

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Весна Б. Ловец

**ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ
ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ
КУЋЕ ОД НАБОЈА**

Докторска дисертација

Београд, 2018

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ARCHITECTURE

Vesna B. Lovec

**ENERGY PERFORMANCES OF THE
TRADITIONAL RAMMED EARTH HOUSE
IN VOJVODINA**

Doctorial Dissertation

Belgrade, 2018

Ментор:

др Милица Јовановић - Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Чланови комисије:

др Милица Јовановић - Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

др Ана Радивојевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

др Бранислав Живковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Датум одбране докторске дисертације: _____

ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ ОД НАБОЈА

Резиме:

Предмет спроведеног истраживања су енергетске перформансе традиционалне војвођанске кућа од набоја. Под појмом традиционалне војвођанске куће, за потребе спроведеног истраживања, подразумева се јединствен архитектонски феномен: троделна кућа од набоја, која је настајала и развијала се у периоду од краја XVIII, цео XIX и почетак XX на простору целе покрајине.

Проблем истраживања представља научно испитивање и објашњавање енергетских перформанси основног типа троделне војвођанске куће. Истраживање настоји да испита и размотри енергетске перформансе ове куће, последично и потенцијал које оне имају у савременом контексту одрживог развоја Републике Србије. Тема представља један нови аспект анализе војвођанске куће који до сада није био предмет научних истраживања код нас.

Научно испитивање и анализа енергетских перформанси основног типа троделне војвођанске куће извршени су у три сегмента: 1.) анализа архитектонско-грађевинских карактеристика куће и топлотних карактеристика термичког омотача омотача, 2.) мерење *in situ* и 3.) рачунско испитивање енергетских перформанси куће.

Анализа архитектонско-грађевинских карактеристика куће обухватила је анализу: урбанистичких параметара (локација, парцела, положај зграде), оријентације објекта, функционалног концепта зграде, облика и компактности зграде, топлотног зонирања зграде, природне вентилације. Анализа топлотних карактеристика термичког омотача зграде обухватила је анализу: коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпора пролазу топлоте R , топлотне проводљивост за појединачне елементе термичког омотача куће од набоја.

Мерења *in situ* на кућама од набоја спроведена су на пет зидова од набоја у грејној сезони 2014/2015 у укупном трајању од 80 дана. Праћени су параметри: температуре ваздуха, контактне температуре зида и топлотног флуksа у реалном времену. На основу измерених параметара на терену извршено је одређивање просечних вредности коефицијента пролаза топлоте U [$W/(m^2 \times K)$], отпора провођењу топлоте грађевинске конструкције R_{gk} [$m^2 \times K/W$] и топлотне проводљивости λ_m

$[W/(m \times K)]$ за зид од набоја традиционалне војвођанске куће. Извршена је и компарација добијених резултата са рачунским вредносима за U , R_{gk} , λ_m порорачунатим у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС. Резултати су показали значајна одступања.

Рачунско испитивање енергетских перформанси куће извршено је помоћу одабраног софтвера *КнауфТерм ПРО*. Прорачун је извршен за основни тип троделне војвођанске куће. Поред тога извршен је и прорачун у коме су вредности (за коефицијенте пролаза топлоте U и топлотну проводљивост λ_m зида од набоја) дефинисане важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда замењене параметрима измереним *in situ*. Извршена је и компарација добијених резултата. Рачунско испитивање енергетских перформанси показало је да на основу годишње потрошње енергије за грејање изражене по јединици површине, троделну војвођанску кућу можемо сврстати у Г енергетски разред. Рачунско испитивање енергетских перформанси у коме су уместо вредности преузетих из Правилника коришћене вредности измерене *in situ* је показало да се у том случају одабрани представник троделне војвођанске куће може сврстати у Ф енергетски разред, што представља цео енергетски разред разлике. Овакви резултати прорачуна указују на неадекватан третман традиционалних грађевинских материјала и евидентне недостатке у важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда РС.

Спроведено истраживање показало је да појединачни елементи грађевинског омотача традиционалне војвођанске куће и кућа од набоја као грађевинске целине не задовољавају савремене стандарде о енергетској ефикасности кућа дефинисане важећим Правилником о ЕЕ зграда РС. Па су спроведеним истраживањем размотрене и мере унапређења енергетских перформанси и могућности функционалне трансформације куће.

Кључне речи:

набој, традиционална војвођанска кућа, енергетске перформансе

Научна област:

Архитектура и урбанизам

УДК број: 728.6:620.92(497.113)(043.3)

ENERGY PERFORMANCES OF THE TRADITIONAL RAMMED EARTH HOUSE IN VOJVODINA

Abstract:

The subject of the research is the energy performance of traditional rammed earth house in Vojvodina. Under the concept of a traditional house in Vojvodina, for the purposes of the conducted research, a unique architectural phenomenon is accepted: the tree-part rammed earth house that has been created and developed in the period from the end of XVIII, during the XIX and in the early XX century in the entire province of Vojvodina.

The problem of the conducted research is the scientific analysis and explanation of the energy performance of the traditional single family houses in Vojvodina. Conducted research tends to exam and explain the energy performances of the house, consequently the potencial of the houses in contemporary context of sustainable development in Republic of Serbia. The topic of this research represents the new aspect of analyses of a traditional houses in Vojvodina, which was not, up to now, the subject of the scientific research in Serbia.

Scientific testing and analysis of the energy performance of the basic three-part type of house in Vojvodina were carried out in three segments: 1) analysis of architectural and construction characteristics of the house and the thermal characteristics of the thermal envelope, 2.) measurements *in situ* and 3.) calculations of the house energy performance.

Analysis of architectural and construction characteristics of the house included the following analysis: urban parameters (location, grounds, location of the building), object orientation, functional building concept, shape and compactness of the building, thermal zoning, buildings, natural ventilation. Analysis of the thermal performance of the building envelope included: the heat transfer coefficient U , the thermal resistance R and thermal conductivity λ for individual elements of the thermal envelope of the house.

The *in situ* measurements were conducted on the five rammed earth walls on traditional houses in Vojvodina in heating season 2014/2015 for a total period of 80 days. The following parameters were monitored: air temperature, surface wall temperature and heat flux, in real time. Based on the measured parameters, the average was determined for the heat transfer coefficient U [$W/(m^2 \times K)$], the thermal resistance R_{gk} [$m^2 \times K/W$] thermal conductivity λ_m [$W/(m \times K)$] for the rammed earth walls on traditional house in Vojvodina. The comparison of the results measured *in situ* and results calculated in accordance with the Regulations on

energy efficiency in buildings was performed for U , R_{gk} , λ_m . The results showed significant differences.

Calculations of energy performance of the house was carried out using the selected software *KnaufTerm PRO*. The calculation was performed for the basic three-part type house in Vojvodina. In addition, the calculation in which the values defined in the applicable Regulations on energy efficiency in buildings were replaced with the measured parameters (for the heat transfer coefficient U and thermal conductivity λ_m for the rammed earth wall). The comparison between the values obtained by the calculation, and the results determined by *in situ* measurements show significant differences. The calculation of energy performance of the building based on the annual energy consumption for heating per unit area shown that the three-part house in Vojvodina is classified as G energy grade. The calculation of energy performance of the building, which uses the *in situ* measured values instead the ones from the Regulations shown that in that case the house can be classified as F energy grade, which is one grade difference. Those results of the calculations indicates inadequate treatment of traditional building materials and the evident shortcomings in the current Regulations on energy efficiency in buildings of Republic of Serbia.

The research has shown that individual elements of the building envelope of traditional house in Vojvodina and the rammed earth house as a building do not meet the modern standards of energy efficiency defined by the Regulations of Energy Efficiency of buildings in Republic of Serbia. For that reason the conducted research also discussed measures to improve the energy performance and possibilities of functional transformation of the house.

Key words:

Rammed earth, Traditional house in Vojvodina, Energy performance

Scientific field:

Architecture and Urbanism

UDK: 728.6:620.92(497.113)(043.3)

САДРЖАЈ

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | УВОД | |
| 1.1 | Проблем истраживања | 1 |
| 1.2 | Предмет истраживања | 3 |
| 1.3 | Дефинисање значаја предмета истраживања | 3 |
| 1.4 | Циљ истраживања и истраживачка питања | 4 |
| 1.5 | Задаци истраживања | 5 |
| 1.6 | Полазне хипотезе | 6 |
| 1.7 | Научне методе истраживања | 7 |
| 1.8 | Научна оправданост дисертације, резултати истраживања и практична примена резултата | 10 |

ТЕОРИЈСКИ ОКВИР

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2. | ТРАДИЦИОНАЛНА АРХИТЕКТУРА ВОЈВОДИНЕ: ДРУШТВЕНО-ПОЛИТИЧКИ И ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКИ ФАКТОРИ РАЗВОЈА | |
| 2.1 | Традиционална архитектура Војводине | 13 |
| 2.2 | Друштвено-политички фактори развоја традиционалне војвођанске архитектуре | 16 |
| 2.2.1 | Историјско-политичке околности на простору Војводине крајем XVIII, XIX и почетком XX века | 17 |
| 2.3 | Физичко-географски фактори развоја војвођанске архитектуре | 20 |
| 2.3.1 | Клима | 20 |
| 2.3.2 | Морфологија терена | 23 |
| 3. | ТРАДИЦИОНАЛНА ВОЈВОЂАНСКА КУЋА, НАСТАНАК, РАЗВОЈ, ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ | |
| 3.1 | Дефинисање појма <i>традиционална војвођанска кућа</i> | 25 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 3.2 | Развој народне и колонистичке архитектуре у Војводини | 26 |
| 3.2.1 | Народна архитектура у Војводини | 27 |
| 3.2.2 | Колонистичка архитектура у Војводини | 28 |
| 3.2.3 | Међусобни утацији народне и колонистичке архитектуре | 30 |
| 3.3 | Хронолошки развој структуре куће | 31 |
| 3.3.1 | Троделна кућа | 34 |
| 3.3.2 | Вишеделна кућа | 36 |
| 3.3.3 | Прека кућа | 37 |
| 3.4 | Традиционална војвођанска кућа – основне карактеристике | 39 |
| 3.4.1 | Урбанистички параметри | 39 |
| 3.4.1.1 | Урбана матрица и уређење насеља | 39 |
| 3.4.1.2 | Парцела – геометријске карактеристике и просторна организација | 42 |
| 3.4.2 | Форма објекта | 43 |
| 3.4.2.1 | Основа објекта | 43 |
| 3.4.2.2 | Волуметрија објекта – спратност | 44 |
| 3.4.2.3 | Кров | 46 |
| 3.4.2.4 | Отвори: прозори и врата | 46 |
| 3.4.2.5 | Трем | 47 |
| 3.4.2.6 | Фасада | 49 |
| 3.4.2.7 | Темељи | 50 |
| 3.5 | Еволуција у примени грађевинских материјала | 50 |
| 3.5.1 | Анализа архивске грађе о примени грађевинских материјала на простору Војводине | 51 |
| 3.6 | Материјали омотача објекта | 54 |
| 3.6.1 | Земља и производи од земље као грађевински материјал | 54 |
| 3.6.2 | Технике зидања зида традиционалне војвођанске куће | 55 |
| | <ul style="list-style-type: none">• набој• черпић• опека | |
| 3.6.3 | Кровни покривач | 61 |
| | <ul style="list-style-type: none">• трска• цреп | |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.6.4 | Међуспратна конструкција-таваница | 63 |
| 3.6.5 | Под на тлу | 64 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • набијена земља • под од дасака | |

4. ЕНЕРГЕТСКИ АСПЕКТ И ТРАДИЦИОНАЛНА АРХИТЕКТУРА

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.1 | Енергетска ефикасност као савремена доктрина | 66 |
| 4.2 | Енергетска ефикасност у зградарству | 69 |
| 4.2.1 | Потрошња енергије у зградарству | 70 |
| 4.2.2 | Дефиниција појма енергетски ефикасне зграде | 71 |
| 4.2.3 | Енергетске перформансе зграде | 73 |
| 4.3 | Законски оквир, регулативе и важећи прописи | 74 |
| 4.3.1 | Законски оквир, регулативе и важећи прописи у РС | 74 |
| 4.3.2 | Правилник о енергетској ефикасности зграда РС | 76 |
| 4.3.3 | Законски оквир, регулативе и важећи прописи у земљама ЕУ | 77 |
| 4.3.4 | Третман традиционалне архитектуре у важећим прописима РС | 78 |
| 4.4 | Недостаци грађевинског фонда Војводине са аспекта енергетске ефикасности зграда | 80 |
| 4.5 | Традиционална архитектура и аспект енергетске ефикасности | 80 |
| 4.6 | Значај очувања постојећих традиционалних објеката у грађевинском фонду | 82 |

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

5. АНАЛИЗА АРХИТЕКТОНСКО- ГРАЂЕВИНСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.1 | Анализа архитектонско – грађевинских карактеристика куће | 85 |
| 5.1.1 | Урбанистички параметри (локација, парцела, положај зграде) | 86 |
| 5.1.2 | Оријентација објекта | 88 |
| 5.1.3 | Функционални концепт зграде | 90 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.1.4 | Облик и компактност зграде | 91 |
| 5.1.5 | Топлотно зонирање зграде | 93 |
| 5.1.6 | Природна вентилација | 95 |
| 5.1.7 | Коришћење природног светла и осунчања | 96 |
| 5.1.8 | Отвори (прозори и врата), застори и заштита од Сунца | 97 |
| 5.2 | Системи за грејање и припрему топле воде | 98 |
| | | |
| 6. | АНАЛИЗА ТОПЛОТНИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА ЗГРАДЕ | |
| | | |
| 6.1 | Термички омотач зграде | 101 |
| 6.2 | Топлотне карактеристике термичког омотача зграде | 102 |
| 6.2.1 | Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U | 104 |
| 6.2.2 | Отпор провођењу топлоте R | 105 |
| 6.2.3 | Топлотна проводљивост λ | 106 |
| 6.2.4 | Топлотни флукс | 106 |
| 6.3 | Топлотне карактеристике грађевинских материјала термичког омотача традиционалне војвођанске куће | 107 |
| 6.3.1 | Топлотне карактеристике спољашњег зида од набоја | 108 |
| 6.3.2 | Таваница према негрејаном тавану | 110 |
| 6.3.3 | Под на тлу | 111 |
| 6.3.4 | Отвори: прозори и врата | 112 |
| | | |
| 7. | ПРИКАЗ МЕРЕЊА <i>IN SITU</i> НА ТРАДИЦИОНАЛНОЈ ВОЈВОЂАНСКОЈ КУЋИ ОД НАБОЈА | |
| | | |
| 7.1 | Мерење <i>in situ</i> | 114 |
| 7.1.1 | Одабир узорка (кућа) на којима је вршено мерење | 114 |
| 7.1.2 | План, програм и методологија мерења | 120 |
| 7.1.3 | Ограничења и проблеми | 123 |
| 7.2 | Одређивање параметара на основу мерења за зид од набоја | 125 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.2.1 | Методологија анализе и обрада измерених параметара | 125 |
| 7.2.2 | Приказ анализе и обраде измерених параметара | 126 |
| 7.3 | Рачунско испитивање параметара | 133 |
| 7.4 | Приказ добијених резултата | 136 |
| 7.4.1 | Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U | 136 |
| 7.4.2 | Отпор провођењу топлоте грађевинске конструкције R | 137 |
| 7.4.3 | Топлотна проводљивост λ | 138 |
| 7.5 | Закључци спроведене анализе | 139 |
| | | |
| 8. | РАЧУНСКО ИСПИТИВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ | |
| 8.1 | Методологија прорачуна енергетских перформанси куће | 143 |
| 8.1.1. | Одабир програма (софтвера) за израчунавање | 143 |
| 8.1.2 | Проблеми и ограничења | 146 |
| 8.2 | Анализе студије случаја | 146 |
| 8.2.1. | Прорачун енергетска својства за основни тип трад.војвођанске куће | 147 |
| 8.3 | Приказ добијених резултата | 148 |
| 8.4 | Закључци спроведене анализе | 149 |
| | | |
| 9. | МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ ОД НАБИЈЕНЕ ЗЕМЉЕ | |
| 9.1 | Постојећи проблеми - опште смернице за санацију | 152 |
| 9.2 | Могућности функционалне трансформације војвођанске куће | 159 |
| 9.2.1 | Недостаци | 160 |
| 9.2.2 | Могућности трансформације и проширења постојећих кућа | 161 |
| 9.3 | Могућности побољшања енергетских перформанси куће | 163 |
| 9.3.1 | Зидови | 163 |
| 9.3.2 | Под | 164 |
| 9.3.3 | Кров | 166 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 9.3.4 | Отвори: прозори и врата | 167 |
| 9.3.5 | Грејање | 167 |
| 9.3.6 | Топла вода | 168 |
| 9.4 | Елементи пасивног дизајна код традиционалне војвођанске куће и њихов потенцијал | 169 |
| 10 | ЗАКЉУЧАК | |
| 10.1 | Основни закључци истраживања | 172 |
| 10.2 | Значај добијених резултата са теоријског и практичног становишта | 174 |
| 10.3 | Могућности и правци даљих истраживања | 176 |
| | ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА | 178 |
| | ПОПИС СЛИКА И ТАБЕЛА | 193 |
| | ФИЗИЧКЕ ВЕЛИЧИНЕ, ОЗНАКЕ, ЈЕДИНИЦЕ И ИНДЕКСИ | 198 |
| | ПОПИСИ ОЗНАКА, СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА | 201 |
| | БИОГРАФИЈА АУТОРА | |
| | ИЗЈАВЕ АУТОРА | |
| | Изјава о ауторству | |
| | Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада | |
| | Изјава о коришћењу | |
| | ПРИЛОГ ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ: | |

Прилог 1: Образац сагласности и евиденције података на терену

Прилог 2: Фотографска документација

Прилог 3: Резултати мерења *in situ*, табеларни приказ

Прилог 4: Прорачун енергетских перформанси традиционалне
војвођанске куће

УВОД

1.1 Проблем истраживања

Проблем истраживања представља научно испитивање и објашњавање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће. Истраживање настоји да испита и размотри енергетске перформансе ове куће, последично и потенцијал које оне имају у савременом контексту одрживог развоја Републике Србије.

Србија спада у једну од енергетски неефикаснијих земаља Европе [28]. У том смислу је од изузетног значаја унапређење и побољшање енергетске ефикасности постојећег грађевинског фонда. Традиционална војвођанска кућа чини значајан део грађевинског фонда Војводине, а велики број кућа се данас налази у релативно лошем стању, неодржаване и запуштене. Власници кућа рађе прибегавају рушењу и изградњи нових, а не адаптацији постојећих објеката, без свести о великиом потенцијалу које куће имају са енергетског аспекта, а и у погледу могућности њихове функционалне трансформације. Чињеница да велики број кућа пропада представља проблем и додатно говори у прилог потреби да се испитају њихове карактеристике и њихов потенцијал приближи, како стручној, тако и нестручној јавности. Поред свих наведених проблема у вези са кућама од набоја, проблем представља и негативна репутација и предрасуде о објектима од набоја, као и недостатак адекватне историјске грађе и литературе која разматра ову традиционалну технику зидања.

Велики проблем представља и чињеница да важећи законски акти, прописи и правилници не третирају традиционалне објекте на адекватан начин, и не уважавају специфичности традиционалних кућа и њихове материјализације. У том смислу су уочени и бројни недостаци и контрадикторности у процесу прорачуна енергетских перформанси кућа, што је и био један од повода за спроведено истраживање.

Планираним истраживањем је обрађена тема енергетских перформанси традиционалних породичних кућа на простору Војводине. Тема представља један нови приступ анализи традиционалне војвођанске куће, који до сада није био

предмет научних истраживања код нас. Мерења вршена на кућама од набоја, којим се прате параметри (температуре ваздуха, контактне температуре зида и топлотног флукса) у реалном времену такође нису била вршена.

Испитивање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће, које представља основни проблем истраживања, је извршено у три сегмента:

- анализа архитектонско - грађевинских карактеристика куће и топлотних карактеристика термичког омотача. Овај део истраживања обухвата анализу: урбанистичких параметара (локација, парцела, положај зграде), оријентације објекта, функционалног концепта зграде, облика и компактности зграде, топлотног зонирања зграде, природне вентилације; и анализу топлотних карактеристика термичког омотача зграде;
- мерења *in situ*. Планирана теренска мерења вршена су у грејној сезони 2014-2015. на кућама које се користе за становање (обилазак терена, израда плана мерења, као и поједина мерења, вршена су током целе календарске године 2014). Опрема коришћена за мерење је уређај *ALMEMO 5690-2 /ahlborn* којим је вршено праћење параметара температуре ваздуха споља и унутар грејаног простора куће, површинске контактне температуре зида и топлотног флукса. На основу измерених параметара извршено је одређивање просечних вредности коефицијента пролаза топлоте U [$W/(m^2 \times K)$], отпора провођењу топлоте грађевинске конструкције R_{gk} [$m^2 \times K/W$] и топлотне проводљивости λ_m [$W/(m \times K)$] за зид од набоја традиционалне војвођанске куће. У оквиру анализе добијених резултата извршена је и компарација добијених резултата са рачунским вредносима за U , R_{gk} , λ_m прорачунатим у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС;
- рачунско испитивање енергетских перформанси куће. Извршено је и рачунско испитивање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће помоћу одабраног софтвера *КнауфТерм ПРО*. Прорачун је извршен за основни тип троделне традиционалне војвођанске куће према важећим Правилнику о енергетској ефикасности зграда Републике Србије. Поред тога, извршен је и прорачун у коме су вредности, (за коефицијенте пролаза топлоте U и топлотну проводљивост λ_m зида од набоја) дефинисане важећим Правилником, замењене параметрима измереним *in situ*. Извршена је и компарација добијених резултата.

