технологије инфлектор ролетни, као енергетски ефикасног рјешења које се може поставити на већ постојећу структуру.

²³ Цијена потрошње енергије на годишњем нивоу са урачунатом стопом инфлације

4.4.3 Инфлектор ролетне

Предходни прорачун за површину прозора нам помаже и за величину/количину инсталације инфлектор ролетни. На основу прорачуна може се одредити цијена инсталације, као и резултати битни за анализирану тему (*табела 13*). Енергетске уштеде које су наведене табелом и које износе 30-50 % настале су из анализираних извјештаја, студија случаја гдје је инфлектор материјал постављен, а за даљи детаљнији прорачун за анализирану зграду узета је средња вриједност од 40% (*табела 14*) .

Табела 13. Систем са инфлектор ролетнама: Однос површине, цијене, енергетских уштеда и периода повратка инвестиције, ауторски рад

Врста система	Површина	Цијена КМ/м ²	Цијена укупно	Цијена потрошње енергије КМ/год	Енергетске уштеде (%)	Уштеде КМ/год	Период отплате материјала (год)
Инфлектор ролетне	3 600	120	432 000	89 260	40	35 704	12

Након анализе закључује се да су инфлектор ролетне погодно рјешење, јер су економичне и поуздане. Инсталирање инфлектора је [48] :

- Стратегија ниско ризичних, јефтиних и економичних изолатора уз побољшање енергетске ефикасности са високим повратом;
- Јефтинија су и економичнија могућност од замјене прозора;
- Ефикасно за најмање 30% - 40% (смањује трошкове енергије за толико);
- Смањује производњу CO₂;
- 25 година живота;
- Потпуни поврат инвестиције за најмање 18 мјесеци (у зависности од врсте фасаде и величине објекта);
- Смањује оптерећење јединица за климатизацију као и сервисирање.

4.5 Постизање оптималне енергетске ефикасности

Из наведене анализе у предходном поглављу и поједностављених економско инвестицијских анализа долазимо до даљих разматрања и повезивања оријентације објекта, приоритета и циљева које је потребно остварити.

Табела 14. Односи цијена, енергетских уштеда и економске исплативости за различите (анализиране) соларне системе, ауторски рад

Врста система	Површина (m ²)	Цијена	Цијена укупно	Цијена потрошње енергије са стопом инфлације КМ/год	Енерг. уштеде (%)	Цијена са уштедама КМ/год	Период отплате материјала (год)
Фотонапонски панели	622	1,42 КМ/W	292 340	220 632	10	22 632	13,2
Дупла ста. фасада	8 613,5	497 КМ/m ²	4 280 900	89 260	50	121 188	35
Електрохроматско стакло	3 600	400 КМ/m ²	1 440 000	89 260	45	40 170	35,8
Фотонапонско стакло ²⁴	1800	2000 КМ/m ²	3 600 000	89 260	40	35 704	100
Сребрене фолије	3 600	100 КМ/m ²	1 224 000	89 260	30	26 780	13,4
Фотонапонске фолије	1800	1,26 КМ/W	342 000	89 260	30	26 780	12,7
Инфлектор ролетне	3 600	120 КМ/m ²	432 000	89 260	40	35 704	12

Енергетска ефикасност може се постићи инсталацијом било којих од наведених система (табела 14), али циљ рада је понудити оптимално рјешење, које је инвестиционо исплатививо и економско-енергетски ефикасно за већ изграђени објекат. Због тога се кроз рад и анализе вршила елиминација рјешења и избор најоптималнијег. Већ приликом почетка примјене истраживања долази се до закључка који системи нису погодни и не улазе у даљи преглед, а то су:

- дупле стаклене фасаде,
- соларни колектори,

²⁴ Фотонапонско стакло – Ова врста система има веће уштеде, јер осим спрјечавања топлотних губитака и смањења трошкова климатизације има могућност производње енергије (Опис наслов. 3.4.4)

- фотонапонско и
- електрохроматско стакло,

јер је цијена инвестиције велика и захтјева веће промјене на фасадном омотачу објекта, тј. његову коплетну замјену. Уколико посматрамо системе за производњу енергије, тј. соларне фотонапонске панеле и превлаке, елиминисан је систем фотонапонских панела. Површина крова који је адекватан за постављање система је малена у односу на енергетску потрошњу и доноси уштеде од 10%, (22 603 КМ/год), што је мање у поређењу са осталим системима који се постављају на фасаду објекта (објашњење наслов: „4.5.1 Соларни активни и пасивни системи“). Повољнија опција за производњу енергије од соларних панела је постављање фотонапонских превлака на парапете јужне и југоисточне фасаде, чија је површина приближно једнака површини прозора на тим фасадама, а то је површина од око 1800 m². Међутим кроз поређење, посматрајући табелу 14, примјетно је да ни ово рјешење није адекватно. Постављање инфлектор ролетни је рјешење које је економски најповољније у односу на постотак уштеда, трошкове одржавања и укупну цијену материјала потребног за постављање у анализирани објекат. Код система који нису везани за производњу енергије уштеде су приближно једнаке, али ефекти у постизању топлотног комфора различити. Ово је опција која се подудара и са жељама корисника простора, јер би они за заштиту од прекомјерне инсолације радије бирали материјал који пропушта дневну свјетлост, а рефлектује топлоту – њих 89,5 % (график 7, прилог 1).

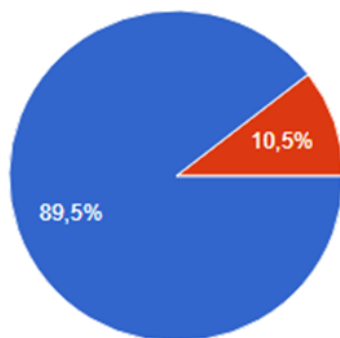


График 7. Одговор корисника за избор система за енергетске уштеде, прилог 1

Вриједност материјала потребног за Зграду Владе РС за површину од 3600 m² је 432 000 КМ, без урачунатих додатних трошкова и параметара потребних за период повратка инвестиције. Ова вриједност се отплати за 12 година у односу на трошкове везане за систем климатизације, а уколико се спроведе детаљан прорачун, период повратка укупне инвестиције износи 13 година. У наредном поглављу детаљно је описан прорачун повратка инвестиције, економски ток и биланс успјеха пројекта.

4.6 Доказивање и прорачуни исплативости предложене инвестиције

Да би се оправдала инвестиција постављања инфлектор ролетни у представљеном објекту, израђен је економски прорачун, период повратка инвестиције и биланс успјеха. Параметри који су потребни за прорачун, а везани за потрошњу енергије у објекту приказани су табелом 15. Рачунала се почетна вриједност од 40% енергетских уштеда са постављањем материјала обзиром да је то средња вриједност уштеда које су постигнуте у анализи већ изграђених објеката. Табелом 16. приказана су инвестициона улагања, гдје цијена инвестиције обухвата: трошковну вриједност материјала, трошкове доставе и монтаже, каматну стопу за дугорочни

кредит и трошкове одржавања. Трошкови одржавања се обично рачунају код опреме гдје су потребна сервисирања, поправке и додатна чишћења, али овај материјал не захтјева додатне трошкове одржавања, јер је једноставан за примјену. Кроз економски ток пројекта (табела 17), приказани су укупни приходи и расходи везани за инвестицију од 432 000 КМ, код које је извор финансирања дугорочни кредит, са каматном стопом од 7,5%. Укупна вриједност инвестиције је 469 775 КМ (у даљем опису заокружена вриједност на 469 780 КМ). Период повратка инвестиције (формула б) је почетак уласка у 13. годину од постављања материјала и тада се уштедама од 40% може отплатити годишњи износ кредита. Након отплате кредита инвеститор је наредних 13 година у добитку са нето износом од 412 673 КМ за наредних 13 година, али због трошкова амортизације и пореза на добит нето добит се значајно смањује на 404 742 КМ (табела 18). То је годишња вриједност од 31 135 КМ, што представља новчане уштеде од 35% у односу на укупну цијену енергетске потрошње од 89 260 КМ. Прорачуном је доказано да су уштеде од 40 % могуће у првих 13 година, а након тога те уштеде се смањују на 35 %.

Табела 15. Индикатори потребни за прорачун, параметри потрошње енергије (за једну годину), ауторски рад

Параметри потрошње енергије	Корекције уштеда/добит	Вриједност КМ/год
Укупна потрошња ел. енергије		220 632
Потрошња ел. енергије за систем климатизације	30%	66 190
Стопа инфлације за ел. енергију ²⁵	2 %	1 324
Укупно потрошња ел. енергије		67 514
Потрошња топлотне енергије		21 746
Укупна потрошња енергије		89 260
Износ нето ефекта материјала	40%	35 704

Табела 16. Инвестициона улагања (биланс стања), ауторски рад

Параметри инвестиције	Корекције уштеда/добит	Вриједност КМ
Вриједност материјала		432 000
Трошкови превоза и монтаже		5 000
Трошкови одржавања		0
Потребна инвестиција		437 000
Каматна стопа за кредитно плаћање	7,5 %	32 775
Инвестиција укупно		469 775

²⁵ Стопа инфлације за подручје Босне и Херцеговине је преузета са сајта свјетске банке <https://www.statista.com/statistics/454029/inflation-rate-in-bosnia-herzegovina/>

$$PP = I/NP$$

Формула 6. Формула за рачунање периода повратка инвестиције, [53]

Гдје је:

PP – период повратка инвестиције (год)

I – трошкови инвестиције - капитално улагање (KM)

NP - годишњи износ нето ефекта (биланс стања) (KM)

$$PP = 469\,775 / 35\,704$$

$$PP = 13 \text{ год}$$

Табела 17. Економски ток пројекта, ауторски рад

Инвестициона улагања: 437 000 KM							
Год. Прој. ²⁶	Пословни приходи	Отплата кредита	Камата за отплату кредита	Расходи укупно	Губитак/ добит из редовног пословања	Порез на добитак 10%	Нето добитак
1.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-434 071	-	-
2.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-398 367	-	-
3.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-362 663	-	-
4.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-326 959	-	-
5.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-291 255	-	-
6.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-219 847	-	-
7.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-184 143	-	-
8.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-148 439	-	-
9.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-112 753	-	-
10.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-77 031	-	-
11.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-41 327	-	-
12.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	-5632	-	-
13.	35 704	32 775	7,5 %	35 704	30 072	10%	27 065
14.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
15.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
16.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
17.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
18.	32 134	-	0	-	35 704	10%	32 134
19.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
20.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
21.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
22.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
23.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
24.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
25.	35 704	-	0	-	35 704	10%	32 134
УКУПНО ДОБИТ (13 година)					412 673		

²⁶ Вриједност трајања материјала је 25 година, до када се рачунаекономски ток пројекта

Табела 18. Биланс успјеха (биланс стања након 13 година, за једну годину)

