

**ПРОЦЕНА СТАЊА И ЕНЕРГЕТСКА САНАЦИЈА ПОРОДИЧНЕ СТАМБЕНЕ
ЗГРАДЕ У ЛОЗНИЦИ****ASSESSMENT OF CONDITION AND ENERGY RENOVATION OF FAMILY
RESIDENTIAL BUILDING IN LOZNICA**

Војислав Сандић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У теоријском делу рада су обрађени обновљиви извори енергије (ОИЕ) са акцентом на соларну енергију и могућност њеног коришћења у зградарству. Такође, описан је принцип рада и могућност примене соларних колектора и фотонапонских система. У практичном делу рада је представљена процена стања породичне стамбене зграде у Лозници, која обухвата детаљан визуелни преглед конструкције, као и прорачун енергетске ефикасности. Прорачуном енергетске ефикасности објекат је категорисан у енергетски разред Д. Након предложених мера санације на термичком омотачу, поновљен је прорачун енергетске ефикасности и објекат је категорисан у енергетски разред Ц. За потребе израде овог рада урађена је пројектно-техничка документација за предметни објекат.

Кључне речи: обновљиви извори енергије, соларна енергија, фотонапонски системи, енергетска ефикасност, енергетски разред

Abstract – The theoretical part of this paper deals with renewable energy sources (RES), emphasising solar energy and the possibility of its use in construction. The principle of operation and the possibility of applying solar collectors and photovoltaic systems are described. In the practical part of the paper, an assessment of the condition of a family residential building in Loznica is presented, including a detailed visual inspection of the structure and an energy efficiency calculation. Based on the energy efficiency calculation, the building is categorised into energy class D. After the proposed repair measures on the thermal envelope, the energy efficiency calculation was repeated, and the building was categorised into energy class C. The design and technical documentation for the object in question were prepared earlier.

Keywords: renewable energy sources, solar energy, photovoltaic systems, energy efficiency, energy class

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Мирјана Малешев, ред. проф.

2. СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА И ФОТОНАПОНСКИ СИСТЕМИ**2.1 Соларна енергија**

Сунце је звезда која је индиректно или директно, извор готово све расположиве енергије на Земљи. Земља од Сунца добија неколико хиљада пута више енергије него што износи укупна потрошња енергије из свих примарних извора.

Соларна енергија је, еколошки гледано, чиста обновљива енергија, која потиче од сунчевог зрачења. Она се примењује у свом изворном облику, без конвертовања у облике погодне за употребу. Примењује се производњу електричне енергије, загревање воде, грејање простора, као и за друге енергетске потребе неопходне за нормалан живот људи. Сунчево зрачење може директно, помоћу соларних (фотонапонских) ћелија да се претвори у електричну енергију. У таквим ћелијама, услед удара светлости у спој између метала и полупроводника (или два различита полупроводника), генерише се мали електрични напон. једна фотонапонска ћелија обично генерише стотине или хиљаде киловата електричне енергије.

У зградарству, се помоћу фотонапонских модула или соларних панела, који се постављају на кровове објеката, постиже велика уштеда енергије и повећања напајања електричном енергијом. Свакако, иако је сама сунчева енергија бесплатна, њена употреба изискује одређена улагања, али дугорочно се може исплатити и вишеструко вратити.

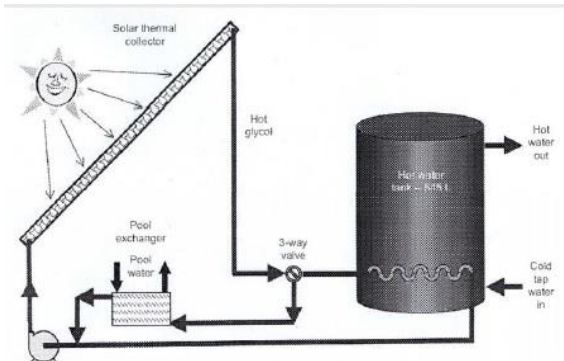
2.2 Употреба соларне енергије у зградарству

Постоје два различита система коришћења соларне енергије у зградарству, а то су:

1. Активни системи – системи у којима се примењује инсталациона опрема за претварање соларне у друге облике енергије, али се применом овог система поскујују трошкови изградње објекта;
2. Пасивни системи – системи у којима се архитектонским концептима постиже енергетска ефикасност објеката, поузданији су и не захтевају велика одржавања. Применом овог система, цео објекат се понаша као колектор сунчевог зрачења и регулатор топлоте [1].