1.2 Предмет истраживања

Предмет истраживања су енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја. Под појмом традиционалне војвођанске куће, за потребе спроведеног истраживања, подразумева се јединствен архитектонски феномен: троделна кућа од набоја која је настајала и развијала се у периоду од краја XVIII, цео XIX и почетак XX на простору целе покрајине.

Традиционална војвођанска кућа је била сеоска кућа намењена породичном становању, то је кућа породице чија је основна делатност привређивања пољопривреда, што је условило функционални концепт саме куће и окућнице. То су била сеоска домаћинства која данас, услед ширења градова и процеса интензивне урбанизације налазимо и у градским срединама. Структура куће се временом развијала од веома једноставне дводелне куће до сложених структура са почетка двадесетог века и постоје бројни типови и подтипови који и данас чине значајан део грађевинског фонда, притом се у великом броју кућа и данас живи. Спроведеним истраживањем извршене су и типолошке анализе традиционалне војвођанске куће.

Основни грађевински материјал од кога су куће зидане је био набој у каснијим фазама развоја куће, као допунски материјал употребљавала се непечена опека и у крајњој фази развоја печена опека. Објекти су пре свега били зидани према тренутним економским приликама власника и доступним грађевинским материјалима. Анализом стања на терену пронађени су објекти у целости изграђени од истог грађевинског материјала као и комбинације различитих.

За потребе планираног истраживања под појмом традиционална војвођанска кућа подразумева се троделни тип куће од набијене земље. Тип је дефинисан као основни, како у погледу структуре тако и у погледу технике грађења и данас је у великом броју примера на терену доживео бројне трансформације.

1.3 Дефинисање значаја предмета истраживања

Предмет истраживања дефинисан је као енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја, која данас чини значаја део грађевинског фонда Војводине, северне покрајине у Републици Србији. Покрајина има укупну површину од 21 506 km² и чине је три области: Срем, Банат, Бачка, подељене у седам округа са

укупно 45 општина [38]. Укупна популација око два милиона становника, постоји више од 25 националних и етничких група и 6 званичних језика. Према статистичким подацима укупан грађевински фонд Војводине чини преко 642 674 објеката, од чега је више од 163 754 изграђено у периоду до 1945, што чини око 26 % укупног грађевинског фонда Војводине.¹ Објекти изграђени до 1945 године грађени су традиционалним техникама грађења и наведени статистички подаци јасно говоре у прилог чињеници колико је значајно размотрити енергетски аспект ових објеката.

Поре тога, потребно је констатовати значај очувања постојећег грађевинског фонда кога чине традиционални објекти намењени индивидуалном становању. Наиме, реконструкција и доградња постојећих индивидуалних стамбених објеката захтева далеко мању укупну потрошњу енергије од замене постојећих објеката изградњом нових.

Предмет спроведеног истраживања, традиционална војвођанска кућа представља и веома важан део архитектонског и етнолошког наслеђа Војводине чије очување је значајно и са аспекта очувања јединствених амбијенталних целина и културно историјског наслеђа. Реч је о традиционалним објектима и техници зидања набојем која полако изумире.

Постојећи грађевински фонд који обухвата објекте традиционалне архитектуре представља својеврстан потенцијал са енергетског аспекта и спроведено истраживање треба да испита енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја и да пружи одговор на питање у којој мери традиционална војвођанска кућа испуњава савремене стандарде са аспекта енергетске ефикасности!? Спроведено истраживање треба да размотри и могућности унапређења енергетских перформанси куће и да пружи опште смернице у том смислу.

1.4 Циљеви истраживања

Научни циљ истраживања јесте да се документовано и научно аргументовано испитају и објасне енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја. Овако

¹ Овај део грађевинског фонда чине различити типови војвођанске куће, и не постоје прецизни статистички подаци колики је тачно удео троделне војвођанске куће у укупном грађевинском фонду Војводине.

генерално одређени циљ истраживања темељи се на потреби и жељи да се сагледа у општем смислу тема енергетске ефикасности и традиционалне архитектуре Војводине и иста је фокусирана на следеће подциљеве:

- спровести теоријско истраживање настанка и развоја специфичног архитектонског феномена традиционалне војвођанске куће од набоја, као одабраног модела за истраживање. Дефинисати њене основне карактеристике, појавне облике и грађевинске материјале, са циљем анализе троделне војвођанске куће од набоја чије се енергетске перформансе желе детаљно испитати;
- **испитати енергетске перформансе традиционалне троделне војвођанске куће на основу: 1.) анализе архитектонско - грађевинских карактеристика куће и топлотних карактеристика термичког омотача; 2.) мерења *in situ*; 3.) рачунског испитивања енергетских перформанси куће** (изражено преко годишње потребне енергије за грејање по јединици корисне површине).

У општем смислу крајњи циљеви истраживања су и:

- **испитати могућности за унапређење енергетских перформанси кућа;**
- испитати могућности прилагођавања традиционалне куће савременим потребама, како са аспекта енергетске ефикасности тако и у функционално просторном смислу;
- афирмисање употребе набоја као технике грађења који се традиционално употребљава на овим просторима и има потенцијал у савременом контексту одрживости као еколошки, природни и локално доступни материјали.

1.5 Задаци истраживања

Из постављених циљева и подциљева истраживања произилазе следећи задаци истраживања:

- анализа процеса настанка и развоја традиционалне војвођанске куће од набоја и анализа њених основних карактеристика;

- кроз научно тумачење, описивање, систематизацију и објашњење карактеристичних елемената традиционалне војвођанске куће, значајних за аспект енергетске ефикасности, анализирати структуру куће, функционалне шеме куће и окућнице (парцеле), техника грађења и грађевинске материјале;
- идентификација и анализа кључних параметара релевантних за сагледавање енергетских перформанси објекта;
- **детална анализа и испитивање топлотних карактеристика грађевинског омотача;**
- **извршити мерења *in situ***, на основу измерених параметара одредити вредности коефицијента пролаза топлоте U , отпора провођењу топлоте грађевинске конструкције R_{gk} и топлотне проводљивости код традиционалних војвођанских кућа;
- **спровести рачунско испитивање као неопходни алат у поступку провере енергетских перформанси објекта;**
- идентификација проблема-недостатака код постојећих објекта, како са аспекта енергетских перформанси, тако и са функционалног аспекта;
- систематизација добијених резултата, дефинисање и валоризација енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће;
- испитивање могућности унапређења енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће. Испитати потенцијалне могућности реконструкција у контексту енергетски ефикасне архитектуре.

1.6 Полазне хипотезе

У оквиру спроведеног истраживања, а у складу са претходно дефинисаним проблемом и циљевима истраживања, дефинисане су и следеће полазне хипотезе:

1. **енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја су значајно боље од индикованих вредности које су дефинисане у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС.** Вредности коефицијента пролаза топлоте U [$W/(m^2 \times K)$], отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} [$m^2 \times K/W$] и топлотне проводљивости λ_m [$W/(m \times K)$] зида од набоја код традиционалне војвођанске куће добијене на основу параметара измерених *in situ* показују значајна одступања у односу на

вредности дефинисаних у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС;

- 2. енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја задовољавају савремене стандарде о енергетској ефикасности кућа** тј. стандарде о енергетској ефикасности дефинисане важећим документом Правилником о енергетској ефикасности Републике Србије.

1.7 Научне методе истраживања

Мултидисциплинарна и комплексна тема дисертације одредила је опште и основне као и посебне и специфичне научне методе истраживања у областима које су предмет овог истраживања. Структура теме условила је да истраживање буде спроведено у сегментима, самим тим и коришћење више различитих научно истраживачких метода. Научним методом анализе извршено је рашчлањивање релевантних процеса који су предмет истраживања, на поједине саставне делове, па је и докторска дисертација на наведену тему осмишљена као вишеслојно истраживање и обухвата више сегмената тј. фаза истраживања.

Почетна фаза истраживања подразумева дефиницију предмета истраживања и интерпретацију релевантних теоријских појмова, као и дефинисање циљева и задатка истраживања, полазних хипотеза и научних метода истраживања. Поред тога почетна фаза истраживања подразумева и формирање полазне информационе основе прикупљањем неопходних података о традиционалној војвођанској кући од набоја са једне стране, односно о аспекту енергетске ефикасности са друге стране и обухвата: анализу функције и развоја традиционалне војвођанске куће и теоријску анализу аспекта енергетске ефикасности.

- Анализа традиционалне војвођанске куће је део истраживања који је обухватио: сакупљање података, преглед релевантне литературе, анализу доступне архивске грађе, теренски рад и фотографисање узорака. Теоријска анализа појма традиционалне војвођанске куће обухватила је прикупљање података и анализу претходних истраживања о архитектури Војводине. Други корак, од великог значаја за анализу традиционалне војвођанске куће, јесте сагледавање стања на терену (посматрање, анализа и бележење карактеристика кућа, фотографско

документовање, разговор са становништвом). Метода опсервације на терену комбинована је са прикупљањем података помоћу интервјуа са становништвом. Метода тзв. партиципативне опсервације подразумева да је истраживач проводио време у самим објектима. Дугачак временски период истраживач је проводио у објектима и у процесу мерења *in situ* у другој фази истраживања, што је омогућило анализу кућа и њихових карактеристика не само теоријски већ и на терену.

У овој почетној фази истраживања су коришћене следеће методе у прикупљању података: интерпретација основних теоријских појмова, директна и партиципативна опсервација. Као основна научна метода у истраживању настанка и развоја архитектуре одређеног периода и поднебља је заступљена историографска метода која обухвата анализу и интерпретацију историјских и историографских података. Применом различитих метода истраживања биће анализирани подаци и донети закључци о настанку, развоју и карактеристикама традиционалне војвођанске куће од набоја.

- Теоријска анализа аспекта енергетске ефикасности је део истраживања који је обухватио теоријску анализу доступне литературе и претходних истраживања у области енергетске ефикасности зграда. Извршено сакупљање података, трагање за тематским или концепцијски сличним истраживањима, која су помогла у дефинисању теоријске информационе базе. Анализирани су и важећи прописи и регулативе. У формирању информационе основе овог дела истраживања коришћене су истраживачке методе: дескрипција, анализа (доступних истраживања у овој области) и интерпретација података.

У процесу обраде података у завршном делу прве фазе истраживања су коришћене следеће научне методе: метод анализе, индуктивно-дедуктивни метод и метод синтезе помоћу којих је створена обимна база података која ће служити као основа за даље истраживање.

Други део истраживања је и кључни део дисертације и у њему је извршено испитивање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће од набоја, подељено у три сегмента, од којих сваки користи адекватне методе истраживања:

- анализа архитектонско - грађевинских елемената куће и елемената термичког омотача. Извршена је анализа основног типа троделне војвођанске куће од набоја. Том приликом вршено је: систематска обрада података у вези са основним карактеристикама куће релевантним за енергетске перформансе самог објекта;
- мерења *in situ*. Овај део истраживања подразумевао је израду плана мерења и одабир репрезентативних узорака зидова (кућа) на којима су извршена мерења, сам процес мерења као и обраду и систематизацију добијених резултата;
- рачунско испитивање енергетских перформанси. Рачунско испитивање енергетских перформанси одабране троделне војвођанске куће од набоја извршено је коришћењем софтвера *КнауфТерм ПРО*. Извршена је систематизација и анализа добијених резултата.

Логичном аргументацијом и корелационим истраживањем извршено је тумачење и обрада добијених резултата у сва три сегмента испитивања енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће и њихово повезивање са постојећим теоријама и спроведеним истраживањима. У завршном делу анализе индуктивном методом извршена је и генерализација добијених резултата, односно уопштени су закључци и извршена је валоризација енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће од набоја.

Закључне напомене у докторској дисертацији представљају синтезу резултата спроведеног теоријског и емпиријског истраживања. У завршној фази истраживања, су коришћене истраживачке методе, које омогућавају евалуацију и пружају поузданост налаза: сумирање и интерпретација резултата истраживања, као и њихова евалуација (њихово упоређивање са постављеним хипотезама и основним теоријским постулатима). Поред тога, методом синтезе потребно је систематизовати добијене резултате спроведеног истраживања, потом их уопштити и генерализовати како би се дефинисале енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја, као и проблеми и потенцијали куће са енергетског аспекта.

Резултати истраживања су документовани одговарајућим фотографским и графичким прилозима. Приложена је и оригинална документација настала у спроведеним мерењима на терену.

1.8 Научна оправданост дисертације, резултати истраживања и практична примена резултата

Научна оправданост дисертације

Разматрање традиционалне војвођанске куће од набоја у савременом контексту енергетске ефикасности зграда представља потпуно неистражено поље у архитектонској теорији код нас. Научна истраживања на ову тему до сада нису била спроведена, што говори у прилог научној оправданости ове дисертације и уједно ову докторску дисертацију чини јединственом.

Поред тога што област традиционалне архитектуре и њене енергетске ефикасности у Србији представља потпуно неистражено поље, уочени су и бројни недостаци и контрадикторности у процесу прорачуна енергетских перформанси кућа, у складу са важећим прописима који традиционалне објекте третирају на недовољно детаљном нивоу. У том смислу је научно оправдано испитати енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће како би се на основу извршене анализе и валоризације дефинисале евентуалне смернице за измену и побољшање важећих законских аката и правилника.

Чињеница да Србија представља једну од енергетски најнеефикаснијих земаља Европе, као и чињеница да је удео стамбеног сектора у потрошњи енергије, природних ресурса и последично у деградацији и загађивању животне средине веома значајан, индиректно су условиле одабир теме и предмета спроведеног истраживања и говоре у прилог њеној научној оправданости.

Научни допринос истраживања

Научни допринос, које спроведено истраживање треба да садржи индикован је и самом темом докторске дисертације, која у **најопштијем смислу обухвата сагледавање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће од набоја**. У складу са тим су и спроведене теоријске анализе: архитектонско-грађевинских карактеристика куће и топлотних карактеристика термичког омотача зграде, спроведена теренска мерења, извршено рачунско испитивање и дат одговор на полазно истраживачко питања: у којој мери кућа испуњава савремене стандарде са аспекта енергетске ефикасности. **У том смислу је и научни допринос процена и валоризација енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће.**

Својеврстан допринос науци су и резултати **мерења *in situ*** која до сада нису била вршена на традиционалној војвођанској кући од набоја. Мерења су била спроведена у процесу испитивања енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће и представљају оригиналан допринос науци и чине ову докторску дисертацију јединственом.

Резултати истраживања

Спроведено истраживање **пружа увид у енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја и** даје одговор на питање (полазну хипотезу) у којој мери традиционална војвођанска кућа испуњава савремене стандарде са аспекта енергетске ефикасности!?

Поред тога, очекује се да ће анализа архитектонско-грађевинских карактеристика куће традиционалне архитектуре са енергетског аспекта пружити **сазнања о примењеним техникама градње** које су проистекле из интеракције архитектуре објекта и начина живота. Спроведено истраживање треба да размотри и могућности унапређења енергетских перформанси и да пружи смернице у том смислу.

Са друге стране разматрање аспекта грађевинског материјала и топлотних карактеристика термичког омотача зграде пружа **сазнања о квалитету материјала и њиховим својствима са аспекта енергетске ефикасности**. Очекује се да ће ова тема отворити и подстаћи даља истраживања на тему кућа или објеката друге намене од земље и производа од земље на простору Војводине. Ови објекти постају тренд у свету последњих деценија због својих повољних еколошких карактеристика, а Војводина је простор где се ова сировина може наћи у изобиљу.

У најширем смислу очекује се да спроведено истраживање као резултат има и **допринос интегрисању традиционалне куће у савремене захтеве са аспекта енергетске ефикасности**. Последишно је присутан и допринос достизању вишег нивоа енергетске ефикасности у Србији као и заштити и унапређењу животне средине из области архитектуре. Као дугорочни резултат овог и потенцијалних наредних истраживања, могао би се очекивати развој стратегије за уштеду енергије у домену традиционалних стамбених зграда од набоја на простору Војводине.

Примена добијених резултата могућа је у науци као полазиште за даља истраживања, али и у процесу пројектовања.

Практична примена резултата

- резултати истраживања ће ukazати и на недостатке у важећим законским документима. Уочени недостаци у важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда, који се односе на неадекватан третман традиционалних грађевинских материјала;
- оцена енергетских перформанси значајног дела грађевинског фонда Војводине, која би имала практичну примену у процесу побољшања енергетске ефикасности зграда и смањења потрошње енергије на нивоу Војводине;
- резултати истраживања такође могу наћи практичну примену приликом пројектовања нових објеката од набијене земље. Конкретна сазнања произашла из спроведених анализа могу дати допринос пројектантској пракси на овим просторима;
- резултати се очекују у виду општих препорука и смерница за побољшавање енергетских перформанси кућа.

ТРАДИЦИОНАЛНА АРХИТЕКТУРА ВОЈВОДИНЕ: ДРУШТВЕНО-ПОЛИТИЧКИ И ФИЗИЧКО-ГЕОГРАФСКИ ФАКТОРИ РАЗВОЈА

Традиционална архитектура ових простора резултат је бројних фактора међусобно испреплетаних и повезаних. Интензивна историјско-политичка дешавања на простору Војводине су оставила битан траг на архитектуру, али и на све друге аспекте живота. Поред тога и физичко-географски фактори условили су развој архитектуре на овим просторима и одабир земље као основног традиционалног грађевинског материјала.

Због веома комплексног процеса настанка и развоја традиционалне војвођанске куће, целокупно сагледавање архитектуре на простору Војводине и у оквиру тога разматрање аспекта енергетских перформанси кућа захтева претходно проучавање бројних фактора који су утицали на њен развој, што ће у раду бити и учињено.

2.1 Традиционална архитектура Војводине

Традиционална архитектура Војводине има своје лако препознатљиве особености и са бројним варијантама представља један од облика који најчешће срећемо у оквиру Панонске географско-културне зоне.

Војводина је северна српска покрајина која се налази у јужном делу Панонске низије. Панонска низија је равница коју образује река Дунав у средњем делу свог тока. Простире се претежно у источном делу средње Европе и једним малим делом у јужној Европи на Балканском полуострву.

Војводина је географски регион који се на северу граничи са Мађарском, на истоку са Румунијом, на западу са Хрватском и на југозападу са Босном и Херцеговином (Република Српска). Јужна граница Војводине је административна граница према централној Србији, коју већим делом чине реке Сава и Дунав. Име

Војводине потиче из 1848. године, када се простор данашње Војводине звао Српска Војводина (1848-1849) и Војводство Србија и Тамишки Банат (1849-1860). Од 1945. године, у службеној је употреби назив Војводина.

Војводина је кроз XVIII, XIX, све до почетка XX века била простор на коме су се одвијала веома интензивна историјско-политичка дешавања и демографска кретања. Овакве историјске околности на просторима некадашње Аустро-Угарске монархије довеле су до тога да данас куће које на простору Војводине називамо традиционалном војвођанском кућом, срећемо у различитим појавним облицима на ширем простору Панонске низије: делови Мађарске, Румуније, делови Хрватске и део Словеније-Прекмурје. Овај тип куће постоји класификован као регионални тип вернакуларне-народне архитектуре (*Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*) под називом **кућа од набоја**.²

У делу Панонске низије који је припадао територији бивше СФРЈ распрострањеност набоја као грађевинског материјала присутна је у крајевима где је земља била лако доступан, локални грађевински материјал (слика 2.1).



Слика 2.1: Распрострањеност кућа од набоја на простору Панонске низије

² Систематизација и класификација вернакуларне архитектуре у енциклопедији изведена је према условима окружења и доминантним културама. Услови окружења, материјални ресурси и структурни системи и технологије су оно што је дефинисало архитектонску форму. Такође, социјални аспект, начин живота, религија итд. су у многоме утицали на типологију кућа, функционалну шему и просторну организацију [65].

Што се тиче структуре куће од набоја на овим просторима, постоје бројне локалне разлике. Тако су у Прекмурју (Словенија) куће од набоја зидане са више просторија у подужном низу (пет или шест просторија у низу или у форми латиничног слова Л) [45]. У Хрватској су куће од набоја по структури сличне војвођанској кући нарочито на територији Славоније и Срема. Постоје и локалне разлике у појединим деловима Хрватске где се зидало набојем, специфично за куће у Барањи је то да имају подрум, поред тога постоје и бројне мање специфичности као последица мађарског утицаја. У делу Међимурја у Хрватској, на кући од набоја препознаје се утицај алпске градитељске традиције.

