

МЕТОДОЛОГИЈА И Е-КАЛКУЛАТОР ЗА ГРЕЕЊЕ ВО ДОМОВИТЕ

Александра Дединец¹, Александар Дединец², Верица Тасеска-Ѓоргиевска², Наташа Марковска²,
Павлина Здравева³, Јасмина Белчовска Тасевска³, Љупчо Коцарев², Глигор Каневче²

e-mail: aleksandra.kanevche@finki.ukim.mk

¹Факултет за информатички науки и компјутерско инженерство, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, ²Македонска академија на науките и уметностите, ³UNDP-Скопје

АПСТРАКТ

Еден од значајните извори на загадување во градот Скопје е загревањето на домаќинствата. Со цел да се намали загадувањето од овој сектор, потребно е да се преземат мерки, како што се подобрување на изолацијата на домовите и промена на начинот на греење, односно на неефикасните технологии кои се користат. Во главно, најголемиот дел од средствата за реализација на ваквите мерки доаѓаат од самите граѓани. Во таа насока е и целта на развивањето на методологијата и е-калкулаторот предложени во овој труд, со што целиот концепт ќе им се доближи на граѓаните. Имено, со помош на развиената софтверска алатка им се нуди можност да оценат како одлуките за типот и дебелината на изолација и типот на технологија за греење влијаат врз вкупната потрошувачка на енергија. Заедно со тоа, се дава приказ и за влијанието на овие одлуки врз трошоците што ги има домаќинството за загревање, како и нивното влијание врз животната средина. Всушност, со помош на оваа алатка на секое поединечно домаќинство му се овозможува да согледа кој начин на загревање е најсоодветен за нив, истовремено заштедувајќи и енергија и финансиски средства, а се разбира и намалувајќи го штетното влијание врз животната средина.

ABSTRACT

One of the significant sources of pollution in the City of Skopje is the household heating. In order to reduce the pollution from this sector, it is necessary to take measures such as improving the isolation of the households and changing the way of heating, that is, the inefficient technologies that are used. In general, most of the funds for the realization of such measures should come from the citizens themselves. In this direction, the goal of the developed methodology and e-calculator within this paper is to bring the whole concept closer to the citizens. Namely, with the help of the proposed software tool, it is offered to evaluate how decisions about the type and thickness of the insulation and the type of heating technology affect the total energy consumption of a certain household. Additionally, the impact of these decisions on the household's heating costs, as well as their impact on the environment is also presented. In fact, with the help of this tool, each individual household can determine which way of heating is the most appropriate for them, while saving both energy and financial resources, and at the same time reducing the negative impact on the environment.

Клучни зборови: калкулатор за греење, емисии на стакленички гасови, загадувачи на воздух

ВОВЕД

Загадувањето кое доаѓа од загревањето на домовите е проблем кој зависи од повеќе фактори. Еден од нив е изолацијата на објектите, фактор на кој во последно време му се дава сè поголемо значење при изградба на нови објекти, наметнувајќи одредени стандарди за енергетска ефикасност кои треба да ги исполнуваат објектите. Сведоци сме на сè поголемата иницијатива за изолација и на веќе постојните објекти, на пример, реконструкција на градинките и училиштата, мерки кои се предвидени и во акцискиот план за енергетска ефикасност [1].

Друг фактор кој е од особена важност при загревањето на домовите се технологиите кои се користат за нивно загревање. Според резултатите од анкетата спроведена во град Скопје [2] домаќинствата во Град Скопје главно се греат на огревно дрво (37,6%), електрична енергија (34,4%) или централно греење (24,8%). Огревното дрво најмногу го користат граѓаните кои живеат во куќи и речиси сите граѓани кои живеат во куќи во рурални населби се греат на огревно дрво. Во урбаните заедници пак, електричната енергија е чест избор за греење на домаќинствата и тоа најмногу преку користење на термоакумулациони печки, електрични греалки и котли. Од сите анкетирани домаќинства само 5,8% одговориле дека користат топлински пумпи или клима уреди за загревање на домовите и тоа 5,2% во урбаните и 0,6% во руралните заедници. На системот за централно греење се приклучени 24,8% од домаќинствата и сите се лоцирани во урбани населби. Дел од домаќинствата се греат на јаглен, екстра лесно гориво, пропан бутан и други цврсти горива. Иако нивното учество во вкупниот микс на горива е мал, дел од овие горива во голема мера придонесуваат кон емисиите на стакленички гасови и кон локалното загадување.

Врз основа на овие податоци, развиена е студија – СТУГРЕС [2] во која се дефинирани три мерки за подобрување на квалитетот на воздухот и ублажување на климатските промени и тоа: подобрување на изолацијата во објектите за домување, промена на горивото и начинот на греење и зголемено прифаќање на централно греење (од постојното или од нови, мали централни системи).

Методологијата и е-калкулаторот кои што се развиени во рамките на овој труд се мотивирани од и претставуваат продолжение на студијата СТУГРЕС. Имено, со помош на оваа алатка на секој граѓанин на град Скопје му се овозможува:

- Пресметка на потребната енергија за загревање на одреден објект со технологијата што ја поседува
- Пресметка на тоа дали и колку би заштедил доколку би купил нова технологија за загревање на објектот, како и предлог за замена на постојната
- Оценка на влијанието на типот и дебелината на изолацијата врз потрошувачката на енергијата
- Споредба на потрошувачката на енергија во едно домаќинство во случаите каде што соседните простории се затоплуваат или не се затоплуваат
- Оценка како неговиот избор влијае врз животната средина

Со оглед дека најголемиот дел од средствата за реализација на мерките предложени во СТУГРЕС треба да дојдат токму од самите граѓаните, оваа методологија ќе овозможи целиот овој концепт да им се доближи на граѓаните. Воедно, калкулаторот ќе придонесе кон заложбите за намалување на загадувањето во градот Скопје и подобрување на квалитетот на воздухот.