Основна функција соларних колектора јесте да што ефикасније претворе сунчеву светлост у топлотну енергију. Соларни колектори су системи код којих помоћу плочастог или вакуумског панела сунчева

светлост улази у систем и претвара се у топлоту (Слика 1). Ови системи монтирају се на крову и раде на принципу минијатурног стакленика. Апсорбујућа плоча и изолација овог система служе као пријемници соларне енергије, док је излазак сунчеве светлости спречен помоћу транспарентног покривача постављеног на плочастом панелу [2].



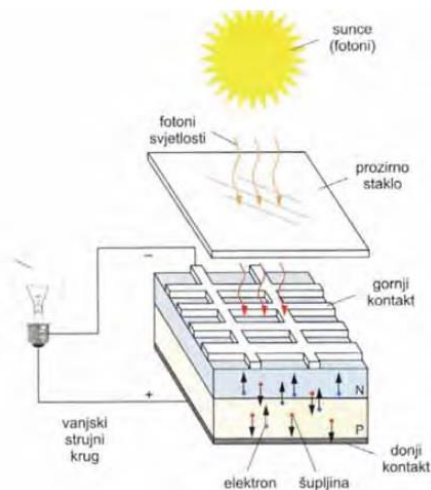
Слика 1: Шема соларног колектора

За разлику од соларних колектора који служе са претварање сунчеве енергије у топлотну, соларни панели су елементи који се користе за производњу електричне енергије. Најчешће коришћени типови соларних палела су монокристални и поликристални соларни панели. Соларни системи за производњу електричне енергије се деле у две групе:

1. самостални фотонапонски системи (енг. stand-alone) који функционишу самостално и
2. мрежно повезани фотонапонски системи (енг. grid-tied) који функционишу преко дистрибутивне мреже [2].

Соларна (фотонапонска) ћелија је полупроводнички уређај који претвара сунчеву енергију директно у електричну помоћу фотоелектричног ефекта. Групе ћелија формирају соларне модуле, познате и као соларни панели или фотонапонске плоче. Енергија произведена соларним модулима је пример соларне енергије.

Примењују се три типа фотонапонских ћелија: монокристалне, поликристалне (Слика 2) и ћелије за мале снаге од аморфног силицијума.



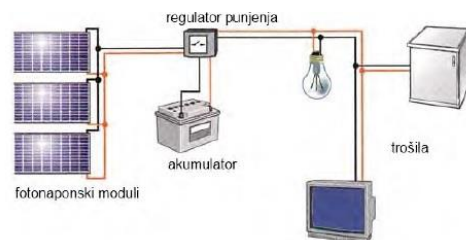
Слика 2: Структура кристалне соларне ћелије

Соларни модули представљају мрежу серијски повезаних фотонапонских соларних ћелија и тзв. by-pass диода, које штите соларне ћелије од делимичног засенчења модула (Слика 3). Када се једна ћелија замрачи, она постаје потрошач електричне енергије. На овај начин може доћи до уништења соларне ћелије повећањем температуре (hot-spot ефекат).