На простору целе Панонске низије развили су се дакле бројни локални облици куће од набоја који имају своје локалне специфичности, архитектура војвођанске куће представља један од њих. Традиционална војвођанка кућа представља јединствен архитектонски феномен карактеристичан за простор Војводине, и како тврде поједини историчари архитектуре она је јединствена у смислу споја немачке и локалне градитељске традиције [34]. Бранислав Којић такође констатује да типизирана војвођанска кућа која са кућиштем карактерише јединствено и једнообразно уређење насеља у Војводини, представља јединствену појаву [42]. Ова архитектура ствара специфичан, препознатљив амбијент насеља: ушорена села у непрегледној равници, строга геометријски дефинисана улична матрица и објекти у строгом ритму постављени на уличну регулацију (слика 2.2). Куће су увек приземне, правоугаоне основе, кровови увек двоводни. Основни конструктивни материјал је увек на бази земље, зидови ових кућа су од набоја, у каснијој фази развоја од опеке.



Слика 2.2: Село Банатски Брестовац: типичан амбијент улице војвођанског насеља

2.2 Друштвено-политички фактори развоја традиционалне војвођанске архитектуре

Када је реч о контексту у коме се развијала војвођанска кућа, постоји цео комплекс друштвено-политичких и физичко-географских чинилаца веома сложен због временске повезаности, посредног деловања и временских и бројних локалних варијација. Поједини аутори сматрају да су друштвено политички чиниоци, као што су начин живота, структура породице, миграције становништва и градитеља на простору Војводине, кључни фактори у развоју традиционалне војвођанске куће [32]. Са друге стране, свако конкретно место представља производ природних и друштвених фактора који утичу на њега [62].

Према бројним досадашњим истраживањима, сви чиниоци у развоју традиционалне (сеоске) архитектуре могу се сврстати у две групе: 1.) група природних, односно, физичко-географских чинилаца, који произилазе из околности које владају на датом терену и 2.) група друштвених чинилаца, који произилазе из односа и деловања људи које живе на одређеном поднебљу. Поједини чиниоци су стални, а неки су променљиви и услед њихове узајамне повезаности и променљивости ово питање постаје изузетно комплексно [42].

Уколико анализирамо факторе које разматра Дероко, истраживач архитектуре, који се посебно бавио сеском архитектуром Србије наилазимо на слично тумачење [24]. Он факторе који утичу на развој архитектуре детаљније разрађује и тумачи на следећи начин:

1. начин живота и потребе становника: рад и привреда људи, начин живота, потребе, економске и техничке могућности...; прираштај становништва, повољни општедруштвени услови који омогућавају економски успон, мир и сталност који омогућавају да се промене постепено развијају и дођу до потпуног израза;
2. грађевински материјал који је на располагању градитељима (кључно за ово истраживање);
3. климатске прилике у којима се гради: потреба заштите од снега, ветра, кише, итд.

У случају спроведеног истраживања, неопходно је сагледати читав сплет политичко-историјских и економских фактора који су утицали на развој војвођанске куће, али и природне услове окружења (морфологију терена и климатске услове) како би се на свеобухватан начин објаснио њен настанак и развој.

2.2.1 Историјско-политичке околности на простору Војводине крајем XVIII, XIX и почетком XX века

Током XVI и XVII века (од 1526. до 1699. године) простор Војводине био је под турском влашћу. У то време ово је била углавном запуштена, слабо насељена територија на којој је живело становништво на привредном и економском веома ниском нивоу [23]. Села каква их данас познајемо у том периоду нису постојала. Групе земуница, колиба и кућица чиниле су засеоке, свако је градио себи кров над главом где је хтео. Народ је бежао далеко од прометних путева из безбедносних разлога [25]. Куће су биле разбацане по атару, подизане тако да не изискују напор при градњи и да се могу у сваком тренутку напустити. Примарна привредна делатност била је сточарство. У овом периоду градиле су се веома скромне куће у виду земуница или полуземуница од јединог тада доступног материјала-земље.

Постоје подаци, о којима сазнајемо најчешће из путописа, који говоре о томе да је пре доласка Турака Војводина била густо насељена са уређеним селима, лепим кућама и црквама, али сачуваних објеката или било каквих конкретних доказа из овог периода нема. Доласком Турака Војводина је опустошена. У периоду турске владавине становништво Војводине чинили су Срби, док су поред њих у Банату живели Румуни, а у Бачкој и Срему Хрвати. Турци су додатно насељавали српски и влашки живаљ, док се мађарски живаљ (досељаван још у IX веку) у време турске владавине повлачио на север. Непосредно пре повлачења Турака са ових простора велики број Срба се доселио 1690. године, сеобом под Арсенијем III Чарнојевићем.

Након дуге турске владавине Бачка и северозападни део Срема су предати аустријском дому, после мировног споразума у Карловцима 1699. године, а Банат и југоисточни део Срема после мировног споразума у Пожаревцу 1718. године [30]. Како тврди Бранислав Којић смена турске владавине аустријском била је одлучујућа за даљи развој војвођанских насеља и саме куће [42]. Простор Панонске равнице у XVIII веку постаје територија под управом Аустро-Угарске монархије, једног организованог

система са јасно израженим правилима у свим аспектима живота па и у погледу уређења насеља и самих кућа.

По повлачењу Турака простор Војводине је био слабо насељен (нарочито Бачка и Банат) па је насељавање становништва било неопходно за обнављање опустошених подручја као и обнављање привреде на овим просторима. Бечки двор је систематски вршио насељавање различитих етничких група међу којима су најбројније биле немачка, мађарска, српска и румунска (слика 2.3). Разлози за спровођење овакве колонизаторске политике, били су искључиво економске природе, без националистичких тежњи [34]. У највећем броју су досељавани Немци зато што су били вични обради земље и познавали су занате. Словаци су се досељавали са Карпата у Бачку средином XVIII века, а у исто време су се масовно досељавали и Мађари. Планско насељавање Румуна вршено је у другој половини XVIII века. Вршено је и насељавање Срба и Хрвата из Лике, Босне и далматинске загоре. Колонизација је дакле спровођена у етничком мозаику како би се ојачале економске и културне амбиције становништва, а ослабиле националне и политичке [33].



Слика 2.3: Долазак колониста на територију Баната (Ш. Јегер: Сеоба-Одмор-Долазак)

Најинтензивнија колонизација простора Војводине вршена је у другој половини XVIII века када је дошло до интензивног, планског насељавања управо немачког живља. Из тог периода датирају и многа војвођанска села. Војводина је претрпела неколико великих организованих колонизација током којих су насељавани Немци: каролинска колонизација (1723-24), рана терезијанска колонизација (1740-49), средња терезијанска колонизација (1749-72), позно терезијанска колонизација (1772-1780), колонизација за време цара Јосифа II (1780-1790) и јозефинско – леополдинска колонизација (1780-1794).

Јасно је да су колонизације довеле до значајних етничких промена, мешало се становништво различитих вера, језика и култура. Народи су са собом доносили утицаје из различитих крајева Европе који су оставили трага на све аспекте живота, па и на архитектуру. Осим етничке структуре из основе је промењена и постојећа структура насеља. Евидентан је био и утицај на карактер куће, њене декоративне карактеристике и коришћене грађевинске материјале.

Током XVIII и XIX века административна власт је поред планске колонизације становништва, организованим акцијама настојала да врши и планску урбанизацију. Сва нова насеља имала су јасно дефинисану строгу геометријску шему уличне матрице и јасна правила грађења (слика 2.4) [65]. У тако строго дефинисаним условима се развијала и кућа у овом периоду, њена структура, техника грађења, употреба материјала и све остале карактеристике. Уређење насеља вршено је према плановима аустријских војних и коморских инжењера, по којима се дотадашња разбијена села збијају, док су се нова насеља градила на слободном земљишту, углавном на пустарама или уз већ постојећа насеља локалног становништва. Што се тиче саме структуре куће, организације кућишта, технике грађења и метеријала правила су такође била јасно дефинисана што ће бити посебно анализирано у наставку дисертације.



Слика 2.4: План насеља Сечањ, строга геометријска шема уличне матрице

Процес колонизације наставио се и кроз читав XVIII и XIX век. Иако није увек било организованих акција досељавања колониста, њихов број се константно повећавао на овим просторима. Међусобна веза и утицаји колониста на сељаке староседеоце и обратно су постајали све јачи, осим у начину живота и свакодневним навикама они су се све снажније одражавали и на архитектуру. Изглед кућа, техника зидања и коришћени грађевински материјали, код колонистичких кућа и кућа Срба староседелаца су постепено постајали веома слични, стварајући притом јединствен феномен традиционалне куће у Војводини, коју карактерише условљеност друштвено-политичким факторима који су, по мишљењу појединих историчара архитектуре, и одредили њене примарне црте [21].

2.3 Физичко-географски фактори развоја војвођанске архитектуре

Поред политичко-историјских и економских фактора развоја, архитектуру Војводине условили су и природни тј. физичко-географски чиниоци.

Физичко-географски чиниоци развоја традиционалне војвођанске куће који су условили њен настанак и развој су клима и топографија терена (карактеристике тла и рељефа). Плодна војвођанска земља условила је развој пољопривредних делатности као примарне привредне делатности сељака који живи у традиционалној војвођанској кући. Посредно је тако топографија терена условила и форму куће, њену структуру прилагођену одвијању пољопривредне делатности и њен волумен са приземном спратношћу и можда највише од свега грађевински материјал-земљу.

Иако релативно уједначени на простору целе покрајине физичко географски фактори показују извесне локалне разлике, које неће бити значајне за спроведено истраживање.

2.3.1 Клима

Клима је један од битних елемената окружења, она делује на човека кроз време путем збира метеоролошких параметара (топлота, хладноћа, сунчево зрачење, влажност, снег, магла, смена дана и ноћи, годишња доба итд.) [70].

Војводина се налази у јужном делу Панонске низије. То је претежно равничарска област у северном делу Србије и налази се у зони умерено континенталне климе са жарким летима и хладним зимама.

Анализирани су климатски елементи који су од значаја за аспект енергетске ефикасности: температура вазуха, ветрови, инсолација, падавине и влажност ваздуха.

Температура ваздуха

Температура ваздуха је један од основних климатских параметара. Температурни режим ваздуха је условљен сунчевом радијацијом, географским положајем и рељефом који условљавају различите одлике локалне климе на простору северне Србије.

Изражене температурне разлике на простору Војводине се јасно уочавају уколико анализирамо статистичке податке метеоролошких мерења. Резултати мерења екстремних временских ситуација-апсолутне минималне и максималне температуре ваздуха, спроведени на Природно-математичком факултету, Департман за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду, показују велике разлике у измереним екстремним температурама у летњем и зимском периоду године [49]:

- средње апсолутне максималне температуре износе: за месец јул 34,9 °С, за месец август 34,9 °С,
- средње апсолутне минималне температуре измерене су у месецу јануар и износе -15,7 °С.

Средња годишња температура у Војводини износи 11 °С. Средња јануарска температура ваздуха износи -1,3 °С, док је средња јулска температура 21,4 °С. Годишња амплитуда колебања температуре износи 22,7 °С [121]. Истраживања спроведена у последњих педесет година показују да температуре током лета бележе значајан позитиван тренд, док су екстремне температуре зими у оквиру вишегодишњег просека [50].

С обзиром да је разлика између најсеверније и најјужније тачке на простору Војводине мања од 2° географске ширине и да је орографски склоп терена без веће и шире изломљености, може се закључити да у њој не долази до изразитије температурне разлике између појединих локалитета и рејона као што је то случај у другим деловима Србије [15].

Ветар

У Војводини су доминантна четири ветра. Најснажнији ветар је кошава, која долази долином Дунава. Кошава је југоисточни ветар, доноси суво и хладно време, Најчешће дува током јесени и зиме. Просечна брзина ветра износи око 25 до 45 km/h, а удари ветра могу достигати брзину и од 130 km/h. То је хладан и јак ветар који дува из правца истока или југоистока и може да нанесе велике штете, да исуши земљиште, да открије и носи живи песак у пешчарама Баната. Северац је хладан и сув ветар који зими оштро брише равницом, дува из правца севера [113]. Јужни ветар је топли и сув ветар, дува из правца југа (долином Јужне и Велике Мораве). Западни ветар је хладан и релативно влажан ветар који најчешћи доноси кишу или снег.

Инсолација

Средњи степен покривености видљивог небеског простора облацима одређује се облачношћу од 0-100% док се инсолација дефинише трајањем сунчевог сјаја израженог у часовима. Средња годишње облачност у Војводини износи 55%. Ведри дани су дани чија средња дневна облачност није већа од 20%, док су облачни дани они чија је облачност већа од 80%. Најведрији је август, са просеком од 10,8 дана, док је децембар месец са највећим бројем облачних дана у просеку 15,7 облачних дана. Северни делови Војводине, посебно они на северозападу имају већи број облачних дана у односу на јужне.

Средња годишња сума трајања сунчевог сјаја за Војводину износи 2058,5 часова. То је већа вредност него у већини европских земаља, али је соларни потенцијал готово потпуно неискоришћен код индивидуалних породичних кућа. У случају традиционалне војвођанске куће потенцијал сунчеве енергије би се могао искористити за припрему санитарне топле воде.

Падавине

Војводина има релативно мале количине падавина. Просечно годишње бележи се од 550 до 650 mm воденог талога. Најмање кише има у северној Бачкој и источном Банату. У току године има просечно 18 дана када пада снег, али се он одржава на земљи само при сталном мразу. Лети је могућ град који наноси велике штете пољопривреди.

Влажност ваздуха

Влажност ваздуха у одређеном месту се одликује количином водне паре у ваздуху. Средња годишња релативна влажност ваздуха у Војводини износи 75%, минимална је у периоду од јула до августа и износи 68%, а максимална у децембру 86% [15].

Анализа климатских карактеристика показала је да је основна одлика климе на простору Војводине изражена температурна разлика у максималним и минималним температурама различитих годишњих доба, што је заправо основна одлика континенталне климе. Ови природни услови окружења утицали су на развој традиционалне војвођанске куће, при чему је сељак-градитељ био свестан да је потребно направити кућу која лети штити од врућине, а зими од хладноће и да је треба позиционирати тако да се штити од јаког удара ветра.

2.3.2 Морфологија терена

Елементи морфологије терена значајни за развој традиционалне војвођанске куће су: **тло** (геолошки чиниоци: обрадиво тло, грађевински материјал...) и **рељеф** (топографски чиниоци: морфологија, оријентација, изложеност ветру и сл.) [20].

Тло (састав тла)

Чернозем или црница је земљиште које преовлађује на простору Војводине. Овај тип земљишта настаје на геолошкој подлози у којој доминира лес (лесне наслаге) и то у условима суве, континенталне климе. Овакво земљиште је веома је погодно за интензивну земљорадњу, и у условима наводњавања се постижу високи и стабилни приноси гајених биљака [122].

Плодна војвођанска равница је својим саставом тла одредила земљорадњу као примарну привредну делатност сеоског домаћинства на овим просторима. То је умногоме условило начин живота на селу у Војводини и последично развој сеоске куће (сеоског домаћинства) прилагођене обављању пољопривредне делатности. Овај функционални захтев у процесу развоја сеоске куће обликовао је и форму куће.

Рељеф–топографија терена

Војводина је изразито равничарски крај, просечне надморске висине око 80 m (Нови Сад 80 m, Суботица 87 m, Панчево 77 m, Кикинда 73 m), са изузетком Фрушке Горе и Вршачког брега. У непрегледној равници војвођанских села готово да нема никаквих разлика у надморским висинама и значајних падова терена који би условили морфологију насеља и саме куће. Објекти налажу на раван терен, нема потребе за прилагођавањем објекта у смислу укопавања. Куће су увек приземне и развијају се по хоризонтали пратећи притом морфологију терена.

Природни услови окружења свакако представљају значајан фактор у развоју традиционалне архитектуре. Поред тога на специфичне природне услове окружења све више покушава да одговори и савремена (пројектантска) пракса: применом одговарајућих материјала и конструкција (по могућности из непосредног окружења), прилагођавањем куће конфигурацији терена (нпр. оптимално позиционирати објекте у зависности од доминантних удара ветра), оријентација, величина и распоред отвора (утиче на термички и визуелни комфор), подела куће на просторне јединице по зонама (дневна зона-јужна оријентација, ноћна зона северна оријентација) итд. Традиционална троделна војвођанска кућа је својим карактеристикама настојала да се прилагоди природним условима окружења. У појединим архитектонско грађевинским карактеристикама куће препознајемо и елементе биоклиматског пројектовања, које заправо представља савремену доктрину у погледу прилагођавања архитектуре одређеном поднебљу (поглавље 5. докторске дисертације).

ТРАДИЦИОНАЛНА ВОЈВОЂАНСКА КУЋА, НАСТАНАК, РАЗВОЈ, ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Спроведеним истраживањем анализирани су временске и просторне одреднице настанка традиционалне војвођанске куће, њене основне карактеристике, историјат настанка, основни типови, коришћени грађевински материјали итд.

3.1 Дефинисање појма *традиционална војвођанска кућа*

Након извршене анализе свих друштвено-политичких и физичко-географских фактора, који су условили развој куће и анализе њених основних карактеристика, може се дефинисати шта заправо представља појам *традиционална војвођанска кућа*.

Питање порекла куће, која се вековима развијала на овим просторима, веома је комплексно и по питању теоријских становишта неусаглашено. Што се самог назива тиче у немачкој литератури наилазимо на појам *колониистичка*, а у српској *панонска кућа* [34] тј. *сеоска* и *војвођанска кућа* [42].

Бранислав Којић разматра развој *војвођанске куће* и сматра да је текао континуирано од дводелне до вишеделне (преке) куће. Он дакле говори о развоју војвођанске куће од дводелне до веома развијених структура, а потом каже да војвођанска кућа има у обликовном смислу стандардне елементе и онда описује троделну кућу. Он такође каже да је кућа типизирана по својој структури, али показује и варијације локалног карактера [42].

Етнолог Мирјана Ђекић у својој књизи *Кућа* као споменик културе употребљава изразе *панонска* и *војвођанска кућа* третирајући притом куће различитих структура од дводелне до веома сложених [25].

Завод за заштиту споменика културе Зрењанин користи термин *традиционална кућа војвођанско-панонског типа* и под овим појмом обухвата: традиционалну дужну кућу, дужну кућу насталу под утицајем градске архитектуре и сеоску преку кућу [61].

Појам *традиционална војвођанска кућа* је за потребе овог истраживања, а након анализе доступне литература, дефинисан као карактеристичан тип куће за подручје Војводине. Он се већ крајем XVIII века јавља као потпуно формиран, зрео архитектонски тип у виду троделне куће, који је касније еволуирао, усложњавао се и прилагођавао локалним потребама, и има бројне појавне облике који су се развили из основног троделног типа.

Њен настанак и развој везан је за најшири друштвени слој, а то је сеоско, паорско становништво различитих националности, и ове старе сеоске куће су данас пример како се са мало средстава и материјала може постићи предивно богатство лика и облика [68]. Ове куће су зидали мајстори, градитељи из народа поштујући при томе правила о градњи прописана од стране аустријских власти уз огромно материјално, духовно и емотивно залагање. Из таквог односа према грађевини развила се аутентична архитектонска творевина, традиционална војвођанска кућа коју карактеришу функционалност, рационално коришћење простора, једноставна конструкција, сведени облик и умерена декорација [57].

Предмет истраживања докторске дисертације је троделна војвођанска кућа као основни тип традиционалне војвођанске куће, и њене карактеристике анализирани су у овом поглављу, поред тога истраживањем су на општем нивоу размотрени и сви остали типови војвођанске куће са циљем свеобухватнијег сагледавања овог јединственог архитектонског феномена.

3.2 Развој народне и колонистичке архитектуре у Војводини

Развој традиционалне војвођанске куће на овим просторима започиње много пре доласка колониста. У почетку је кућа на овим просторима била творевина сељака и сеоских занатлија и можемо говорити о народној архитектури. У каснијем периоду појављује се модел куће који је донет и вештачки имплементиран као део колонизације на простору Војводине, и овде је реч о такозваној колонистичкој архитектури. Постепено су народно градитељство на овим просторима и градитељство које су донели колонисти постали међусобно толико повезани да их је било немогуће

раздвојити. Анализирани су историјске чињенице у вези са народном и колонистичком архитектуром, како би се сагледали међусобни утицаји и појаснио настанак и развој војвођанске куће.

3.2.1 Народна архитектура у Војводини

Пре доласка колониста на просторе Војводине, у XVII веку, становништво је живело у кућицама оплетеним од прућа, превученим блатом, или у колибама, полуземуницама и земуницама [25]. Куће се нису градиле од чврстог материјала. Гризелини је описао станишта сељака у Банату као колибе саграђене од плетера а покривене трском и сламом [23]. Куће су имале само једну просторију на којој често није било ни прозора (слика 3.1 и слика 3.2). О кући из првог периода из које се развила троделна кућа говори и Б. Којић који наводи да је била кућа од плетара са једним или два одељења, често и полуземуница [42]. Према опису куће из тог периода који је дао Таубе једна једина просторија чини целу кућу грађену од набоја и у њој нема прозора [25].