ОПИС АКТИВНОСТИ/ПОЗИЦИЈЕ		Укупан износ КМ/год
А) ПРИХОДИ И РАСХОДИ ИЗ РЕДОВНОГ ПОСЛОВАЊА		
	Пословни приход	
1.	Приход из годишње производње	35 704
УКУПНО		
	Пословни расходи	
1.	Трошкови амортизације 1,5 %	1 000
2.	Порез на добитак 10 %	3 570
УКУПНО ПОСЛОВНИ РЕЗУЛТАТ		
Б) ФИНАНСИЈСКИ ПРИХОД		35 704
Ц) ФИНАНСИЈСКИ РАСХОД		4 570
Д) НЕТО ДОБИТАК		31 134
НЕТО ДОБИТАК ЗА 13 ГОДИНА		404 742

III) ЗАКЉУЧАК

Савремене технологије и концепти у градитељству намећу све већу употребу стаклених фасада на објекте јавног карактера. Управо ова врста материјализације доводи до већих топлотних губитака. У међународној пракси се код нових пројеката гдје су објекти у изградњи почиње све више водити рачуна о врсти стакла и примјни технологија које штеде енергију, које су мобилне - трансформабилне, тј. омогућавају да објекат постиже високе енергетске перформансе. Такви системи омогућавају да се топлотна енергија за вријеме хладнијих дана задржава у објекту, а у топлим данима да је објекат довољно изолован од превелике инсолације. Уколико је објекат већ изграђен неком од технологија која није енергетски ефикасна, као што је објекат анализиран у раду, постоје и системи измјена, како комплетне структуре, тако и модификација исте у складу са концептом коме се тежи. Рад представља енергетску симулацију већ изграђеног објекта – зграде Владе Републике Српске и приједлог увођења нових технологија које могу смањити укупну потрошњу енергије за климатизацију и загријавање просторија за 30 - 40 % у зависности од квалитета пројекта и просјечне потрошње енергије унутар њега. Постотак је изведен на основу истраживања изведених пројеката и постављен је као претпоставка, али се након анализа система закључује да он може бити и већи уколико се уложе већа инвестицијска средства. Анализирани су системи који се могу постављати на већ изграђене објекте као што су: соларни фотонапонски панели, соларни колектори, дупле стаклене фасаде, сребрене и фотонапонске превлаке, електрохроматско и фотонапонско стакло и инфлектор материјали. У практичном дјелу истраживања за сваки систем посебно су одређене димензије, цијена, енергетска уштеда и период отплате материјала.

Након свих поређења дошло се до оптимално најпогоднијег рјешења у смислу енергетско-економске оправданости, ефикасности и топлотног комфора у канцеларијама, а то је постављање инфлектор ролетни са унутрашње стране објекта. Вриједност уштеда трошкова енергије од 40 % које се добију постављањем инфлектор материјала је претпостављена и закључена на основу анализа примјена код различитих објеката јавних карактера и преузета као средња вриједност уштеда које могу бити од 30 – 50 %. С обзиром да објекат има велике топлотне губитке и грешке направљене током изградње пројекта, прозоре без заштите и елемената енергетски ефикасне градње, те топлотни комфор радне средине који је нарушен, уштеде овим материјалом су сигурно веће у односу на објекте који су добро пројектантски изграђени. Цијена материјала потребног за објекат износи 432 000 КМ, а укупна инвестиција зависи од начина плаћања, трошкова одржавања, амортизације, пореза на добит и других представљених параметара. У прорачуну је претпостављено плаћање путем дугорочног кредита са каматном стопом од 7,5 % и отплатним периодом од 13 година, колики се на крају и добије период повратка инвестиције која има укупну вриједности од 469 780 КМ. Инвеститор вриједност уштеда за трошкове гријања и хлађења које постигне примјеном материјала користи за отплату кредита и првих 13 година нема додатних трошкова и добитака. Након отплате кредита годишње се стиче нето добитак од 31 134 КМ, што је 35 % укупне енергетске потрошње од 89 260 КМ. Прорачуном је доказано да инфлектор материјал доноси уштеде од 35-40% у трајању од 25 година. Иако је дужи период отплате, топлотни комфор који би се постигао унутар објекта, задовољство и боља продуктивност раника су параметри који не могу дефинисати реалан прорачун инвестиције.

Разноврсна и веома обимна понуда технологија и концепата за примјену соларне енергије у зградарству заснована на доказаним научним и практичним темељима, заслужује да се у што већем броју почне примјенивати у региону. У складу са одређеним циљевима и могућностима инвеститора можемо изградити нискоенергетски објекат, пасивни објекат, објекат нулте енергије или са енергетским плусом и тако направити уштеде, али и добити енергије од 10%-

100%. На основу анализа закључујемо да регион посједује природни климатски потенцијал за примјену соларне енергије, а да принципи изградње одговарају постојећим културолошким и типолошким карактеристикама објеката- зграда, које су код нас заступљене. Уколико се ради реконструкција система већ постојећих објеката, као што је случај у анализираном примјеру, онда нема нарушавања архитектонског идентитета. То значи да се системи прилагођавају облику и типологији куће, а не обрнуто. Да би се пратио убрзани тренд коришћења сунчеве енергије у развијеним земљама за којима много заостајемо, наша држава мора донијети одговарајуће законе и субвенцијама подстицати уградњу соларних система за оптимизацију потрошње енергије као што је пракса у ЕУ. Анализом примјена соларних система у региону примјећује се и да се прогрес назире, јер јављају се нови произвођачи, пројекти са међународним агенцијама, поједини инвеститори заинтересовани за примјену соларне енергије, али све то у недовољним количинама. Енергетска ефикасност у зградарству и заштита животне средине постају приоритет данашњице, те се с тога сва истраживања и напредовања у градитељско-технолошком контексту воде тим концептом. Представљена тема је само једна у низу проблема са којима се бори свијет науке и струке о заштити енергије, али управо ти проблеми омогућавају даља истраживања, напредовање и рад на развоју технологија које су енергетски ефикасне.

IV) ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Chwieduk, Solar Energy in Buildings - Thermal Balance for Efficient Heating and Cooling, 2014.
- [2] Ј. Радосављевић, Т. Павловић, М. Ламбић, Соларна енергетика и одрживи развој, Грађевинска књига: Београд 2010, стр. 94-183.
- [3] А. Крстић, „Фактори технолошког развоја у савременој архитектури“, Зборник радова- Савремена теорија и пракса у градитељству 2016, str. 615-623.
- [4] P. Gevorkian, Alternativ Energy Sistem in Building Design, McGraw-Hill 2009, pp 1-51.
- [5] G. Zemella, A. Faraguna, “A New Approach for the Design of Building Envelopes”, Evolutionary Optimisation of Façade Design, Springer -Verlag London, 2014, pp. 89-119.
- [6] М. Станковић, У. Умићевић, “Дневна свјетлост – најстарији савремени материјал у архитектонском стваралаштву, Међународна научна конференција - Савремени материјали, 2015. стр. 455-468.
- [7] P. Gevorkian, Solar power in Building design: McGraw-Hill 2008, pp 48-66.
- [8] J. Kinnear „How much does it cost to install solar on Average US Nation“, Internet: <https://www.solarpowerauthority.com/how-much-does-it-cost-to-install-solar-on-an-average-us-house/>, 25.04.2016 [25.02. 2018.]
- [9] R. Golob, A. Gubina, E. Podesser and S. Halilčević, “Balkan Power Center Report: Guidelines for Renewable Energy Sources Technologies”, March 10- 11, 2005.
- [10] Федерални хидрометеоролошки завод, Припрема података потребних за прорачун гријања зграда у БиХ, 07. 2017.стр. 1-10.
- [11] М. Станковић, С. Јанковић, „Соларни фасадни системи и комфор у становању“, Зборник радова- Савремена теорија и пракса у градитељству 2016, str. 631-639.
- [12] Maurer C., Cappel C., Tilmann Kuhn E., “Progress in building-integrated solar thermal systems”, Solar Energy, Volume 154, 15 September 2017, pp. 158-186.
- [13] М. Пуцар, Биоклиматска архитектура, Застакљени простори и пасивни соларни системи Београд 2006, стр. 20-50.

- [14] Double-Skin-Façade Glass Curtain Wall System with thermal insulated and laminated glass, Internet: https://www.aliexpress.com/store/product/Double-Skin-Facade-Glass-Curtain-Wall-System-with-thermal-insulated-and-laminated-glass/1828141_32823099634.html, [25.02. 2018.]
- [15] I. Cetiner, M. Aygun „Evaluation of Double Skin Glass Facades in terms of Cost Efficiency with respect to Energy Consumption“ Internet: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2611.pdf>, [05.12.2017.]
- [16] A. Gelesza , A. Reitha, „Climate-based performance evaluation of double skin facades by building energy modelling in Central Europe“, 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, pp. 555-559.
- [17] М. Стијак, „Двоструки фасадни системи, чијом примјеном се постиће више“, Зборник радова- Савремена теорија и пракса у градитељству 2016, str. 447-455.
- [18] BAM Knowlege, „Case study sustainability: One Angel Square, Manchester“, Internet: <https://www.bam.com/en/blog/case-study-sustainability-one-angel-square-manchester>, 26.05.2014. [05.12.2017.]
- [19] N. Jovančić, Pretvaranje energije sunčevog zračenja u električnu –fotonaponski paneli, Istočno Sarajevo, 2009, str.6.
- [20] Kilkis S., Energy system analysis of a pilot exergy district, Energy Conversion and Management, Article history, 14. 05. 2014., pp 1-16.
- [21] M. Sami Buker, S. B. Riffat, „Building integrated solar thermal collectors – A review“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 51, 2015, pp. b327-346.
- [22] E. Schweizer, Solar collector systems, Internet: <https://www.ernstschweizer.ch/en/products/references/solar-collector-systems.html>, [25.02. 2018.]
- [23] https://www.greentechmedia.com/articles/read/new-solar-collector-design-csp-costs-record-lows#gs.h6EFH_w, [25.02. 2018.]
- [24] J. Hanania, K. Stenhouse, B. Yyelland, J. Donev, „Solar collector“, internet: http://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar_collector, [05.12.2017.]
- [25] Tian Y., Zhao Z.Y., “A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications”, Applied Energy, Volume 104, April 2013, pp. 538-553.
- [26] T.M. Razykov, C. Ferekides, d. Morel, E. Stefanakos, H.S. Ullal, H.M Upadhyaya, „Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects”, Solar Energy, Volume 85, Issue 8, August 2011, pp. 1580-1608.
- [27] Gorgolis G, Karamanis D, Solar energy materials for glazing technologies, Solar Energy Materials & Solar Cells, 2016 pp. 559–578.
- [28] A. Michler, „Heliotrope: The World’s First Energy Positive Solar Home”, Internet: <https://inhabitat.com/heliotrope-the-worlds-first-energy-positive-solar-home/heliotrope-ed01/>, 26.12.2013. [05.12.2017.]
- [29] <https://techcrunch.com/2010/08/20/rotating-solar-house-generates-five-times-the-energy-it-consumes/>, [05.12.2017.]
- [30] A. Michler, „Sonnenschiff: Solar City Produces 4X the Energy it Consumes“, Internet: <http://inhabitat.com/sonnenschiff-solar-city-produces-4x-the-energy-it-needs/>, 27.07.2011. [05.12.2017.]
- [31] http://www.rolfdisch.de/files/pics/5287sonnenschiff_von_vorne_farbkorrigiert_kopie.jpg, [05.12.2017.]
- [32] H. goncalves, L. Aelenei, K. Rodriques, SOLAR XXI:A Portuguese Office Building towards Net Zero-Energy Building, Reva jurnal (online). Internet: <https://www.rehva.eu/fileadmin/hvac-dictio/03-2012/case1---solar-xxi.pdf> , 03.2012. [05.12.2017.]

