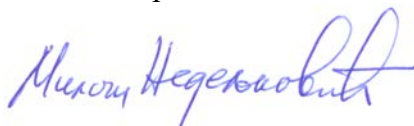


**МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ,
НАУКЕ И ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА**
**Матични научни одбор за енергетику, рударство и
енергетску ефикасност**
ТР0106-033/2021
Београд, 29. март 2021. год.

На основу захтева које је упутило Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу за верификацију техничког решења реализованог у 2020. години, чланови Матичног научног одбора за енергетику, рударство и енергетску ефикасност су на седници одржаној 29. марта 2021. године, разматрали предлог и гласањем утврдили да су у складу са условима које предвиђа Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача („Службени гласник РС“, број 24/2016, 21/2017 и 38/2017) успуњени сви прописани услови за признавање категорије **M84 „Битно побољшано техничко решење на националном нивоу“** за техничко решење под називом **Софтвер за техно-економску анализу изградње ниско-енергетских зграда у Србији - Sustainable Housing Evaluation tool – SHELL** чији су аутори *Дубравка Живковић, Владимир Вукашиновић, Давор Кончаловић, Душан Гордић, Данијела Николић.*

Матични научни одбор
за енергетику, рударство и енергетску
ефикасност
председник



Проф. др Милош Недељковић



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
Факултет инжењерских наука
Број: 01-1/3771-28
22.10.2020. године
Крагујевац

На предлог катедре за енергетику и процесну технику број 01-1/3571 од 09.10.2020. године а на основу Правилника о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Сл. гласник РС", бр. 24/2016 и 21/2017) и члана 173 Статута Факултета инжењерских наука у Крагујевцу (број 01-1/2262 од 02.07.2018. године), Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, на седници одржаној 22.10.2020. године, донело је

ОДЛУКУ

- I Усваја се пријава техничког решења под насловом: **„Софтвер за техно-економску анализу изградње нискоенергетских зграда у Србији - *Sustainable Housing EvaLuation tool - SHELL*“**, чију су аутори: др Дубравка Живковић, научни сарадник – Институт за информационе технологије, Универзитет у Крагујевцу, др Владимир Вукашиновић, доцент, др Давор Кончаловић, доцент, др Душан Гордић, редовни професор и др Данијела Николић, доцент.
- II Техничко решење се упућује Матичном одбору за енергетику, рударство и енергетску ефикасност.

Одлуку доставити:

- Матичном одбору Министарства
- Ауторима
- Архиви



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Др Добрица Миловановић, редовни професор

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Софтвер за техно-економску анализу изградње нискоенергетских зграда у Србији - *Sustainable Housing EvaLuation tool - SHELL*“

Аутори техничког решења

- Др Дубравка Живковић, научни сарадник – Институт за информационе технологије, Универзитет у Крагујевцу
- Др Владимир Вукашиновић, доцент – Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
- Др Давор Кончаловић, доцент – Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
- Др Душан Гордић, редовни професор – Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
- Др Данијела Николић, доцент – Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Наручилац техничког решења

- Удружење "Ко гради град"
- Немачко Савезно министарство за економску сарадњу и развој (BMZ) посредством Немачко-српске иницијативе за одрживи раст и запошљавање у оквиру пројекта: Анализа потенцијала интегралне примене материјала и техничких инсталација високих енергетских својстава/малог утицаја на животну средину, као и обновљивих извора енергије, у изградњи ценовно приступачних зграда за колективно становање у Србији.

Година када је техничко решење урађено

- 2019/2020.

Корисник техничког решења

- Удружење "Ко гради град"

Година када је техничко решење почело да се примењује

- 2020.

Област технике на коју се техничко решење односи

- Машинство, Енергетска ефикасност

1. Опис проблема који се решава техничким решењем

Остваривање основне стамбене потребе куповином или најмом некретнина за појединце или породице који желе да се осамостале и себи обезбеде поуздано стамбено решење је често нерешива ситуација у садашњим околностима. Осим тога, трошкови становања представљају све већи изазов за грађане Србије јер око 66% домаћинстава одваја више од 40% својих прихода на основне трошкове становања (највећи проценат у Европи, Еуростат 2018), због чега значајан број домаћинстава има проблем са плаћањем основних комуналних услуга (грејање, електрична енергија итд.). Како би се ови проблеми свели на најмању могућу меру, Србији је неопходан приступ станоградњи која ће обезбедити да инвестиције буду приступачне, али и да подразумева дугорочно ниске трошкове употребе енергије и одржавања стамбеног простора. Градња некретнина представља један од најактивнијих привредних сектора у Србији и један од сектора који највише доприноси подизању нивоа угљен-диоксида. Поред тога зграде имају дугорочни утицај на животну средину услед потрошње енергије током њиховог коришћења. Стога, сваки нови приступ станоградњи и увођење иновација на стамбено тржиште истовремено захтева и смањење утицаја на животну средину.