Слика 3.1: Околина Вршца, полуземуница, XVII века



Слика 3.2: Тител, земуница, XVII века, прозор и улазна врата

Почетком XVIII века локално становништво постепено почиње да зида и дводелне куће (соба и кухиња) грађене од лако доступних материјала-земље. Историјски подаци говоре у прилог томе да је у српским селима већ у то време било кућа развијене основе о чему сведоче и гравуре са Мерсијеве књиге из 1726 године [25]. Поједина теоријска становишта заступају тезу да је изградња ових кућа код локалног српског

становништва почела након интензивног досељавања Срба из јужнијих крајева крајем XVI века (сеоба под Арсенијем III Чарнојевићем) и да су сложенија структура куће као и трем управо утицај са Косова одакле су се Срби досељавали [34].

Интензивно народно градитељство наставља се и по доласку колониста, притом утицај колонистичке архитектуре постепено постаје све моћнији, а структура сеоске куће постаје све сложенија по узору на колонистичке куће крајем XVIII века.

3.2.2 Колонистичка архитектура у Војводини

Колонистичке куће су грађене у време колонизација вршених у Војводини и насељавали су их колонисти из различитих крајева аустро-угарске. Паралелно са колонизацијом и насељавањем становништва спровођена је и евиденција и планска парцелација земљишта, реорганизација и ушоравање села у Војводини [22]. Неки немачки аутори су сматрали да је колонистичка кућа настала по моделу тзв. франачког домаћинства, који потиче из Горње Аустрије, међутим ова теорија је временом претрпела озбиљну научну критику у Немачкој литератури и није прихваћена [58]. Питање је у којој мери су колонистичке куће биле под утицајем архитектонских стилова из крајева порекла новопридошлог становништва, а колико под утицајем модела затечених у јужној Угарској, данашњој Војводини!? Са друге стране, постоје и теорије да је просторна организација колонистичке куће преузета од локалне куће дводелне основе кухиња+соба, чији је распоред од раносредњовековног периода до XVII века карактеристичан за стална станишта земљорадничко-сточарског типа на овим просторима.

У време првих колонизација, насељеници су сами градили своје куће са материјалом који су затекли у средини у коју су се доселили. Прве колонистичке куће са почетка XVII биле су дводелне, са малом кухињом и великом собом без трема. У XVIII веку се појављују и троделне колонистичке куће (слика 3.3). То су биле набијаче покривене сламом [25]. Земља за изградњу куће је била узимана са лица места, а трска за покривање крова из оближњег рита.



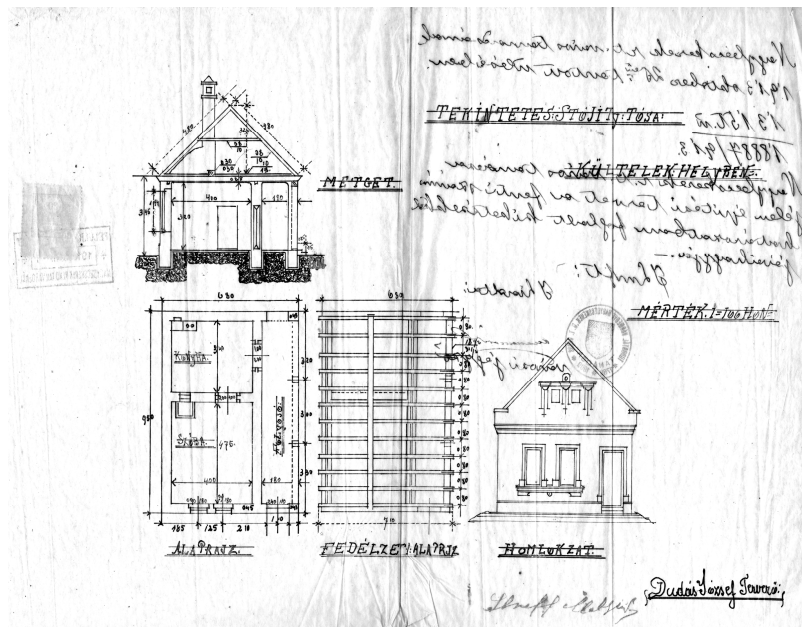
Слика 3.3: Бачки Петровац, словачка кућа из 1799 године, данас се у кући налази словачки спомен-музеј

У почетку је у појединим крајевима Војводине колонистима куће зидало локално српско становништво, такође уз употребу локалног материјала, што је омогућавало њихову брзу и јефтину градњу. Ово говори у прилог томе да је на изградњу колонијалних кућа утицај постојећег локалног градитељства био веома значајан [34]. Будући да су куће са почетка колонизације биле лошег квалитета, у каснијим колонијацијама одлучено је да градња куће буде под институционалним надзором аустро-угарске монархије. Изградња је била поверена занатлијама и државна власт је тада тражила локалне градитеље који би зидали колонијалне куће кулуком или за плату. Као последица тога, у каснијим фазама развоја било је све израженије мешање утицаја у погледу коришћених материјала, технике грађења као и структуре саме куће.

У каснијим фазама колонизације тип колонијалне куће није произвољно изабран већ је настао као производ елаборације и процене најекономичнијег решења и као такав наметнут од стране власти (слика 3.4). То је тип куће који се могао изградити у најкраћем временском року уз употребу доступног локалног материјала. Изразито равничарски карактер Војводине са квалитетном земљом условио је примену земље као основног грађевинског материјала као и код народног градитељства.

Према историјским подацима 1773. године бечки двор наређује ушоравање села у селима војне границе, осим урбанистичких захвата јасно је био дефинисан и тип куће за изградњу (троделна кућа) и парцела са својим основним карактеристикама [25]. Овакво планирање простора било је пресудно за формирање облика војвођанских

насеља, облика окућнице, па чак и положаја куће, али поједини аутори сматрају да оно није утицало на народно градитељство онолико колико историјски извори тврде [25].

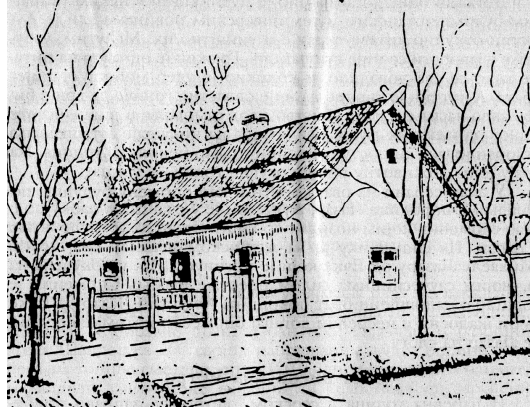


Слика 3.4: План двовелне колониистичке куће, Историјски Архив Зрењанин

3.2.3 Међусобни утицаји народне и колониистичке архитектуре

Евидентни су изузетно снажни међусобни утицаји које су народна и колониистичка архитектура вршиле једна на другу, на простору Војводине. Поједини аутори сматрају да се овде ради о јединственом споју немачке и локалне градитељске традиције [34].

У просторном смислу куће колониста и староседелаца разликују се у првим фазама колонизације. У почетку се колониистичка кућа развијала паралелно са аутохтоним градитељством, међутим интензивно мешање утицаја је довело до тога да у каснијим фазама еволуције њихов развој посматрамо као јединствен процес. Од друге половине XVIII века развијају се бројни типови и подтипови војвођанске куће које подједнако граде и колонисти и староседеоци. Наиме, традиционални троделни тип војвођанске куће из XVIII века може се наћи и као колониистички и као кућа староседелаца и тешко је утврдити историјске чињенице. Уз то, не постоје јасни историјски докази о томе да ли је то кућа колониста или кућа староседелаца (слика 3.5).



Слика 3.5: Цртеж првобитне колонистичке куће у селу Лазарево, Историјски Архив Зрењанин. Сличност са кућом народног градитеља

Према становиштима професора Којића, који се бавио сеоском архитектуром на простору целе Републике Србије војвођанска кућа настаје од два основна типа кућа и то: 1.) српске куће која је била дводелна са продуженим тремом, слична старој косовској приземљуши одакле су многи досељеници дошли на простор Војводине у XVIII веку и 2.) од колонистичке куће која је, такође, у првобитном облику била дводелна, али без трема. У прво време развоја колонистичке куће немају трем [42]. У следећој фази, колонистичка кућа уводи трем српске куће и даље њихов развој иде заједничким путем. Оваква тврдња професора Којића додатно говори у прилог чињеници да **традиционална војвођанска кућа јесте јединствен спој локалне и колонистичке градитељске традиције. У сваком случају, тип троделне куће са тремом је најзаступљенији на простору целе покрајине и интензивно је грађен у периоду од средине XVIII до почетка XX века и представља основни предмет овог истраживања.**


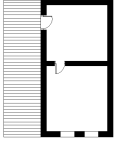
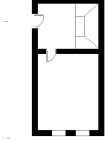
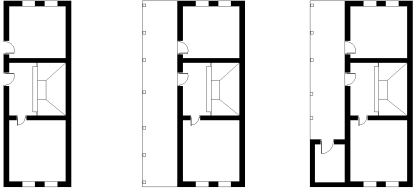
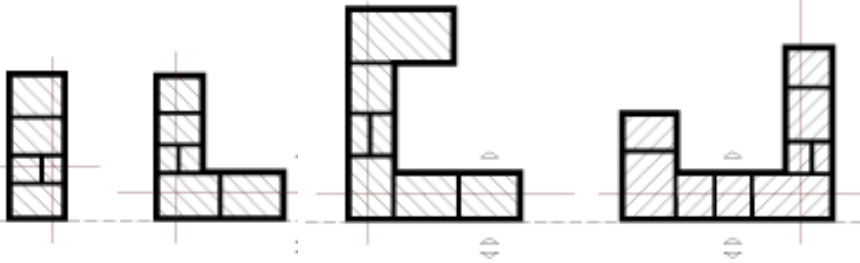
3.3 Хронолошки развој структуре куће

Структура традиционалне куће у Војводини временом је еволуирала, од једноставне једноделне куће преко дводелне и троделне, она се развила до веома сложених вишеделних структура са почетка XX века. Бројни су фактори који су на то утицали. Расту потребе за простором, шире се породице. Поред тога временом расте и економска моћ сељака, те се то директно одражава и на структуру куће. Треба

нагласити да је у различитим крајевима Војводине степен развијености био битно другачији. Ове разлике у економској развијености, како појединачних домаћинстава, тако и села у целини довеле су до сложене слике у историјском прегледу развоја војвођанске куће.

Историјски развој сеоске куће на овим просторима анализира и Бранислав Којић који прави поделу војвођанске куће хронолошки, према времену настанка од 1700 до 1930 године, као основни критеријум он користи структуру основе која је временом еволуирала [42].

Извршена је хронолошка анализа развоја структуре саме куће, на основу проучавања постојећих теоријских становишта као и примарних и секундарних историјских извора. Развој традиционалне војвођанске куће на овим просторима био је континуиран, у првој фази развијала се сеоска архитектура староседелаца, потом је дошло до појаве првих колонистичких кућа да би касније развој сеоске и колонистичке куће кренуо заједничким путем [32]. Хронолошки је приказан развој просторне структуре куће, староседелаца и колонистичких кућа (слика 3.6), а спроведена анализа такође говори у прилог теорији о јединственом споју локалне и колонистичке градитељске традиције и развоју овог јединственог архитектонског феномена карактеристичног за простор Војводине.

| Период | Куће староседелаца | Колонистичка кућа |
|---|--|--|
| <p>1650</p> <p>1690 <i>Досељавање Срба са Косова</i></p> |  <p>Структура куће: једноделна Грађ. Мат.: набој</p> | |
| <p>1722-1723 <i>Каролинска колонизација</i></p> <p>1740-1749</p> <p>1749-1772 <i>Терезијанске колонизација</i></p> |  <p>Структура куће: дводелна +трем Грађ. Мат.: набој</p> |  <p>Структура куће: дводелна Грађ. Мат.: набој</p> |
| <p>1800</p> <p>1850</p> |  <p>Структура куће: дводелна + трем Грађ. Мат.: набој, набој+черпић, опека</p> | |
| <p>1900</p> <p>1940</p> |  <p>Структура куће: вишеделна Грађ. Мат.: набој+опека, опека+черпић, опека</p> | |

Слика 3.6: Хронолошки развој структуре куће народне и колонистичке архитектуре

Анализом доступне литературе и историјских података о предмету истраживања установљено је да су дугачак период развоја, као и бројни утицаји у развоју саме куће, као резултат имали разноликост у структури куће и коришћеним грађевинским материјалима, што за последицу има постојање бројних типова и подтипова кућа од набоја у Војводини данас. Хронолошки је приказан развој просторне структуре куће у оквиру кога се препознају и различити типови традиционалне војвођанске куће. Основни појвани облик, из кога су се развили сви остали је троделна кућа. Структура куће се временом усложњавала једноставним додавањем просторија.

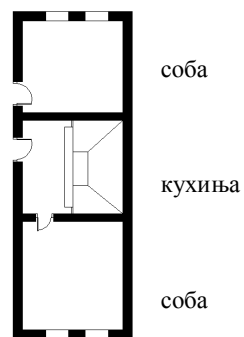
На основу претходно дефинисаног појма *традиционалне војвођанске куће* и анализе стручне литературе дефинисани су типови војвођанске куће, који опет имају своје бројне локалне варијације (основни критеријум за поделу је структура куће):

- троделна кућа
 - троделна кућа без трема,
 - троделна кућа са тремом,
 - троделна кућа са полузатвореним тремом,
- вишеделна кућа:
 - четвороделна кућа,
 - петоделна кућа,
- прека кућа
 - прека кућа са ајнфортом (капијом),
 - прека кућа без ајнфорта (капије).

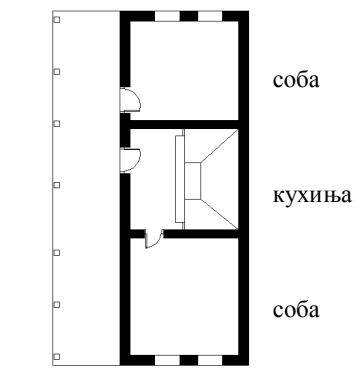
3.3.1 Троделна кућа

Троделна кућа представља основни тип војвођанске куће. По структури она има јасно развојена три елемента: соба, кухиња и соба. Анализи свих елемената троделне куће биће посвећена посебна пажња у поглављу 3.4 дисертације. Она је по својој структури типизирана, али показује и бројне варијације локалног карактера које се огледају у функционалној шеми куће и различитим техникама грађења и коришћеним грађевинским материјалима. Најчешће се разлике код варијанти основног типа троделне куће дефинишу на простору трема: 1.) кућа без трема (слика 3.7), 2.) кућа са отвореним тремом (слика 3.8). и 3.) кућа са делимично затвореним тремом (затворен предњи део трема и на тај начин формирана додатна просторија) (слика 3.9). У смислу

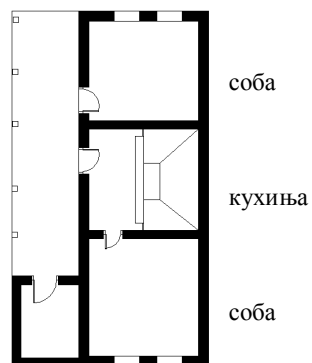
технике грађења, код троделне куће основни грађевински материјал је набој, иако постоје и троделне куће од опеке и кућа од набоја у комбинацији са опеком или черпићем.



Слика 3.7: Троделна војвођанска кућа без трема, улични изглед, шематски приказ основе



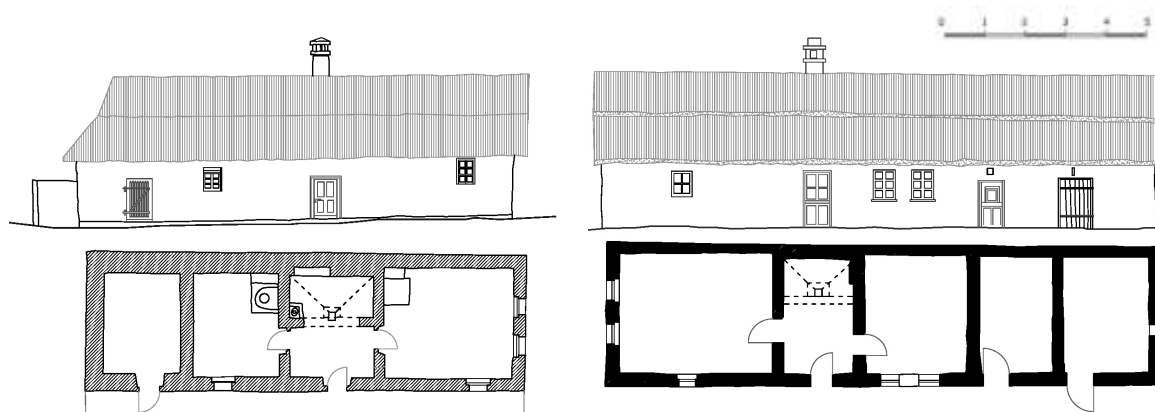
Слика 3.8: Троделна војвођанска кућа са отвореним тремом, улични изглед, шематски приказ основе



Слика 3.9: Троделна војвођанска кућа са делимично затвореним тремом, улични изглед, шематски приказ основе

3.3.2 Вишеделна кућа

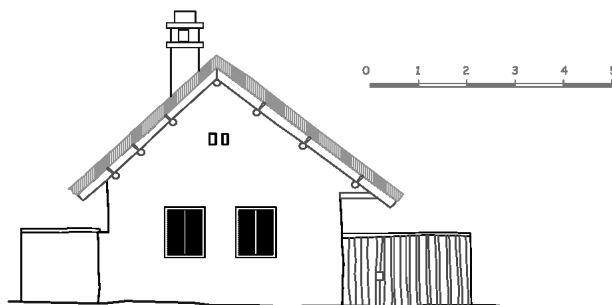
Од друге половине XIX века јављају се вишеделне куће, такозване *дуге куће* са распоредом просторија соба-кухиња-соба-кухиња-соба (слика 3.10). или соба-кухиња-соба-соба-кухиња-соба (слика 3.11). Овај тип куће настао је једноставним, линеарним додавањем просторија на структуру троделне војвођанске куће. У продужетку троделне куће појављује се соба у коју се најчешће улазило директно са трема, и није постојала *топла* веза са остатком куће. Соба најчешће није била грејана преко зиме. Куће су у почетку грађене без трема, у каснијим фазама развоја вишеделна кућа грађена је са тремом као и троделна.



Слика 3.10: Четвороделна кућа, дворишни изглед, основа, Руски крстур, половина XVII века

Слика 3.11: Петоделна кућа, дворишни изглед, основа, Зрењанин, 1798. година

У обликовном смислу кућа има исте карактеристике као троделна војвођанска кућа: двоводан стрми кров са калканом ка уличној регулацији и трем по подужној страни куће. Улични фронт је потпуно исти као код троделне куће (слика 3.12), разлика је видљива једино у дворишној фасади куће. Вишеделне куће су биле зидане набијеном земљом, комбинацијом набијене земље и черпића али и опеком (у каснијим фазама развоја, почетком XX века). Овај тип традиционалне војвођанске куће није предмет спроведеног истраживања.



Слика 3.12: Вишеделна кућа, улични изглед, Зрењанин, 1798. година

3.3.3 Прека кућа

Повољни економски услови настали у другој половини XIX века после гашења феудалног система и укидања војне границе, после изградње железнице и пловних и иригационих канала, утицали су на то да сеоски друштвени слојеви доброг економског стања, просторно развију кућу до великих размера. Временом се у селима јављају тзв. *преке куће*. Око овог типа куће постоје бројне полемике, да ли припада сеоској или колонистичкој архитектури. Ове куће познате су и у стручној литератури као *шванске куће*, претпоставка је да је локално сеоско становништво градило овај тип куће по угледу на куће немачких колониста. Поједини аутори овај тип куће сматрају завршном фазом у развоју колонистичке куће немаца на овим просторима, који је трајао скоро два века [78]. Поред тога постоје и неусаглашености у стручној литератури да ли овај тип куће припада народном градитељству или грађанској архитектури. То су куће које су најчешће биле зидане за богате сеоске породице по угледу на градске куће. Зидане су биле искључиво од опеке. Данас постоје бројни примери преких кућа у селима и градовима, користе се за становање и углавном су очуване и у добром стању.

Широм Војводине постоје бројни појавни облици преке куће. У типолошком смислу издвајају се два основна типа 1.) прека кућа са ајнфортом (капија) (слика 3.13), и 2.) прека кућа без ајнфорта (слика 3.14).³

³ Типолошка класификација преузета од етнолога Бранислава Милића из Завода за заштиту споменика културе Зрењанин [115].

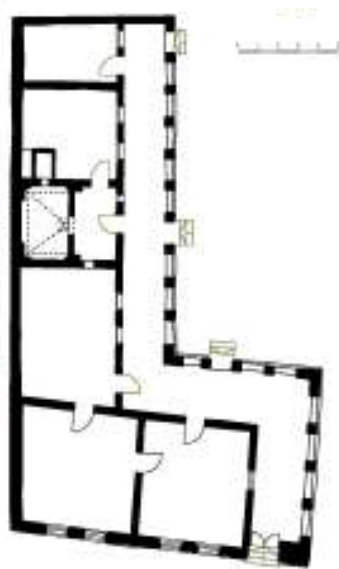


Слика 3.13: Прека кућа без ајнфорта, улични изглед, Ечка, почетак XX века



Слика 3.14: Прека кућа са ајнфортом, улични изглед, Јаша Томић, почетак XX века

Ка уличној регулационој линији кућа има две или више соба, а ка дубини парцеле се развија линеарним додавањем соба и помоћних просторија (слика 3.15). Грађевински материјал је опека. Куће увек имају трем.