- [33] <http://www.southzeb.eu/portfolio/solarxxibuiding/> [05.12.2017.]
- [34] The smart use of glass in sustainable buildings, Performance, Sustainability, Capacity to help deliver Europe's low carbon future, Glass for Europe aisbl/ivzw, Brussels, 2016.
- [35] D. Gavrilović, J. Stojić, „Usage of smart glass panels in commercial and residential buildings“, Facta Universitatis, Vol. 9, No 2, 2011, pp. 261 – 268.
- [36] S. Janković, Staklo u energetske efikasne konstrukcijama, 27 Simpozijum o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, Vršac, 2017, pp. 483-494.
- [37] W. Morrow, „Beyond Double Pane: New Energy Efficient Glass Technology“, Internet : <http://www.huffingtonpost.com>, [08.02.2018.]
- [38] R. Sankar. „Smart Window Technologies: Electrochromics and Nanocellulose thin film Membranes and Devices“, SDRP Journal Of Nanotechnology & Material Science, Volume 1/1, 2016.
- [39] A. K. Leichman, „New paint transforms sun's rays into cool air-conditionin“, Internet: https://www.israel21c.org/new-paint-transforms-suns-rays-into-cool-air-conditioning/?utm_content=buffer2d16c&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer, [08.02.2018.]
- [40] Guowen D., Clavero C., Silver-Based Low-Emissivity Coating Technology for Energy-Saving Window Applications, March 08. 2017, poglavlje 20
- [41] <http://www.archiexpo.com/prod/interpane-glas-industrie-ag/product-2672-1433439.html>, [08.02.2018.]
- [42] Glass online, „AGC's SunEwat XL now available for spandrels“, Internet: <https://www.glassonline.com/site/news/channelname/Glazing--Insulating-Glass-/channel/55/id/23680>, 31.03.2014. [12.02.2018.]
- [43] R. Austin, „How Much Do Solar Windows Cost? Are They Worth It?“, Internet: <https://understandsolar.com/solar-windows-cost/>, 11.10. 2017. [25.02. 2018.]
- [44] <https://infinitypv.com/products/opv/foil>, [15.02.2018.]
- [45] C. Crowell, „Researchers improve efficiency of organic PV cells to 15 percent“, Internet: Researchers improve efficiency of organic PV cells to 15 percent, 22.02.2016. [15.02.2018.]
- [46] A. Barnes, “The Business Case for Using the InFlector See Through Radiant Barrier Window Insulator Technology” in the California Public Utilities Energy Efficiency and Conservation Programs 2011, pp. 1-17.
- [47] SIG, Middle East LLC, Enviromental solutions, Al serkal Group, IN'FLECTOR TRAINING PRESENTATION
- [48] D. Roberts, Internet: <http://www.inflectorglobal.com/productsbenefits.html>, [08.02.2018.]
- [49] Влада Републике Српске, енергетска база за 2016 годину.
- [50] Влада Републике Српске, Оперативни план за побољшање енергетске ефикасности у републичким органима управе, мај 2014.
- [51] Биљана Антуновић, Физика зграде, Универзитет у Бањој Луци, 2014, стр. 56-63
- [52] О. Јашко, М. Чуданов, М. Јевтић, Ј. Кривокапић, Основи организације и менаџмента, Београд 2014, стр. 167-180.
- [53] В. Закић, С. Дјукановић, Финансијско рачуноводство, Алфа – граф НС, Нови Сад 2008

Попис слика и дијаграма:

- Слика 1. Интензитет осунчаности у Босни и Херцеговини
Слика 2. Централна банка, Франкфурт
Слика 3. Шема протока ваздуха у а) зимском периоду, б) љетном периоду
Слика 4. Шема протока ваздуха кроз међупростор фасаде и унутрашњост објекта
Слика 5. Шема протока ваздуха кроз међупростор фасаде и унутрашњост објекта
Слика 6. One Angel Square, Manchester, 2013
Слика 7. Шематски приклад преноса и трансформације топлоте
Слика 8. Различити облици постављања колектора
Слика 9. Plus energy home, Freiburg 1994
Слика 10. Ralph Disch, Sunship, plus energy home, Freiburg, 2000
Слика 11. Солар XXI, Лисабон, 2005
Слика 12. Паметно стакло
Слика 13. Изглед стакленог панела са c-Si фотонапонским ћелијама,
Слика 14. Дупла фасада са „SunEwat“ транспарентним фотонапонским панелима
Слика 15. Соларно стакло и a-Si фотонапонске ћелије,
Слика 16. Фотонапонске фолије
Слика 17. Инфлектор ролетне
Слика 18. Примјена и изглед инфлектор материјала- ролетни на транспарентним дјеловима објекта
Слика 19. Јавни објекти у региону са већим удјелом фасадних стаклених површина
Слика 20. Зграда Владе Републике Српске
Слика 21. Изглед "black out" ролетни
Слика 22. Могућности постављања соларних панела на кров објекта
- Дијаграм 1. Врсте и развој термоизолационог стакла
Дијаграм 2. Режим рада солколд технологије танког премаза
Дијаграм 3. Режим рада инфлектора у љетном периоду
Дијаграм 4. Режим рада инфлектора у зимском периоду
Дијаграм 5. Тест извјештај вриједности коефицијента топлотне проводљивости за Азијско подручје
Дијаграм 6. Кровне површине, шематски приказ



РЕПУБЛИКА СРПСКА
ВЛАДА
МИНИСТАРСТВО ЗА ПРОСТОРНО УРЕЂЕЊЕ,
ГРАЂЕВИНАРСТВО И ЕКОЛОГИЈУ

Трг Републике Српске 1, Бања Лука, тел: 051/339 592 факс: 051/ 339 653 E-mail:kabinetministra@mgr.vladars.net
www.vladars.net

Број: 15.06-052-689/18

Датум: 30.01.2018. године

СЛАЂАНА ЈАНКОВИЋ
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

Предмет: Потврда о извршеном анкетирању,

Дана 15.01.2018. године, у просторијама Министарства за просторно уређење, грађевинарство и екологију, Слађана Јанковић, студент комбинованог мастер програма Енергетска ефикасност у зградарству у Бањој Луци, спровела је анкетно испитивање 40 запослених у Министарству, а у сврху израде завршног рада другог циклуса студија, под називом „Могућности примјене соларних система за оптимизацију потрошње енергије на транспарентним јавним објектима – Студија случаја заграде Владе Републике Српске“.

Достављено:

1. Наслову,
2. а/а.





УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA



АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY

Јанковић Слађана

Стручни сарадник за практичну наставу

Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета

Email: sladjana.jankovic@aggf.unibl.org

Министарство за просторно уређење, грађевинарство и екологију

Кабинет министра: Сребренка Голић

Трг Републике српске 1, 78000

Бања Лука

ПРЕДМЕТ: Молба за израду анкете

Поштовани,

Студент сам на комбинованом мастер програму енергетска ефикасност у зградарству и овим путем, Вам шаљем молбу за израду анкете, у циљу научно-истраживачког рада. Поступак анкетирања је веома брз, тако да не бих одузимала пуно времена радним колегама. Потребно ми је да урадим око 40 анонимних анкета, у трајању 5-10 мин. Добила сам више образложења да Вам се јавим овим путем, а уколико ми одобрите долазак, гђа Горјана Росић је прихватила да ме прими и проведе кроз саму израду.

У прилогу достављам кратак садржај тезе кроз пријавни образац и садржај анкете.

Молим Вас за одговор. Хвала унапријед.

С поштовањем,

Јанковић Слађана

Анкета - топлотни комфор радног простора

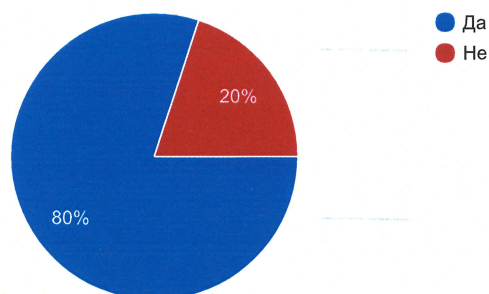
20 одговора

АНАЛИЗА ТОПЛОТНОГ КОМФОРА У ЛЈЕТНОМ ПЕРИОДУ

Оријентација канцеларија југ и југоисток

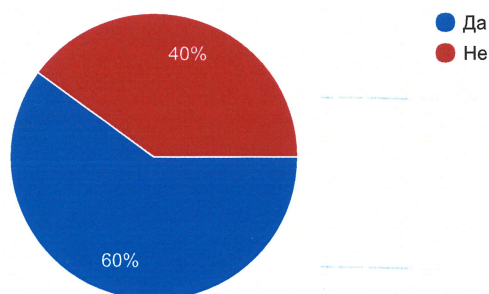
1. Да ли сматрате да сте изложени превеликој соларној топлотној радијацији (осунчаности) у лјетном периоду?

20 одговора



2. Да ли Вам сунце и врућина сметају за обављање послова?

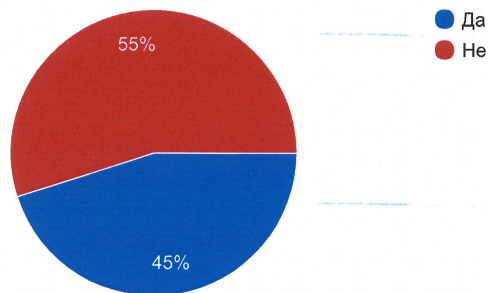
20 одговора



3. Да ли се осјећате комфортно у вашој канцеларији са аспекта

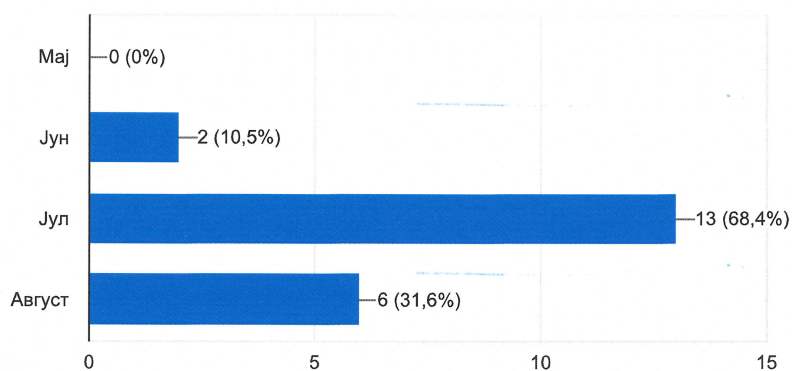
топлотне енергије?

20 одговора



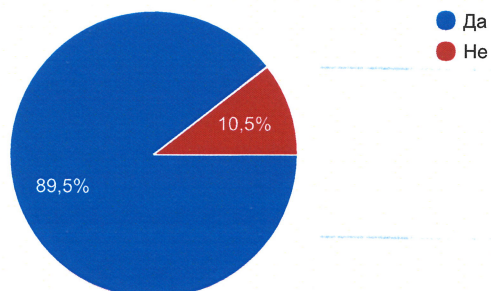
4. У ком мјесецу Вам је боравак у канцеларији најмање угодан?