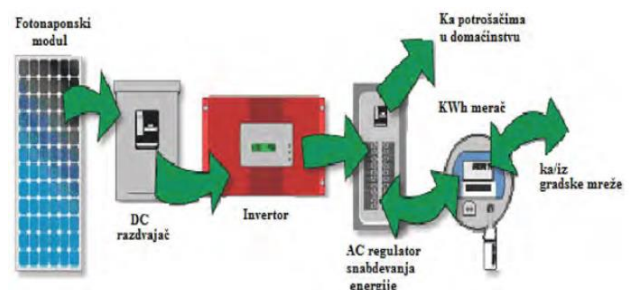
Слика 3: Изглед монокристалног модула

Независни (енг. off-grid) системи су системи којима је могуће снабдевање само неколико потрошача, потребно је неколико соларних модула који се састављају у фотонапонски генератор, један акумулатор већег капацитета и један регулатор пуњења (Слика 4).



Слика 4: Off-grid фотонапонски систем

On-grid системи фотонапонски системи (слика 5) су системи који су спојени на електродистрибутивну мрежу преко наизменичног претварача (инвертера). У овом систему нису потребни ни акумулатор ни регулатор пуњења. Једносмерни напон се помоћу претварача претвара у наизменични и сва произведена електрична енергија се шаље у јавну мрежу.



Слика 5: On-grid фотонапонски систем

Хибридни системи су системи који могу користити више обновљивих извора енергије. Очекује се да ће развој соларних технологија омогућити нова техничка решења која ће зграду снабдевати топлом водом, обезбедити напајање електричном енергијом и загревање простора [3].

2. ПРОЦЕНА СТАЊА ОБЈЕКТА

2.1 Технички опис конструкције

Предмет овог рада је породична стамбена зграда спратности Пр+Пк, у насељу у близини Лознице. Предметни објекат изграђен је 2002. године, без пројектно – техничке документације, те је пројекат изведеног стања урађен за потребе овог рада. На наредној слици приказан је спољашњи изглед предметног објекта (фасаде). Објекат је у основи сложеног облика, димензија 8,50 x 9,10 m + 1,00 x 3,85 m спратности Пр+Пк + анекс на источној страни објекта, димензија 3,40 x 5,00 m спратности Пр, на парцели која је у паду у смеру од севера ка југу. Бруто површина објекта је 156,9 m², док је корисна површина 125,5 m². У близини објекта се налазе три породична објекта. Суседни објекти су на довољној удаљености и не спречавају инсолацију. Лице објекта је окренуто западу - улици. Грађевинска линија објекта је паралелна са регулационом и од исте је удаљена 7 m. У близини објекта нема вегетације веће висине (дрвећа), тако да је исти изложен дејству ветра (Слика 6).

Објекат је пројектован и изведен са ходником на јужној страни објекта (улаз са јужне стране), како у приземљу, тако и на спрату. У приземљу објекта са леве (западне) стране се налазе дневна соба и спаваћа соба, док се трпезарија са кухињом, друга спаваћа соба и купатило налазе са десне (источне) стране. У поткровљу објекта се налазе две спаваће собе, купатило и остава. Вертикална комуникација је остварена унутрашњим двокраким степеништем. Грејање у објекту је решено централно, при чему је котловница изграђена у виду анекса са источне стране објекта, и има посебан улаз. Димензије котловнице су 3,40 x 5,00 m.



Слика 6: Изглед објекта (фасаде)

Конструкција објекта је зидана масивним конструктивним зидовима од гитер блокова зиданих у продужном цементном малтеру са хоризонталним и вертикалним АБ серкљажима. Зидови су у међусобном склопу са АБ сеизмичким серкљажима чиме је постигнута сеизмичка стабилност објекта. Темели су

тракасти од армираног бетона са АБ темелјним гредама као хоризонталним укрућењем. Подна плоча (мртва) је изведена као пуна плоча од набијеног бетона. Међуспратне конструкције изнад приземља и поткровља су типа ферт. Облик крова је двоводан, кровна конструкција је дрвена ослоњена на АБ плочу и спољашње носиве зидове за које је анкерована. За кровни покривач је узет фалцовани цреп. Фасадни отвори на објекту су квалитетне столарске израде и алуминијумских профила. Фасада објекта је урађена као топла, масивна, и има контактну термоизолациону облогу.

