

Драгослав М. Шумарац<sup>1\*</sup>, Маја Н. Тодоровић<sup>2</sup>  
Стијанко Б. Ђорић<sup>1</sup>, Зоран Б. Перовић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

<sup>2</sup> Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

## Енергетска ефикасност типичних српских руралних кућа

Стручни рад

*У овом раду је приказано тренутно стање енергетске ефикасности сеоских кућа у Србији. Анализиране су два типа кућа из руралних подручја путем одговарајућих мерења, као и прорачуном према важећим прописима. Прва је традиционална војвођанска кућа која се налази у предграђу Сремске Митровице. Друга је типична кућа у брдско-планинском региону Србије и она се налази у општини Рашка. Експериментални подаци за анализу су добијени извршеним мерењима терматуре, влажности и тачке рошења на карактеристичним местима на објектима. Такође је обављено и снимање термовизијском камером. Анализом резултата мерења, може се дефинисати детаљна слика енергетских карактеристика посматраних кућа. Прорачун годишње потребне енергије за грејање је заснован на Правилнику о енергетској ефикасности зграда у Републици Србији који је усвојен 2011. године. Закључено је да годишња потрошња енергије за грејање у сеоским кућама значајно превазилази утврђене оптималне границе за објекте те категорије, иако да посебна пажња треба да се посвети анализи проблема енергетске ефикасности у руралним подручјима.*

*Кључне речи: рурална кућа, енергетска ефикасност, мерење, терматура, правилник*

### Увод

У складу са европским директивама (EPBD 2002 и EPBD 2010) све земље чланице су обавезне да уведу пасош енергетске ефикасности за зграде. У току 2011. године је и у Републици Србији ступио на снагу Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда [1], којим је прописано да без овог пасоша нови објекти не могу да добију употребну дозволу, а постојеће зграде не могу да се продају или изнајмљују. За сеоске куће не постоје посебни захтеви у овом правилнику уколико се оне само повремено користе.

Познато је да су куће у руралним подручјима Србије најчешће грађене од зиданих зидова (цигла, камен, земљани материјали) или дрвених зидова. Постоје значајне разлике у врстама руралних кућа у зависности од одређене области земље тј. до-

\* Одговорни аутор; електронска адреса: sumi@eunet.rs

ступних материјала за грађење, биоклиматских карактеристика и различитих управа кроз историју. Типичне карактеристике указују на њихову велику енергетску неефикасност. На почетку овог рада представљен је кратак преглед руралне архитектуре у Србији. Такође је дат опис посматраних кућа, са свим димензијама, врстама материјала и мерним местима је такође дат. У другом делу рада су приказани резултати мерења на карактеристичним објектима, резултати прорачуна годишње потребне енергије за грејање, као и закључци доноси на основу добијених резултата.

Циљ истраживања је да се утврде топлотни губици и уштеда која се може постићи применом боље топлотне изолације српске сеоске куће. Након добијених резултата треба да уследи економска анализа инвестиција у нове фасаде, као и прорачун остварених уштеда енергије за грејање и хлађење [2, 3]. Такође, циљ овог истраживања је да се утврди могућност мењања постојећих прописа, као и њихово усклађивање са прописима ЕУ.

### Руралне куће у Србији

У раду је приказано тренутно стање енергетске ефикасности два типа старих српски сеоских кућа. Анализирани типови кућа налазе се у брдско-планинском региону Србије и у Војводини.

Код кућа у сеоским подручјима Војводине зидови се најчешће граде од цигле. Подови од дасака су постављени на насуту земљу. Кровну конструкцију чини само бибер цреп постављен преко летава. Таваница је од трске, омалтерисана са доње стране и са малим слојем изолационог материјала који је обично од земље. Може се рећи да су сеоске куће у Војводини настале као мешавина елемената локалне архитектуре и немачких утицаја.

У брдско-планинском подручју, куће су најчешће са подрумом, који је зидан од камена, и спрата од цигле или гитер блокова. Често се користи и дрво као грађевински материјал. Као везивни материјал се користи малтер за зидове од цигле, као и глина за камене зидове. Кровови су на четири воде, са стрмијим нагибом (због снега) у односу на равничарске куће. Прозори и врата су од дрвета, а прозори најчешће имају жалузине.