19 одговора



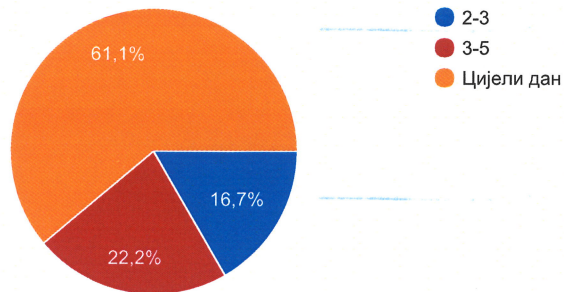
5. Да ли користите климу?

19 одговора



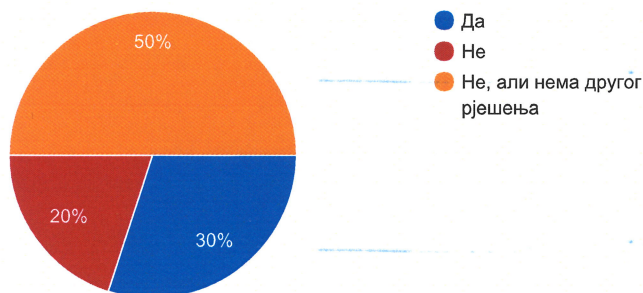
6. Уколико је одговор на предходно питање „да“, колико временски дневно користите климу?

18 одговора



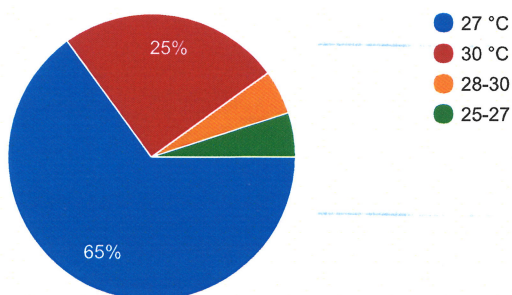
7. Да ли добро подносите расхладну енергију из клима уређаја?

20 одговора



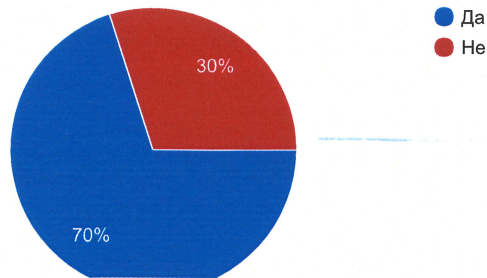
8. Колику температуру у просторији одржавате захваљујући клими у периоду великих врућина - када је спољашња температура нпр. око 37 °C ?

20 одговора



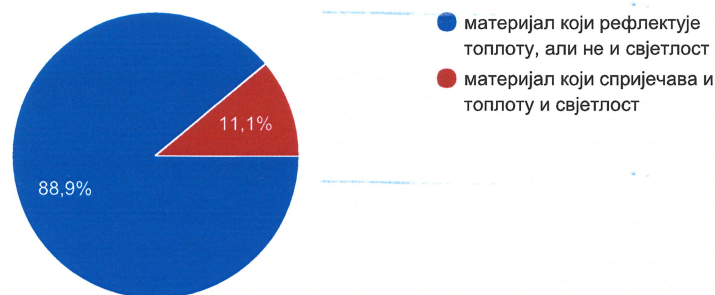
9. Да ли знате да постоје материјали за прозоре који у љетном периоду рефлектују топлотну енергију, а пропуштају свјетлосну?

20 одговора



10. Да ли бисте за заштиту од сунца у љетном периоду радије користили:

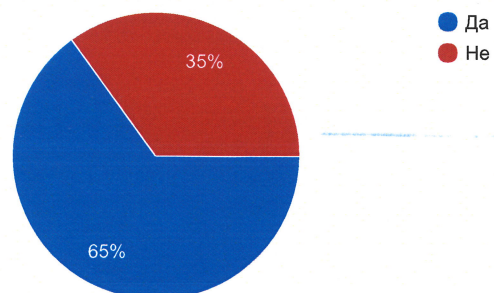
18 одговора



АНАЛИЗА ТОПЛОТНОГ КОМФОРА У ЗИМСКОМ ПЕРИОДУ

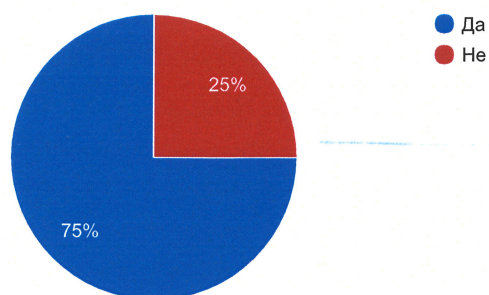
1. Да ли сте задовољни топлотном енергијом у вашој канцеларији у зимском периоду (у периоду хладнијих зимских дана), тј. да ли се осјећате комфортно??

20 одговора



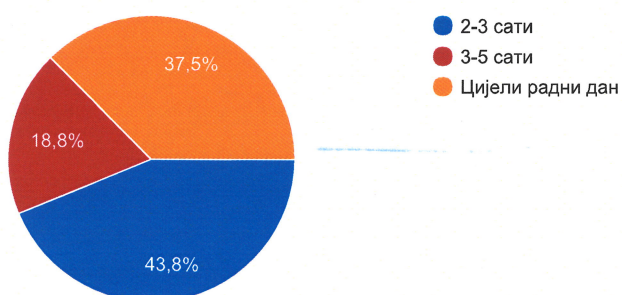
2. Да ли користите климу или други облик додатног загријавања?

20 одговора



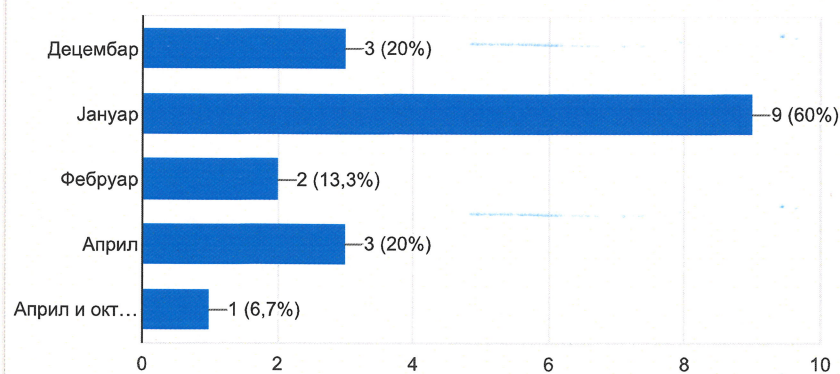
3. Уколико је одговор на предходно питање „да“, колико временски дневно користите тај уређај?

16 одговора



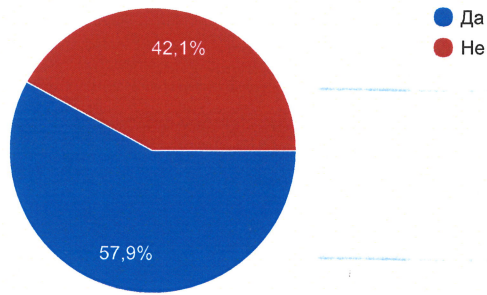
4. У ком мјесецу Вам је боравак у канцеларији најмање угодан?

15 одговора



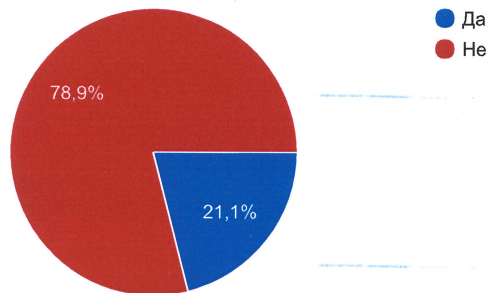
5. Да ли сматрате да имате топлотне губитке кроз фасадни дио објекта?

19 одговора



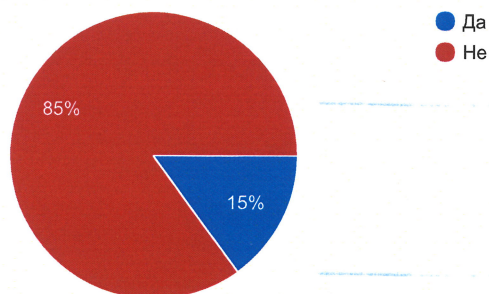
6. Да ли осјећате струјање ваздуха приликом лоших временских услова?

19 одговора



7. Да ли вам смета сунчева свјетлост у периоду сунчаних зимских дана?

20 одговора



8. Да ли постоје неки други проблеми, што се тиче топлотне енергије, на које бисте се могли пожалити? (слободан коментар)

5 одговора

У мјесецима када због централизације гријање није омогућено (април-гријање)- октобар хлађење, не постоји адекватан топлотни комфор у просторијама.

У мјесецу априлу је јако хладно, јер тада не ради гријање, док је у октобру јако топло, а тада не ради клима за расхлађивање.

Клима је једини начин загријавања

Мислим да у зимском периоду нема довољно дотока чистог ваздуха кроз клима уређаје, јер смо сви били неизмјенично болесни од јесени до прољећа.

Квалитет зрака који излази из централног система је јако лош. Систем се не одржава и не чисти што ствара проблеме и алергијске реакције

Google није направио овај садржај нити га одобрава. Пријава злоупотребе - Услови коришћења услуге -
Додатни услови

Google упитници

Анкета - топлотни комфор радног простора

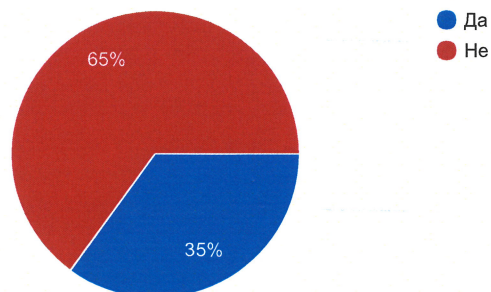
20 одговора

АНАЛИЗА ТОПЛОТНОГ КОМФОРА У ЛЈЕТНОМ ПЕРИОДУ

Оријентација канцеларија - сјевер и сјеверозапад

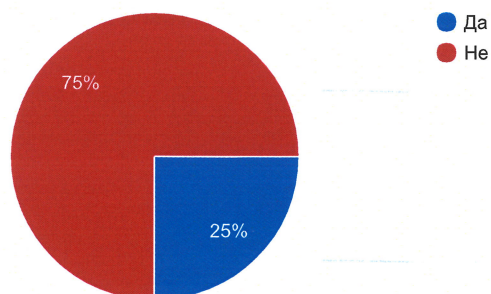
1. Да ли сматрате да сте изложени превеликој соларној топлотној радијацији (осунчаности) у лјетном периоду?

20 одговора



2. Да ли Вам сунце и врућина сметају за обављање послова?