Један од приступа станоградњи који може допринети решавању постојећих проблема је имплементација стандарда „пасивне куће“. Стандард пасивне куће је настао у Немачкој као последица притисака прве и друге нафтне кризе. Циљ је био да се покуша потпуна реформа стамбеног сектора крајем 80-их година прошлог века. Према развијеном стандарду до сада је саграђено 60.000 сертификованих објеката величине од малих индивидуалних кућа до пословних објеката попут супермаркета или јавних објеката као што су школе. Изградња зграда према стандарду „пасивне куће“ требало би и да обезбеди изградњу енергетски ефикасних, комфорних и приступачних зграда. Међутим, досадашња пракса је показала да је изградња ових зграда скупља, односно да су инвестициони трошкови нешто већи него код градње стандардних зграда (зграде од чврстог материјала које задовољавају националне прописе о енергетској ефикасности). Према истраживању [1] разлика у трошковима градње је 10-15% и што је ова разлика већа, то је потребна виша цена енергије, да би зграда изграђена по стандарду „пасивне куће“ била рентабилна. Градња према стандарду „пасивне куће“ је нови концепт на српском тржишту. У Србији нема сертификованих пројеката и највећи број људи је скептичан по питању овог концепта. Два главна разлога су виши инвестициони трошкови и недовољна информисаност јавности. Поред тога могу се идентификовати и додатне слабости тржишта у Србији, које се могу наћи и у земљама југоисточне Европе:

- ниска цена електричне енергије која представља ограничавајући фактор за финансијску исплативост пројеката енергетске ефикасности;
- ниска диверсификација локалних извора енергије (више од 70% електричне енергије у Србији долази из термоелектрана које као гориво користе лигнит), што резултира високим емисијама од 0,5 – 1,8 kgCO₂/kWh, што је значајно изнад ЕУ просека;

- недостатак локално реализованих пројеката и стеченог искуства, неразвијена база знања о тренутно локално доступним технологијама и могућностима имплементације;
- недовољна заинтересованост потенцијалних добављача/произвођача материјала и опреме да се укључе у пројекте који би могли резултирати дугорочном уштедом енергије и користима за животну средину, али не доносећи непосредни приход. Они су претежно оријентисани на профит на ограниченом тржишту, тражећи инвестиције које ће се одмах исплатити.

Удружење „Ко гради град“ [2] настало је 2010. године у Београду, а сада је једна од водећих непрофитних организација у области грађанских стамбених иницијатива у Србији. Од 2012. године развија иновативни приступ назван „Паметнија зграда“ као одговор на претходно поменуте проблеме ценовне приступачности и недостатка стамбених решења у Србији. Ко гради град планира да у наредним годинама реализује прву „Паметнију зграду“ у Београду. Пројекат је организован кроз стамбену задругу која колективно гради, финансира, одржава и управља вишестамбеном зградом. Удружење „Ко гради град“ је прелиминарно изабрало стандард „пасивне куће“ као највероватнијег кандидата за предстојећи пилот пројекат вишепородичне стамбене зграде. Реализација пилот пројекта зависи од великог броја фактора и великог броја питања на која је потребно дати одговор.

То указује на потребу да се успостави грађевински стандард, који упркос ригорозности, може бити остварен релативно једноставним и доказаним техничким мерама које су расположиве на локалном тржишту. Да би грађевински стандард био успостављен и имплементиран кроз пилот пројекат неопходно је извршити техно-економску анализу примене различитих грађевинских материјала, техничких инсталација и столарије, као и могућност интеграције ОИЕ (пре свега соларних система). Поред тога потребно је размотрити и утицај потенцијалног увећања цене енергије/енергената, као и промену финансијских услова на тржишту.

2. Стање решености проблема у свету – приказ и анализа постојећих решења

Прорачун и анализа техно-економских параметра, приликом разматрања инвестирања у нискоенергетске зграде, су од великог значаја у процесу доношења одлука за одабира адекватног система градње, техничких инсталација и интеграције одређених ОИЕ. Као један од водећих стандарда за изградњу нискоенергетских зграда, примењује се стандард „пасивне куће“ *Passive House Institute*-а. За потребе сертификације зграда које су израђене према стандарду „пасивне куће“ *Passive House Institute* развио је софтверско решење *Passive House Planning Package (PHPP)*. У оквиру софтвера могу се припремити енергетски баланси и израчунати годишње потребе за енергијом у згради, базирани на унетим карактеристикама зграде. Једноставно коришћење програма *PHPP* омогућава архитектама и пројектантима прорачун енергетског биланса, израду енергетског

пасоша, енергетску оптимизацију и сертификацију пројеката и објеката. Софтверски пакет садржи модуле за: 1) прорачун енергетског биланса; 2) пројектовање вентилације; 3) прорачун топлотног оптерећења; 4) прорачун расхладног оптерећења; 5) верификацију пасивне куће; 6) листу сертифицираних производа за пасивне куће; 7) базу климатских података.