### Анализирани објекти

За пример типичне војвођанске руралне куће, анализирана је кућа која се налази у приградском делу општине Сремска Митровица (сл. 1а). Ова кућа је саграђена 1950-их година. Кућа је приземна, издигнута изнад нивоа тла са слојем набијеног камена од 50 см, равнајућим слојем бетона од 10 см и цементном кошуљицом од 4 см на којој се налази паркет. Зидани зидови, који су главни и конструктивни елементи, се састоје од блокова опеке на којима је и унутрашњи и спољашњи слој малтера, укупне дебљине од 25 см. Преко спољашњег слоја малтера, постоји и фасада, али не и термоизолациони слој. Прозори су двоструки са дрвеним рамом. Кровна конструкција се састоји од бибер црепа који се преко дасака ослања на класичну кровну конструкцију, док је таваница од трске, малтерисана са доње стране. Постоји 4 см слој „чок малтера” (кречни малтер са животињском длаком или сламом) на горњем делу плафона који представља изолацију.

За пример типичне сеоске брдско-планинске куће је узета једна кућа у општини Рашка, између планина Копаоника и Голије, која је изграђена почетком 20.

века (сл. 1б). Ова кућа се састоји од полуукопаног подрума и две просторије изнад њега. Једна соба је од брвана и налази се директно изнад подрума, док је друга од камена и опеке и налази се изнад земље. Надморска висина куће је око 650 m. Кровови су на четири воде, са стрмијим нагибом (због снега) у односу на равничарске куће. Прозори и врата су од дрвета, а прозори имају жалузине.

**Слика 1. Типична српска сеоска кућа; (а) војвођанска, (б) брдско-јланинска**

## Мерења

Да би се добила комплетнија слика о енергетској ефикасности српских руралних кућа, обављена су мерења на два карактеристична објекта, као што је већ наведено. Мерења су обављена помоћу специјалних мерача „*EL-USB data logger*” који се постављају на карактеристичним местима у објекту, како би се стекла комплетнија слика и створио тачан модел за анализу (сл. 2). Уређаји су подешени да бележе температуру, влажност ваздуха и тачку рошења на сваких сат времена.

**Слика 2. Постављање *EL-USB data logger*-а на мерним местима**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

Мерења и анализа резултата је извршена на основу:

- ЈУС У.Ј5.100 (1983) – Топлотне технике у грађевинарству, и
- корекција услед дејства температуре: у складу са БМК 08-2-08-05 и ЈЗ 254.

За војвођанску кућу у општини Сремска Митровица мерења су обављена на пет мерних тачака, и то у спаваћој соба са дрвеним прозором који је окренут према истоку. Локација уређаја за мерење је приказана на сл. 3. Температура, влажност и тачка рошења су мерени на плафону (ПЛ), као и на јужном зиду са унутрашње (ЗУ) и спољашње (ЗС) стране. Такође су мерни уређаји постављени са унутрашње (ПУ) и спољашње (ПС) стране дрвог прозора који се налази на источном зиду. Треба напоменути да се ова кућа греје на природни гас константно шест месеци, и то од 15. октобра до 15. априла.

### Слика 3. Распоред мерних уређаја типичне сеоске војвођанске куће

Резултати који су добијени су [°C], влажност [%], тачка росе [°C] на сваки сат од 14:00 17. априла 2010. до 14:00 2. маја. 2011.

Код планинске куће у општини Рашка мерење је извршено на осам места. Распоред постављања уређаја за мерење температуре, влажности и тачке рошења за ову кућу у Рашкој је обављено према плану на сл. 4. На овој слици је приказан и распред просторија и отвора на кући, као и димензије и материјали од којих су направљени основни грађевински елементи.

Температура, влажност ваздуха и тачка рошења је мерена у соби 1 на поду (Т1) и плафону (Т2), на јужном дрвеном зиду на унутрашњој (Т3) и на спољашњој страни (Т4). У соби 2 мерење је извршено на западном каменом зиду на унутрашњој (Т5) и спољашњој страни (Т6). Поред тога, температура, влажност ваздуха и тачка рошења је мерена на унутрашњој (Т7) и спољашњој (Т8) страни прозора, који се налази на северном зиду, који је направљен од цигле.

#### Слика 4. Распоред мерних уређаја типичне сеоске планинске куће

Треба напоменути да се ова кућа користи само у летњем периоду, што значи да се зими не загрева, што свакако треба узети у обзир при анализи резултата мерења.

#### Резултати мерења *EL-USB* мерачем

Иако су анализирана мерења обављена у периоду од годину дана, због ограниченог обима овог рада биће приказани само неки карактеристични резултати (сл. 5 и сл. 6) на основу којих могу да се изведу одређени закључци.

