

Енергетска и еколошка одговорност као принцип пројектовања

Зграда студентског дома у Универзитетском граду

Саша Чворо¹, Малина Чворо¹, Уна Окиљ¹, Зоран Уљаревић¹

¹Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

sasa.cvoro@aggf.unibl.org, malina.cvoro@aggf.unibl.org, una.okilj@aggf.unibl.org, zoran.uljarevic@aggf.unibl.org

Сажетак— Побољшање услова живота, смањење потрошње енергије и очување животне средине подразумева пројектовање и изградњу објеката у складу са постављеним циљевима одрживог урбаног развоја. Енергетска и еколошка одговорност приказана је на примјеру објекта реализованог у односу на просторне потребе, тржишне и друштвене специфичности локалне средине. Студентски дом Никола Тесла, павиљон 4, налази се у склопу комплекса Универзитетског града Бања Лука – заштићеног подручја пејзажне архитектуре које има јавни карактер, док саму архитектуру дома одређују једноставност запремине зграде и умјерени архитектонски израз, рационалност у материјализацији и организацији простора.

У раду су представљени резултати добијени појединачном анализом структуре потрошене енергије у 4. павиљону студентског дома Никола Тесла у Бањој Луци, а за период од 2018. до 2022. године. Резултати су показали да је учешће соларне енергије, из обновљивих извора, у укупно испорученој енергији 4.19% за посматрани период од пет година. Циљ овог рада је приказати вриједности и промјену структуре у потрошњи енергије по годинама, указујући при том на важност дужине периода који се посматра.

Кључне ријечи — *архитектонско пројектовање, студентски смјештај, енергетска ефикасност, соларна енергија*

I. УВОД

Брз раст градова и еволуција технологија и производних метода имали су огроман утицај на развој урбаног свијета. Градови се развијају по веома сложеним обрасцима, са просторним, културним, еколошким и социо-економским карактеристикама. Растућа популарност модела дисперзивног града у 20. вијеку не само да је била у великој супротности са ранијим, компактнијим градовима 19. вијека, већ је створила и негативне посљедице на инфраструктуру и ресурсе. Као одговор, тражена су рјешења за раст са мањим утицајем на животну средину. Зелени урбанизам је дефинисан као пракса стварања заједница корисних и за људе и животну средину, гдје еколошки интегрисано и одрживо планирање града може да обезбједи и побољша еколошке користи на локалном, националном и међународном нивоу.

Град Бања Лука је усвојио Акциони план за зелени град са јасном визијом: „Град има за циљ да буде примјер иновативне, паметне и одрживе комуналне и саобраћајне инфраструктуре, подржане ефикасним системом коришћења земљишта и повећаном отпорношћу на климатске промјене и друге елементарне непогоде. Са здравом и динамичном изграђеном средином, мрежа зелене и плаве инфраструктуре заштитиће и унаприједити водне ресурсе, квалитет земљишта и биодиверзитет, те одржати репутацију Бање Луке као „града зеленила“ и дефинисао задатак којим Град Бања Лука треба „да успостави ефикасан систем кориштења енергије и сведе штетан утицај на околину на минималну могућу мјеру, побољша услове комфора и продуктивности у системима комуналних услуга.“ [1]

Природа у Универзитетском граду је најзначајнији парк у Бањалуци и стављен је под заштиту Републике Српске Одлуком Министарства просторног уређења, грађевинарства и екологије још 2012. године, а 2016. године је Одлуком Скупштине града Бања Лука проглашава се заштићено подручје са одрживим коришћењем природних ресурса као Споменик парковске архитектуре „Универзитетски град“ [2]. Парк чини богата хортикултура из различитих временских периода, 1.500 стабала, а истичу се низови платана од којих су неки стари и по неколико стотина година. Уз богату вегетацију овдје живи 48 врста птица од којих су неке законски заштићене, а једним дијелом границе протиче и ријека Врбас. Универзитетски град Бања Лука смјештен је у комплексу бивше касарне ЈНА „Врбас“ и са становишта архитектуре, ово подручје представља хетерогену групу објеката веома различите намјене, времена изградње, архитектонског облика и материјалне реализације. Изградња објекта на овако специфичном простору подразумева успостављање нових квалитета, начина понашања и успостављање реда а све у складу са просторним контекстом којим доминира постојећи природни амбијент [3].