Поред софтверског решења *Passive House Planning Package (PHPP)*, за одређивање енергетских захтева и прорачун техничких система користе се и неки од софтвера за симулацију и моделирање енерго-еколошког понашања зграда (*EnergyPlus, Trnsys, OpenStudio*). Ови софтвери се користе за прорачун и симулацију енергетских токова у зградама, односно моделирање потрошње енергије за грејање, хлађење, вентилацију, осветљење и друге електричне уређаје као и за моделирање и симулацију употребе воде у зградама [3, 4, 5].

Са друге стране за процену економских параметара зграде током пројектованог или очекиваног животног века (*Life Cycle Costs Analysis - LCCA*), може се у одређеној мери користити већи број методологија и стандарда [6, 7, 8]. Ове методологије и стандарди јесу или могу бити имплементирани кроз различите софтверске алате [9]. Амерички Национални институт за стандарде и технологију (*NIST - National Institute of Standards and Technology*), развио је софтверско решење које се користи у оквиру федералног програма управљања енергијом. У Европи, *Davis Langdon Management Consulting* је развио методологију за економску анализу животног циклуса као допринос одрживој градњи [10]. Међународна агенција за стандардизацију је, такође, објавила стандард ISO 15686-5:2018 – (Зграде и друге грађевине – Планирање животног века – Део 5: Анализа трошкова животног циклуса), који прописује стандардне методе за примену принципа *LCCA*, израду прорачуна, дефинисање циљева примене и израду извештаја.

Детаљан преглед литературе која се односи на анализу могућности изградње нискоенергетских зграда приказан је у [11].

У југоисточној Европи има врло мало сертифицираних објеката од стране *Passive House Institute* који је 2019. године први пут издао студију са подацима и препорукама за југоисточну Европу. Због тога, не постоји софтверско решење које би, на домаћем и тржишту југоисточне Европе, омогућило техно-економску анализу зграде изграђене према стандарду и препорукама „пасивне куће“ као и поређење са зградама других енергетских разреда (на основу једноставног избор материјала за градњу, столарије, техничких инсталација и ОИЕ који су доступни на локалном тржишту.).

3. Суштина техничког решења

Повод за израду техничког решења је пилот пројекат Паметнија зграда (ПЗ) за изградњу објекта са више стамбених јединица, који у Београду развија удружење „Ко гради град“. Циљ техничког решења је да се омогући једноставна и поуздана техно-економска анализа и процени одрживост увођења приступачних, енергетски ефикасних и еколошких елемената у изградњу вишестамбене зграде имајући у виду локални контекст.

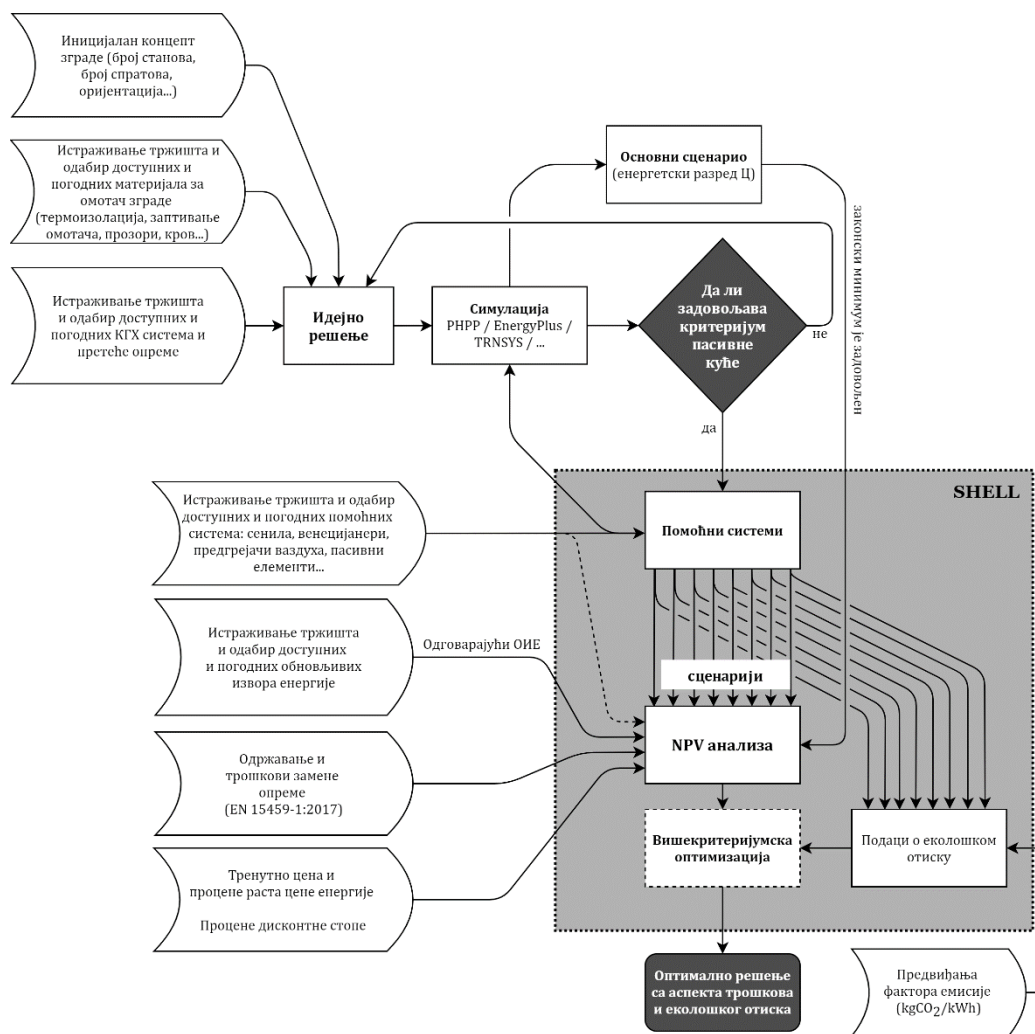
Према идејном пројекту, Паметнија зграда је четвороспратни објекат са 19 станова, грејне површине од 1.368 m² на парцели величине приближно 1.000 m². Планирано је да зграда буде изграђена према стандарду енергетске ефикасности *Passive House Classic* ($\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ укупне потребне енергије), који подразумева смањење трошкова комуналних услуга и трошкова одржавања, као и смањење утицаја на животну средину.