На основу ових података, направљено је поређење температура и влажности ваздуха у одговарајућим тачкама на спољашњој и унутрашњој страни зидова, прозора, као и на поду и плафону истих просторија. Такође су установљене разлике у температури и влажности ваздуха током сезонских промена.

Карактеристични резултати за кућу у Сремској Митровици су дати на сл. 5.

За руралну кућу у Рашкој приказане су вредности температуре и влажности на унутрашњим и спољашњим зидовима, код прозора као и на поду и плафону објекта. Резултати на сл. 6 су дати само у неким од карактеристичних периода у години, тј. у месецима април, август и децембар. Приказани су такође и резултати из септембра 2011. када је извршено и снимање термовизијском камером.

**Слика 5. Резултати мерења *Data logger*-ом за кућу у Сремској Митровици**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

**Слика 6. Резултати мерења *Data logger*-ом за кућу у Рашкој**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

### Резултати снимања термовизијском камером

Мерења термовизијском камером су обављена 4. октобра 2011, само на кући у Рашкој, по сунчаном дану када је температура спољњег ваздуха у хладу износила 27,5 °С. У таквим условима је нормално да се узимају снимци термовизијском камером у унутрашњости зграде. Снимање је обављено термовизијском камером марке *Flir i50* произведеном 2010. године на карактеристичним местима на објекту, као и местима на којима се претпоставља да ће се јавити максимални топлотни губици. Резултати који су добијени термовизијском камером употпуњавају слику температурног поља која се може дефинисати мерењем температуре *Data-logger*-има на довољном броју тачака.

На сл. 7(а) приказани су резултати температуре унутрашњег дрвеног зида. У поређењу са мерењима очитаним на мерном месту Т3 јасно је да су слагања резултата веома добра. На сл. 7(б) дат је снимак из собе са каменим зидовима на којој се види отвор у плафону од дасака без термоизолације. Очигледно је да је тај отвор најслабији део термичког омотача ове зграде и да плафон не пружа адекватну изолацију.

**Слика 7. Снимци термовизијском камером; (а) соба са дрвеним зидовима,  
(б) плафон са отвором**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

### Анализа измерених резултата

На основу приказаних резултата и осталих података добијених током мерења могу се извести закључци ове анализе.

Из резултата мерења види се који делови куће немају добре термоизолационе особине. Камени зидови код планинске куће, као велике топлотне масе, показали су се као добри топлотни изолатори, тј. мале су варијације у температури унутар куће при промени спољашње температуре, нарочито у летњим месецима. Током мерења у августу, осцилације температуре на унутрашњој страни зида су са малим амплитудама, док су током зиме промене температуре на унутрашњој површини зида



много веће. При овој анализи треба узети у обзир да у овој кући тренутно нико не живи, тј. користи се само током лета, тако да се зими кућа не загрева.

За разлику од планинске куће, у војвођанској кући се живи током целе године па се самим тим ова кућа и греје током зиме. Тако се карактеристични резултати добијају током зимских месеци и на очигледнији начин показују места топлотних губитака, јер је тада и већа разлика у спољашњој и унутрашњој температури.

У децембру и јануару кад је температура нижа, осцилације температуре на унутрашњој старни зида од опеке су веће у односу на оне у новембру и фебруару што указује на веће губитке. Као што је и очекивано, највише температуре су измерене на јужном спољашњем зиду што је последица његове оријентације (ка југу).

Дрвени зидови су се показали као лошији изолатори, пре свега зато што су релативно мале дебљине, а током времена (планинска кућа је изграђена почетком прошлог века) је дошло до појаве пукотина услед временских деформација и влаге. Као што је и очекивано, више температуре су измерене на спољашњој страни јужног зида, у поређењу са западним и поготову северним зидом.

Резултати мерења са унутрашње и спољашње стране прозора показују да ови дрвени прозори немају добре термичке карактеристике. Температуре мерене на унутрашњој страни прозора много више зависе од температуре на спољашњој страни, у односу на вредности које су добијене у случају зидова. То показује да је већи губитак енергије кроз дрвени прозор него што је био случај са зидовима. За војвођанску кућу, резултати су веома слични, с тим што су у овом случају двоструки прозори омогућили незнатно бољу изолацију.