Развиената методологија се состои од четири дела детално опишани во поглавјето “Материјали и методи”: модел за потрошувачка на енергија, економски модел, околински модел и алгоритам за

одлучување. Во следното поглавје од овој труд се дадени резултатите и соодветна дискусија во поглед на прикажување на софтверското решение кое е развиено, како и во поглед на анализа на карактеристичен случај со кој се презентираат можностите кои ги нуди развиениот е-калкулатор. Во последната глава е презентираан заклучокот на овој труд.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Модел за потрошувачка на енергија

Првиот дел од е-калкулаторот се состои од модул за пресметување на потребната количина на енергија за загревање на еден објект на одредена температура (корисна енергија) [3]. Понатаму, се пресметува и финалната потрошувачка на енергија за чија пресметка е потребно да се знае технологијата која што се користи за греење.

Вкупната потребна енергија за загревање на еден објект се пресметува како збир од загубите на енергија преку пет различни типови на површини и тоа:

- надворешни ѕидови – односно ѕидови кои се граничат само со надворешен простор;
- внатрешни ѕидови – односно ѕидови со кои анализираниот простор се граничи со останати станови (соседи/соседни простории) на истиот кат;
- таван на анализираниот простор (сосед/соседна просторија на горниот кат или кровна конструкција);
- под на анализираниот простор (сосед/соседна просторија на долниот кат или приземје);
- прозорци во просторот.

За таа цел, секој од делови детално е објаснет во понатамошниот текст.

При пресметувањето на загубите на енергија преку надворешните ѕидови, кровот и прозорците, од особена важност е предвид да се земе и влијанието односно ефектот на соларната радијација. За таа цел, прво во ова поглавје е претставен моделот на соларна радијација кој се користи во рамките на овој е-калкулатор.

Модел на соларна радијација

За пресметување на соларната радијација се користи моделот на Collares-Pereira и Rabl [4]. Главната равенка врз која се заснова овој модел е следната:

$$\overline{H}_h = \overline{H}_{day} \frac{\pi}{24} (b + d \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{2\pi\omega_s}{360} \cos \omega_s}$$

каде што коефициентите b и d се пресметуваат со помош на следните равенки:

$$b = 0,409 + 0,5016 \sin(\omega_s - 60^\circ)$$

$$d = 0,6609 - 0,4767 \sin(\omega_s - 60^\circ)$$

\overline{H}_{day} е променлива која ја претставува дневната радијација, ω е аголот на сонцето во средината на часот за кој се пресметува сончевата радијација, ω_s - аголот на заоѓање на сонцето, којшто се пресметува според следната равенка:

$$\omega_s = \cos^{-1}(\tan \varphi \tan \theta)$$

каде φ е географска ширина на анализираното место и θ е агол на соларна деклинација кој се пресметува за репрезентативен ден во месецот.

Со помош на Liu-Jordan, Klein моделот вкупната соларна радијација на одредена површина на земјата се пресметува со помош на следната равенка:

$$I = I_b + I_d + I_r$$

каде I_b ја претставува директната соларна радијација, I_d е дифузна радијација, I_r е хемисферска радијација и се дадени со равенките:

$$I_b = \bar{H}_h (1 - \bar{K}_d) \bar{R}_b$$

$$I_d = \bar{H}_h \bar{K}_d \frac{1 + \cos \beta}{2}$$

$$I_r = \bar{H}_h \rho \frac{1 - \cos \beta}{2}$$

каде \bar{K}_d и \bar{R}_b се дефинирани со следните равенки:

$$\bar{K}_d = 1,05 - 1,125 \bar{K}_T$$

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \theta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin(\varphi - \beta) \sin \theta}{\cos \varphi \cos \theta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \varphi \sin \theta}$$

и каде \bar{K}_T е индекс на бистрина на инсолација, φ е географска ширина и β е агол на азимут на површината.

Загуби на енергија преку надворешни сидови

Во однос на загубата на топлина преку надворешните сидови, корисникот треба да ги внесе следните основни параметри:

- Внатрешна температура која корисникот сака да ја има во просторијата (T_v)
- Висина (A) и ширина (B) на надворешниот сид (во метри)
- Карактеристики за трите слоја кои ги има сидот, вклучувајќи:
 - Дебелина (δ_v) во mm и тип (λ_v) на внатрешна изолација
 - Дебелина (δ_s) во mm и тип (λ_s) на самиот сид (без изолација)
 - Дебелина (δ_n) во mm и тип (λ_n) на надворешна изолација

Врз основа на овие внесени параметри, може да се пресмета вкупната енергија која се губи преку надворешните сидови. За таа цел, прво се пресметува вкупната топлотна отпорност со помош на следната равенка:

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_v}{1000 * \lambda_v} + \frac{\delta_s}{1000 * \lambda_s} + \frac{\delta_n}{1000 * \lambda_n}$$

каде:

- α_1 и α_2 се коефициенти на пренесување на топлина на внатрешната и надворешната површина на сидот
- δ_v , δ_s и δ_n се дебелините на слоевите кои корисникот ги внесол за внатрешната изолација, самиот сид на средината и надворешната изолација

- λ_v , λ_s и λ_n ја претставуваат топлотната спроводливост на секој од слоевите, чија што вредност зависи од типот на изолација и сид кои корисникот ги избрал.