Анализа **оштећења** на основу визуелног прегледа

Приликом процене стања предметног објекта обављен је визуелни преглед конструкције. Извршена је провера геометрије мерењем димензија у основи и висине објекта, као и свих елемената (зидова, отвора). Такође, извршен је детаљан визуелни преглед објекта, са снимањем врсте, положаја и величине оштећења. Резултати визуелног прегледа су документовани фотографијама. Визуелним прегледом је установљено да је објекат у врло добром стању. Фасадни зидови су равни, неоштећени, без икаквих трагова експлоатације (пукотине, прсине, љускања), обложени зарибаним фасадним малтером гранулације 2 mm. На местима сутицања зидова ивице су правилне, оштре и неоштећене. Једини делови који су више оштећени од осталих су прилазни тротоари, на којима су јасно уочљиве пукотине, као и део сокле, где је дошло до љускања завршног слоја обраде (кулирпласт).

3. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ОБЈЕКТА

Елаборат енергетске ефикасности, односно прорачун енергетске ефикасности је израђен према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда „Службени гласник РС“ бр. 061/2011, објављен 19.08.2011. године [3]. Дефинисано је укупно 14 склопова за различите конструкцијске елементе, од чега је 8 нетранспарентних и 6 транспарентних позиција.

За спољашње зидове, проверена је топлотна проводљивост, дифузија водене паре и топлотна акумулативност, а за унутрашње зидове и међуспратне конструкције прорачунати су коефицијент пролаза топлоте и дифузија водене паре. За транспарентне склопове проверена је само топлотна проводљивост. Преглед коефицијената топлотне проводљивости кроз термички омотач постојећег објекта дат је у Табели 1.

Даљим прорачуном одређени су топлотни губици (трансмисиони кроз транспарентне и нетранспарентне површине, линијски и вентилациони) и добици од сунчевог зрачења и унутрашњих извора. Доказано је да су губици топлоте највећи кроз нетранспарентне и транспарентне површине. Потом је одређена укупна потребна енергија за систем који ради без прекида, као и потребна енергија по месецима, чиме је објекат категорисан у енергетски разред Д. Након предложених санационих мера и интервенција на термичком омотачу, објекат је сврстан у енергетски разред Ц.

Табела 1: Преглед коефицијената пролаза топлоте кроз термички омотач постојеће конструкције

| Елемент | Позиција | U [W/m ² K] | U _{max} [W/m ² K] | Услов задовољен |
|---|----------|------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Спољашњи зидови | СЗ1 | 0,329 | 0,40 | ДА |
| Унутрашњи зидови ка негрејаном простору | УЗ1 | 1,457 | 0,55 | НЕ |
| | УЗ2 | 1,689 | 0,55 | НЕ |
| | УЗ3 | 1,434 | 0,55 | НЕ |
| МК испод негрејаног простора | МК-1 | 0,556 | 0,40 | НЕ |
| МК ка негрејаном кров. прост. | МК-2 | 0,594 | 0,40 | НЕ |
| | МК-3 | 0,579 | 0,40 | НЕ |
| Под на тлу | ПТ | 0,38 | 0,40 | ДА |
| Прозори | ПР1 | 1,911 | 1,5 | НЕ |
| | ПР2 | 1,855 | 1,5 | НЕ |
| | ПР3 | 1,879 | 1,5 | НЕ |
| | ПР5 | 1,994 | 1,5 | НЕ |
| Врата | ВР1 | 1,841 | 1,5 | НЕ |
| | ВР2 | 2,532 | 1,50 | НЕ |

4. МЕРЕ ЕНЕРГЕТСКЕ САНАЦИЈЕ И ПРОРАЧУН ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ САНИРАНОГ ОБЈЕКТА

Спољашњи зидови, на којима је изведена квалитетна термоизолација и масивна контактна фасада, као и под на тлу, задовољавају коефицијенте пролаза топлоте. Остали елементи не задовољавају коефицијенте пролаза топлоте, те их је потребно санирати. Транспарентне површине, односно грађевинска столарија, чини веома мали део у површини термичког омотача, те неће бити обухваћена енергетском санацијом.