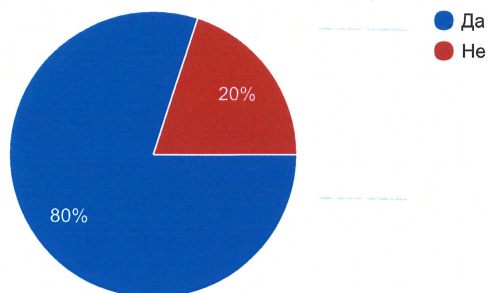
20 одговора



3. Да ли се осјећате комфортно у вашој канцеларији са аспекта

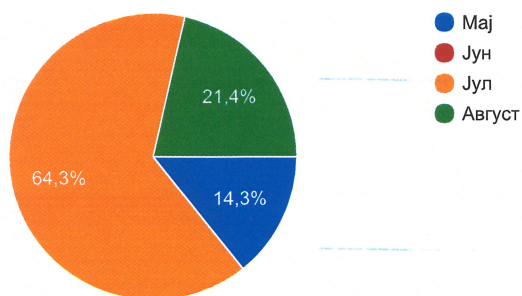
топлотне енергије?

20 одговора



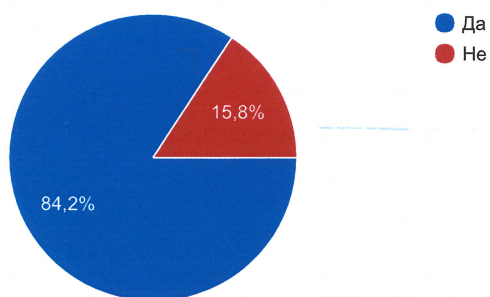
4. У ком мјесецу Вам је боравак у канцеларији најмање угодан?

14 одговора



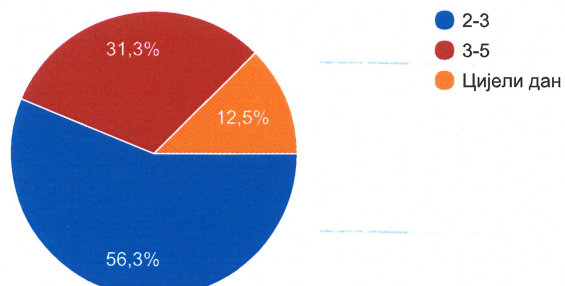
5. Да ли користите климу?

19 одговора



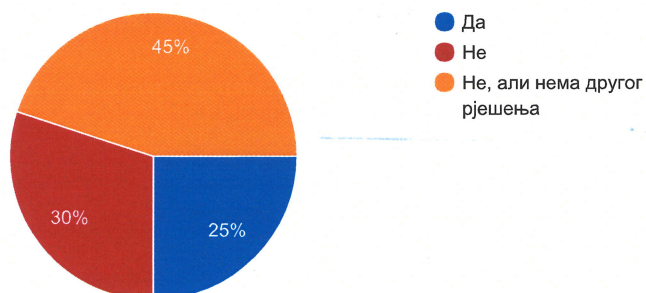
6. Уколико је одговор на предходно питање „да“, колико временски дневно користите климу?

16 одговора



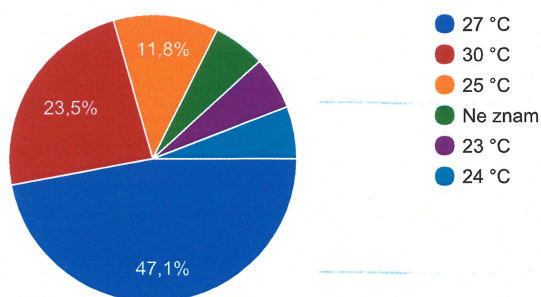
7. Да ли добро подносите расхладну енергију из клима уређаја?

20 одговора



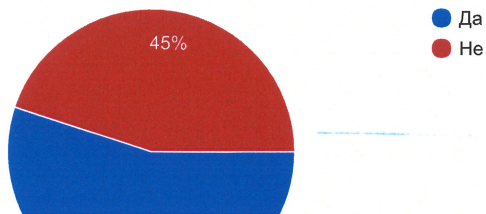
8. Колику температуру у просторији одржавате захваљујући клими у периоду великих врућина - када је спољашња температура нпр. око 37 °C ?

17 одговора



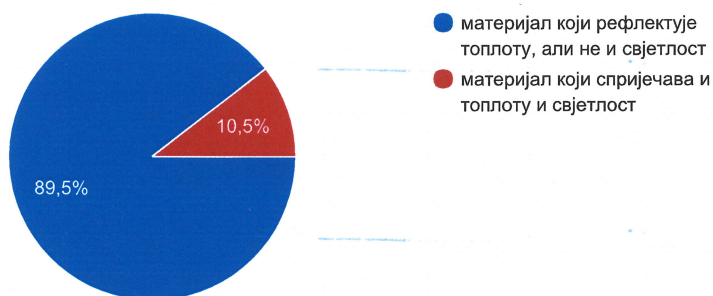
9. Да ли знате да постоје материјали за прозоре који у љетном периоду рефлектују топлотну енергију, а пропуштају свјетлосну?

20 одговора



10. Да ли бисте за заштиту од сунца у љетном периоду радије користили:

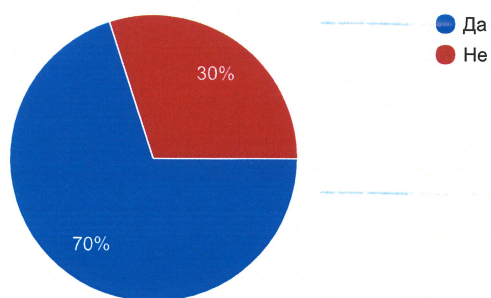
19 одговора



АНАЛИЗА ТОПЛОТНОГ КОМФОРА У ЗИМСКОМ ПЕРИОДУ

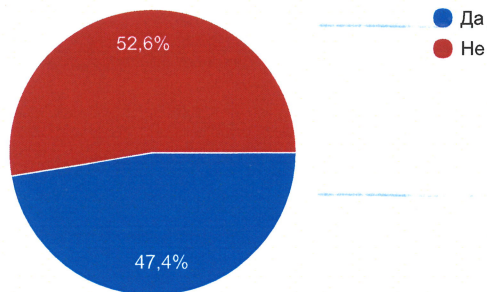
1. Да ли сте задовољни топлотном енергијом у вашој канцеларији у зимском периоду (у периоду хладнијих зимских дана) , тј. да ли се осјећате комфортно?

20 одговора



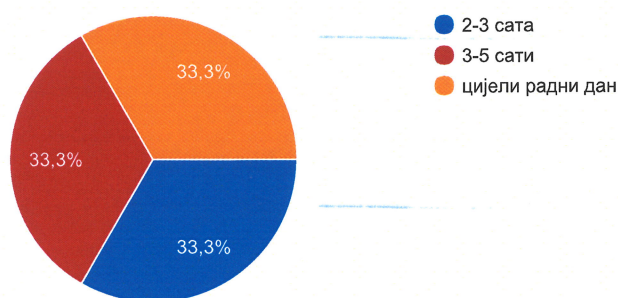
2. Да ли користите климу или други облик додатног загријавања?

19 одговора



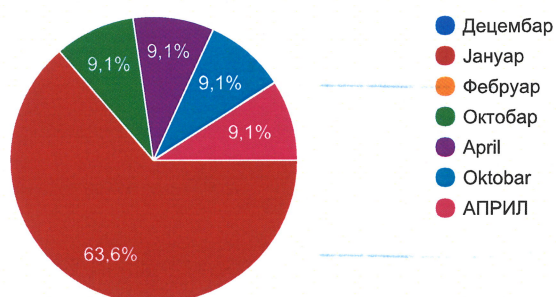
3. Уколико је одговор на предходно питање „да“, колико временски дневно користите тај уређај?

9 одговора



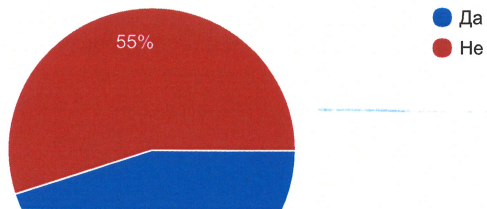
4. У ком мјесецу Вам је боравак у канцеларији најмање угодан?

11 одговора



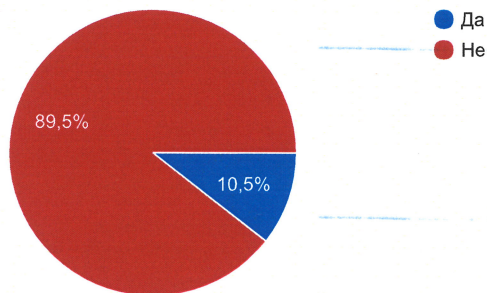
5. Да ли сматрате да имате топлотне губитке кроз фасадни дио објекта?

20 одговора



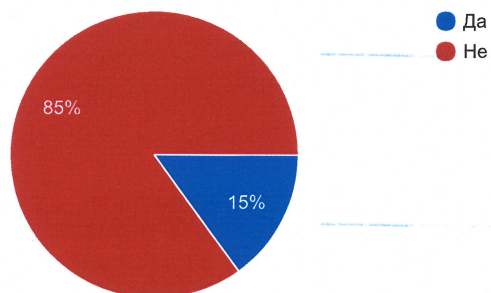
6. Да ли осјећате струјање ваздуха приликом лоших временских услова?

19 одговора



7. Да ли вам смета сунчева свјетлост у периоду сунчаних зимских дана?