Врз основа на топлотната отпорност се пресметува топлотната спроводливост со помош на следната равенка:

$$k = \frac{1}{R}$$

Користејќи го коефициентот k , специфичниот топлотен проток q може да се пресмета користејќи ја следната равенка:

$$q = k(T_v - T_{ns})$$

каде T_v е внатрешната температура која ја внесол корисникот, а T_{ns} е надворешната температура, во која предвид е земен и ефектот од соларната радијација со помош на равенката:

$$T_{ns} = T_n + \frac{\alpha_s I}{\alpha_2}$$

каде T_n е надворешната температура, I е соларната радијација, а α_s е соларна апсорптивност.

Вкупниот топлотен проток на целата површина на надворешниот сид се пресметува со помош на равенката:

$$Q = qAB$$

Каде A и B се висината и ширината на сидот внесени од корисникот. На крај, се пресметува енергијата која е потребна за да се надоместат загубите на топлина преку надворешниот сид, за една грејна сезона, со помош на:

$$E_n = \sum_{i=1}^{4392} Q_i$$

Загуби на енергија преку внатрешни сидови, таван и под

Покрај загубите преку надворешните сидови, загуби има и преку внатрешните сидови (сидови кои се кон соседен стан доколку се работи за стан или кон соседна соба доколку се анализира една соба во куќа), преку таванот и преку подот. За секоја од овие три ставки потребно е да се креираат слични форми како таа за загубите преку надворешниот сид.

Параметрите кои се потребни, како и равенките кои се користат за пресметување на загубите на енергија преку соодветниот тип на сид се исти како оние за надворешните сидови, со што на крај треба да се добијат:

- E_v - енергија потребна за надоместување на загубите преку внатрешните сидови
- E_t - енергија потребна за надоместување на загубите преку таванот
- E_p - енергија потребна за надоместување на загубите преку подот

Притоа треба да се земе предвид дека соларната радијација не треба да биде вклучена во пресметките за внатрешните сидови и за подот (односно температурата треба да се земе како што ја внесол корисникот без да се менува). Единствено треба да биде вклучена за таванот, доколку тој во исто време е и кров кој е изложен на соларна радијација.

Загуби и добивка на енергија преку прозорците

Покрај сидовите, потребно е да се пресметаат загубите на енергија преку прозорците. За таа цел, врз

основа на податоците кои корисникот ќе ги внесе за прозорците (како што се, тип и број на рамки и број на комори) се одредува коефициентот за пренос на топлина на прозорците U .

Топлотниот проток преку прозорците се пресметува со помош на равенката:

$$q_w = U(T_v - T_n)$$

Вкупниот топлотниот проток се пресметува користејќи ја равенката:

$$Q_w = q_w A_w B_w$$

каде A_w е висина, а B_w е ширина на вкупната површината на прозорците.

Вкупната енергија која се губи низ прозорците во една грејна сезона се добива со помош на равенката:

$$E_{w,out} = \sum_{i=1}^{4392} Q_{w,i}$$

Меѓутоа, покрај загубите низ прозорците, треба да се земат и во предвид добивките на топлина преку соларната радијација. За таа цел, се користи следната равенка:

$$E_{w,in} = I W_{SF} A_w B_w$$

Каде I е соларната радијација, а W_{SF} е соларниот фактор на прозорците.

Вкупни загуби на енергија

Врз основа на добиените загуби и добивки на топлинска енергија, на крај треба да се пресметаат и прикажат сумарните резултати за следните ставки:

- Вкупни загуби на топлинска енергија преку:
 - Надворешни ѕидови (E_n)
 - Внатрешни ѕидови (E_v)
 - Таван (E_t)
 - Под (E_p)
 - Прозорци ($E_{w,out}$)
- Вкупни добивки на топлинска енергија преку:
 - Прозорци ($E_{w,in}$)

Дополнително на поединечниот приказ, треба да се прикажат и сумарните загуби на топлинска енергија со помош на равенката:

$$E_{vкупно} = E_n + E_v + E_t + E_p + E_{w,out} - E_{w,in}$$

Економски модел

Со претходниот дел од методологијата пресметана е енергијата, потребна во текот на зимскиот период за одреден објект да се загрева на зададена температура, во текот на зимскиот период. За да се одредат трошоците кои ги има корисникот за моменталната технологија, потребно е да се одреди количеството на финална енергија, тоа значи да се одреди количеството на пример на дрва. Овде од круцијална важност е да се напомене дека потрошувачката на финална енергија за загревање на одреден објект е во директна спрега со изборот на технологија кој се користи за загревање. За таа цел потребно е корисната енергија да се подели со ефикасноста на технологијата која се користи за загревање на просторот, односно се користи равенката:

$$E_{finalno} = E_{vкупно} / Eff_{teh}$$

каде:

$E_{vкупно}$ - вкупна корисна енергија

Eff_{teh} - ефикасност на технологијата

Со цел да се одреди економската исплатливост при купување на нова технологија за греење, од особена важност е пресметување на “Levelized Investment”, што значи колку пари треба да се одвојуваат за технологијата до крајот на нејзиниот животниот век. Овој резултат се добива со помош на равенката:

$$Levelized\ investment = investment\ cost / \sum_{j=1}^{LIFE} (1 + d)^{-j}$$

каде што $investment\ cost$ е цената на новата технологија, $LIFE$ е животниот век на технологијата, а d е каматната стапка.