Вредности температуре на плафону су веће у односу на температуре на унутрашњости зидова и прозора у летњим месецима. За обе куће, те више температуре у поткровљу указују на лошу изолацију крова и плафона у соби. У посматраној војвођанској сеоској кући, то је последица лоше изолације крова и саме таванице, а код сеоске куће у Рашкој, то је резултат недостатка изолационих материјала

На основу ових података може се закључити да се значајна уштеда енергије може остварити бољом топлотном изолацијом поткровља. Ово је веома битно, зато што овакав вид интервенције не угрожава спољашњу архитектуру објекта.

Измерене вредности влажности, заједно са резултатима температуре и тачке рошења могу да пруже поуздане информације о времену и количини падавина. При овој анализи треба узети у обзир да је војвођанска кућа у близини реке Саве, а што може бити битан фактор и за велики број војвођанских сеоских кућа, с обзиром да су делови Војводине богати рекама.

Може се видети да локални биоклиматски услови имају значајну улогу у укупној енергетској ефикасности сеоских кућа, а да су сеоске куће обично правилно оријентисане. Поред директних закључака који се могу добити разматрањем ових резултата, они могу послужити и посредно као улазни подаци за моделирање температурног поља у одговарајућем софтверу.

Коначно, на основу ових мерења се могу одредити локације и времена када се јављају топлотни губици, термоизолационе карактеристике грађевинских елемената, као и укупна енергетска ефикасност зграде.

### **Прорачун према Правилнику о енергетској ефикасности зграда**

У овој анализи енергетске ефикасности брдско-планинске и војвођанске сеоске куће, прорачун годишње потребне енергије за грејање је обављен и према Пра-

вилнику о енергетској ефикасности зграда у Републици Србији који је објављен 2011. године [4] и који се заснива на Међународном стандарду за енергетске перформансе зграда – *ISO 13790:2008*. Иако се овај правилник не односи на зграде које се повремено користе током зимске односно летње сезоне, резултати који су приказани у овом раду служе као значајни показатељ тренутног стања енергетске ефикасности ове две анализиране куће. Због ограниченог обима овог рада, приказани су само крајњи резултати прорачуна.

За кућу у општини Сремска Митровица, су добијени следећи резултати:

- годишња потребна топлота за надокнаду губитка топлоте:  $Q_{H,ht} = 24.781 \text{ kWh}$ ,
- годишња количина топлоте која потиче од свих добитака:  $Q_{H,gn} = 6.133 \text{ kWh}$ .

Тако се годишња потребна енергија за грејање добија:  $Q_{H,nd} = 18.648 \text{ kWh}$ .

С обзиром да је површина куће  $90 \text{ m}^2$ , специфична годишња потребна енергија за грејање је:  $Q_{H,an} = 207 \text{ kWh/m}^2$ .

Код куће у општини Рашка, прорачун на основу прописа је дао следеће резултате:

- годишња потребна топлота за надокнаду губитка топлоте:  $Q_{H,ht} = 17.719 \text{ kWh}$ ,
- годишња количина топлоте која потиче од свих добитака:  $Q_{H,gn} = 3.350 \text{ kWh}$ .

Тако се годишња потребна енергија за грејање добија:  $Q_{H,nd} = 14.369 \text{ kWh}$ .

С обзиром да је површина куће  $43 \text{ m}^2$ , специфична годишња потребна енергија за грејање је  $Q_{H,an} = 334 \text{ kWh/m}^2$ .

Резултати прорачуна топлотних губитака и добитака, као и потребне енергије за грејање по месецима приказани су на сл. 8.

**Слика 8. Прорачун према прописима; (а) кућа у Сремској Митровици, (б) кућа у Рашкој**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

### Прорачун помоћу комерцијалног програма

На крају може да се напомене да је, за контролу једне овакве анализе, прорачун годишње потребне енергије за грејање могуће спровести и коришћењем одговарајућих комерцијалних софтвера. У овом случају је прорачун обављен коришћењем софтверског пакета *ArchiCad 15 – GRAPHISOFT EcoDesigner* [5], као што је при-

казано на сл. 9. Наравно, требало је водити рачуна о усклађеност улазних података са вредностима које су коришћене код прорачуна према актуелним прописима.

Резултати добијени у оба прорачуна потврђују ниску енергетску ефикасност посматраних кући, што је био и сличан закључак у претходним методама прорачуна.

**Слика 9. Прорачун помоћу ArchiCad 15; (а) кућа у Сремској Мишровици, (б) кућа у Рашкој**  
(слику можете видети у електронској верзији у пуном колору)

### **Закључак**

Куће које су анализирани у овом раду су типичне за подручја у којима су саграђене, тако да закључици који су добијени у овој анализи могу да важе и за остале куће у овим областима.