Конфигурација зграде укључује неколико архитектонских карактеристика за побољшање енергетске ефикасности: релативно велика компактност (однос између спољашње површине и унутрашње запремине зграде), велики отвори на јужној фасади (који омогућавају сунчевим зрацима да продру дубоко у простор током зимског периода), могућности за вентилацију током лета (отварањем атријума и централног комуникационог простора), део заједничког простора (атријум) користи се као изолациона баријера током зиме. Кровна тераса је окренута према северу ради што мање изложености сунцу током летњег периода, слика 1.



Слика 1. Идејно решење Паметније зграде

Суштина техничког решења је да се на основу идејног пројекта, као што је идејни пројекат Паметнија зграда, омогући једноставан избор локално доступних материјала за градњу, затим техничко-енергетских система, столарије и система за интеграцију појединих ОИЕ уз могућност поређења енергетско/економско/еколошких параметара. У анализи оправданости изградње стамбене зграде по стандарду и препорукама „пасивне куће“ омогућен је унос конфигурације материјала и опреме који ће зграду сврстати у ниже енергетске разреде (према правилнику о енергетској ефикасности зграда Републике Србије). На овај начин, омогућава се поређење техно-економских параметара зграде која би била изграђена по стандарду „пасивне куће“, са техно-економским параметрима уколико би та зграда била у неком нижем енергетском разреду. Техничко решење представља интегрални део методологије (слика 2) развијене у раду *Possibilities for Affordable, Low Environmental Footprint Passive House Implementation in Serbia* [11], који је објављен у часопису од међународног значаја.



Слика 2. Предложена методологија

4. Детаљан опис техничког решења (укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже)

4.1. Опис

Развијени софтвер омогућава прорачун нето садашње вредности NPV [€] инвестиције и будућих трошкова енергије и одржавања, у згради одабране конфигурације и одабраних система и поређење са истом зградом која би била изграђена у неком нижем енергетском разреду („Б“ или „Ц“ у складу са правилником о енергетској ефикасности зграда Републике Србије) [12].

$$NPV = -Inv - \sum_{i=1}^n \frac{B_n}{(1+d)^n} \quad (1)$$

где су:

B_n [€] - нето годишњи ток новца у n -том временском периоду,

d [%] - дисконтна стопа¹,
 n [year] - посматрани временски период².

Инвестициони трошкови изградње објекта дефинисани су током реализације пројекта „Анализа потенцијала интегралне примене материјала и техничких инсталација високих енергетских својстава/малог утицаја на животну средину, као и обновљивих извора енергије, у изградњи ценовно приступачних зграда за колективно становање у Србији“ и одређени су на основу добијених понуда понуђача са домаћег тржишта, табела 1 [13, 11]. Понуде су се односиле на пилот пројекат и могу се разликовати у случају анализе неке друге зграде која има другу конфигурацију. Подаци о материјалима за градњу, техничко-енергетским системима, столарији и система за коришћење појединих ОИЕ су систематизован у „базу знања“ која је саставни део техничког решења и могу бити ажурирани од стране корисника техничког решења.