Притоа, вкупните трошоци за новата технологија се збир од годишните инвестициски трошоци за технологијата и годишните трошоци за гориво.

Доколку новата технологија се споредува со веќе постојна технологија, заштедата што се добива е разликата од вкупните трошоци за постојната технологија и новата технологија.

Околински модел

Целта на околинскиот модел е да се пресмета какво влијание има изборот на технологија за греење, начинот и дебелината на изолација, како и типот на прозорци на корисникот врз околината.

За да се одреди количеството на емисии создадени од енергентите кои се користат за загревање на домовите одбрано е да се користи „Ниво 2“ методологија според Европската агенција за животна средина [5]. Тоа значи дека за секоја технологија посебно се дефинирани емисиони фактори во зависност од горивото кое што го користи. Количеството на емисии се одредува со помош на формулата:

$$E_i = \sum_{j,k} EF_{i,j,k} * A_{j,k}$$

каде:

E_i – годишни емисии за полутантот/гасот i ,

$EF_{i,j,k}$ - емисионен фактор за полутантот/гасот i за уредот од тип j и енергент k ,

$A_{j,k}$ - годишна потрошувачка на енергент k , уредот од тип j

Алгоритам за одлучување

Врз основа на направените анализи за потрошувачката на енергија, околинскиот ефект, како и економскиот модел, на корисникот може да му се предложи која опција е најсоодветна за него. Во тој случај, изборот за најдобра опција за технологија за греење се врши според одредени критериуми (како на пример, почетна вредност на инвестиција, влијание врз животната средина итн.). Притоа, корисникот треба да ги подреди критериумите по важност според негово мислење.

За таа цел, потребно е да се имплементира методологија за одлучување според повеќе критериуми, којашто е дадена во продолжение. Всушност, тежините за секој критериум се одредуваат со користење на методот на Аналитичка хиерархија (АНП). Овој процес на одлучување се користи за да се извлечат заклучоци за соодносот на тежините на критериумите врз основа на споредба на парови. За таа цел, на

почетокоот се креира матрица A за споредба на парови. Матрицата е со големина $m \times m$, каде што m е бројот на критериуми коишто се анализираат. Секој влез a_{jk} од матрицата ја претставува важноста на j -тиот критериум во однос на k -тиот критериум. Ако $a_{jk} > 1$, тогаш j -тиот критериум е поважен од критериумот k . За да се оцени колку j -тиот критериум е поважен од критериумот k се користи нумеричка скала од 1 до 9, така што 9 значи дека е апсолутно поважен. Доколку критериумот k е подеднакво или поважен од критериумот j , тогаш се користат соодветните реципрочни вредности.

По одредување на матрицата со споредби, се пресметува векторот на приоритети. (Во рамките на оваа методологија се користи апроксимација на сопствениот вектор (и сопствената вредност) на реципрочната матрица). За таа цел, прво се пресметува нормализирана матрица на споредби A_{norm} според следната равенка:

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}}$$

На крај, елементите на векторот на тежини на критериумите w може да се пресмета со усреднување по редиците, со помош на следната равенка:

$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m \bar{a}_{jl}}{m}$$

Векторот w , кој исто така се нарекува вектор на приоритети, ги прикажува релативните тежини помеѓу критериумите кои се споредуваат.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Влезни податоци

За да може да се пресметаат потребите од топлинска енергија, потребно е да се знаат просечните часовни температури во градот Скопје. За таа цел ќе се користат часовните температури од Weather Underground [6]. Како карактеристична грејна сезона е искористена сезона 2011/2012.

За секој од понудените типови на материјали потребно е да се внесат нивните карактеристики. Во Табела 1 се дадени параметрите кои се користат за секој тип на материјал.

Табела 1. Карактеристики на материјалите [3,7]

Материјал	δ [cm]	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]
Малтер	2	0,720
Тула	20	0,620
Екструдирани полистирен	1-16	0,029
Дрво	3	0,100
Бетон	15	1,500

Вредностите за α_1 и α_2 се 15 [W/m²K] и 50 [W/m²K], соодветно.

Карактеристиките на прозорците кои се користени во софтверот се дадени во Табела 2.

Технологиите кои се предложени во софтверската алатка, заедно со нивните карактеристики се земени од неколку компании чии технологии за греене се моментално застапени на пазарот во Македонија [8-12].

Цените на енергентите се ажурирани врз основа на податоците дадени од страна на Регулаторната комисија за енергетика, Македонски шуми, ЕВН Македонија и Макпетрол.

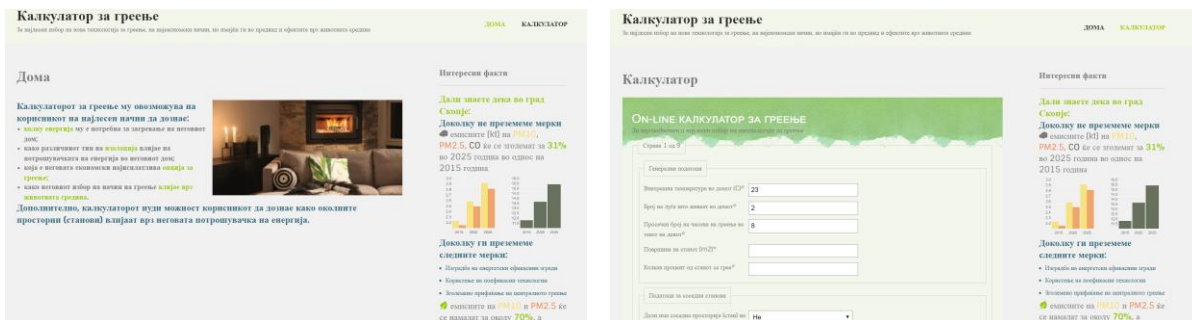
Табела 2. Карактеристики на прозорци [13]