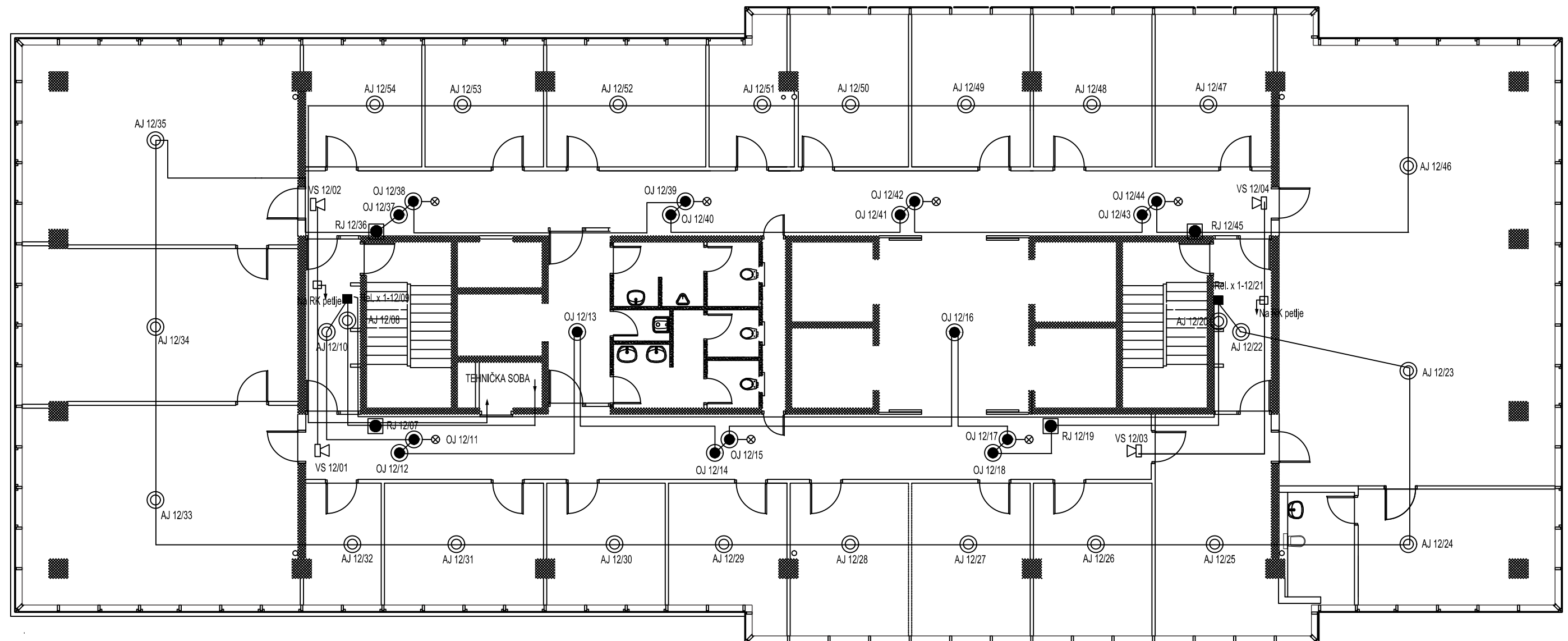
20 одговора

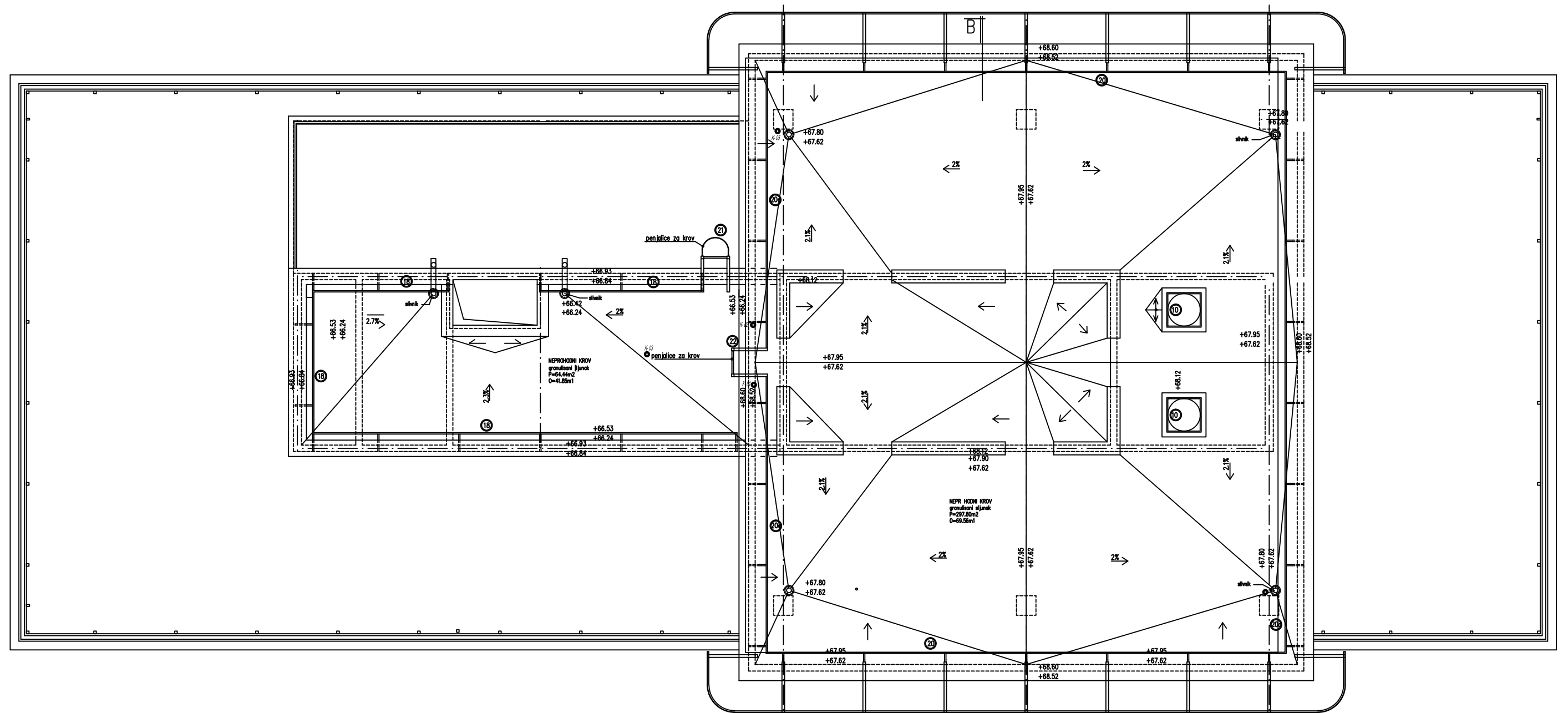


8. Да ли постоје неки други проблеми, што се тиче топлотне енергије, на које бисте се могли пожалити? (слободан коментар)

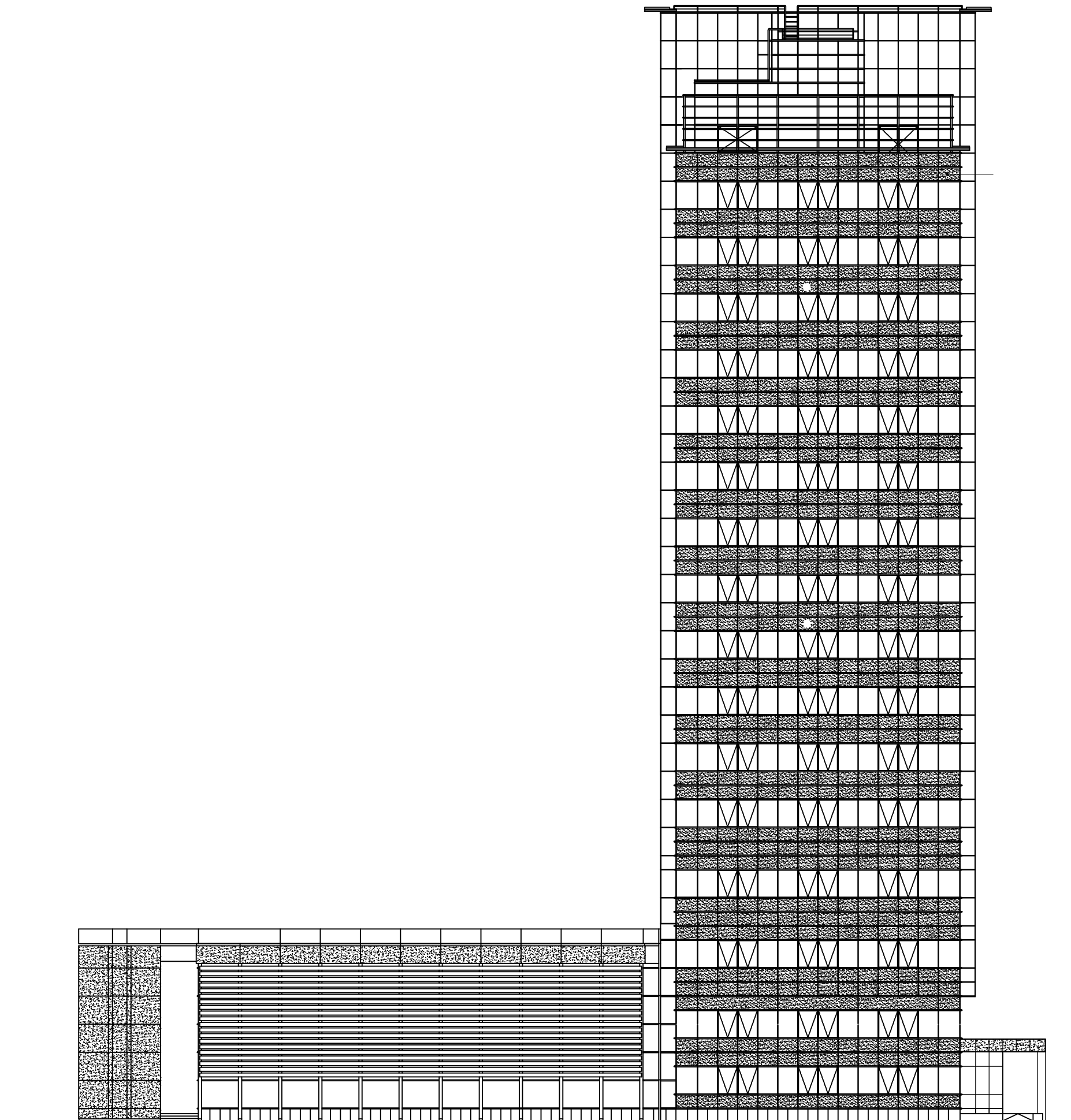
0 одговора

Још нема одговора на ово питање.