Табела 1. Одабрани системи градње

Врста	Опис предложеног начина градње	Укупни трошак градње основних елемената ПЗ [€/m ²] и [€]
<i>AAC razred C</i>	Нискоенергетски блокови од AAC (30 cm) без изолације, изолација крова од камене вуне дебљине 15 cm	83 €/m ² (131.400 €)
<i>AAC Passive 1</i>	Нискоенергетски блокови од AAC (37,5 cm) са изолацијом од камене вуне дебљине 10 cm, изолација крова од камене вуне дебљине 30 cm	107 (167.800)
<i>AAC Passive 2</i>	Нискоенергетски блокови од AAC (30 cm) са изолацијом од камене вуне дебљине 10 cm, изолација крова од камене вуне дебљине 30 cm	101 (159.900)
<i>AAC Passive 3</i>	Нискоенергетски блокови од AAC (20 cm) са изолацијом од камене вуне дебљине 15 cm, изолација крова од камене вуне дебљине 30 cm	100 €/m ² 158.300 €
<i>CLT Dobavljač 1</i>	10 cm за унутрашње зидове 15 cm за зидове омотача зграде 18 cm за подове у згради	336 €/m ² 531.552 €
<i>CLT Dobavljač 2</i>	10 cm за унутрашње зидове и омотач зграде 18 cm за подове у згради	271 €/m ² 428.722 € или нешто мање
<i>PDKP</i>	Префабриковани панели на бази дрвета	300.000 € или мање у случају замене дрвене вуне каменом вуном 190 €/m ²

Нето годишњи ток новца представља, у одређеном временском интервалу (годишње), трошкове за утрошену енергију C_E [€/god] и трошкове одржавања објекта и техничких инсталација C_M [€/god] као и замене столарије и техничких

¹ Дисконтна стопа је стопа дисконтовања, мера временске вредности новца, односно свођења будућих новчаних износа или примања на садашњу вредност.

² У неким случајевима временски период може бити једнак економском или животном веку пројекта.

инсталација C_R [€/год] у складу са препорукама стандарда SRPS EN 15459-1:2017 (Енергетске перформансе зграда – Поступак економског вредновања енергетских система у зградама – Део 1: Процедуре за прорачун, модул М1-14) [13, 11].

$$B = C_E + C_M + C_R \quad (2)$$

Трошкови за утрошену енергију C_E у одређеном временском периоду, добијају се на основу симулација енергетског понашања зграде у софтверском пакету *OpenStudio* (или неком другом софтверу за симулацију енергетских токова у зградама), у коме се одређује потрошња енергије за сваки од анализираних система градње и одабраних техничких инсталација E_E [kWh], и цене електричне енергије c_{ee} [€/kWh]. За посматрани временски корисник може одабрати различите проценте пораста цене електричне енергије у складу трендом раста на тржишту.

$$B = E_E \cdot c_{ee} \quad (3)$$

Годишњи трошкови одржавања објекта и система C_M рачунају се на основу препорука датих у прилогу стандарда SRPS EN 15459-1:2017 и рачунају се као проценат од инвестиционих трошкова f [%].

$$C_M = f \cdot Inv \quad (4)$$

Трошкови замене столарије и система C_R , такође се узимају у обзир при прорачуну годишњих нето новчаних токова, при чему ови трошкови улазе и у годинама у којима је према стандарду SRPS EN 15459-1:2017 предвиђена замена појединих система. Рачунају се као цена одређеног система c_{ts_m} [€] (узимајући у обзир деинсталацију и одлагање старог и инсталацију новог система) и бинарног фактора β_m [-] који показује да ли је у одређеној години предвиђена замена.

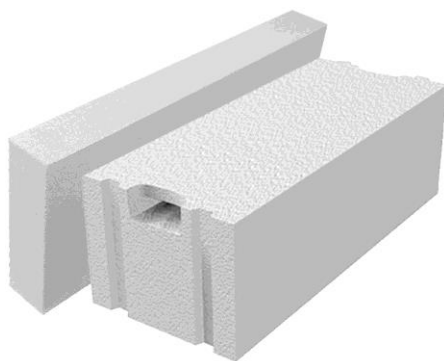
$$C_R = \sum_{j=1}^m c_{ts_m} \cdot \beta_m \quad (5)$$

где је m индекс скупа система.

У наставку текста дата је преглед анализираних система градње који се налазе у „бази“ као и објашњење појединачних елемената од којих се састоји сваки од система градње.

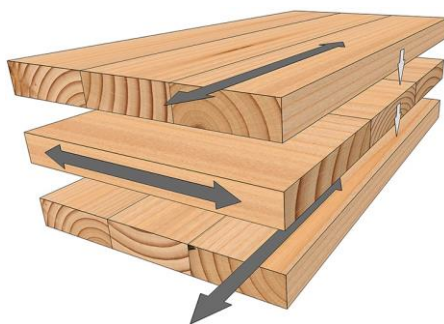
Главни грађевински материјали

Аутоклавиран гас-бетон (ААС), слика 3 - грађевински материјал направљен је од мешавине песка, креча, цемента и воде, са алуминијумским прахом као експандирајућим агенсом. Његова физичка својства га чине веома коришћеним у свету у свету пасивних кућа (лаган, са малом топлотном проводљивошћу, великом пожарном отпорношћу и добром звучном изолацијом). Утицај на животну средину је међу најбољим код материјала на бази бетона (иако није упоредив са материјалима на бази дрвета) [13, 11].