II. ЕКОЛОШКИ И ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНА АРХИТЕКТУРА

У урбанистичко-архитектонском приступу, зграда Дома студената и њен ауторски концепт слиједио је одређене принципе градње. Објекат студентског дома

чини dio ulичне фасаде западног прилаза Кампусу из правца центра града. Опсежан програм Дома и недвосмислени обликовни правци резултирали су уздужном волуметријом стамбене зграде чије су димензије упоредиве са сусједном стамбеном четврти Борик, урбаним стамбеним насељем типичним за период социјализма и изграђеним у духу интернационалног стила, који карактерише урбани стил чистих и голих форми, као и нова димензија функционализма. Обликовању објекта Студентског дома претходило је усклађивање намјене са пропорцијама сусједних зграда и визуелног пејзажа из Кампуса гдје се појављује. Основа предложеног концепта је функционална диференцијација садржаја објекта на заједничке (јавне) површине и приватне просторе (просторије) тако да се у централном дијелу отвара велика затворена структура зграде са транспарентном предњом фасадом која вертикално повезује заједничке садржаје.

Прекид који је направљен у формирању редослиједа студентских соба попуњавају преостали јавни садржаји зграде – улазни хол, комуникације, заједнички трпезаријски простор и заједнички дневни боравак. Ове зоне су окружене стакленим зидовима који омогућавају поглед ка споља, али такође означавају унутрашњу динамику коришћења зграде погледима споља. Приземље и подрум су dio јавног садржаја зграде која је у функцији административне управе, студентске амбуланте, учионица и служби. Предложено рјешење обезбјеђује капацитет од 280 лежачева. Просторије су оријентисане на исток и запад, имају природно освјетљење и вентилацију. Дуги ходници су подједнако организовани на свим спратовима и ритмично се помијерају упадљивим улазима у смјештајне јединице. Свака соба је предвиђена за смјештај по два студента и опремљена је кухињским блоком у холу и купатилом. Аутори су користили боју дајући тако живописност унутрашњем простору зграде, а различите боје пода користе се за креирање визуелног идентитета сваког појединачног спрата. Поглед на спољашњи простор у просторијама дефинисан је постојањем прелазне зоне, лође. Покретне металне сијенке на фасади дају кориснику могућност избора количине свјетлости или сјенке која улази у просторију. Заштита од сунца је остварена кроз форму динамичких елемената обликовања на фасади које је изведено у складу са распоредом предње фасаде. Поред тога, слободу у архитектонском изразу веома рационалног волумена објекта аутори су креирали употребом боје на фасади. Разиграни сет панела разних боја и димензија директна је асоцијација на младе станаре ове зграде.

Циљ пројекта зграде Дома студената је побољшати услове живота, смањити потрошњу енергије и очувати животну средину кроз јасно дефинисање основних елемената функционалне организације и архитектонске материјализације простора. Принципи пројектовања и начини реализације утицали су на очекивани ниво енергетске оптимизације и свих елемената комфора боравка и рада људи у овом специфичном простору. Један од циљева аутора ове архитектуре био је да омогуће

задовољавајући ниво удобност у простору уз минималну потрошњу енергије у простору на рационалан начин. У смислу остварења оптималних услова просторног комфора и оптимизације енергије:

- испитани су утицајни фактори комфора /услови на лицу мјеста, микроклима, дневна свјетлост, загађивачи ваздуха, бука и др./,
- утврђене границе пожељних или прихватљивих услова комфора у простору /температура, освјетљеност, квалитет ваздуха и прихватљиви нивои буке/,
- контролисани промјенљиви параметри / топлота, ваздух, свјетлост и звук / уз помоћ пасивних средстава / карактеристике објекта / колико је то могуће и изводљиво,
- смањена потрошња енергије само на контролу и одржавање активних средстава за обезбјеђивање комфора /гријања, хлађења, вентилације, освјетљења, заштите од буке и сл./.