Слика 3.15: Прека кућа без ајнфорта, основа, Карловичић, 1912. година

Поред поменута два основна типа преке куће постоје и бројне локалне варијације овог типа војвођанске куће. Преке куће које се ка дворишту развијају у облику ћириличног слова Г. У Банату се граде куће у облику обрнутог слова Г. У селима доњег Срема, двадесетих година XX века под утицајем градске архитектуре, развио се и тип куће са основом *на кључ*. Поред две собе са улице, које репрезентују статус породице, у

продужетку се налази традиционални део куће са отвореним огњиштем и шталом. Назив *'на кључ'* кућа је добила због трема који прати од улице облик основе куће, а у простору трема се улази са уличне стране [25]. Сви наведени сложенији облици војвођанске куће нису предмет спроведеног истраживања и размотрени су на општем нивоу са циљем сагледавања целокупног грађевинског фонда традиционалне архитектуре у Војводини.

3.4 Традиционална војвођанска кућа – основне карактеристике

Традиционална војвођанска кућа од набоја је кућа породице којој је примарна делатност привређивања била пољопривреда. Овакве куће најчешће налазимо у селима, али их данас има и на територији градова. Разлог је интензивна урбанизација на простору Војводине у прошлом веку, при чему су бројна некадашња села постепено постајала рубне зоне градова. Временски период настанка традиционалне војвођанске куће је тешко дефинисати, куће су се градиле зависно од локалних прилика и потреба становништва. То је условило веома дугачак период настанка и развоја на простору целе покрајине, од краја XVIII, цео XIX и у првој половини XX века.

Као што је већ објашњено, кућа од набоја на селу у Војводини је настала у специфичним историјским условима у којима су се мешали међусобни утицаји колониста и староседелаца, махом Срба. У овом сложеном процесу развоја и еволуције, кућа је доживљавала бројне трансформације и у погледу структуре и у погледу коришћених грађевинских материјала. Овим поглављем је анализиран основни тип троделне војвођанске куће од набоја са циљем детаљног сагледавања свих њених карактеристика, како би се у другој фази истраживања извршила процена њених енергетских перформанси.

3.4.1 Урбанистички параметри

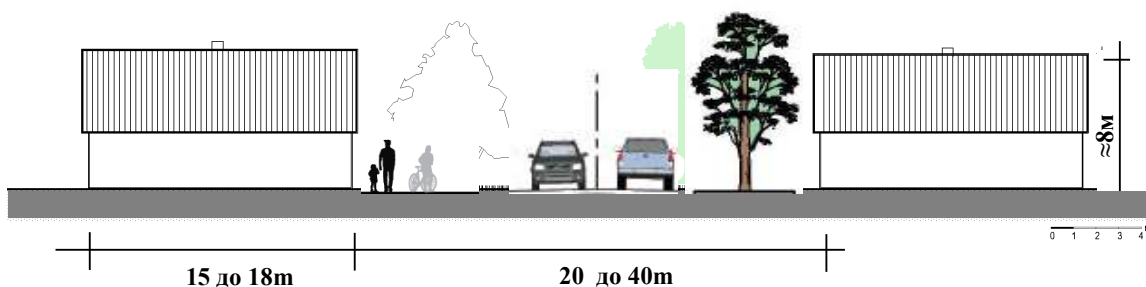
3.4.1.1 Урбана матрица и уређење насеља

Већина села у Војводини грађена је према типским урбанистичким плановима. Основне карактеристике ових урбанистичких насеља биле су: ортогонална улична

матрица, јасно дефинисана парцелација, изражен центар села са црквом и звоником, дефинисана хоризонтална улична регулација [19].

Планско уређење насеља у Војводини оставило је траг на структури уличне мреже насеља, али и на кући и атару тј. на свим нивоима функционисања живота на селу. Насеља су плански прављена, била су прописана правила како треба градити нова и регуйсати стара насеља. Кућиште је било потпуно типизирано код свих плански насталих насеља, али се принцип пренео и на сва остала (спонтано настала). Реч је дакле о типичном архитектонском облику кућишта и урбане матрице који се примењивао на целом подручју Панонске равнице. Окарактерисана геометријском прецизношћу, јединством и једнообразним уређењем урбане матрице и насеља у целини, Војводина представља посебну појаву.

Типична урбана матрица сеоског насеља у Војводини одликује се својим устројством дуж правих широких улица које стоје међусобно најчешће у правилној геометријској шеми. У уличној мрежи издвајају се улице на које се оријентишу кућишта и попречне улице које веома често само раздвајају блокове. Ширина улице је веома велика, износи од 25 до 40 m (слика 3.16). Оволика ширина уличног профила била је прописана због опасности од пожара јер су све куће биле покривене сламом или трском [42]. Зграде су све правилно и једнообразно постављене према улици: главна кућа лежи на граници према суседу и челом је постављена на уличну регулацију, иза ње се у продужетку нижу стаје, и друге зграде за економију.



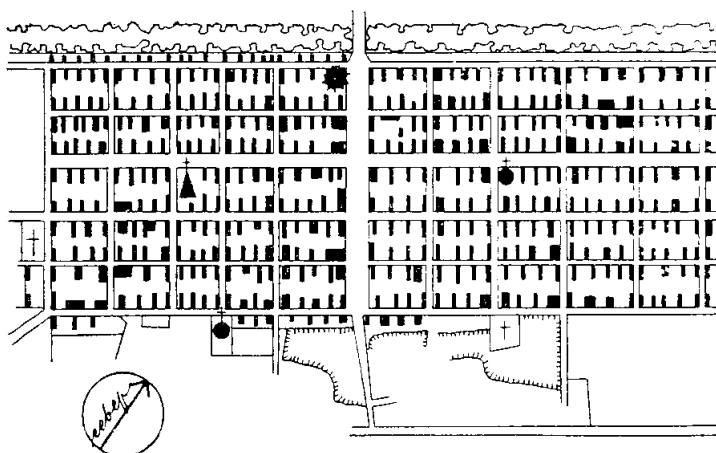
Слика 3.16: Попречни пресек улице у Војводини

Типски представници планских насеља насталих у периоду Аусто-угарске монархије су села: Качарево, Црепаја, Дебељача, Ковачица итд. (слика 3.17).



Слика 3.17: Насеље Црепаја, типично војвођанско насеље

Овај урбанистички модел успоставиле су аустро-угарске власти (пратећи интензивну колонизацију становништва), када су наредиле ушоравање села и у тим селима планску парцелацију, положај кућа према улици и дворишту, па и сам тип куће. Било је потребно збити на мањи простор сва домаћинства, дати свакоме излаз на улицу а у задњем делу парцеле и економско двориште и излаз на њиву. Зато су парцеле уске и дуге, куће су такође уске и дуге, постављене ужом фасадом на уличну линију, са једном дужом страном према дворишту, а другом на регулационој линији ка суседу (слика 3.18)

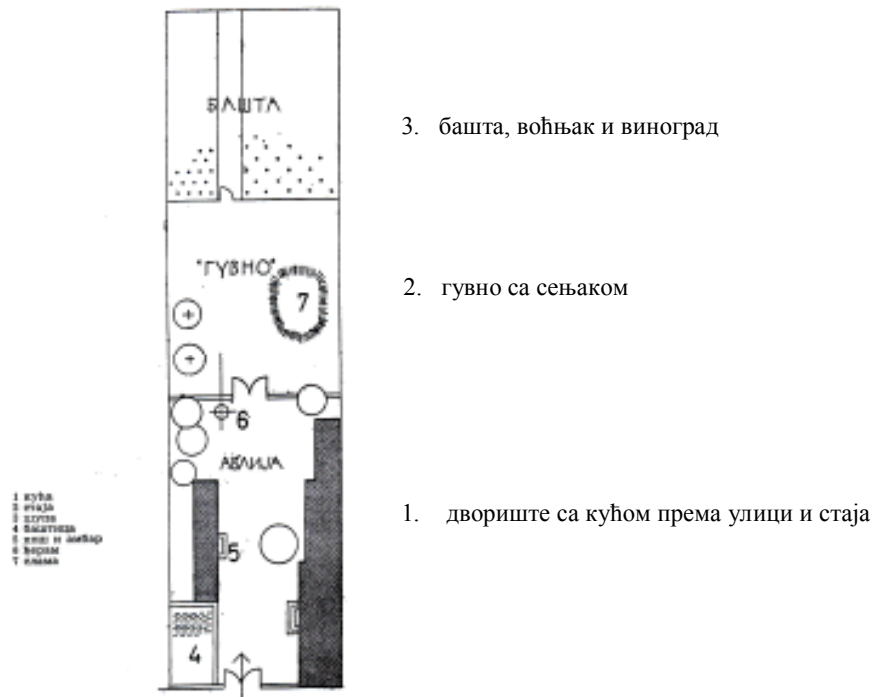


Слика 3.18: Пример потпуно правилног планског насеља у Војводини (Мали Торак)

3.4.1.2 Парцела – геометријске карактеристике и просторна организација

За потребе овог истраживања парцела је посматрана као основна јединица непосредног урбанистичког контекста у коме се налази објекат. Уколико анализирамо геометријске карактеристике војвођанске парцеле може се јасно дефинисати: потпуно правилан правоугаони облик парцеле, ширина парцеле до 40 m и дубина од 120 до 150 m.

Војвођанско кућиште се дели на три основне површине: 1.) двориште са кућом према улици и стаја 2.) гувно са сењаком и стајам за ситну стоку у средини, и 3.) башта, воћњак и виноград у задњем делу дворишта (слика 3.19). Средиште парцеле је увек слободно за пролаз возила и стоке ка унутрашњем дворишту.



Слика 3.19: Новије кућиште из Банатске Паланке (1850)

Као главни објекат на парцели, кућа је постављена на бочној регулационој линији ка суседу и чеоним делом излази на уличну регулациону линију. У продужетку куће често је била постављена стаја за крупну стоку. На супротној страни дворишта, на граници са другим суседом, био је постављен амбар, често и мала кућа тј. летња кухиња, која се интензивно користила за кување од априла до октобра месеца. Поред тога домаћинства су по потреби имала и крушне пећи, пушнице за сушење меса, бунар и остале садржаје неопходне за обављање пољопривредне делатности у једном

пољопривредном домаћинству. Средишњи део дворишта био је увек слободан за пролаз возила и стоке. Двориште је ка улици ограђено оградом са великом капијом за пролаз возила и стоке и малим вратима, која најчешће воде на трем.

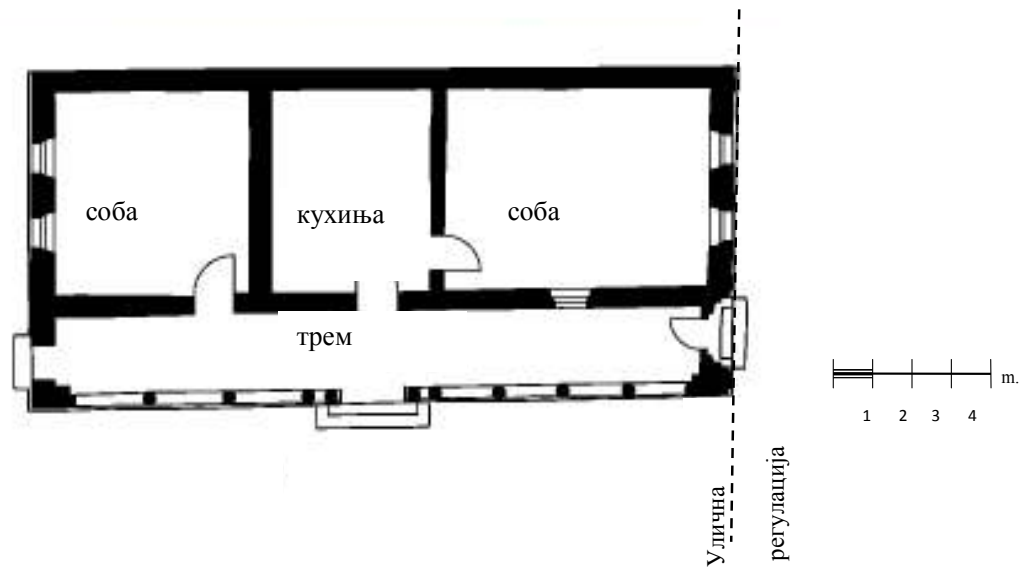
Појам куће која је краћом страном постављена на уличну регулацију тзв. *кућа на бразду* настао је када је извршено ушоравање војвођанских села (XVIII век), када су царски геометри обележавали парцеле за куће изоравањем бразди. Са друге стране, историјски извори говоре о томе да је постављање објекта на парцели било прописано документом под називом "Главна упута за насељавање" изданим у Бечу 1772. године. Извршена је била и подела парцеле на предње и задње двориште. Разлози за овакву поделу били су пре свега функционалне природе, а поред тога, и заштита од пожара [52].

Од друге половине XVIII века, војвођанска кућа и парцела су прошле кроз еволуцију која је пратила потребе становника. Природни прираштај изазвао је прве измене у облику и величини кућишта. Браћа су делила кућишта-парцеле по дужини и тако су настајале уже парцеле. Од првобитне парцеле ширине 40 m, последња могућа деоба дала је ширину парцеле 10 m. Даља деоба није била могућа, подела на две парцеле ширине 5m би практично значила да на овако уској парцели не би било могуће позиционирање куће и пролаза за кола. Данас највећи број парцела у Војводини има ширину уличног фронта, која износи половину првобитне парцеле тј. око 16 до 20 m ширине уличног фронта [42] и типско двориште, организовано на начин претходно описан.

3.4.2 Форма објекта

3.4.2.1 Основа објекта

Троделну војвођанску кућу карактерише правилна геометријска форма, троделна структура основе куће: соба, средишња просторија у којој се налази кухиња са огњиштем и још једна соба (слика 3.20). Просечна ширине куће износи 5 до 6 m а дужина 15 до 18 m. У троделну кућу се улазило са трема у простор кухиње, где је позиционирано огњиште. Из простора кухиње улазило се у две собе.



Слика 3.20: Троделна војвођанска кућа, Војка, крај XIX века

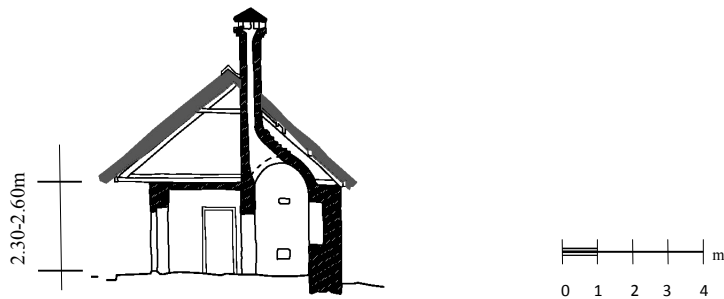
Троделна кућа је основни тип куће који се градио у Војводини, али постоје бројни други типови и локалне варијације куће (видети поглавље 3.3). Основне карактеристике куће и окућнице и принципи функционисања пољопривредног домаћинства доследно су спровођени у свим појавним облицима војвођанске куће. Функционални концепт традиционалне војвођанске куће последица је бројних фактора који су условили њен настанак и развој, који је временски и просторно био веома раширен и прате га бројна теоријска становишта. Поједини аутори колонистички (Немачки) утицај виде управо у организацији, како куће, тако и окућнице, прилагођене пољопривредним делатностима (Јањетовић) [34]. Тип куће и организација окућнице био је јасно дефинисан и одређен од стране аустро-угарских власти. Кућиште је било потпуно типизирано за сва државна насеља, али се идентичан принцип организације кућишта проширио и на сва остала насеља. Са друге стране постоје и теоријска становишта да је кућа и организација окућнице резултат потреба сељака који је обављао интензивну пољопривредну делатност.

3.4.3.2 Волуметрија објекта – спратност

Традиционална троделна војвођанска куће од набоја увек је приземне спратности, строге геометрије и правилних пропорција. Дводни кров стрмог нагиба додатно употпуњује препознатљиви волумен кућа у Војводини. Кућа се увек развијала

искључиво као приземна, чак и у најсложенијим облицима. Разлози за то су вишеструки. Пре свега, у традиционалној војвођанској кући живи породица, која обавља интензивну пољопривредну делатност, те кућа са окућницом чини јединствену функционалну целину. Свакодневне активности у домаћинству обављале су се на релацији кућа-летња кухиња-башта-атар и приземна кућа са тремом омогућавала је ефикасније функционисање домаћинства.

Други разлог је везан за технику грађења и за коришћени грађевински материјал. Наиме, набијена земља, која је најчешће коришћена као грађевински материјал троделне војвођанске куће, и техника зидања, коју су користили локални мајстори градитељи са расположивим алатима, у конструктивном смислу, није била погодна за спратне објекте. Подизање спрата захтевало би додатна ојачања зидова и њихову већу дебљину. Иако је у каснијим фазама развоја опека постала доминантни грађевински материјал, који би без већих проблема, у конструктивном смислу, могао да прати подизање спрата, објекти су наставили да се зидају као приземни и задржали препознатљиву волуметрију правилних пропорција и строгих линија (слика 3.21).



Слика 3.21: Троделна војвођанска кућа, пресек кроз огњиште, Руски Крстур, половина XVIII века

Чиста спратна висина износи 2.30 до максимално 2.60 m код кућа сложенијих структура. Висина од коте терена до коте слемена код троделне куће зависила је свакако од нагиба крова и величине саме куће (у просеку око 7.0 m). Кућа је најчешће била у нивоу терена или издигнута за висину један или два степеника од коте терена. Троделна традиционална војвођанска кућа углавном нема подрум. Сложенији вишеделни облици војвођанске куће, које су по правилу биле грађене од опеке, углавном су били грађени са подрумом, иако је то било условљено пре свега имовинским стањем сељака.

3.4.3.3 Кров

Кров је код традиционалне троделне војвођанске куће увек двоводни са стрмим нагибом кровних равни. Кровна конструкција је увек од локално доступне дрвене грађе, најчешће од обле грађе, од тополе или багрема. Најчешће наилазимо на двоводне кровове са распињачом. Распони рогова су углавном до 6 m, а нагиб кровних равни 45° или већи. Димензије рогова су 10/14 до 12/16 cm, а они су постављени на размаку од 70-100 cm, најчешће 80 cm [22]. Нестабилност конструкције у подужном смеру решена је закуцавањем летвица на рокове, дијагонално под углом 45°, почевши од доњег краја првог рога ка горњем крају четвртог рога (анализа кровног покривача извршена је у поглављу 3.6.3 дисертације).

Конструкцију крова искуствено је одређивао мајстор градитељ, а развој кровне конструкције био је хронолошки од једноставних у најранијим фазама код троделне куће, ка све сложенијим код преке куће са почетка XX века, где је било потребно савладати веће распоне кровне конструкције. Строга геометријска форма двоводног косог крова је и значајан елемент у јединственом амбијенту војвођанског насеља и прати једноставну форму куће као архитектонске целине.

3.4.3.4 Отвори: прозори и врата

Прозори на традиционалној војвођанској кући од набоја су релативно малих димензија. Разлог за то је пре свега конструктивне природе. Наиме, традиционална техника зидања зида од набијене земље је подразумевала да се прво изида зид и потом би се пробијали отвори, који су најчешће били без надпрозорне греде. Оваквом техником зидања није било могуће извести отворе великих димензија.

Код основног типа и код кућа из старијег периода, просечна димензија ширине прозора износила је око једног лакта, тј. две стопе што је око 65 cm. Код кућа већих димензија из новијег периода, изграђених од опеке, и димензије прозора се повећавају. Прозори су углавном били извођени без надпрозорне греде која није била потребна код отвора овако малих димензија, а уколико је и постојала, била је дрвена (и то уколико ширина отвора износи преко 1,5 m). Најједноставнији појавни облик био је једноструки прозор: допрозорник и крило у једној равни (слика 3.22). У каснијој фази развоја и код имућнијег становништва срећемо двоструки прозор који су заправо форма два

једнострука прозора у две равни, размакнути приближно 20 cm, при чему се унутрашње крило отвара ка унутра, а спољно ка ван. Двоструки прозори су били уграђени у равни зида или испуштени изван равни уличне фасде, такозвани *кибицфенстери* (слика 3.23).

Прозори су веома често имали и дрвене капке који су представљали заштиту од сунца у летњем периоду године, а од снега и мраза зими (слика 3.24). Може се констатовати да је квалитет израде прозора, њихова величина и сложеност била условљена периодом настанка и имовинским стањем сељака или колонисте. Прозори су били уграђивани сувим начином уградње. Врата су код војвођанске куће најчешће једнострука.