Материјал	Вредност за U [W/m ² K]
Дрвени	
1 рамка	5,02
2 рамки	2,9
PVC	
3 комори	1,39
5 комори	1,31
6 комори	1,29
7 комори	1,2
Алуминиумски	1,61

Во однос на околинскиот модел, во рамките на трудот искористени се емисионите фактори предложени од Европската агенција за животна средина (Energy Environment Agency – EEA) во однос на загревање на домаќинствата [5].

Приказ на софтверското решение за е-калкулаторот

Развиеното софтверско решение за е-калкулаторот е достапно на Веб страната <http://heatcalculator.manu.edu.mk>. Алатката е составена од два дела: Дома и Калкулатор (Слика 1).



Слика 1. Приказ на софтверското решение

Со избирање на “КАЛКУЛАТОР” табот од главното мени, се отвора дел во кој се внесуваат генерални податоци кои се потребни, како што се: внатрешна температура на домот, број на луѓе што живеат, просечен број на часови на греење во текот на денот, површина на објектот, процент од површината која се грее. Дополнително, потребно е да се внесат информации за соседните станови/простории, односно дали има соседни простории на истиот кат, на катот над и под анализираниот и дали истите се греат.

Понатаму, следуваат пет посебни делови за внесување на податоци за: надворешните ѕидови, внатрешните ѕидови, подот, таванот и прозорците. Податоците кои се внесуваат за четирите типови на ѕидови се слични и се состојат од податоци за вкупната површина за соодветниот тип на ѕид и од податоци за нивната структура (Слика 2).

Надворешни ѕидови	
Должина [m]:*	<input type="text" value="20"/> <small>Се внесува вкупната должина на ѕидовите кои надвор</small>
Висина [m]:*	<input type="text" value="3"/> <small>Се внесува просечната висина на ѕидовите кои надвор</small>
Внатрешна изолација	
Тип:*	<input type="text" value="Нема"/>
Ѕид	
Тип:*	<input type="text" value="Тула"/> Дебелина [mm]:* <input type="text" value="200"/>
Надворешна изолација	
Тип:*	<input type="text" value="Нема"/>
<small>Вкупно енергија загубена преку надворешните ѕидови во една грејна сезона [kWh]:</small> <input type="text" value="2748"/>	




Слика 2. Приказ на делот од е-калкулаторот за пресметување на загуби преку надворешни ѕидови

Се претпоставува дека секој од типовите на ѕидови е составен од максимум три слоја наречени: внатрешна изолација, самиот ѕид и надворешна изолација. За внатрешна и надворешна изолација со помош на опаѓачко мени се нудат следните опции: стиропор, стаклена волна, гипс картон, камена волна, малтер или нема. Доколку се избере некој тип на изолација, понатаму се внесува неговата дебелина. Како материјал за самиот ѕид може да се избере помеѓу тула, бетон и бетонски блок. Дополнително, кај таванот за надворешна изолација може да се избере и една од следните опции: панел, ќерамида или лим. Врз основа на внесените информации од страна на корисникот и равенките дадени во поглавјето “Модел за потрошувачка на енергија” се пресметуваат загубите на енергија преку секој од четирите типови на ѕидови. Доколку, соседниот стан/просторија се грее, тогаш преку таа површина нема загуби на енергија.

Следно се внесуваат информациите за прозорците, односно се внесува типот и бројот на рамки/комори, информацијата дали се користат завеси, како и вкупната површина на прозорци во анализираната просторија, со цел да се пресметаат загубите и добивките на енергија преку прозорците.

Со помош на претходно внесените податоци се пресметува вкупната енергија која е потребна за да ги надомести загубите на енергија во текот на една грејна сезона.

Во следниот дел од софтверската алатка потребно е да се внесат податоци за постојната технологија за греење (Слика 3).

Влезни податоци за постојна технологија за греење	
Начин на греење*	<input type="text" value="Печка"/>
Тип на гориво*	<input type="text" value="Дрва"/>
Изберете модел на печка (најслична на вашата)*	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Metalec, Ekonomik-1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Gorenje, Miv</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Alfa plam (S5+C15)</p> </div> </div>
Резултати за постојна технологија	
<small>Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]</small>	<input type="text" value="17096"/>
<small>Цена на гориво [MKD/kWh]</small>	<input type="text" value="1.4"/>
<small>Годишни трошоци за гориво [MKD]</small>	<input type="text" value="23934"/>

Слика 3. Приказ на делот од е-калкулаторот за постојната технологија

За таа цел, прво од опаѓачко мени се избира начинот на греење. Изборот се врши помеѓу: печка,

клима уред, централно греење, сопствено парно или камин. Притоа, доколку се избере печка или сопствено парно, се појавува уште едно опаѓачко мени во кое треба да се избере типот на гориво кое се користи: дрва, пелети, електрична енергија, нафта или ТНГ. Дополнително, при изборот на печка, се појавуваат и слики на модели на печки, при што треба да се избере модел којшто е најсличен или ист со печката која ја има корисникот. Врз основа на овие податоци, се одредува ефикасноста на технологијата и се прикажуваат резултати за постојната технологија, односно:

- Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона
- Цена на гориво
- Годишни трошоци за гориво

Дополнително, се прикажува и ефектот кој избраната технологија го има врз животната средина, во однос на CO, PM₁₀ и PM_{2.5}.