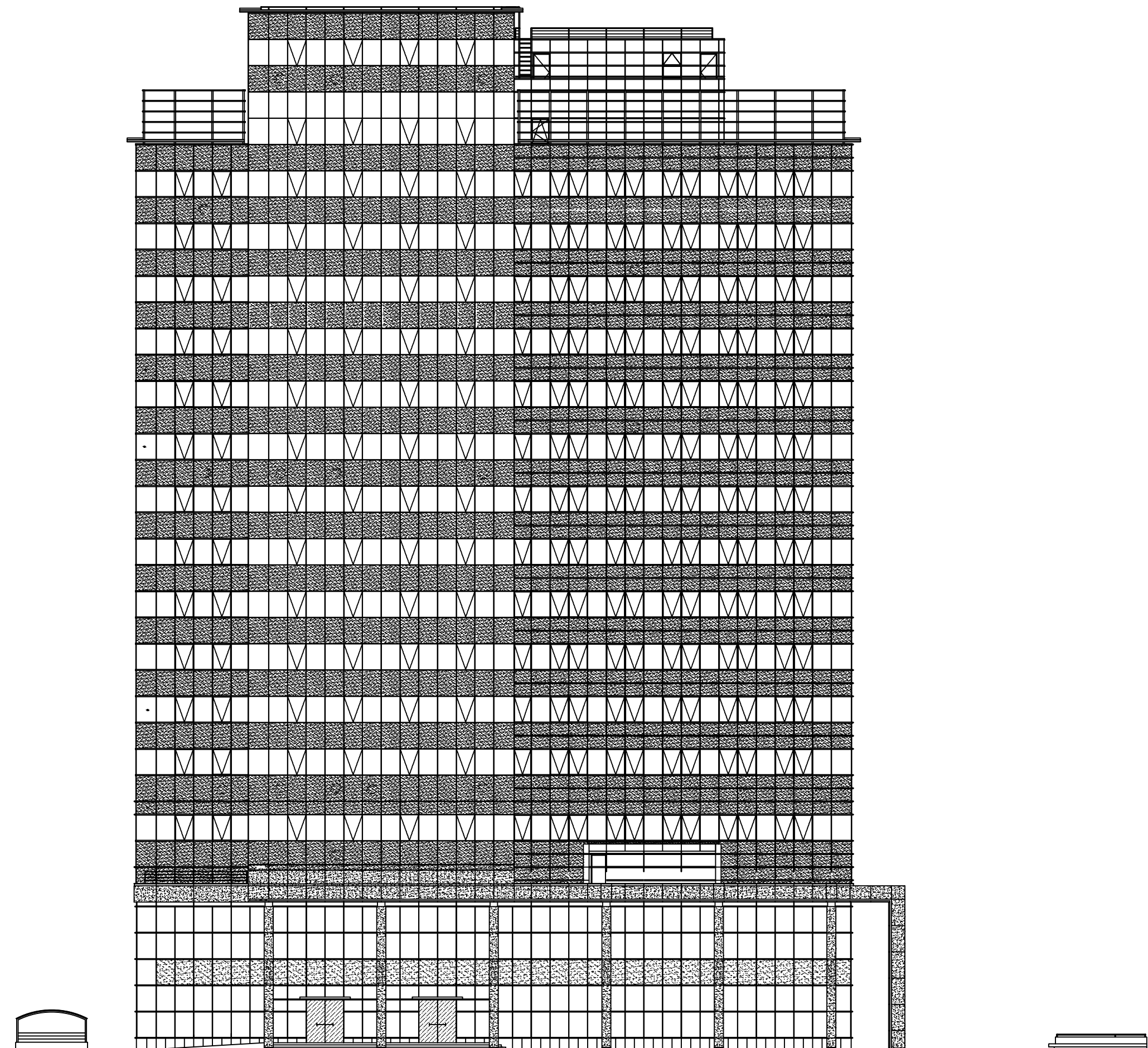




ПРИЛОГ БР. 2а
 Графички приказ објекта
 Кров
 Р = 1: 200



ПРИЛОГ БР. 26
Графички приказ објекта
Изглед јужне фасаде
Р 1:200



ПРИЛОГ БР. 2ц
Графички приказ објекта
Југоисточна фасада
Р 1:200

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Слађана (Сретко) Јанковић, рођена је 11.10.1990. године у Загребу, Република Хрватска. Основну и средњу школу Рада Врањешевић (општа гимназија) завршила је у Прњавору 2009. године. У периоду од 2009-2014. године похађала је Архитектонско-грађевински факултет, Универзитета у Бањој Луци гдје је стекла звање дипломираног инжењера архитектуре (240 ECTS), са просјечном оцјеном 8,43. У октобру 2016. године уписује други циклус комбинованог студија Енергетска ефикасност у зградарству, на Архитектонско-грађевинско-геодетском и Машинском факултету. Тренутна просјечна оцјена на мастер студију је 9,0.

Од октобра 2015. године запослена је на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету, Универзитета у Бањој Луци, као стручни сарадник за практичну наставу. Бави се научно-истраживачким радом. Сарадник је на предметима „Грађевинарство и технологије 1“, „Грађевинарство и технологије 2“ и Архитектура пољопривредних објеката (АП 11). Аутор је 10 објављених радова, изложбе „Архитектонско стваралаштво и технологије“ и учествује у другим скуповима, конкурсима и радионицама.

УНИВЕРЗИТЕТУ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ПОДАЦИ О АУТОРУ ОДБРАЊЕНОГ МАСТЕР РАДА

Име и презиме аутора мастер рада: СЛАЂАНА ЈАНКОВИЋ

Датум, мјесто и држава рођења аутора: 11.10.1990. ЗАГРЕБ, ХРВАТСКА

Назив завршеног факултета аутора и година дипломирања:
АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ,
УНИБЛ, 2014

Датум одбране завршног/дипломског рада аутора: 27.05.2014.

Наслов завршног/дипломског рада аутора: АНАЛИЗА И РЕВИТАЛИЗАЦИЈА
БЛОКА ИЗМЕЂУ УЛИЦА БАНА ЛАЗАРЕВИЋА И СРПСКЕ У БАЊОЈ ЛУЦИ

Академско звање коју је аутор стекао одбраном завршног/дипломског рада:
Дипломирани инжењер архитектуре

Академско звање које је аутор стекао одбраном мастер рада:
Мастер архитектуре и грађевинарства – Енергетска ефикасност у зградарству

Назив факултета на коме је мастер рад одбрањен:
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет и Машински факултет Универзитета у
Бањој Луци (Комбиновани студиј Енергетска ефикасност у зградарству)

Наслов мастер рада и датум одбране: МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА
НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ

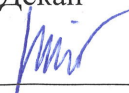
Научна област мастер рада према CERIF шифрарнику: 0020-001

Имена ментора и чланова комисије за одбрану мастер/магистарског рада:

1. проф. др Петар Гверо, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, ментор
2. проф. др Биљана Антуновић, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци, пресједник и члан комисије
3. доц. др Дарија Гајић, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци, члан комисије

У Бањој Луци, дана 03. 07. 2018.

Декан



**НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВИЈЕЋУ
КОМБИНОВАНОГ СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА II ЦИКЛУСА
ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ У ЗГРАДАРСТВУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БАЊОЈ ЛУЦИ**

Предмет: Извјештај комисије о прегледу и оцјени Завршног рада II циклуса Комбинованог студијског програма Енергетска ефикасност у зградарству, под називом: “Могућности примјене соларних система на згради Владе Републике Српске“, кандидата Слађане Јанковић, дипл.инж.арх.

На основу члана 54. Статута Универзитета У Бањој Луци и Одлуке Вијећа Комбинованог студијског програма II циклуса Енергетска ефикасност у зградарству и Наставно-научног вијећа Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета, Наставно-научно вијеће Архитектонско-грађевинско-геодетског факултета на 5. сједници, одржаној 14.02.2018. године донијело је Одлуку (број: 14/3.190 /18 од 14.02.2018 године) о именовању Комисије за преглед и оцјену завршног рада за II циклус комбинованог студијског програма Енергетска ефикасност у зградарству, кандидата **СЛАЂАНЕ ЈАНКОВИЋ** дипл.инж.арх., под називом:

**“МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ ”**

Именована је комисија у сљедећем саставу:

1. проф. др Биљана Антуновић, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Архитектонске технологије - председник комисије;
2. проф. др Петар Гверо, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Термотехника- ментор и члан;
3. доц. др Дарија Гајић, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Архитектонске технологије - члан комисије;

Комисија је детаљно прегледала и анализирала завршни рад и установила да је кандидат Слађана Јанковић, број индекса 11МЕЕЗ/16, испунила све формалне услове, и предала текст завршног рада за II циклус у прописаној форми, те Наставно-научном вијећу подноси сљедећи

**ИЗВЈЕШТАЈ
О ПРЕГЛЕДУ И ОЦЈЕНИ ЗАВРШНОГ РАДА**

I БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име оца и презиме: Слађана (Сретко) Јанковић
- Датум и мјесто рођења: 11. октобар 1990. године, Загреб, Хрватска
- Подаци о формалном образовању:

- Гимназију у Прњавору завршила је 2009. године.
 - Архитектонско – грађевински факултет Универзитета у Бањој Луци завршила је 27.05.2014. године чиме је стекла звање дипломирани инжењер архитектуре (Први циклус студија, 240 ЕЦТС бодова), усмјерење - архитектонско пројектовање.
 - На комбиноване мастер студије из области Енергетска ефикасност у зградарству Архитектонско-грађевинско-геодетског и Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци уписана је школске 20016/17 године. Средња оцјена положених испита кандидата на мастер студију износи 9,00.
- Остало:
- Стручне праксе:
- Студентска пракса, пројектни биро „Planing d.o.o“, Прњавор (01.08.2013. – 01.09.2013.)

Професионално радно искуство:

- Пројектни биро „Global drawing d.o.o“, Бања Лука (08. 2014. – 11. 2014.)
- Стручни сарадник за практичну наставу, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у Бањој Луци (11.2015- до сада)

Библиографија (Кандидат има 9 објављених радова, од којих је 7 из области енергетске ефикасности зграда):

- С. Јанковић, „Примјена и значај израде дуплих стаклених фасада у региону и поређење са ширим контекстом“, презентован на 9.међународној конференцији Савремени материјали, АНУС, Бања Лука, 2016, У Збор. Радова “Савремени материјали“, 33 књига међународног научног скупа, Бањалука, 2017, стр.61-73///ISBN-978-99938-21-89-2
- М. Станковић, С.Јанковић, „Соларни фасадни системи и комфор у породичном становању“, У Збор. Савремена теорија и пракса у градитељству, 12. међународни научно стручни скуп, Бања Лука, 2016, стр. 631-638. ///ISBN-978-99976-633-3-8
- С. Јанковић, „Енергетски плус у зградарству региона“, 33. Међународни стручни скуп Енергетика 2017, Златибор 28.03.-31.03.2017., часопис Енергетика, бр.4/19, 03.2017. UDC 620.9/// ISSN - 0354-8651
- С. Јанковић, „Стакло у енергетски ефикасним конструкцијама“, 23. Међународни симпозијум о истраживањима и примени савремених достигнућа у грађевинарству у области материјала и конструкција, Вршац, 2017, стр.483-491, ISBN 978-86-87615-08
- М. Чворо, С. Јанковић, „Могућности примјене активних соларних система у једнопородичном становању - анализа региона“ 3. научно-стручни симпозијум, Енергетска ефикасност, ЕНЕФ, 03.11.-4.11.2017. ISBN 978-99955-46-27-4
- С. Јанковић, М. Лукач, П. Гверо, „Бањалука као паметни град до 2040-те“, 3. научно-стручни симпозијум, Енергетска ефикасност, ЕНЕФ, 03.11.-4.11.2017. ISBN 978-99955-46-27-4
- С. Јанковић, Е. Хаџић, Г. Јањић, Analizis and location's selection for mini hidro power plants's construction on river Vrbas, Савремена теорија и пракса у градитељству, 24 -25. 05. 2018, стр. 398-409. ISSN 2566-4484

Конкурси, радионице и изложбе:

- Учешће на Архитектонском студентском конгресу АСК у Новом Саду. Тема радионице: Нови архитектонски програми: Иновација или рециклирање“.
- Представљени пројекат „Рестарт“. Награда за најмобилније рјешење, 04 - 08. 2012.
- Учешће на „Михер“ фестивалу архитектуре. Тема фестивала „Нова градска окупљалишта“. Представљени пројекат „Порука у боци“ 05.2012.
- Учешће на изложби за најбоље идејно архитектонско и функционално рјешење фабрике за обраду кромпира, Градска развојна агенција, ЦИДЕА 05.2013.
- Аутор изложбе „Архитектонско стваралаштво и технологије - јуче, данас, сутра“, Природно математички факултет, Универзитета у Бањој Луци, 06 - 10.2017.

II ПОДАЦИ И ЗАВРШНОМ РАДУ

Кандидат Слађана Јанковић се определила за истраживачки рад у области енергетске ефикасности зграда на тему: “Могућности примјене соларних система на згради Владе Републике Српске“.

Рад обухвата 71 страну текста и 32 стране прилога (анкета, енергетска база и техничке спецификације анализираног објекта). Кориштена су 53 референтна извора података, 22 фотографије, 19 табела и 6 дијаграма.