У овом раду су детаљно анализирани петогодишњи резултати уштеде добијене увођењем 100 кровних соларних панела на око 60 одсто укупне површине равног крова. Циљ њихове уградње био је омогућити загријавање санитарне топле воде у објекту који има 150 купатила и главни је потрошач те воде и то енергијом из обновљивих извора.



СЛ.1. 4. Павиљон Студентског дома, Бања Лука

III. ЕНЕРГИЈА КОРИШТЕНА ИЗ ОБНОВЉИВИХ ИЗВОРА

Четврти павиљон Студентског дома Никола Тесла има гријану бруто запремину $V_e=23030 \text{ m}^3$ са кондиционираном површином $A_u=7114 \text{ m}^2$ и фактором облика зграде $f_0=0.237 \text{ m}^{-1}$. Учешће провидних елемената у укупној површини омотача зграде је $z=32.0 \%$. Да би смањили губитке топлоте у преносу и категорисали енергетски ефикасне зграде, објекат је пројектован са U-вриједношћу спољашњег зида од $0.225 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ са дебелином термоизолације 15 cm. Провидни елементи су прозори са двоструким застакљивањем са вишекоморним алуминијумским рамовима. Елементи равног крова су пројектовани са дебелином термоизолације од 15 cm и U-вриједношћу од $0.248 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$. Поред дефинисане геометрије, материјала и климатских параметара,

процјеном енергетских перформанси, по својим енергетским карактеристикама и са годишњом потребном енергијом за гријање зграда студентског дома припада С енергетској класи. [3][4]

На крову зграде постављени су соларни панели који производе енергију за припрему потрошне топле воде. Сто поликристалних соларних панела укупне ефективне површине 235 m² постављено је на раван кров, орјентисан ка југу и постављен под углом од $\theta=30^{\circ}$. У циљу процјене енергије коју генеришу соларни панели годишње, подаци о мјесечном глобалном зрачењу примљеном на површини насловљеној под углом од 30⁰ степени за координате (ширина = 44.77⁰, географска дужина = 17.21⁰) добијени су на основу сателитских осматрања. Стварна ефикасност процијењена је 2017. године на основу карактеристика соларних панела и спољашњих утицаја (процијењена разлика између улазне температуре колекторског флуида и температуре околине, примљеног глобалног сунчевог зрачења и сјенчења) [4]. Просјечна мјесечна ефикасност соларних ћелија је вршна у фебруару ($\eta=19,8\%$) и најнижа у јулу ($\eta=13,9\%$). Енергија генерисана из соларних панела добијена је помоћу једначине:

$$Q_{sol} = \eta \cdot H_t \cdot A$$

Гдје H_t представља средње суме сунчевог зрачења на јужно орјентисану површину, а A је укупна ефективна површина кровног соларног панела. Енергија коју генеришу соларни панели на нивоу једне године је 78,2 MWh и представља дио укупне енергије која се троши за припрему топле воде.

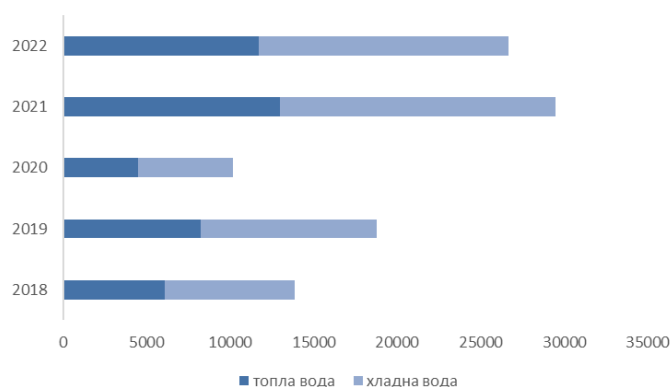
Вода у рецикулацијском систему се загријава са три котла од 1000 литара до температуре $\theta_{w,del}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура доводне воде током године осцилира од $\theta_{w,0}=8\text{ }^{\circ}\text{C}$ зими до $\theta_{w,0}=14\text{ }^{\circ}\text{C}$ лети. Потрошња енергије за загријавање воде за домаћинство се процјењује на основу сљедеће једначине:

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w (\theta_{w,del} - \theta_{w,0})$$

Гдје је ρ_w густина воде и c_w специфични топлотни капацитет воде ($\rho_w \cdot c_w = 1.16\text{ kWh/m}^3\text{K}$) [5]. На овај начин процијењена је годишња потрошња енергије за припрему потрошене топле воде и то за сваку годину посматраног периода. Укупна потрошња воде у објекту по годинама, 2018., 2019., 2020., 2021. и 2022. године, приказана је на Слици 2.