Понатаму следува делот за внесување на податоци за нова технологија за греење. Тука има две можности: споредба на постојна технологија со нова технологија или предлог за замена на постојната технологија.

Доколку се избере споредба со нова технологија, тогаш се внесуваат слични податоци за новата технологија како и за постојната. Врз основа на тоа, се прикажуваат резултати од споредбата (Слика 4 и Слика 5). Помеѓу позначајните резултати се вкупните годишни трошоци за двете технологии и доколку е поинсплатлива новата технологија се прикажуваат годишните заштеди, како и време на поврат на инвестицијата. Дополнително, се прикажува и ефектот кој новата технологија го има врз животната средина во однос на постојната технологија и колкави се заштедите на емисии при таквиот избор.

Резултати од споредбата на двете технологии		
Резултати	Стара технологија	Нова технологија
Инвестиција [МКД]	/	24890
Животен век [години]	/	20
Инвестиција на годишно ниво [МКД]	/	2170
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [кWh]	17096	11710
Цена на гориво [МКД/кWh]	1.4	1.4
Годишни трошоци за гориво [МКД]	23934	16394
Вкупни годишни трошоци [МКД]	23934	18564
Годишни заштеди [МКД]	/	5370
Време на поврат на инвестицијата [години]	/	3.3

Слика 4. Приказ на резултатите при споредба на постојна со нова технологија

Ефект врз животната средина (колку ќе придонесе за намалување на емисиите)			
Локални емисии	Постојна технологија [kg]	Нова технологија [kg]	Заштеди [%]
CO [kg]	246.2	84.3	65.76
PM10 [kg]	46.8	4.0	91.45
PM2.5 [kg]	45.5	3.9	91.43

Слика 5. Приказ на ефектот врз животната средина при споредба на постојна со нова технологија

Од друга страна, доколку се избере опцијата за предлог за замена на постојната технологија, потребно е корисникот да внесе информација за тоа дали веќе има инсталација за централно греење (парно) и да направи споредба на важноста на критериумите при одлучувањето за купување на нова технологија. Критериумите кои треба да се приоритизираат се: време на поврат на инвестиција, големина на почетна инвестиција и влијанието врз околината. Врз основа на изборот на важноста на критериумите на корисникот, карактеристиките на домот и постојната технологија, е-калкулаторот дава предлог технологија за замена на постојната.

Критериуми за избор на нова технологија

Во овој дел треба да се направи споредба за важноста на секој критериум при одлучувањето за купување на нова технологија

Дали веќе имате инсталација за парно? Не

поврат на инв. инвестиција
Вредност 9

околина инвестиција
Вредност -9

околина поврат на инв.
Вредност 9

Тежина инвестиција 33

Тежина поврат на инвестиција 33

Тежина околински ефект 33

Број на уреди 2

Врз основа на изборот на вашите критериуми, карактеристиките на вашиот дом и постојната технологија, се препорачува најбавна замена со следната технологија: Air-conditioner, MAX, Miac-18INV

Слика 6. Приказ на делот за предлог за замена на постојната технологија

Анализа на карактеристичен случај

Со цел да се согледаат резултатите кои ги дава софтверската алатка, во овој дел од трудот се анализира карактеристичен случај. Имено се разгледува стан од 60 m², којшто целиот се грее на 23 °C и во кој живеат 4 особи. Анализираниот стан се граничи со соседен стан (кој што се грее) на истиот кат преку внатрешниот ѕид и има стенови над и под станот, но тие не се греат. Надворешните ѕидови немаат ниту внатрешна, ниту надворешна изолација, а самиот ѕид е од тула со дебелина 200 mm. Подот е направен од бетон со дебелина 150 mm, нема внатрешна изолација, а како надворешна изолација има малтер од 20 mm. Таванот исто е од бетон со дебелина од 150 mm, нема надворешна изолација, а како внатрешна изолација има малтер со дебелина 20 mm. Прозорците имаат по две дрвени рамки и не се користат ролетни или завеси. Вкупната површина на прозорци е 10 m².

Врз основа на овие податоци, софтверот пресметува дека вкупните загуби на енергија преку ѕидовите и прозорците изнесува 13600 kWh, во текот на една грејна сезона.

За постојна технологија се избира печка на дрва, модел Metales (Ekonomik). Резултатите за постојната технологија се прикажани на Слика 7. Може да се забележи дека вкупно потрошената енергија во една типична грејна сезона е 27200 kWh, земајќи ја предвид ниската ефикасност на постојната печка и карактеристиките на станот. Користејќи ја цената на дрвото, пресметано е дека вкупните годишни трошоци за гориво изнесуваат 38080 МКД, или околу 3170 МКД месечно. Дополнително, софтверот го прикажува и ефектот врз животната средина во однос на вкупна количина на емисии на CO, PM₁₀ и PM_{2,5}.