Табела 2: Преглед коефицијената пролаза топлоте кроз термички омотач санираних конструкција

| Елемент | Позиција | U [W/m ² K] | U _{max} [W/m ² K] | Услов задовољен |
|---|----------|------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Спољашњи зидови | СЗ1 | 0,329 | 0,40 | ДА |
| Унутрашњи зидови ка негрејаном простору | УЗ1 | 0,321 | 0,55 | ДА |
| | УЗ2 | 0,342 | 0,55 | ДА |
| | УЗ3 | 0,320 | 0,55 | ДА |
| МК испод негрејаног простора | МК-1 | 0,556 | 0,40 | НЕ |
| МК ка негрејаном кров. прост. | МК-2 | 0,339 | 0,40 | ДА |
| | МК-3 | 0,349 | 0,40 | ДА |
| Под на тлу | ПТ | 0,38 | 0,40 | ДА |
| Прозори | ПР1 | 1,911 | 1,5 | НЕ |
| | ПР2 | 1,855 | 1,5 | НЕ |
| | ПР3 | 1,879 | 1,5 | НЕ |
| | ПР5 | 1,994 | 1,5 | НЕ |
| Врата | ВР1 | 1,841 | 1,5 | НЕ |
| | ВР2 | 2,532 | 1,50 | НЕ |

Табела 3: Преглед потребне енергије за грејање објекта пре и после санације

| Санација | Q _{H,nd} kWh/a | q _{H,nd} kWh/m ² a | Q _{H,nd,rel} % | Разред |
|----------|-------------------------|--|-------------------------|--------|
| пре | 9510,9 | 81,62 | 108 | Д |
| после | 7958,9 | 68,30 | 91 | Ц |

Да би се приликом енергетске санације постојећег објекта побољшале енергетске карактеристике и задовољили услови енергетске ефикасности зграда, предвиђене су следеће интервенције на термичком омотачу: Унутрашњи зидови према негрејаном простору ће се санирати на начин да се додају Мултипор плоче са стране негрејаног простора. Неопходно је прво скинути слој већ постојећег малтера. Међуспратна конструкција ка негрејаном кровном простору (МК2 и МК3) ће бити побољшана постављањем подног стиропора веће дебљине (10 cm) са горње стране плоче. Преглед коефицијената пролаза топлоте кроз термички омотач санираних објекта дат је у Табели 2.

У оквиру Табеле 3 дато је поређење укупне, специфичне и релативне годишње потребне енергије за грејање за постојеће стање објекта и стање након енергетске санације.

5. ЗАКЉУЧАК

У практичном делу рада урађена је просторно – планска документација, а затим и слаборат енергетске ефикасности. Објекат је категорисан у енергетски разред Д. Како би се објекат енергетски санирао, и смањила потребна енергија за грејање, предложене су мере санације које је потребно извести на термичком омотачу објекта. Након поновљеног топлотног прорачуна, објекат је категорисан у енергетски разред Ц, те се енергетска санација сматра успешном.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] М. Пуцар, Обука за полагање стручног испита за област енергетске ефикасности зграда, ТП 7, Активни и пасивни системи, Скрипта
- [2] <https://ekologija.ba/> (приступљено у јуну 2023)
- [3] Инжењерска комора Србије: Правилник о енергетској ефикасности зграда, "Сл.гласник РС", бр. 61/2011, Београд

Кратка биографија:



Војислав Сандић рођен је у Зворнику 1997. год. Основне академске студије грађевинарства завршио је 2021. год на Факултету техничких наука. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Конструкције, процена стања и санација бетонских конструкција одбранио је 2023. године.
Контакт: sandicvojislav97@gmail.com