Слика 3. Блок од ААС

Унакрсно ламелирано дрво (*CLT*), слика 4 - користи се за израду панела који имају све већу примену у градњи пасивних кућа. Ови панели се састоје од неколико слојева дасака од пуног дрвета осушених у сушари, наслаганих у наизменичним унакрсним правцима, везаних лепком и пресованих тако да формирају чврст, прав, четвртаст панел [14], израђен према димензијама потребним за градњу. Такви панели су лаки, издржљиви, имају добра сеизмичка својства и адекватне топлотне перформансе [13, 11].



Слика 4. Унакрсно ламелирано дрво (*CLT*)

Систем префабрикованих дрвених композитних панела (*PDKP*), слика 5 – представља још једну расположиву опцију на домаћем тржишту која је погодна за градњу према стандарду „пасивне куће“. Панели се састоје од оквира од дрвених носећих греда, испуњеног термоизолационим материјалом од дрвене вуне и затворене чврстим плочама од пресованих дрвених влакана [13, 11].



Слика 5. Структура *PDKP*

Столарија

На домаћем тржишту је доступна столарија реномираних произвођача, веома добро технички пројектована и може се наћи у великом броју различитих конфигурација које резултују различитим U-вредностима (од 0,6 W/m²K за троструко застакљене прозоре до вредности од 1,2 W/m²K за двоструко застакљене прозоре). Материјали од којих су направљени крећу се од дрвета до алуминијума, ПВЦ или фибергласа, или комбинације неких од ових материјала [13, 11].

Систем КГХ

Систем за климатизацију, грејање и хлађење (КГХ) представља један од најважнијих система зграда грађених према стандарду „пасивне куће“. Важност овог система се огледа у омогућавању грејање/хлађење простора, као и прилива свежег ваздуха (вентилација) потребног за адекватну унутрашњу климу. Број могућих конфигурација система КГХ који је доступан на домаћем тржишту је велики и у истраживању [13] је ограничен на решења која су већ разрађена у стручној литератури. Разматрана решења могу се поделити у три главне групе: 1) централизован систем; 2) делимично (де)централизован или полуцентрализован систем и; 3) потпуно децентрализован или индивидуални систем.

Ова решења се заснивају на примени топлотних пумпи које као извор топлоте користе ваздух или земљиште. Топлотне пумпе су вишеструко ефикасније од конвенционалних система и због тога су постале стандардно решење за грејање у енергетски ефикасним зградама.

Фотонапонски панели

Интеграција обновљивих извора енергије представља стандардни приступ за побољшање енергетских својстава зграде и њеног еколошког отиска. Нови стандард „пасивне куће“ предвиђа коришћење „обновљиве примарне енергије“ (ОПЕ), односно предвиђа производњу обновљиве енергије у оквиру зграде. Анализирајући ситуацију у Србији, поред геотермалног, једини применљиви извор обновљиве енергије у вишепородичним стамбеним зградама јесте интеграција соларне фотонапонске електране. За потребе истраживања [13] размотрене су кровне соларне фотонапонске електране са три различите вршне снаге. Коришћењем информационог система *PV GIS* процењене су количине произведене електричне енергије за географску локацију Београд.

15 kWp – > 18.600 kWh годишње

20 kWp – > 24.800 kWh годишње

25 kWp – > 31.050 kWh годишње.

4.1. Кориснички интерфејс

Софтвер за техно-економску анализу нискоенергетских зграда у Србији базиран је на софтверу за табеларни прорачун. Покретањем софтвера отвара се насловна

страна на којој је приказано идејно решење пилот пројекта „Паметнија зграда“, слика 6. Софтвер се састоји од више радних листова од којих су три доступна/видљива корисницима, док се у осталима налази „база знања“ са подацима о грађевинским материјалима, техничко-енергетским системима, столарији, ОИЕ и врше се потребни прорачуни.