Слика 3.22: Једноструки прозори од дрвета, Дупљаја



Слика 3.23: Двоструки прозор од дрвета, Вршац



Слика 3.24: Улични прозори са дрвеним капцима, Међа

3.4.3.5 Трем

Трем је код традиционалне војвођанске куће отворен и наткривен, позициониран уз подужну страну куће и управно постављен у односу на улицу. Традиционално, то је била зона контакта отвореног простора дворишта и затвореног дела куће. Има функцију улазне зоне и комуникације између просторија код вишеделних кућа. Поједине куће из старијег периода нису имале трем и у том случају надстрешница је била дубоко препуштена, како би се зона улаза у кућу заштитила од атмосферских

утицаја. Од средине XVIII трем представља неизоставни део готово сваке војвођанске куће [27].

Простор трема имао је дрвене стубове (слика 3.25) или стубове од опеке (слика 3.26). Трем је најчешће је био потпуно отворен или веома ретко затворен ниским парапетом. Под на трему је био поплочан опеком или од набијене земље. Ово је био простор у коме се боравило у току летњих месеци [21].



Слика 3.25: Вишеделна кућа са тремом, дворишни изглед, стубови од дрвета



Слика 3.26: Троделна кућа са тремом, ул. изглед, стубови од опеке

Облик трема и његов однос према затвореном делу куће мењао се кроз векове и развијао као препознатљив елемент традиционалне војвођанске куће. Истовремено се и структура куће развијала пратећи притом потребе породице која је у кући живела. Без обзира на сложеност структуре куће и период настанка, трем се развио као типичан елемент ове архитектуре. Традиционалну троделну војвођанску кућу проналазимо у два основна облика са отвореним тремом (слика 3.27) и троделна кућа са полузатвореним тремом (видети поглавље 3.3 дисертације). Наиме, део трема ка улици често је био затворен и припојен соби ка улици или је на тај начин била формирана додатна просторија (слика 3.28). Потребно је нагласити да су бројне традиционалне војвођанске куће накнадно претрпеле ову трансформацију у зони трема.



Слика 3.27: Троделна кућа са отвореним тремом, Книћанин



Слика 3.28: Троделна кућа са полузатвореним тремом, Жабалъ

3.4.3.6 Фасада

Обликовно посматрано улична фасада показује јасне стандардне елементе који карактеришу традиционалну војвођанску кућу: двоводни стрми кров са калканом на уличној регулационој линији, два прозора на соби и врата која воде ка трему постављеном подужно ка дворишној фасади. Улична ограда на парцели традиционалне војвођанске куће је најчешће дрвена, од набијене земље или од опеке једноставне геометрије, најчешће без додатних украса и архитектонске пластике (слика 3.29). Сви елементи традиционалне војвођанске куће увек су строге и једноставне геометрије и прате основне принципе њеног обликовања. Овако јасно обликована фасада куће чини и амбијент војвођанског насеља јединственим и препознатљивим.



Слика 3.29: Троделна кућа са тремом, улични изглед, Бачка брестовац

Јасно дефинисана форма уличне фасаде је веома сведена, али може да садржи и елементе архитектонске пластике различитих архитектонских стилова: сецесија, барок, елементи класицизма итд. Фасадна пластика није значајна за планирано истраживање.

Када говоримо о фасади традиционалне троделне војвођанске куће значајан елемент је и боја фасаде. Наиме, познато је да је Војводина била етнички изузетно разнолика, досељавано је становништво из Мађарске, Немачке, Румунује, Словачке итд. Поједине етничке групе имале су одређене боје везано за културно-етнолошке карактеристике. Тако сусрећемо куће Словака веома често у плавој боји [116], куће Мађара у зеленој и сл. Потребно је нагласити да боја фасаде најчешће није интензивна, реч је о благим пастелним тоновима.

3.4.3.7 Темелји

Темелји су код традиционалне војвођанске куће постављени испод спољних конструктивних зидова куће. Преградни зидови од набоја су најчешће били ослоњени директно на површину тла. Темелји испод унутрашњих преградних зидова од набоја су постављани ретко, по потреби, и то, упуштањем зидова у тло. Куће из најстаријег периода биле су грађене без темелја, директним ослањањем зида на тло [22], и данас готово да не постоје сачуване у грађевинском фонду Војводине.

До краја XVIII века темелји традиционалне војвођанске куће су се изводили од набоја. Почетком XX века опека почиње масовније да се користи као грађевински материјал и у овом периоду већина кућа од набоја рађена је са темелјима од опеке. Притом су темелјне стопе и сокла до висине 50 cm изнад коте терена зидани од опеке, што је обезбеђивало дужи век трајања зида од набоја. Дубина фундирања износила је 50 до 80 cm испод коте терена [22].

Ископ за темелје од набијене земље био је вршен тако да се формирају ровови у којима се изводила темелјна конструкција. Ископана земља поново се враћала у ров помешана са плевом и сламом, као арматуром за бољу носивост темелја. Материјал се ручно набијао, чиме се постизала компактност. С обзиром да се исти материјал користио за темелје и за зидове не постоји јасна граница која раздваја темелјну од конструкције зида [52].

3.5 Еволуција у примени грађевинских материјала

Традиционална војвођанска кућа је временом доживела бројне трансформације, поред развоја саме структуре куће, и употреба грађевинских материјала је доживела

еволуцију. Процес је текао континуирано, а промене у употреби грађевинског материјала су биле најинтензивније на конструктивном зиду и кровном покривачу.

Грађевинском материјалу војвођанске куће ће бити посвећена посебна пажња у овој докторској дисертацији. Поред самих карактеристика материјала и техника грађења, биће анализирана и еволуција кроз коју је употреба грађевинског материјала спољног конструктивног зида прошла стварајући притом јединствену архитектуру ових простора, која је са аспекта коришћених грађевинских материјала, у сваком случају архитектура конкретног места, дубоко условљена њиме и значајно условљавајућа за њега [73]. За спроведено истраживање грађевински материјал је значајан пре свега као елемент термичког омотача зграде. Поред тога треба нагласити и његов значај у грађењу архитектонског израза овог поднебља који тумачи и Бранислава Којић, који тврди да први утисак који традиционална (народна) архитектура оставља на посматрача долази од коришћених материјала за грађење зидова и покривање крова [41].

3.5.1 Анализа архивске грађе о примени грађевинских материјала на простору Војводине

У првој фази развоја традиционалне војвођанске куће избор грађевинског материјала за конструктивни зид определила је чињеница да је земља била најприступачнији локални грађевински материјал за мајстора градитеља.

Постоје становишта да је земља као грађевински материјал на овим просторима ушла у систем градње путем колонизације, али и тврдње да грађење од набоја датира још из ранијих периода. У сваком случају, земља је доминантан грађевински материјал на простору Војводине, који се на почетку употребљавао као сирова земља у виду набоја, потом черпића, и у каснијој фази развоја у виду опекарских производа. Опекарски производи су се и до данас одржали као доминантан грађевински материјал на простору целе покрајине. Сам процес еволуције у примени грађевинског материјала на простору Војводине одвијао се неравномерно у различитим временским периодима широм покрајине.

Извршена је анализа доступне архивске грађе и стручне литературе о грађевинским материјалима и техникама грађења на простору Војводине, из које се

могу препознати основни фактори који су довели до постепеног преласка са једног грађевинског материјала на други.

Прво масовно коришћење опеке појављује се као последица покушаја решавања проблема са учесталим пожарима у сеоским домаћинствима. Наиме, димњаци од набоја у комбинацији са трском на крову куће веома често су били извор пожара. Постојећа архивска документација, година 1800. јуни. 6. сведочи о томе да је од стране административне власти – Магистрата,⁴ била одређена комисија која треба да прегледа све димњаке и да поднесе извештај [2]. Убрзо након тога уследило је издавање уредби којим су власти настојале да реше овај проблем. Након издавања уредбе о обавезном зидању димњака, постепено се почело зидати опеком. У почетку су то били само димњаци, а касније и целе куће. За повезивање и фиксирање цигле и черпића, као везивни материјал користила се и глина [24]. О овоме сведоче и појединачни примери и документација из 1798. године којом приватно лице Р.Д. подноси молбу да своју кућу покрије трском уместо даскама, шиндром или црепом. Молба се одбија и издаје се налог да се постојећи димњак од набоја презида опеком из безбедносних разлога, година 1789. мај 8. [5].

У неким деловима Војводине: у развијенијим селима, у селима ближе градовима као и у селима у којима је доминирао немачки живаљ, потпуно спонтано (убрзо након претходне уредбе) опека се почела користити и за зидање куће. У каснијим фазама колонизације, уредбама власти били су предвиђени чвршћи материјали (опека) за зидање породичних кућа у свим деловима покрајине за разлику од прве фазе колонизације у којој су планирани били објекти од набоја и черпића.

Сачуван је документ који говори о томе да је постојао план да се опека уведе у изградњу кућа. Сачувана писма, као званична преписка између Магистрата и Ратног Војног Комесаријата, говоре о максимизирању цене опекарских производа: *цигаља и црепа* из јануара и фебруара 1795. године [3]. Потом је уследио и обрачун о максималним прописаним ценама за цене печене опеке и черпића [4]. Из ових докумената јасно се препознају покушаји административне власти да се зидање породичних кућа унапреди у погледу коришћених грађевинских материјала.

⁴ Магистрат је био облик административне власти регионалног значаја у време Аустро-Угарске владавине на овим просторима. Грађевински одсек био је само једна од делатности којом се бавила ова административна установа. Поред тога је управљала: евиденцијом и пописом становништва, шумама, сточарством...итд.

Са друге стране постоји документ из 1825. године који сведочи о томе да се набој у овом периоду користио у појединим деловима покрајине и то уз подршку административне власти, која је у појединим сиромашним крајевима настојала да унапреди и зидање набојем, будући да нису постојали финансијски услови да се опека уведе у употребу: *“Грађевинска дирекција тражи једног контрибуента који би био вољан да оде у вараждинску границу, где би давао инструкције тамошњим људима о начину зидања кућа од набијене земље. Магистрат извештава дирекцију да има много таквих који се разумеју у овај посао, али нема ниједног који би био способан за инструкцију.”* Овај документ такође сведочи о једном систематском решавању проблема административне власти, али и упућује на то да су међусобни утицаји колонистичке и народне архитектуре веома интензивни на свим пољима деловања [6].

Још један у низу покушаја да се системски приступи решавању питања унапређења изградње, о чему сведочи и извештај комисије одређене да предложи земљиште за подизање цигларске пећи, циглару *БАХМАНУ* (BAHMAN), 1814. мај.17. [7]. Касније, двадесетих и тридесетих година двадесетог века, уследиће бројни захтеви за изградњу нових циглана на простору покрајине, проширење постојећих, доградњу помоћних објеката за смештај радника и сл. Опекарска индустрија доживљава експанзију на овим просторима и кроз читав XVIII век. Један од разлога је лако доступна квалитетна земља (сировина за производњу). Такође је изградња и развој железница значајно доприносио развоју привреде уопште, али и промовисању опеке као грађевинског материјала. Циглане су се почеле градити широм Војводине. Шездесетих година XIX века почиње са радом циглана у Кикинди, потом 1860. године прва градска циглана у Зрењанину, потом и многе друге циглане мањег и већег капацитета.

Почетком XX века опека постаје доступна обичном сељаку. Бројни су захтеви за рушење старих објеката за становање и помоћних објеката од набоја, најчешће због дотрајалости, као и захтеви за зидање нових објеката од печених цигала и покривених црепом.⁵ Са друге стране постоји податак да је у селу Буковцу последња набијена кућа изграђена 1956-57. године (покривена фалцованим црепом) [18]. Како је већ наглашено, велики простор покрајине неравномерно се развијао тако да се у истом

⁵ Услед процеса урбанизације бројни засеоци почетком XX постали су рубне зоне градова и административно дошли под њихову управу тако да данас постоје сачуван подаци у градским архивима.

временском периоду још увек срећемо и са бројним захтевима за зидање кућа од набоја [1]. Већина традиционалних троделних војвођанских кућа данас има зидове од набоја, темеље од опеке и покривене су црепом.

Процес еволуције у примени грађевинских материјала код конструктивног зида породичних кућа у Војводини кроз XVIII, XIX век и почетак XX века је последица деловања бројних фактора међусобно повезаних и испреплетаних. Анализом архивске грађе и сагледавањем историјско-политичких околности сагледан је шири временски период и просторни оквир и може се закључити да се набој као грађевински материјал одржао у употреби релативно дуго, од XVIII па све до почетка XX користио се као основни грађевински материјал. Од почетка XX техника зидања опеком преузима примат иако постоје и бројни примери троделних кућа од набоја и из овог периода, черпић се користи као додатни грађевински материјал.

Употреба грађевинског материјала и техника зидања зида војвођанске куће у многоме је била условљена локалним приликама у Војводини: економско стање становништва, близина саобраћајница, утицаји оближњих већих места итд. **Временски и просторно је немогуће у потпуности ограничити и дефинисати употребу набоја као грађевинског материјала, али се може констатовати да је био најраспрострањенији грађевински материјал на овим просторима са изразитим локалним печатом.**

3.6 Материјали омотача објекта

Са аспекта енергетских перформанси омотача објекта, коришћени грађевински материјал објекта је кључни елемент, па ће из тог разлога и све технике грађења традиционалне војвођанске куће бити посебно обрађене овим истраживањем.

3.6.1 Земља и производи од земље као грађевински материјал

Земља је као грађевински материјал кроз историју имала значајну улогу у нашем изграђеном окружењу. Процењује се да тренутно половина светске популације живи или ради у објектима од земље, што чини готово три милијарде људи на шест континената [114]. Земља је кроз историју била употребљавана за изградњу стамбених,

али и бројних нестамбених објеката (религиозних, војних објекти и сл.) а саме технике градње земљом старе су преко 9000 година.⁶ Као грађевински материјал она се користи у различитим облицима, као набијена земља (са бројним локалним варијацијама у самој техници грађења), блокови од непечене опеке, опека и бројни дуге савремене технике израде зидова од земље (са додатним ојачањима, изолацијом и сл.). Од давнина до данас је земља један од најраспрострањенијих грађевинских материјала пре свега због своје доступности, такође због лакоће употребе и могућности комбиновања са другим, како традиционалним (опека, черпић), тако и савременим грађевинским материјалима. Земља је лако доступан, племенит, топао и здрав материјал [71]. Многобројни квалитети овог грађевинског материјала значајни су и са савремених еколошких становишта и биће у том контексту и размотрени у наставку истраживања.

Посматрајући еволуцију у примени грађевинског материјала на овим просторима кроз XVIII, XIX и почетак XX века, уочава се постепен прелазак са набоја, као основног грађевинског материјала, на опеку. Као резултат сложених историјских околности, великог просторног оквира са бројним локалним утицајима и дугачког периода развоја традиционалне војвођанске куће постоји велики број кућа који има и комбинацију више техника грађења, од којих је основна набој (што додатно говори у прилог потреби да се анализирају све технике грађења традиционалне војвођанске куће).

3.6.2 Технике зидања зида традиционалне војвођанске куће

Набој

У најранијем периоду куће су се градиле од набоја. Техника зидања је била релативно једноставна: набијала се полусуво замешена земља армирана сецканом сламом. Земља се набијала између две даске, које служе као оплата. Зарад уштеде дрвета, оплата од дасака се више пута користила. Као материјал за градњу коришћена је земља копана у непосредној близини куће, обично у башти куће што је значајно скраћивало време и смањивало трошак транспорта материјала.

⁶ Први примери зидања блоковима од земље (*eng. mud bricks*) забележени су у периоду 8000 до 6000 година пре наше ере, док су први темељи забележени у периоду око 5000 година пре наше ере [59].

За набијање се могла користити свака земља, али је најбоље било уколико се меша жута и црна земља, или само жута земља. Поред земље као основног материјала за грађење зида, користиле су се и примесе које су биле расположиве на локалном нивоу: слама, плева, пруће, животињска крв и балега пре свега од говеда [22].

Поступак припреме земље за грађење је био следећи: прво се земља добро накваси водом, а потом се меша. Навлажена земља се пуштала да одстоји 12 до 24 сата, тако да се могла користити тек други дан [52]. Мешало се мотиком или се газило ногама, све дотле док блато не почне лако да се одваја од мотике [25]. Када је била потребна већа количина грађевинског материјала газило се коњима. Поступак је био једноставан, лако изводљив и није захтевао додатне трошкове.

Приликом градње куће, прво се ископавала земља и зидао темељ, копало се до здраве земље а затим се та здрава земља набија маљевима у слојевима од по 20 cm. Темељи су осим од набијене земље могли бити и од цигле или камена. По завршетку темеља, у слојевима је набијана земља за зидове, који су достигали дебљину и до 60 cm [17]. Историјски подаци говоре да је дебљина конструктивног зида најчешће 1,5 стопе. Једна стопа се у Војводини често зове и *шух* или *шук* што долази од немачке речи *die Schuhe* тј. ципела. Угарска стопа је износила 0,31611095 m што је 31.6 cm и према томе 1,5 стопа износила је 47,40 из чега је касније у метарском систему настало 50 cm [22]. Дебљина преградних зидова, који су такође били од набијене земље, износи 12, 15 до 25 cm.

Као ојачање, у зид се убацивало грање, лоза или трска, како зид не би пуцао. Земљи се у традиционалном начину зидања додавала и плева, али и сецкана слама, со, балега, животињска крв и длака, све у зависности од доступних материјала [22]. Углови на зградама ојачавали су се стављањем грана под правим углом. Приликом набијања земље на зидовима се нису остављале рупе за врата и прозоре, већ су се отвори пробијали накнадно када се озидају сви зидови.

Зидови набијаче омазивали су се блатом и споља и унутра, најчешће су мазани мешавином иловаче и плевом тј. смесом глине, воде и ситно сецкане сламе, која је служила за спречавање пукотина због сушења материјала. Дебљина слоја износила је 2 до 8 cm. Блатни малтер прављен је од сламе, глине и воде тако да се за један m³ употреби: 3 kg сламе, 1,05 m³ глине и 0,3 m³ воде.

Први слој малтера служио је за навлаживање зида и скидање прашине, након тога се наносио завршни слој преко кога је кућа кречена тј. бојена. За бојење

унутрашњих зидови коришћен је креч, наношен гуменим ваљком на коме су били утиснути цветни мотиви. Спољашњи зидови изложени атмосферским утицајима најчешће су били премазивани слојем блатног малтера и потом финим слојем креча [52]. Ова завршна обрада омогућава да зид од набијене земље *дише*. Традиционалне војвођанске куће углавном су се градиле у мају јер је било доста времена да се до зиме сви слојеви зида осуше, кућа се зидала искључиво по сувом времену [86].

Изузетно важно је одржавање куће од набоја, које су од давнина редовно одржавали људи који су у њима живели. Оштећења на зидовима су се крпила-лепила. Најпре је било потребно очистити зид сувом метлом, потом га добро наквасити како би се нови слој блата лакше залепио. Блато се најчешће правило на земљи у дворишту и газило ногама. У блато се додавала вода, жив креч и плева, густина и однос састојака је одређивао мајстор на основу искуства (14-15 kg земље, 1 kg живог креча, прегршт плевне и постепено додавање воде). Блато са превише креча, отпада са зида, не лепи се за њега и брзо пуца. Када се оштећени делови облепе, кућу је могуће кречити [17].

Набијена земља дефинитивно је најраспрострањенија техника грађења традиционалних породичних објеката на простору Војводине. Поред тога постоје још два начина израде зидова од набијене земље: 1). слојевити зид који се израђује наизменичним ређањем набијене земље дебљине 10cm и реда сламе дебљине 5 до 8 cm и 2). такозвани *патић*, зид са дрвеном конструкцијом (најчешће врба, топола, багрем) и испуном од земље, који се традиционално градио на простору Срема где је било дрвене грађе у већој мери него у остатку Војводине [22]. Наведене технике грађења чине занемарљив део грађевинског фонда данас и нису предмет овог истраживања.

Данас на простору Војводине постоји велики број сачуваних кућа од набоја, веома често су напуштене, у лошем стању, неодржаване, изложене атмосферским утицајима и препуштене пропадању (слика 3.30). Са друге стране постоји и велики број кућа у којима се и даље живи, али ни оне нису одржаване на адекватан начин и њихови власници најчешће нису заинтересовани за интервенције на кућама, сматрајући да су куће од набоја прошлост и да немају никакву перспективу тј. да модерне технике грађења омогућавају изградњу квалитетнијих објеката.



Слика 3.30: Зид од набоја на напуштеној војвођанској кући. Сокла на кући и темељи изграђени од опеке. У зиду од набоја се виде примесе плевне, гранчица и сл. Кућа препуштена пропадању у веома лошем стању.

Техника зидања набојем традиционално је била коришћена на простору Војводине за стамбене објекте, али постоје и објекти других намена грађени од земље чији трагови постоје и данас (економски објекти али и поједини сакрални објекти као што је црква у Ечкој).

Черпић

Следећи корак у еволуцији начина зидања зида је употреба черпића – непечене опеке⁷, који се знатно мање користио од набоја и то углавном као допунски материјал. Черпић је сушена, непечена опека од глинених материјала, иловаче и леса. Черпић је занатски производ те су му димензије биле договорене, и разликовале су се од калуца до калуца. Уобичајене су биле три димензије: 28/14/7 cm, 30/15/8 cm и 40/15/10 cm. Смеса за израду припремана је једнако као и за куће од набоја: глинена земља, сечена слама или плева и вода. При зидању се као везиво употребљавала глина (иловача), а зидање се вршило у слоговима као код класичне опеке, при чему су спојнице минималне, мање

⁷ У стручној литератури код нас, за непечену опеку се користи појам *черпић* [25]. Појам који такође означава непечену опеку *ћерпич* је карактеристичан за хрватско говорно подручје [52], иако се користи и код нас у народу.