Влезни податоци за постојна технологија за греење

Начин на греење* Печка

Тип на гориво* Дрва

Изберете модел на печка (најслична на вашата)*

Metalec, Ekonomik-1 Gorenje, Miv Alfa plam (55+C15)

Резултати за постојна технологија

Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh] 27200

Цена на гориво [МКД/kWh] 1.4

Годишни трошоци за гориво [МКД] 38080

Ефект врз животната средина

CO [kg] 391.7

PM10 [kg] 74.5

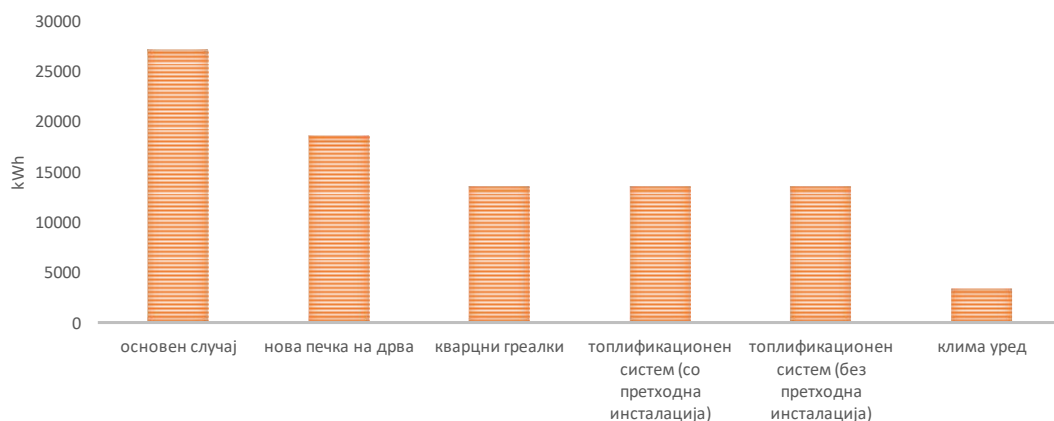
PM2.5 [kg] 72.4

Слика 7. Резултати за постојната технологија на анализираниот стан

Во однос на споредба на постојната технологија со нова технологија, анализирани се неколку нови технологии:

- Нова печка на дрва (со повисока ефикасност);
- Печка на електрична енергија;
- Централно греење преку топлификационен систем, доколку станот има инсталација;
- Централно греење топлификационен систем, доколку станот нема инсталација;
- Клима уред.

Во првиот случај, односно доколку се избере нова печка на дрва, модел Alfa-Plam (FAVORIT A 70), се добива дека вкупно потрошената енергија се намалува на 18630 kWh (Слика 8), а инвестицијата на годишно ниво изнесува 4340 МКД. Годишните заштеди се 7658 МКД, што значи дека инвестицијата се исплаќа и истата се враќа за 4,1 година. Заштеди има и во однос на ефектот врз животната средина, односно заштеди од околу 66%, 91% и 91% на CO, PM₁₀ и PM_{2,5}, соодветно.



Слика 8. Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона при различни технологии

Доколку пак, за нова технологија се избере технологија на електрична енергија, односно LEOV кварцни греалки, може да се забележи дека поради поголемата ефикасност на греалките вкупно потрошената енергија се намалува на 13600 kWh. Но, поради значително повисоката цена на горивото на

новата технологија, оваа инвестиција не се враќа, односно истата не се исплаќа и покрај ниската инвестиција на годишно ниво од само 450 МКД.

Резултатите за централното греење преку топлификациониот систем покажуваат дека од голема важност во овој случај е дали веќе има инсталација за централно греење во станот. Потрошувачката на енергија и во овој случај е слична како и во претходниот и изнесува 13600 kWh. Поради високата почетна инвестиција, доколку во станот нема инсталација, приклучување кон топлификациониот систем не е опција којашто се исплаќа во тој случај. Доколку пак има инсталација, централно греење преку топлификациониот систем е добра опција за замена, бидејќи почетната инвестиција е нула и годишните заштеди изнесуваат 1360 МКД.

Доколку пак се избере клима уред (модел Gree GWH12) и покрај високата почетна инвестиција и повисоката цена на горивото, таа се исплаќа поради високата ефикасност (има SCOP со вредност 4). Имено, вкупно потрошената енергија се намалува на само 3400 kWh, односно е точно осум пати помала. Оваа нова технологија има време на поврат на инвестиција од само три години.

Во однос на можноста на софтверот да даде **предлог за замена на постојната технологија**, анализирани се следните случаи:

- корисникот нема инсталација за централно греење и далеку најважен критериум му е почетната инвестиција, останатите два му се подеднакво важни
- корисникот нема инсталација за централно греење и подеднакво важни му се критериумите за време на поврат на инвестиција и влијанието врз околината, а почетната инвестиција не му е многу важна
- корисникот има инсталација за централно греење и трите критериуми му се подеднакво важни

Во првиот случај, кога на корисникот му е најважна почетната инвестиција, а околината и времето на поврат на инвестицијата не му се важни, тогаш софтверот препорачува да се купат кварцни греалки, бидејќи имаат најниска почетна инвестиција.

Доколку анализираме обратен случај, односно ако почетната инвестиција воопшто не е важна, а останатите два критериуми се подеднакво важни, тогаш софтверот дава препорака за инвертер клима уред, како технологија која, поради нејзината многу висока ефикасност има краток рок за поврат на инвестиција и има најголеми заштеди на емисии во животната средина.