Слика 6. Почетна страна софтвера

Увод

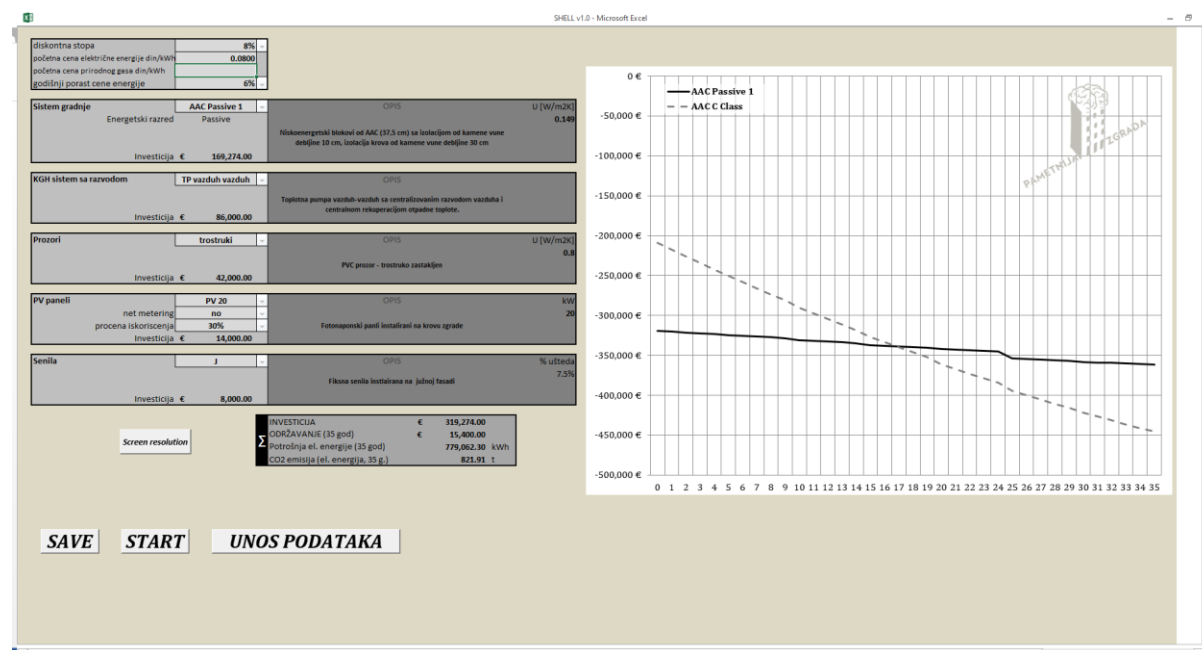
Уводни радни лист садржи опште податке о пројекту у оквиру кога је настало техничко решење, слика 7. У оквиру овог радног листа, кориснику није дозвољен унос података, већ је овај радни лист информативног карактера и омогућен је само одабир картице *ANALIZA* чиме се прелази се на други (истоимени) радни лист.



Слика 7. Уводни радни лист

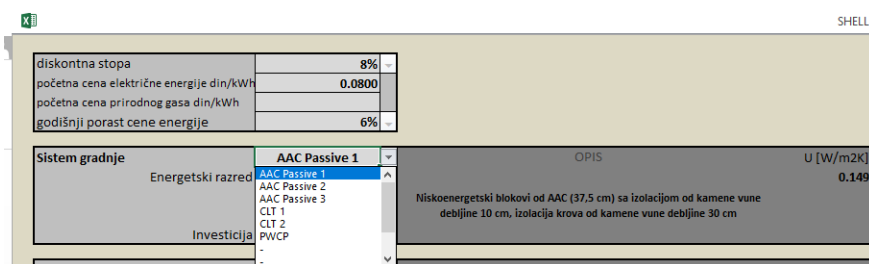
Анализа

Други радни лист је интерактиван и омогућава техно-економску анализу различитих опција градње и поређење са класичним системом градње у енергетском разреду „Ц“, у периоду од 35. година, слика 8. У оквиру овог радног листа кориснику је дозвољен унос или одабир података и опција из листе (светло сиве ћелије). Параметри које корисник директно уноси су дисконтна стопа [%], почетна цена електричне енергије [din/kWh], почетна цена гаса [din/kWh] и очекивани пораст цене енергије [%].



Слика 8. Радни лист ANALIZA

Овај радни лист је директно повезан са радним листовима у којима се налази база података и у којима се врши прорачун. Начин одабир одговарајућих опција, приказан је на примеру одабира система градње, слика 9.



Слика 9. Одабир система градње

У оквиру поља за систем градње корисник може одабрати један од понуђених система градње из постојеће базе. Понуђени системи градње одговарају препорукама и стандарду „пасивне куће“ и приказани су у табели 1. За сваки тип градње у оквиру поља „oris“ приказани су материјали који су коришћени, као и укупан коефицијент пролаза топлоте. На исти начин се бирају и КГХ систем са

разводом, столарија, фотонапонски панели и сенила. Сви техничке инсталације које су предефинисане и налазе се у бази софтвера детаљно су описне у [13, 11].

Након одабира жељених параметара, у доњем делу картице исписују се вредност укупне инвестиције, трошкови зграде у периоду од 35 година, потрошња електричне енергије у периоду од 35 година, као и емисија CO₂ за исти период (слика 10).

INVESTICIJA	€	319,274.00
ODRŽAVANJE (35 god)	€	15,400.00
Potrošnja el. energije (35 god)		779,062.30 kWh
CO2 emisija (el. energija, 35 g.)		821.91 t

Слика 10. Трошкове дефинисаног система градње и инсталација

Истовремено, на десној страни радног листа, слика 8, приказује се упоредна анализа NPV вредности одабране конфигурације зграде са зградом енергетског разреда „Ц“, за временски период од 35 година.