од 1 cm. Дебљина зида зависи од коришћеног слога и најчешће износи око 50 cm (креће се од 30 до 45 cm) без облоге.

Код традиционалне војвођанске куће набијена земља је сматрана основним грађевинским материјалом. У каснијим фазама развоја куће то је била опека, док је черпић третиран искључиво као помоћни грађевински материјал и користио се парцијално за делове зида или поједине зидове (слика 3.31). Данас је производња овог традиционалног грађевинског материјала готово потпуно ишчезла.



Слика 3.31: Део зида од ћерпића на напуштеној војвођанској кући. На зиду се јасно види слој блатног малтера са додатком плевe преко кога је у каснијој фази додат слој цементног малтера што је убрзало пропадање зида

Опека

Као што је већ објашњено, на почетку су сеоски мајстори користили за грађење искључиво материјал из непосредне близине куће. Развој индустрије, трговине, саобраћаја, јачање привредне моћи сељака, утицај колониста, који су се досељавали, довели су до промена на овом пољу. Ови историјски, политички и економски фактори доводе до постепеног преласка на опеку крајем XIX и почетком XX века, када почињу и куће у селима Војводине да се зидају опеком.⁸ Притом је потребно нагласити да је и

⁸ На простору целе покрајине прелазак са набоја на опеку био је постепен и дуготрајан процес, временски веома неуједначен.

даље у целој првој половини XX века набој био веома заступљен грађевински материјал.

Опека у употребу улази веома поступно и у првој фаза употребе овај грађевински материјал користио се само за спољни носећи зид ка уличној регулацији, остатак куће био је од набоја (слика 3.32).



Слика 3.32: Напуштена војвођанска кућа, улични зид од опеке, остатак куће од набијене земље

Постепено све већи делови кућа зидани су од опеке, а набој се избацује из употребе. Постоје случајеви и да су се зидали северни зидови опеком у комбинацији са черпићем, а сви остали зидови су били од набоја или черпића (што се може јасно видети на кућам које су препуштене пропадању широм Војводине). Разлог за то била је чињеница да је северна страна куће била неосунчана па се последично земља теже сушила од влаге и са унутрашње стране куће од набоја, оријентисане ка северу, влага је била велики проблем. Зидане северног зида од опеке је било решење у том случају. Поред тога, у XX веку је чест вид санације зидова од набоја било озиђивање куће половином или целом опеком, и данас постоји велики број објеката санираних на овај начин, у релативно добром стању у којима се и данас живи. Опекарске производе за изградњу целих кућа на почетку су користили само имућнији сељаци, зато што је опека била скуп грађевински материјал. Један од разлога за високу цену је и то што је основна сировина морала бити квалитетна земља, и у процесу производње је постојао утрошак енергије за печење. Уз све то и техника израде захтевала је коришћење везива у виду

малтера. Зидање опеком изискивало је и додатан трошак за транспорт материјала од циглане до места градње.

У почетку се користила опека старог формата, касније у употребу улази формат опеке који и данас познајемо [76]. Историјски подаци говоре о томе да се широм Аустро-Угарске монархије масовно производила опека, а димензија опеке се разликовала зависно од произвођача [60]. На простору Војводине углавном проналазимо куће из друге половине XIX века од опеке стандардизованих димензија 29x14x6.5 cm. Овај формат био је масовно у употреби на простору целе Аустроугарске, познатији као Аустријски формат [60]. Дебљина зидова износила је око 60cm, што је дупла ширина опеке. Од тридесетих година XX века појављује се и формат опеке који и данас срећемо у употреби 25x12x6,5 cm.

Као везиво у процесу зидања, у почетку се користи глина, припремана на једнак начин као приликом зидања черпићем. Зидање опеком захтевало је и мало стручнији кадар, углавном су то били приучени мајстори, није више сељак сам могао да зида. У почетку су опеком зидане куће идентичне просторне структуре као и куће од набоја, да би касније временом оне постајале све комфорније и сложеније. Зидало се у различитим слојевима, коришћен је масивни конструктивни систем.

3.6.3 Кровни покривач

Кровни покривач код традиционалне војвођанске куће пратио је еволуцију куће, у почетку је коришћена кровна трска и слама, а потом шиндра (даске од дрвета малих димензија). Са појавом печених опекарских производа као кровни покривач почео се користити и цреп.

Трска

У најранијим фазама развоја традиционалне војвођанске куће кровни покривач је слама, сено и трска. У XVIII веку трска је била основни кровни покривач традиционалне војвођанске куће, а историјски подаци говоре да је 1762. године у Новом Саду од 1198 домова, трском било покривено 896, шиндром 222 а свега 88 црепом [47].

Трска која се секла у ритовима широм Војводине је био лако доступан и јефтин материјал за покривање стамбених кућа. Трска се резала зими (када су рукавци били

залеђени) потом сушила, везивала у струкове и складиштила. Трска је мочварна биљка која је некада била заступљена на простору целе Војводини. Постепеним исушивањем мочварног тла све је мање трске у Војводини и она се данас може наћи свега на неколико места, најпознатије међу њима је Бело Блато.

Овај материјал, без обзира на биолошко порекло, може бити изузетно трајан уколико је употребљена трска била без трагова корова, зрна и знакова труљења. Она је изузетно добар топлотни изолатор, због своје масе која износи од 70 до 90 kg/m³ и велике дебљине слоја која је коришћен као кровни покривач а износи око 30 cm. Најчешће се употребљава трска дужине 2 до 4 m у струковима пречника 10 до 15 cm. Снопови се постављају на летве размака 20 до 40 cm и повезују се жицом [52]. Нагиб крова не сме бити мањи од 40° јер у супротном може лако доћи до прокишњавања [22]. Углавном је трска била коришћена за покривање стамбених објеката, а слама за покривање помоћних.

Трска је еколошки, потпуно природан грађевински материјал, поред тога он даје јединствен изглед амбијенту војвођанског села. Са друге стране он има бројне недостатке, осетљив је на атмосферске утицаје, има краћи век трајања од савремених грађевинских материјала, осетљива је на пожар, инсекти и глодари га могу лако уништити. Трајност кровног покривача од трске, уколико се редовно одржава на сваких 5 до 8 година прегледа и дотера, износи 30 до 40 година [22].

Данас је мали број објеката са кровом од трске сачуваних (слика 3.33), временом је код већине кућа кровни покривач од трске замењен црепом. Најпознатији сачувани примери данас су тршчаре у Новом Саду, Комплекс етнолошких објеката у улици Краљевића Марка.



Слика 3.33: Тршчара у Новом Саду

Цреп

Развојем опеке и опекарских производа средином XIX века, цреп као кровни покривач улази у масовну употребу како на простору Војводине тако и шире у Славонији, Барањи и Срему [52]. Употреба црепа није била равномерна у свим крајевима Војводине, као и употреба осталих грађевинских материјала, зависила је од тренутних економских прилика и жеља становника.

Цреп је монтажни елемент од печене глине или иловаче са додацима. Најчешће се користи раван или бибер цреп. Димензије бибер црепа износиле су 180 са 380 mm, дебљине око 15 mm. Цреп се постављао на летве причвршћене за кровну конструкцију (рогове). Размак летви за просто једноструко покривање износио је 30 cm, а за густо једноструко покривање 14, 15 или 16 cm, димензија летвица износила је 48 x 24(28) mm.

Цреп је већ у првој половини XVIII века почео да се користи масовно као грађевински материјал за покривање крова и у потпуности заменио трску веома брзо. Већина кућа од набоја у Војводини су данас покривене црепом.

3.6.4 Међуспратна конструкција-таваница

Међуспратна конструкција која дели грејани од негрејаног таванског простора састоји се из: плафона, носеће конструкције, и подлоге тј. пода на тавану.

Као носећа међуспратна конструкција употребљаване су масивне греде димензија 16-20/18-28 cm. Греда се од зида одмицала 2-6 cm и после се постављала на међусобно једнаким размацама од око 60 cm до максимално 100 cm. Постављене су по краћем распону од 3,5 до максимално 6 m.

Носећа конструкција је углавном иста, подлога тј. испуна се разликују и може бити у виду: гране врбе или тополе тзв. витлови, трска и блатни малтер са сецканом сламом и плевом или даске. Најчешћи вид међуспратне конструкције је управо витлована таваница, која је код већине кућа до данас сачувана у изворном облику.

Код витловане таванице, витлове чине врбови штапови димензије 5/3 cm, који су на крајевима уско притесани-сужени како би се ужлебили у масу дрвене греде или ослонили на прикуцане летве. Њихова дужина зависи од размака греда и износи 60-100 cm. Око штапа се ставља слама облепљена наносом земље и воде (блатом). Поставља се у неколико слојева док се не постигне потребна дебљина од око 15 cm. Након сушења витлови се слажу један на други између конструктивних греда, на један метар

слагало се у просеку десет витлова [52]. Постављени витлови мажу се смесом блата и плеве са доње стране и потом се окрече у бело. Витлови се облажу смесом блата и плеве и са горње стране, тако да блатни намаз чини завршни слој пода на тавану. Оваква испуна међуспратне конструкције представљала је изузетну звучну и топлотну изолацију. Укупна дебљина међуспратне конструкције износи 25 до 30 cm (слика 3.34 и слика 3.35). Забатни зидови војвођанске куће најчешће су од земље, черпића или дасака, ређе плетара или трске са блатним премазом. Димњак је од ћерпића или опеке.



Слика 3.34: Међуспратна конструкција у процесу реконструкције, викле



Слика 3.35: Остаци међуспратне конструкције у напуштеној војвођанској кући

3.6.5 Под на тлу

Набијена земља

Подови у просторијама традиционалне троделне војвођанске куће најчешће су били од набијене земље. Оваква врста подова у кућама радила се до првих деценија XX века.

Земљани подови редовно су се одржавали смесом блата, воде и кравље балеге (која је била добро везиво због непробављених влакана). Одржаван је чишћењем, помазивањем и равнањем, једном недељно до једном месечно, зависно од броја укућана [17]. Описан начин одржавања куће данас се готово нигде више не примењује. Последњи примери помазивања у Војводини јављају се до 1950-55. године, после тога су подови били подашчавани или бетонирани па стављан паркет преко што има бројне недостатке (видети поглавље 9 дисертације).

Основни недостатак подова од набијене земље је то што су у зимском периоду године изузетно хладни. Данас су ретке куће у којима се живи са сачуваним оригиналним подом од набијене земље.

Под од дасака

Под од дасака постепено је улазио у употребу у XX веку и прво међу имућнијим сеоским становништвом које је најчешће градило вишеделне куће (по узору на градске куће). Чест је случај да је у соби до улице, великој соби тј. првој соби под био од дасака, а да је у остатку куће био од набијене земље.

Дашчани под поставља се на подлогу од песка и утврђује се дрвеним гредицама 48-76 mm постављеним у песку на размаку од 80 cm. На тремовима, па и у деловима кућа срећемо и подове од опеке. Они су били израђивани постављањем опеке у слој песка дебљине 3-5 cm. Након постављања пода опека се залије водом, након сушења спојнице се залију блатним малтером.

Код троделних кућа преовлађује под од набијене земље, иако постоје и примери са подом од дасака само у предњој соби или чак целој кући.

ЕНЕРГЕТСКИ АСПЕКТ И ТРАДИЦИОНАЛНА АРХИТЕКТУРА

Објекти традиционалне архитектуре на територији републике Србије и њихов енергетски аспект представљају релативно неистражено поље архитектуре, упркос чињеници да традиционални објекти чине значајан део грађевинског фонда целе републике.⁹

Теоријске анализе енергетског аспекта и традиционалне архитектуре обухватиле су разматрање појмова енергетске ефикасности у општем смислу и енергетске ефикасности у зградарству, регулативе и важећих прописа, поред тога и разматрање грађевинског фонда Србије са аспекта ЕЕ и тему традиционалне архитектуре у савременом контексту ЕЕ на овим просторима, као и значај очувања постојећих традиционалних објеката у грађевинском фонду.

4.1 Енергетска ефикасност као савремена доктрина

У оквиру савремене доктрине енергетске ефикасности дефинисан је појам енергетских перформанси зграде. Поред тога садржане су и бројне филозофије и правци које је потребно размотрити са циљем свеобухватног сагледавања контекста у коме традиционална (народна) тј. вернакуларна архитектура поново постаје значајна задњих неколико деценија.

Под појмом енергетске ефикасности подразумева се ефикасна употреба енергије у свим секторима крајње потрошње енергије: индустрија, пољопривреда,

⁹ У целокупном грађевинском фонду РС постоје традиционални објекти различитих намена изграђени различитим техникама грађења: бондручаре, куће од набијене земље, објекти од печене и непечене опеке итд., и њихов удео у укупном грађевинском фонду је значајан на нивоу целе РС не само покрајине Војводине.

саобраћај, услужне делатности и у зградарству. Овај појам разматра два кључна проблема: загађење животне средине и потребу за економичном потрошњом енергије (пре свега се мисли на економичну потрошњу фосилних горива).

Након енергетске кризе седамдесетих година прошлог века, појам енергетске ефикасности постаје актуелан. Тада се први пут појављује и појам одрживости, у оквиру њега и одрживе и биоклиматске архитектуре, вернакуларне архитектуре и многи други савремени *правци*¹⁰ у архитектури који између осталог имају за циљ смањење потрошње енергије тј. повећање енергетске ефикасности уз задовољавање одговорајућег степена комфора. У оквиру ових савремених парадигми шири се свест о неопходности рационализације потрошње необновљивих ресурса, очувања природе и успостављања склада архитектуре и природног окружења.

Концепт одрживости постаје тренд у науци и техници, а и у политици и архитектури осамдесетих година прошлог века. Одрживи развој подразумева свеобухватни економски, технолошки, социјални и културни развој човечанства усклађен са потребама заштите и унапређења животне средине који омогућава садашњим и будућим генерацијама задовољавање њихових потреба и побољшање квалитета живота. Одрживост или одрживи развој је предуслов и крајњи циљ ефикасне организације укупне људске активности на нашој планети [125].

У оквиру концепта одрживог развоја врши се и популаризација одрживе архитектуре и одрживог пројектовања које подразумева да се приликом пројектовања води рачуна о ресурсима и енергетској ефикасности, клими, еколошки и друштвено свесном коришћењу земљишта, о пројектовању здравих зграда са здравим материјалима итд. [93]. Одржива архитектура се може окарактерисати и као одговорно руковођење свесном и здравом изградњом окружења базираном на принципима уштеде енергије и рационалном располагању ресурсима. При савременом пројектовању одрживе архитектуре потребно је узети у обзир потребе конкретних заједница, као и екосистема коме она припада [61]. Савремена теоријска становишта истичу набијену земљу као одрживи грађевински материјал, захваљујући малој количини енергије потрошене у процесу производње (енг.: *embodied energy*), дуготрајности грађевинског материјала и високом степену могућности рециклаже [77].

¹⁰ Не може се рећи да је реч о архитектонским правцима како су они дефинисани у теорији архитектуре, реч је о глобалним концепцијама у приступу решавања савремених архитектонских захтева.

Поред тога у оквиру савремене парадигме одрживости јављају се и појмови *еколошка* или *зелена архитектура* која је окренута ка минимизацији негативних ефеката архитектуре на људско здравље и окружење помоћу одабира одговарајућих материјала и грађевинских техника и технологија [16]. Појављује се и појам *зелена кућа*, која се може дефинисати као објекат са идеалним унутрашњим условима комфора, минималним негативним утицајем на животну средину и максималном енергетском ефикасношћу [70].

Још један појам који је директно везан за енергетску проблематику и фаворизује употребу доступних климатских ресурса је појам *биоклиматска архитектура*. Она подразумева оптимизацију енергије у архитектури том приликом и постизање угодног унутрашњег комфора. Биоклиматска архитектура следи принципе у процесу планирања и изградње објекта као што су: уклапање и позиционирање објекта на локацију, коришћење сунчеве радијације за грејање и осветљење, природно вентилисање објекта, одабир најефикаснијих типолошких модела куће при оптимизацији енергије, зависно од конкретних климатских услова, избор еколошки исправних грађевинских материјала, грађевинске технике којима се оптимизира енергија итд. Биоклиматска архитектура се може окарактерисати као архитектура конкретног места, дубоко условљена њиме и значајно условљавајућа за само место [73]. У том смислу она је блиска са принципима које градитељи традиционалне архитектуре употребљавају како би постигли што већи комфор становања уз ефикасно коришћење ресурса. Може се констатовати да **традиционална архитектура садржи поједине принципе које данас сматрамо принципима биоклиматске архитектуре.**

У контексту одрживог развоја и тежње за постизањем енергетске ефикасности у архитектури постаје значајна и *вернакуларна архитектура*. Овај појам има бројна тумачења. У најопширнијем смислу, вернакуларна архитектура подразумева методе грађења којима се користе локално расположиви материјали и традиционално искуство. Поједини аутори називају је и *архитектура без архитектата* или *архитектура без педигреа* [75]. Што се тиче генеричког именовања исти аутор назива је вернакуларна, анонимна, домородачка, рурална – у зависности од случаја [75]. То је дакле *архитектура безименог градитеља*, која произилази из културе и традиције одређене заједнице. **У том смислу и традиционалну архитектуру Војводине можемо назвати народном тј. вернакуларном архитектуром, она произилази из културе и традиције једног народа иако је питање њеног порекла веома комплексно (и**

дефинисано је у поглављу 2 дисертације). Поједини аутори вернакуларну архитектуру дефинишу као регионалну народну архитектуру [66]. Њу чине куће и пратећи помоћни објекти, које је изградио човек, који борави у њима, притом користећи традиционалне технике грађења које се преносе са генерације на генерацију. Једна од главних филозофија вернакуларне архитектуре је то да локална клима и локални природни ресурси треба да представљају почетну тачку при зачећу архитектонског организма [66]. Овакав приступ омогућава стварање економичне и рационалне архитектуре и оптимално коришћење енергетских и материјалних ресурса. У том смислу она је у складу са савременим препорукама за постизање енергетске ефикасности у архитектури и данас су присутне бројне неовернакуларне тенденције које се залажу за схватање и разматрање једне специфичне традиције *места* и њено трансформисање у легитимни и савремени архитектонски израз [73].

Данас све земље развијеног света настоје да допринесу одрживом развоју планете, и у оквиру њега повећању енергетске ефикасности на свим пољима. Претходно разматрани појмови, правци, и доктрине представљају појединачне елементе у оквиру одрживе филозофије на пољу архитектуре, између осталог имају као циљ ефикасно коришћење и уштеду енергије (уз обезбеђивање адекватног комфора). Одржива архитектура не представља само инкорпорирање најновијих технологија у архитектури да би се редуцирао негативни утицај зграда на окружење, она подразумева и примену локалних материјала и технике грађења који помажу очувању природних и створених услова окружења одређеног поднебља [63]. У том смислу традиционалну војвођанску кућу у појединим својим елементима можемо сматрати одрживом.

4.2 Енергетска ефикасност у зградарству

Зграде представљају велике потрошаче енергије. Процењује се да се у развијеним земљама од укупне потрошене енергије у зградарству троши око 40%, у индустрији 32% и у транспорту 28% [31]. Дакле, зграде су данас највећи појединачни потрошач енергије са тенденцијом пораста потрошње у складу са повећањем пораста стандарда становништва. Последице зграде су и велики загађивачи животне средине. С обзиром на глобалне процене о потрошњи енергије јасно је колики је значај аспекта енергетске ефикасности у архитектури и традиционалној архитектури данас.

Према дефиницији Закона о планирању и изградњи РС, енергетска ефикасност у зградарству подразумева ефикасно коришћење енергије уз примену оптималних мера, чији је циљ: смањење потрошње енергије уз финансијску уштеду за крајњег корисника, угоднији и квалитетнији боравак у згради, смањење трошкова одржавања и продужење животног века зграда, допринос заштити околине и смањењу емисије штетних гасова [105]. Енергетска ефикасност зграде се може тумачити преко потрошње енергије у згради тј. енергетских перформанси зграде. Спроведеним истраживањем извршена је анализа енергетских перформанси војвођанске куће и на тај начин процена њене енергетске ефикасности.

4.2.1 Потрошња енергије у зградарству

Улога зграда у потрошњи енергије је веома значајна данас. Стамбени и пословни објекти потроше просечно 41% укупне светске енергије и произведу 33% од укупне емисије CO₂ у атмосферу, према подацима ИЕА (International Energy Agency) за 2005 годину. На глобалном нивоу укупан удео објеката у потрошњи енергије је у константном порасту и потенцијали за уштеду на пољу зградарства постају све значајнији [84].