За изградњу оваквих типова кућа почетком и средином прошлог века су се користили углавном традиционални материјали, без употребе изолационих материјала, што је и један од главних узрока њихове недовољне енергетске ефикасности. Закључено је да климатски услови имају значајну улогу за енергетску ефикасност оваквих кућа и да су оне обично правилно оријентисане.

Очигледно је да је потребно повећати енергетску ефикасност постојећих сеоских кућа. То се може урадити применом одговарајућих процедура за изградњу нових кућа уз обавезно очување старе српске архитектуре. Један од начина како се то може урадити је изолација поткровља код ових типова кућа. Наиме, показало се да су у тим деловима кућа велики губици топлоте, а овакав вид интервенције не угрожава спољашњу архитектуру објекта. Побољшањем топлотне изолације оваквих објеката би се постигла значајна уштеда енергије, али и обезбедило мање загађење и заштита животне средине због мање употребе дрвета и угља за грејање. Иако зидани и камени зидови могу да пруже добру топлотну изолацију, увек је додатни слој изолационог материјала неопходан.

На основу свих ових измерених података може да се утврди локација и време када и где се јављају губици топлоте, као и изолационе карактеристике грађевинских елемената, па на основу тога и сама енергетска ефикасност објекта.

Прорачун годишње потребне енергије за грејање према Правилнику о енергетској ефикасности зграда у Републици Србији даје конкретан податак о енергетској ефикасности кућа. Резултати анализе приказане у овом раду могу да се искористе при изради предлога новог начина пројектовања и изградње оваквих типова објеката, чија би годишња потрошња енергије била у складу са новим националним Правилником о енергетској ефикасности зграда.

Анализом података и прорачуна, као и мерама предложеним у пројектовању и изградњи за унапређење енергетске ефикасности, уз поштовање старе архитектуре, као крајњи резултат би требало да буде српска рурална кућа која је пројектована на принципима одрживог развоја.

### Захвалност

Резултати приказани у овом раду део су истраживања која се обављају у оквиру Пројекта III42012 *Побољшање енергетске ефикасности зграда у Србији и унапређење националних регулативних капацитета за њихову сертификацију*, финансираног од стране Министарства за просвету и науку Републике Србије.

### Литература

- [1] \*\*\*, Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, Службени гласник РС, 61/2011
- [2] Шумарац, Д., Енергетска ефикасност зграда у Србији – Стање и перспективе, *Термотехника*, 36 (2010), 1, 11-29
- [3] Šumarac, D., *и др.*, Energy Efficiency of Residential Buildings in Serbia, *Thermal Science*, 14 (2010), Suppl., S97-S113
- [4] \*\*\*, Правилник о енергетској ефикасности зграда, Службени гласник РС, 61/2011
- [5] \*\*\*, ArchiCAD 15 – GRAPHISOFT EcoDesigner, license number: 2-1503545, 2011

**Abstract**

## **Energy Efficiency of Typical Serbian Rural Houses**

by

*Dragoslav M. ŠUMARAC<sup>1\*</sup>, Maja N. TODORVIĆ<sup>2</sup>  
Stanko B. ČORIĆ<sup>1</sup>, and Zoran B. PEROVIĆ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

<sup>2</sup> Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

The energy efficiency of typical rural houses in Serbia is presented in this paper. Typical houses from rural areas were analyzed by proper measurements, and by numerical calculations according to current regulations. The first house is a traditional Vojvodina house and it is situated in the suburban part of municipality of Sremska Mitrovica. The second house is a typical Serbian mountainous house and it is located in the municipality of Raška. Experimental data for the analysis were obtained by performing measurements of temperature, humidity and dew point on the characteristic spots in these houses. Recording with thermal imaging camera were also done. Detailed insight in energy performance of observed houses can be defined by analyzing obtained results. Calculation of the annual energy needs for heating is based on the Regulations on energy efficiency of buildings in the Republic of Serbia, which were adopted in 2011. It was concluded that the annual energy need for heating in rural homes significantly exceeds optimal limits for objects of that category, so the special attention should be devoted to analysis of energy efficiency problems in rural areas.

*Key words: rural house, energy efficiency, measurement, temperature, regulation*

\* Corresponding author: e-mail: sumi@eunet.rs

Рад примљен: 23. маја 2012.  
Рад ревидиран: 16. јула 2012.  
Рад прихваћен: 8. августа 2012.