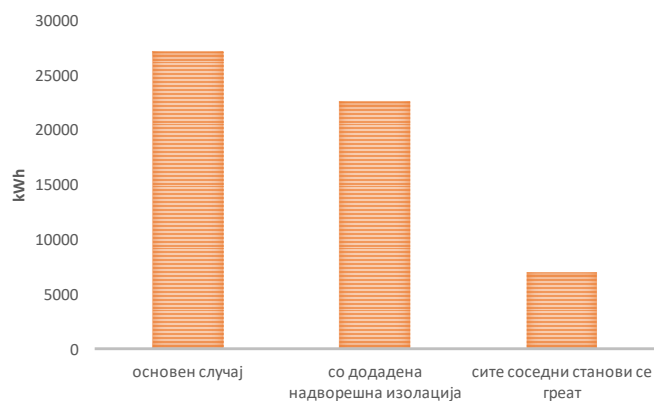
Доколку пак корисникот има инсталација за централно греење и на пример сите три критериуми му се подеднакво важни, тогаш најдобра опција за него е приклучување кон топлификационен систем, бидејќи почетната инвестиција е нула, а и заштедите на емисии се високи.

Со помош на развиената алатка може да се согледа како додавањето на надворешна **изолација** ќе влијае врз потрошувачката на енергија. Имено, доколку на надворешниот ѕид се додаде, на пример, 10 cm стиропор како надворешна изолација, тогаш се добиваат резултатите прикажани на Слика 9. Ако се споредат резултатите со претходните (Слика 7), може да се забележи дека има намалување на потрошувачката на енергија, како и, се разбира, на годишните трошоци за гориво и тоа за околу 1,2 пати (Слика 10). Исто толкава заштеда има и во однос на животната средина, односно емисиите се намалуваат за 1,2 пати во однос на претходниот случај.

Резултати за постојна технологија	
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	22592
Цена на гориво [MKD/kWh]	1.4
Годишни трошоци за гориво [MKD]	31629

Ефект врз животната средина	
CO [kg]	325.3
PM10 [kg]	61.9
PM2.5 [kg]	60.1

Слика 9. Резултати за анализираниот стан со додадена надворешна изолација на надворешниот ѕид



Слика 10. Вкупно потрошена енергија во текот на една грејна сезона при додавање на изолација и доколку сите соседни станови се греат

Доколку, на основниот карактеристичен пример на стан единствена промена што ќе ја направиме е да додадеме дека **соседните становите** под и над анализираниот случај се загреваат, односно нема загуби кон тие станови, тогаш се добиваат резултатите прикажани на Слика 11. Всушност, во овој случај се добива дека потрошувачката на енергија, трошоците и негативните ефекти врз животната средина драстично се намалуваат и тоа за околу 3,9 пати (Слика 10).

Резултати за постојна технологија	
Вкупно потрошена енергија во текот на една сезона [kWh]	6992
Цена на гориво [MKD/kWh]	1.4
Годишни трошоци за гориво [MKD]	9789

Ефект врз животната средина	
CO [kg]	100.7
PM10 [kg]	19.2
PM2.5 [kg]	18.6

Слика 11. Резултати за анализираниот стан доколку сите соседни станови се греат

ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е претставена методологија за пресметување на потрошувачката на енергија

која е потребна за загревање на одредена просторија, стан или куќа, земајќи ги предвид карактеристиките на објектот и типот на технологија која се користи за греење. Врз основа на предложената методологија, развиено е софтверско Веб решение, со кое оваа методологија се приближува на секој граѓанин. Во трудот е презентираниот интерфејсот кој го има е-калкулаторот, како и можностите кои ги нуди истиот, односно каков вид на резултати може да даде.

Методологијата и е-калкулаторот развиени во рамките на овој труд имаат за цел да помогнат во намалувањето на загадувањето кое доаѓа од домаќинствата, како еден од секторите со најголем удел во PM_{10} и $PM_{2.5}$ емисиите во градот Скопје. Со помош на развиениот софтвер, секое поединечно домаќинство ќе може да даде придонес кон имплементација на мерките за намалување на загадувањето на градот Скопје, со што би се подобрил квалитетот на воздухот.

РЕФЕРЕНЦИ

- [1] Министерство за економија, Трет Акционен план за енергетска ефикасност на Република Македонија за периодот од 2016 до 2018 година, 2017
- [2] ИЦЕОР-МАНУ, Студија за греење на градот Скопје анализа на политики и мерки СТУГРЕС, 2017, <http://klimatskipromeni.mk/data/rest/file/download/e786e0006316422e779d0ec0b48aa0b7df3611d1e3177b5190553746f83adcea.pdf>
- [3] Dedinec, A, Dedinec, A, Markovska, N, Optimization of heat saving in buildings using unsteady heat transfer model, Thermal Science, 19 (2015), 3, pp. 881-892.
- [4] Collares-Pereira, M, Rabl, A., The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values, Solar Energy, 22 (1979), 2, pp. 155-164.
- [5] Европска агенција за животна средина, Согорување во помали единици и инсталации 2016, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-small-combustion-2016/view>
- [6] Weather Underground, <https://www.wunderground.com/>
- [7] Ozel, M., Effect of wall orientation on the optimum insulation thickness by using a dynamic method, Applied Energy, 88 (2011), 7, pp. 2429-2435.
- [8] Гран Експорт, <http://gran.mk/>
- [9] АгроТехна, <http://www.agrotehna.com.mk/>
- [10] Нептун, <https://www.neptun.mk/>
- [11] Сетек, <http://www.setec.mk/>
- [12] Техномаркет, <https://tehnomarket.com.mk/>
- [13] ПРОСПЕРА, www.prospera.com.mk

БЛАГОДАРНИЦА

Претставените анализи се дел од активностите на три проекти на УНДП, подготвени со финансиска и техничка поддршка на Глобалниот фонд за животна средина, Министерството за финансии на Република Словачка и Град Скопје. Авторите се заблагодаруваат за поддршката од Град Скопје и Министерството за животна средина и просторно планирање.