Бруто финална потрошња енергије зграде током године може се подијелити на испоручену топлотну енергију, енергију утрошену за припрему потрошне топле воде и електричну енергију утрошену на све осим припреме топле воде. Вриједности очитане са рачуна за потрошену топлотну енергију за гријање и укупно утрошена електрична енергија кориштене су за добијање укупне годишње испоручене енергије за посматрани период. Укупно утрошена електрична енергија је збир очитаних вриједности са рачуна по годинама и енергија добијена из соларних панела. Ове вриједности приказане су на Слици 3 и 4, док је учешће енергије добијене из обновљивих извора у годишњој испорученој енергији, као и њено учешће у укупно утрошеној електричној енергији,

односно у енергији за загријавање топле воде, током 2018., 2019., 2020., 2021. и 2022. године приказано је у Слици 3 и 5.

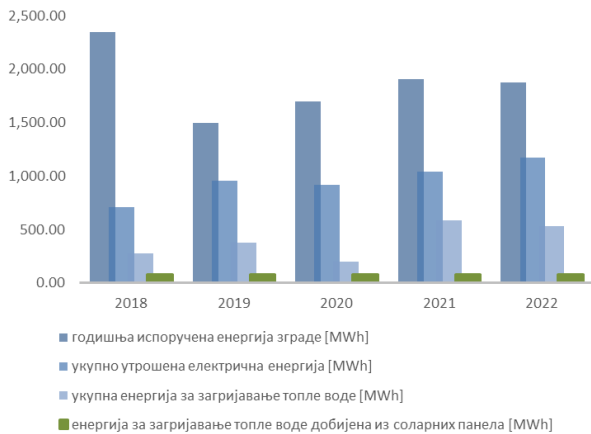


СЛ. 2. Потрошња воде на основу рачуна и оптерећења

	2018	2019	2020	2021	2022	УКУПНО
годишња испоручена енергија зграде [MWh]	2,345.12	1,498.84	1,696.96	1,905.74	1,876.60	9,323.26
укупно утрошена електрична енергија [MWh]	708.84	953.74	915.36	1,040.24	1,172.80	4,790.98
укупна енергија за загријавање топле воде [MWh]	276.51	373.85	202.94	587.41	530.96	1,971.67
енергија за загријавање топле воде добијена из соларних панела [MWh]	78.20	78.20	78.20	78.20	78.20	391.00
учешће енергије из соларних панела у испорученој енергији [%]	3.33	5.22	4.61	4.10	4.17	4.19
учешће енергије из соларних панела у укупно утрошеној елен. [%]	11.03	8.20	8.54	7.52	6.67	8.16
учешће енергије из соларних панела у енергији за загријавање воде [%]	28.28	20.92	38.53	13.31	14.73	19.83

СЛ. 3. Показатељи вриједности и структуре потрошене енергије

Годишња испоручена енергија била је највећа у 2018. години, а најмања у 2019., сразмјерно потрошњи топлотне енергије за гријање, која је у 2018. години била највиша у посматраном периоду а троструко већа него у 2019. години. Управо у овим годинама добијена је највиша за 2019. од 5.22% и најнижа за 2018. годину од 3.33% енергије из обновљивих извора. Укупно утрошена електрична енергија била највиша у 2022. а најнижа у 2018. години. Тако су у 2018. години кад је забиљежена најнижа потрошња електричне енергије, а највиша годишња испоручена енергија добијене екстремне вриједности. Укупна електрична енергија утрошена за загријавање топле воде највиша је у 2021. а најнижа у 2020. години, сразмјерно потрошњи (топле) воде, што је дало резултат од 13.31% за 2021., односно 38,53 за 2020. годину.