Унос података

Поред понуђених опција из постојеће базе, корисник може дефинисати сопствене системе или ажурирати постојеће. Уколико корисник жели да измени, односно да ажурира, неки од података који се већ налази у бази (нпр. цену градње коришћењем одабраних материјала), или да дода нове системе градње, нове КГХ системе, нове типове столарије, нове фотонапонске панеле или нова сенила, то може урадити у оквиру трећег радног листа *UNOS PODATAKA*, слика 11. Параметри који се односе на идејно решење разматране зграде, као што су број станова, укупна површина зграде и грејна површина зграде се могу мењати, али је тада неопходно додати нове податке, односно ускладити податке који се налазе у бази. Овде се, пре свега, мисли на податке о годишњим енергетским потребама.

The screenshot displays the 'UNOS PODATAKA' software interface with several data entry tables. The tables are organized into sections: 'DODATI SISTEM GRADNJE' (Add Building System), 'DODATI KUHINJSKI SISTEM' (Add Kitchen System), 'DODATI NOVI TIP' (Add New Type), 'DODATI PV PANELE' (Add PV Panels), and 'DODATI NOVO SENILO' (Add New Blind). Each table contains columns for material type, quantity, unit, and price. The interface is in Serbian and includes a sidebar with navigation options like 'JAVNA', 'DODATI SISTEM GRADNJE', 'DODATI KUHINJSKI SISTEM', 'DODATI NOVI TIP', 'DODATI PV PANELE', and 'DODATI NOVO SENILO'.

Слика 71. Радни лист *UNOS PODATAKA*

Одабиром картица *DODATI...* врши се додавање нових система, уз унос потребних параметара. На слици 12., као пример, приказана је картица за дефинисање и унос нових система градње. Нови подаци се испisuју на радном листу *UNOS PODATAKA* и директно се учитавају у радни лист на коме се врши прорачун као и у ради лист *ANALIZA*. На исти начин се додају, односно мењају вредности које се односе и на друге системе.

a)

б)

Слика 82. а) додавање новог система градње; б) додавање новог КГХ система

а)

б)

Слика 93. а) ажурирање инвестиција постојећих система грање; б) ажурирање инвестиција постојећих КГХ система

Уколико је потребно ажурирати податке који се налазе у бази, потребно је одабрати картицу *IZMENITI...* и унети/изменити жељене параметре система који постоје у бази. На слици 13, као пример, приказан је начин измене података који се односе на системе градње. Одабиром опције *RESET*, поново се учитавају подаци који се налазе иницијално у бази софтвера.

На овај начин дефинисано техничко решење, односно софтвер који је настао на основу конкретног модела пилот зграде, може да се користи за анализу различитих конфигурација зграда које се граде према стандарду „пасивне куће“ како у Србији тако и југоисточној Европи.

5 Литература

- [1] "6 Estimates of Passive House Cost," 2017. [Online]. Available: <https://robfreeman.com/6-estimates-passive-house-cost/>.
- [2] Ko gradi grad, "O nama," [Online]. Available: <https://www.kogradigrad.org/o-nama/>. [Accessed 10 2019].
- [3] M. Bojić, N. Nikolić, D. Nikolić, J. Skerlić and I. Miletić, "Toward a positive-net-energy residential building in Serbian conditions," *Applied Energy*, vol. 88, no. 7, pp. 2407-2419, 2011.
- [4] M. Bojić, N. Nikolić, D. Nikolić, J. Skerlić and I. Miletić, "A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 6, pp. 1207-1216, 2011.
- [5] I. Rehab, P. Andre, C. A. Silva, G. Massy, J. Hannay and J. Lebrun, "Verification of the Energy Balance of a Passive House by Combining Measurements and Dynamic Simulation," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2310-2315, 2015.
- [6] Bionova Ltd., "OneClick LCA," 2020. [Online]. Available: <https://www.oneclicklca.com/construction/life-cycle-costing-software/>.
- [7] eTool Global, "eToolLCD," 2020. [Online]. Available: <https://etoolglobal.com/about-etoollcd/>.
- [8] EERE, "BLCC5," U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2020. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/femp/building-life-cycle-cost-programs>.
- [9] NITS, Life Cycle Costing Manual for Federal Energy Management Program, National Institute of Standards and Technology, 1995.
- [10] D. Lagdon, "Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology," Davis Lagdon Management Consulting , 2007.
- [11] D. Končalović, V. Vukašinić, D. Živković, D. Gordić, A. Džokić and M. Neelen, "Possibilities for Affordable, Low Environmental Footprint Passive House Implementation in Serbia," *Thermal Science*, vol. 0, no. 0, 2020.
- [12] Влада Републике Србије, т. 061/2011, Службени гласник Републике Србије, 19.08.2011..
- [13] Д. Кончаловић, Д. Живковић, В. Вукашиновић, Д. Николић and Д. Гордић, Висока енергетска ефикасност, мали утицај на животну средину, приступачност: Анализа примене принципа пасивне куће у вишестамбеним зградама у Србији, Београд: Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2019.
- [14] APA – The Engineered Wood Association, [Online]. Available: <https://www.apawood.org/cross-laminated-timber>. [Accessed 8 2019].
- [15] Passive House Institute, [Online]. Available: <https://database.passivehouse.com>. [Accessed September 2019].