Завршни рад се састоји од двије основне цјелине: истраживачког дијела рада и примјењених истраживања - практични дио рада према сљедећем садржају:

Резиме

Глосаријум

Садржај

I) ИСТРАЖИВАЧКИ ДИО РАДА

1. Увод

2. О соларној енергији

3. Соларни енергетски системи за апсорпцију и рефлексiju соларне енергије

3.1 Пасивни системи

3.2 Активни системи

3.3 Комбиновани пасивни и активни системи

3.4 Савремене технологије енергетски ефикасног застакљивања

3.4.1 Термоизолацијско стакло

3.4.2 Технологије танких превлака

3.4.3 Паметно (електрохроматско) стакло

3.4.4 Фотонапонско стакло или „соларни прозор“

3.5 Инфлатор технологија

II) ПРИМЈЕНА ИСТРАЖИВАЊА – ПРАКТИЧНИ ДИО РАДА

4. Анализа примјене наведених соларних система на згради Владе Републике Српске

- 4.1 Енергетска ефикасност у зградарству региона
- 4.2 О стаклу и јавним транспарентим објектима
- 4.3 О згради Владе РС
- 4.4 Енергетска потрошња и услови комфора
- 4.5 Испитивање могућих инвестиција и уштеда
 - 4.5.1 Активни и пасивни соларни системи
 - 4.5.2 Технологије танких превлака и фотонапонског стакла
 - 4.5.3 Инфлатор ролетне
- 4.6 Постизање оптималне енергетске ефикасности
- 4.7 Доказивање исплативости предложене инвестиције

III) ЗАКЉУЧАК

IV) ЛИТЕРАТУРА

V) ПРИЛОЗИ

Захвалница и биографија

III ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ЗАВРШНОГ РАДА

Због глобалног загријавања, климатских промјена и константног раста цијена енергената у последњих неколико година проналазе се нови начини и развијају нове технологије како би се обновљиви извори енергије искористили на што више начина у области зградарства. С обзиром на чињеницу да зграде троше највећу количину енергије (40-50% укупне потрошње енергије отпада на сектор зградарства) све више се даје на значају проналажењу алтернативних рјешења која користе обновљиве енергетске ресурсе.

Стога је у овом раду истражена могућност примјене соларне енергије, као обновљивог извора, са циљем смањења потрошње конвенционалних облика енергије, побољшања топлотног комфора и унапређења енергетске ефикасности зграде. Анализирано је како од постојеће-изграђене структуре зграде направити зграду са већим нивоом енергетских уштеда и који соларни системи за уштеду енергије представљају најбоље рјешење.

Предмет истраживања је употреба соларне енергије кроз различите соларне системе у области зградарства и то конкретно јавних објеката који имају повећан удио стаклених површина у омотачу зграде. Разматрана је ефикасност процеса гријања и хлађења објекта и на крају дат је приједлог рјешења за постизање оптимално енергетско-економске са наведеним параметрима потрошње и уштеда. Анализа је урађена на примјеру зграде Владе Републике Српске кроз неколико различитих сегмената.

Рад је базиран на провјери двије основне хипотезе:

Хипотеза 1

Нове, савремене енергетски ефикасне технологије, могу се поставити на постојећу конструктивно – материјалистичку структуру већ изграђених објеката, без нарушавања архитектонског идентитета зграде.

Образложење

Савремене енергетски ефикасне технологије представљају материјале и форме које се могу постављати:

- а) унутар објекта као заштитне ролетне – баријере за улазак топлотне енергије у објекат у љетњем периоду или за апсорпцију топлотне енергије у зимском периоду.*
- б) споља на фасаде, као транспарентне технологије танких превлака са фотонапонским ћелијама, који се постављају на стаклену структуру или као соларни фотонапонски панели и колектори који се постављају на кров или нетранспарентни дио фасаде.*

Хипотеза 2

Соларни системи за оптимизацију потрошње енергије у зградарству треба да обезбједе боље услове топлотног комфора и смањену енергетску потрошњу унутар објекта за најмање 30 %.

Образложење

Уколико изаберемо неки од појединачних соларних система и енергетски ефикасних технологија можемо добити уштеде енергије за оквирно 30%, јер они омогућавају производњу електричне и топлотне енергије, системе за апсорпцију и системе за рефлексију, који омогућују смањење рада система за климатизацију. Уколико би за енергетску трансформацију објекта изабрали комбинацију више система и већу количину елемената - уштеде могу бити и веће. У пракси се граде објекти који имају системе дуплих стаклених фасада и фотонапонских панелела и само са та два елемента постижу енергетски неутралан објекат.

Резиме и Глосаријум су дати на почетку рада. Кроз уводни дио рада је приказан мотив и предмет истраживања, циљеви, постављене су хипотезе и дати очекивани резултати.

У истраживачком дијелу рада кроз три подпоглавља испитани су различити соларни системи: соларни панели и колектори, дупле стаклене фасаде, технологије танких превлака, инфлектор материјала, електрохроматског и фотонапонског стакла. Приказана су постојећа искуства у примјени оваквих система и примјери из праксе, њихова цијена, ефикасност итд.

Практични дио рада представља анализу соларних система на примјеру зграде Владе Републике Српске (зграда Министарстава), на основу података који су били доступни разрађен је корз 7 подпоглавља. На основу постојеће енергетске базе извршен је преглед потрошње електричне и топлотне енергије, а на основу самог пројекта изведеног рјешења утврђене су тачне мјере архитектонских елемената који могу да подрже апликације система енергетски ефикасних инсталација. Испитана је ефикасност система за гријање и хлађење, као и материјала и конструкција који утичу на енергетске аспекте зграде. Урађен је поједностављен економско-енергетски прорачун за сваки наведени соларни систем и њихов утицај на топлотни комфор радне средине, на основу чега је препоручено најпогодније рјешење - постављање инфлектор ролетни. За одабрано рјешење је урађен прорачун енергетске ефикасности објекта, економских трошкова и прорачунат период повратка инвестиције.

Циљ истраживања је да се повежу практична и теоријска истраживања у оквиру наведене теме са стварним стањем, реалним објектом и конкретним примјером. Кроз навођење индикатора потрошње енергије прије и после увођења нових соларних енергетских система доказује се валидност примјене и економска исплативост инвестиције што представља сврху истраживања теме.

Прорачуном је доказано да инфлектор материјал доноси уштеде од 35-40% у трајању од 25 година. Иако је дужи период отплате, топлотни комфор који би се постигао унутар објекта, задовољство и боља продуктивност радника су параметри који не могу дефинисати реалан прорачун инвестиције. Период отплате инвестиције је нешто дужи, с обзиром на то да се рачунао проценат од 30% за потрошњу електричне енергије за системе гријања, хлађења и вентилације, што је оквиран просјек за објекте јавног карактера у региону, али не и реалан за сваки објекат посебно. За представљени објекат проценат може бити већи, с обзиром на то да су код њега уочени бројни наведени недостаци, те да би се задовољио топлотни комфор радне средине потребна је већа потрошња енергије него просјечна.

Допринос рада:

- У раду је дат осврт на соларну енергију као значајан извор енергије у зградама те описани различити системи и примјери примјене соларних енергетских система за апсорпцију и рефлексију соларне енергије.
- Сprovedена је анкета у оквиру које је испитиван субјективни осјећај корисника зграде- запослених о топлотном комфору у радној средини.
- Урађена је анализа енергетских перформанси јавног објекта са великом површином стакла у омотачу те дате конкретне препоруке за његово унапређење примјеном обновљивих извора енергије на конкретном примјеру имајући у виду енергетску и економску исплативост инвестиције уз истовремено побољшање топлотног комфора запослених.

IV ЗАКЉУЧНО МИШЉЕЊЕ

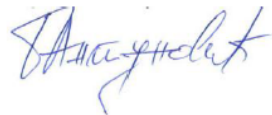
Након прегледа достављеног рада на основу напријед наведених чињеница, закључује се да кандидат Слађана Јанковић дипл. инж. арх. испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању Републике Српске и Статута Универзитета у Бањој Луци те да може приступити одбрани завршног рада другог циклуса.

Комисија предлаже научно-наставном вијећу Комбинованог студијског програма другог циклуса студија Архитектонско-грађевинско-геодетског и Машинског факултета Универзитета у Бањој Луци да кандидату Слађани Јанковић дипл. инж. арх. одобри јавну одбрану рада под називом: “Могућности примјене соларних система на згради Владе Републике Српске”.

Бања Лука, јун 2018. године

Чланови комисије:

1. Предсједник Комисије



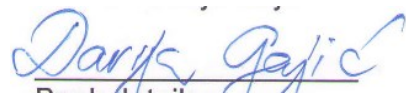
проф.др Биљана Антуновић, ванредни професор,
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,
Универзитет у Бањој Луци

2. Ментор и члан Комисије



проф.др Петар Гверо, редовни професор,
Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци

3. Члан Комисије



доц.др Дарија Гајић, доцент,
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет,
Универзитет у Бањој Луци

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је

Мастер рад

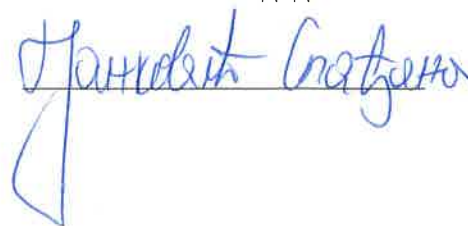
Наслов рада „МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ“

Наслов рада на енглеском језику „POSSIBILITIES OF SOLAR SYSTEMS APPLICATIONS ON GOVERNMENT BUILDING IN REPUBLIC OF SRPSKA“

- ☒ резултат сопственог истраживачког рада,
- ☒ да мастер рад, у цјелини или у дијеловима, није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- ☒ да су резултати коректно наведени и
- ☒ да нисам кршила ауторска права и користила интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци 03.07.2018.

Потпис кандидата



Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци да мастер рад учини јавно доступним

Овлашћујем Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци да
мој мастер рад, под насловом

МОГУЋНОСТИ ПРИМЈЕНЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА НА ЗГРАДИ ВЛАДЕ РЕПУБЛИКЕ
СРПСКЕ

који је моје ауторско дјело, учини јавно доступним.

Мастер рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату, погодном за трајно
архивирање.

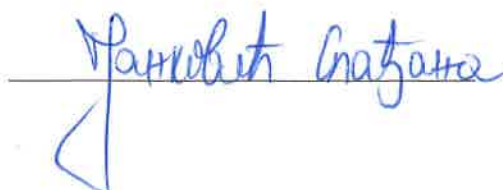
Мој мастер рад, похрањен у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој
Луци, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце
Креативне заједнице (*Creative Commons*), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
- ☒ 3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - дијелити под истим условима

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

У Бањој Луци 03.07.2018.

Потпис кандидата



Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије мастер рада

Име и презиме аутора: Слађана Јанковић

Наслов рада: Могућности примјене соларних система на згради Владе Републике Српске

Ментор: проф.др Петар Гверо

Изјављујем да је штампана верзија мог мастер рада идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци 03.07.2018.

Потпис кандидата

Јанковић Слађана