СЛ 4. Вриједност и структура потрошене енергије



СЛ 5. Учешће (%) енергије из соларних панела у потрошњи енергије

IV. ЗАКЉУЧАК

Зграда 4. павиљона студентског дома Никола Тесла у Бањој Луци примјер је енергетске и еколошке одговорности, гдје је одговорено на просторне потребе, тржишне и друштвене специфичности локалне средине, али и енергетско питање, па се енергија добијена из обновљивих извора користи за припрему топле воде. У раду су представљени резултати добијени поједностављеном анализом структуре потрошене енергије за период од 2018. до 2022. године. Испитано је учешће енергије добијене из соларних панела у утровошеној енергији не само за припрему топле воде, већ и у годишњој испорученој енергији зграде. Анализа се заснивала на мјесечним рачунима за испоручену топлотну енергију за гријање, за воду и за струју, те на прорачуном добијену потребну енергију за припрему топле воде и енергију добијену из сто поликристалних соларних панела на крову зграде. Приликом анализе нису уобзирени губитци система гријања нити система за припрему топле воде. Циљ овог рада је приказати вриједности и промјену структуре у потрошњи енергије по годинама, указујући при том на важност дужине периода који се посматра.

Резултати су показали да је учешће соларне енергије из обновљивих извора у укупно испорученој енергији 4.19% за посматрани период од пет година. Учешће енергије из соларних панела у укупно утровошеној електричној енергији током истог периода има средњу вриједност од

8.16%, док је енергија добијена из обновљивих извора учествовала са 19.83% у укупној енергији утровошеној за припрему топле воде. Овакав ред величина је очекиван, но екстремаријабилност вриједности овог учешћа посматрано појединачно по годинама је посљедица варијабилности у укупној потрошњи енергије и воде, као и других фактора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] EBRD Green Cities, 2020., <https://ebrdgreencities.com/assets/Uploads/PDF/EBRD-Banja-Luka-GCAP-LL.pdf>, приступљено феб. 2023.
- [2] Заштићено подручје „Универзитетски град“, <https://igr.unibl.org/index.php?idsek=156>, приступљено феб. 2023.
- [3] Чворо С., М. Чворо, У. Умићевић, 2016., *COMFORT QUALITY IN THE ARCHITECTURAL TRANSFORMATION OF EXISTING FACILITIES*, 3. Међународна научна конференција „Places and Technologies 2016“, Универзитет у Београду, стр. 109-118
- [4] Правилник о вршењу енергетског прегледа зграда и издавању енергетског сертификата, 2015., *Службени гласник Републике Српске*, број 30, стр. 36-57
- [5] Чворо М., С. Чворо, А. Јанковић, 2018., *ARCHITECTURAL ASPECTS OF ENERGY AND ECOLOGICALLY RESPONSIBLE DESIGN OF STUDENT HOUSE BUILDINGS*, 5. Међународна научна конференција „Places and Technologies 2018“, Универзитет у Београду, стр. 326-331
- [6] Правилник о методологији за израчунавање енергетских карактеристика зграда, 2015., *Службени гласник Републике Српске*, број 30, стр. 24-36

ABSTRACT

Improving living conditions, reducing energy consumption and preserving the environment means designing and building facilities in accordance with the goals set in sustainable urban development. Energy and environmental responsibility is shown on the example of an object realized in relation to the spatial needs, market and social specificities of the local environment. The student dormitory Nikola Tesla is located within the complex of the University City of Banja Luka. The architecture of the dormitory in protected area of landscape architecture is determined by the simplicity of the building's volume and moderate architectural expression, rationality in the materialization and organization of space.

The paper presents the results obtained by a simplified analysis of the structure of energy consumed in the 4th pavilion of the Nikola Tesla dormitory in Banja Luka for the period from 2018 to 2022. The results showed that the share of solar energy, from renewable sources, in the total delivered energy was 4.19% for the observed period of five years. The aim of this paper is to show the values and the change in the structure of energy consumption by year, pointing out the importance of the length of the observed period.

Keywords — architectural design, student accommodation, energy efficiency, solar energy

ENERGY AND ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY AS DESIGN PRINCIPLE – STUDENT HOUSING BUILDING IN THE UNIVERSITY KAMPSUS
Saša Čvoro, Malina Čvoro, Una Okilj, Zoran Uljarević