Енергија потребна за нормално функционисање објекта на годишњем нивоу $Q_{an,PR}$ [kWh/a] дефинисана је важећим Правилником о ЕЕ зграда као збир примарних енергија потребних за рад свих уграђених техничких система (климатизација, грејање, хлађење), за припрему санитарне топле воде, за осветљење и рад помоћних система и уређаја. Од укупне потребне енергије у објекту свакако је највећи удео за грејање објекта, у климатским условима на нашим просторима. Важећи Правилник о ЕЕ зграда прописује максималну дозвољену годишњу потребну енергију за грејање објекта која износи: за новоизграђене стамбене објекте 65 kWh/m²a за постојеће стамбене објекте 75 kWh/m²a [109] што је далеко испод просечне годишње потрошње енергије за грејање у стамбеним зградама у РС. Процењује се да је средња годишња потрошња топлотне енергије у стамбеним зградама у РС (за објекте грејане из система даљинског грејања и локалних котларница) значајно изнад европског просека и да просечно износи 171 kWh/m². Просечна потрошња финалне енергије у топлотне сврхе у стамбеним зградама у ЕУ износи 138 kWh/m²a [118].

Када је реч о потрошњи енергије у зградарству, енергија потрошена у објекту на годишњем нивоу приликом коришћења објекта само је сегмент укупне потрошње енергије једног објекта, која представља целокупну потрошњу енергије у животном циклусу зграде. То је у првој фази потрошња енергије која се користи у процесу изградње зграде (енергија која је потрошена у процесима експлоатације сировина и ресурса и процесу њихове прераде у грађевинске материјале, транспорт итд.; поред тога енергија која се троши и при процесу припреме градилишта, као и енергија за обављање грађевинских радова). Након изградње, у другој фази животног циклуса зграда захтева константан проток енергије током њеног коришћења и одржавања (грејање, хлађење, осветљење и коришћење електричних апарата у домаћинству).¹¹ Након завршетка животног века зграде, троши се велика количина енергије да би се она срушила и да се отпад транспортује до депоније [39]. Потребно је нагласити да је енергија потрошена у процесу изградње објекта, на градилишту у константном порасту последњих година, као последица све сложенијих механизма и процеса у изградњи објекта [13].

Данас се у модерном свету, потрошња енергије у зградарству може значајно смањити применом мера приликом изградње и пројектовања нових објеката или реконструкције и доградње постојећих: употребом елемената пасивног дизајна у пројектовању објекта (одговарајућом оријентацијом и положајем зграде, коришћењем природне вентилације и сл.), поред тога употребом активних система и употребом система који користе обновљиве изворе енергије, а пре свега побољшањем термичких перформанси грађевинског омотача објекта (додавањем термоизолације). Спроведеним истраживањем извршена је процена потрошње годишње потребне топлоте за грејање одабране традиционалне војвођанске куће, на основу које је дефинисан и њен енергетски разред (поглавље 8 дисертације).

4.2.2 Дефиниција појма енергетски ефикасне зграде

Под појмом енергетске ефикасности у зградарству се подразумева спровођење низа мера и успостављање механизма који ће обезбедити трајно смањење потрошње

¹¹ Улазна енергија потребна за ископавање, транспорт и производњу грађевинског материјала, плус енергија употребљена за изградњу, може представљати чак четвртину од енергије потребне за животни циклус енергетски ефикасне зграде [46].

енергије у новим зградама и приликом реконструкције постојећих. Примена ових мера пружа велике могућности како за смањење потрошње енергије тако и за смањење штетних утицаја на окружење. Уколико се узме у обзир да се према проценама, у зградама у Србији троши око половина укупне произведене енергије (више него за потребе индустрије и саобраћаја), постаје јасно да свака уштеда у овом сектору има значајне стратешке импликације на националном нивоу [37].

Када говоримо о области ЕЕ у зградарству данас, циљ је да се постигну задовољавајући услови комфора за кориснике објекта уз максималну економичност и што мањи трошак у потрошњи енергије приликом 1.) изградње објекта и 2.) њихове експлоатације. Поред тога циљ је и да се употреба необновљивих извора енергије замени обновљивим и да се елиминишу процеси и материјали који нису *пријатни за околину* (енг.: *environmental friendly*), као и да се подстакне употреба материјала који имају могућност рециклаже.

Енергетски ефикасне зграде подразумевају повећање енергетске ефикасности постојећих и нових зграда и система за грејање и хлађење, затим, интегралне системе који укључују и саму зграду и техничко-технолошки систем у њој, као и повећање енергетске ефикасности производних технологија које се одвијају у појединим зградама [14]. Појам је дефинисан и важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС: енергетски ефикасна зграда је зграда која троши минималну количину енергије уз обезбеђење потребних услова комфора у складу са овим правилником. Енергетски ефикасне зграде, применом адекватних интегрисаних решења при самом пројектовању или апликацијом додатних система и уређаја, остварују уштеду у укупној потрошњи енергије.

Важећи Закон РС Правилником о енергетској ефикасности зграда дефинише да је енергетска ефикасност зграде остварена ако су испуњена следећа својства зграде (Члан 5.):

- 1) обезбеђени минимални услови комфора (ваздушног, топлотног, светлосног, звучног) који су садржани у прилогу Правилника о енергетској ефикасности зграда РС (Прилог 5. услови комфора),
- 2) потрошња енергије за грејање не прелази дозвољене максималне вредности по m^2 површине, садржане у прилогу Правилника о ЕЕ зграда РС.

Према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда РС дефинисана је и **методологија одређивања енергетских перформанси зграда**: одређивањем годишње потребне топлоте за грејање, укупне годишње финалне и примарне енергије, годишње емисије CO₂. Сви референтни климатски подаци и препоручене вредности улазних параметара прорачуна приложене су уз Правилник и чине његов саставни део.

Потребно је нагласити да енергетски ефикасна зграда неизоставно мора бити комфорна за боравак људи, зграда која штеди енергију, а не садржи елементарне услове комфора није прихватљиво решење (ваздушниог, топлотног (термичког), светлосног (визуелног), звучног (акустичног) и просторног комфора). Појам комфора подразумева да су испуњени основни услови угодног боравка и рада у унутрашњем, изграђеном простору, као и да нема штетних утицаја на здравље корисника.

Данас постоје и бројне дефиниције појма енергетски ефикасне зграде у иностраној литератури.¹² Енергетски ефикасне куће су пројектоване и грађене тако да рационално троше енергију. То се постиже применом нових материјала, технологија, метода пројектовања и експлоатације [69]. Постоје и енергетски ефикасне зграде чија се енергетска ефикасност не базира на употреби савремених система и најновијих технологија у архитектури да би се постигла уштеда енергије. Оне користе локалне грађевинске материјале и технике грађења, као и објекти традиционалне архитектуре, и помажу очувању природних и створених услова окружења одређеног поднебља [63].

4.2.3 Енергетске перформансе зграде

Појам **енергетске перформансе зграде** (енг: *energy performance of buildings*) дефинисан је директивом Европског парламента о енергетским перформансама згрде. Овом директивом појам енергетских перформанси зграде дефинисан је преко годишње потребне енергије која се употреби за задовољавање специфичних потреба зграде, што је практично енергија за грејање, хлађење, припрему санитарне топле воде, вентилацију и осветљење [100]. У Правилник о условима, садржини и начину

¹² У истраживању које је спроведено 2008 године, а које се односи на зграде високих енергетских перформанси, идентификовано је 17 различитих термина који се користе на простору ЕУ а дефинишу појам енергетски ефикасне зграде [29].

издавања сертификата о енергетским својствима зграде РС употребљен је израз **енергетска својства зграде** која се дефинишу на основу одређивања годишње потребне топлоте за грејање и на основу којих се дефинише енергетски разред зграде [109]. Правилник предвиђа да се, до дана избора програмског пакета, израчунавање енергетских својстава зграде врши на основу одређивања годишње потребне топлоте за грејање, од дана избора програмског пакета овај прорачун вршиће се на основу енергије за грејање, хлађење, припрему санитарне топле воде, вентилацију и осветљење што је у складу са Европском директивом. Правилник о енергетској ефикасности зграда РС употребљава појам **енергетске перформансе** и дефинише методологију одређивања енергетских перформанси зграде [108].

Одговарајуће енергетске перформансе зграде је могуће постићи добром оријентацијом објекта (дневна зона/оријентација ка југу, помоћне зоне/оријентација ка северу), добром топлотном изолацијом целог објекта, употребом прозора са термоизолационим стаклом, употребом нискотемпературних систем грејања и адекватном вентилацијом објекта.

Ауторка у тексту дисертације користи појам енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће, које су одређене на основу годишње потребне топлоте за грејање у поглављу 8 дисертације.

4.3 Законски оквир, регулативе и важећи прописи

У државама развијеног света седамдесетих година прошлог века интензивно су почеле да се доносе законске регулативе које се баве проблемом глобалног смањења потрошње енергије и смањењем штетних утицаја на животну средину. Уследио је низ прописа, регулатива, законских аката, акционих планова, који се константно развијају, допуњују и унапређују до данашњег дана, пратећи притом тенденције у погледу смањења потрошње и уштеде енергије у грађевинарству и уопште.

4.3.1 Законски оквир, регулативе и важећи прописи у РС

Србија је у складу са општим тенденцијама за повећањем енергетске ефикасности у зградарству и са извесним закашњењем у односу на већину земаља ЕУ предузела

прве конкретне активности на овом пољу. Први пут се значај енергетске ефикасности (у сектору потрошње и производње) дефинише Законом о енергетици из 2004. године и у циљу унапређења стања у области ЕЕ, ствара правни оквир за оснивање Агенције за енергетску ефикасност [104]. Повећање енергетске ефикасности у производњи, дистрибуцији и коришћењу енергије код крајњих корисника услуга је један од циљева националне стратегије одрживог развоја [107].

У Републици Србији је интензиван развој законске регулативе из области енергетске ефикасности присутан у протеклих десет година и енергетска ефикасност је утврђена као приоритет у стратегији одрживог развоја. Националну стратегију одрживог развоја Влада РС је усвојила 9. маја 2008. године са Акционим планом за спровођење (којим се утврђују мере и активности за период 2009. до 2017. године). Циљ је да се енергетска пракса и пратеће законодавство доведе у оквир стандарда ЕУ [124].

Правни оквир за успостављање мера енергетске ефикасности у области архитектуре и грађевинарства у РС представљају:

- *Закон о планирању и изградњи*. "Службени гласник Републике Србије" бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014.
- *Правилник о енергетској ефикасности зграда*. "Службени гласник Републике Србије", бр.61/2011
- *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграде*. "Службени гласник Републике Србије", бр.61/2011 и 3/2012.

Први пут Закон о планирању и изградњи РС из 2009. године даје дефиницију енергетске ефикасности у сектору зградарства и уводи термине као што су: унапређење енергетске ефикасности, енергетска својства објекта, сертификат о енергетским својствима и сл [105]. На основу Закона о планирању и изградњи 2011. године је усвојен Правилник о енергетској ефикасности зграда [108]. Овим правилником прописани су услови за постизање енергетске ефикасности зграда, топлотне карактеристике грађевинских материјала и елемената, такође и поступци на основу којих се може утврдити да ли су такви захтеви испуњени. Кључни проблем за

спроведено истраживање је чињеница да су алати и методе прорачуна дефинисане Правилником о енергетској ефикасности зграда и Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграде усмерене ка савременим материјалима и техникама грађења. Наведени правилници представљају и основни законски оквир за анализу енергетских перформанси традиционалне троделне војвођанске куће са енергетског аспекта спроведене у овој докторској дисертацији.

Поред законског оквира који је дефинисан законима, правилницима, уредбама, акционим плановима из области енергетске ефикасности присутне су и бројне иницијативе на нивоу локалних самоуправа, са циљем сагледавања енергетске ефикасности локалних заједница и проналажењем мера за унапређење, у зградарству и у свим осталим сегментима привреде.

4.3.2 Правилник о енергетској ефикасности зграда РС

Правилник о енергетској ефикасности зграда РС примењује се од 30. септембра 2012. године. Овим правилником ближе се прописују енергетска својства и начин израчунавања топлотних својстава објеката високоградње, као и енергетски захтеви за нове и постојеће објекте. Овај правилник по први пут дефинише појам енергетске ефикасности, као и потребу за енергетским сертификавањем зграда.

Важећи Правилник прописује и израду елабората ЕЕ на основу кога се врши процена енергетских перформанси зграде (чија је обавезна садржина прописана Чланом 23.) Прописују се и услови, садржина и начин издавања сертификата о енергетским својствима зграде. Поред тога, дефинисан је појам *Енергетски пасош* као документ који садржи обрачунате вредности потрошње енергије у оквиру одређене категорије зграда, на основу којих се зграда сврстава у одговарајући енергетски разред и на тај начин практично представљају индикатор енергетских својстава зграде.

За стамбене зграде, енергетски разред зграде изражава се преко годишње потребе енергије за грејање објекта за референтне климатске податке, сведено на јединицу корисне површине зграде. Правилником о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграде, објекти се сврставају у осам енергетских разреда од најповољнијег А+ ($\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) до најнеповољнијег Г

(>250k Wh/(m²a)). Израда енергетског пасоша предвиђена је за све нове зграде и за постојеће зграде које се реконструишу, адаптирају, санирају или енергетски санирају, осим зграда које су правилником изузете од обавезне енергетске сертификације.

У спроведеном истраживању Правилник о енергетској ефикасности зграда РС представља полазни документ за рачунско испитивање енергетских перформанси традиционалне троделне војвођанске куће од набоја. Прорачун је извршен за основни тип троделне традиционалне војвођанске куће према важећем правилнику помоћу одабраног софтвера.¹³

4.3.3 Законски оквир, регулативе и важећи прописи у земљама ЕУ

У земљама Европске уније почетком седамдесетих година прошлог века започиње интензивно бављење темом енергетске ефикасности на глобалном нивоу.¹⁴ Као један значајан сегмент ове савремене доктрине развија се и тема енергетске ефикасности у зградарству која је до данас све интензивније праћена и законским регулативама. Управљање и надзор над енергетским потребама изузетно је важан алат који омогућава земљама чланицама, као и ЕУ, као јединственој целини да утиче на глобалну потрошњу енергије.

Европска унија системским мерама упућује све земље чланице на стално повећање енергетске ефикасности. Донешене су бројне директиве (оне дефинишу механизме и принципе који морају бити примењени у свакој држави чланици као платформе за регулативе и прописе у грађевинарству, али и у свим осталим секторима) и постављени конкретни циљеви остварења веће енергетске ефикасности које следе све земље чланице. Земље чланице на бази директива доносе националне прописе уважавајући притом специфичности свог поднебља [107].

Кључна европска директива за енергетску ефикасност зграда је Директива број EPBD2010/ 31/EC од 19. маја 2010. године (*Energy Performance of Buildings*

¹³ Будући да предвиђена примена Националног софтвера за израчунавање енергетске ефикасности није још увек почела, одабран је софтверски програм *КнауфТерм ПРО*.

¹⁴ Од нафтне кризе 1973-74 године, регулативе које третирају енергетску ефикасност укључују се у прописе и стандарде већине развијених земаља. Први европски, тачније немачки стандард, који разматра тему топлотне заштите и топлотних губитака ступио је на снагу давне 1952. године, а тада се први пут појављује ДИН 4108, који у модификованом облику постоји и данас.

Directive II) [99].¹⁵ Основни циљ ове директиве је практичан приступ и промовисање побољшања енергетске ефикасности зграда, узимајући у обзир спољашње локалне и климатске услове, као и унутрашње климатске захтеве и економичност. Ова директива је основни документ подржан низом стандарда. EPBD II прописује захтеве који се односе на:

- генерални оквир за методологију интегрисаног прорачуна ЕЕ зграда,
- примену минималних захтева у погледу ЕЕ зграда (нових зграда и приликом санације и обнове постојећих),
- националне планове за повећање броја ЕЕ зграда (зграда са скоро нултом потрошњом енергије),
- енергетску сертификацију зграда,
- редовну контролу котлова и система за хлађење,
- независне системе за инспекцијске контроле енергетских сертификата.

Поред ове основне директиве, постоје и многе друге које је ЕУ донела у овој области: Директива о енергетској ефикасности и енергетским услугама (2006/32/EC) [97], Директива (89/106/EEC) о усклађивању законских и управних прописа држава чланица о грађевинским производима [94], Директива о коришћењу обновљивих извора енергије (2009/28/EEC) [98], и Директива (93/76/EEC) о ограничавању емисије угљен-диоксида повећањем енергетске ефикасности [95], као и бројни други пратећи документи. На бази прописаних директива ЕУ појединачне земље чланице доносе националне прописе, уважавајући притом специфичности свога поднебља.

Република Србија се данас налази у процесу усклађивања и усвајања регулатива које су на снази у ЕУ, иако је у погледу реализације прописа веома заостаје за земљама ЕУ.

4.3.4 Третман традиционалне архитектуре у важећим прописима РС

¹⁵ Овој директиви претходила је директива из 2002. године EPBD2002/ 91/EC (*Energy Performance of Buildings Directive*) [96]. Ова директива обавезује земље чланице да унапреде регулативе везане за грађење зграда, да уведу сертификацију зграда везану за потрошњу енергије и уведу редовну контролу котлова и система за хлађење.

Када је реч о третману традиционалне архитектуре у важећим прописима РС постоје две основне групе проблема: 1.) недостатак правила и норми за грађења (прописи везани за стабилност конструкција) и 2.) недостатак прописа и основних података о термичким карактеристикама свих традиционалних материјала. Објекти традиционалне архитектуре на простору целе републике Србије немају адекватан третман у важећим прописима и законским актима, нити адекватну институционалну потпору. Изузетак су објекти под заштитом Завода са заштитом споменика културе, чији третман се своди само на аспект заштите објекта као споменика културе или као дела просторне културно-историјске целине.

Када говоримо о третману традиционалне архитектуре Војводине у важећим прописима потребно нагласити и конкретне проблем везан за евентуалну обнову и доградњу објеката и евентуалну изградњу савремених објеката од набијене земље. Наиме, 1952 године је донета забрана градње земљом у урбаним подручјима [43]. Поједини стручњаци сматрају да је овај закон, будући да други није донет, и даље на снази, други сматрају да уредба није обухваћена ниједним важећим законом и не може се сматрати правоснажном. Поставља се питање третмана објекта уколико би се обратили на локалном нивоу са захтевом за грађевинску дозволу за изградњу новог објекта од набијене земље!?

Што се тиче енергетског аспекта традиционалних објеката у важећим прописима РС, Правилник о енергетској ефикасности зграда РС нуди веома ограничене податке за традиционалне технике грађења. За зид од набоја поједине вредности нису дефинисане правилником. У важећем Правилник РС вредност за топлотну проводљивост λ [W/(mK)] дефинисана је само за насуту земљу (влажну), док за набијену земљу не постоји. Поред тога Правилник не дефинише вредност за топлотну проводљивост за блатне малтере који су завршна обрада сваког зида од набијене земље. Иностране прописи дефинишу вредности за топлотну проводљивост за зид од набијене земље (eng.: *rammed earth*) и за блатне малтере (eng.: *mud plaster*) [91]. Поставља се питање како приликом реконструкције и доградње постојећег традиционалног објекта извршити и процену енергетских перформанси објекта у складу са важећим Правилником који показује евидентне недостатке када је у питању третман традиционалних техника грађења!?

У сваком случају, јасно је да не постоје адекватни законски акти који третирају изградњу објеката од набоја и да је ова тема на простору РС занемарена. Инострана

пракса показује посебне стандарде, законске акте, прописе у државама које имају традицију зидања земљом: Мексико, Аустралија, Нови Зеланд, САД итд. где објекти од набијене земље не подлежу једнаком третману као и објекти изграђени од савремених грађевински материјала. Ови стандарди баве се свим аспектима изградње објеката од набијене земље (естетским, конструктивним, енергетским и сл.) [101].

4.4 Недостаци грађевинског фонда Војводине са енергетског аспекта

Постојећи стамбени фонд Војводине и целе Србије грађен је према енергетским прописима који се са данашњег становишта могу сматрати енергетски застарелим, у условима релативно јефтине електричне енергије и недовољне примене прописа о топлотној заштити зграда. Кључне одлике целокупног енергетског сектора у Србији су ниска енергетска ефикасност (и у производњи и у потрошњи), застарелост технологија у производном сектору, низак ниво инвестиција, нереално ниска цена електричне енергије, низак удео обновљивих видова енергије и нерационална потрошња свих видова енергије.

Претходно су изнете процене да у Србији средња годишња потрошња топлотне енергије изражена по јединици корисне површине у стамбеним зградама износи око 171 kWh/m²a. Просечна потрошња за старије објекте, чији је удео у грађевинском фонду значајан, износи на годишњем нивоу и до 200-300 kWh/m²a. Са друге стране, просечна потрошња финалне енергије у стамбеним зградама у ЕУ износи 132 kWh/m²a. У појединим земљама далеко мање од овог просека, у Данској 106 kWh/m²a, Пољска према новим стандардима прописује 90-120 kWh/m²a, Шведска има још строже критеријуме за новоизграђене објекте 60-90 kWh/m²a [31]. Ово јасно говори у прилог колико је енергетска ситуација у зградарству на ниском нивоу у Србији.

Једна од карактеристика великог дела стамбеног и нестамбеног фонда у Војводини и целој Србији је и нерационално велика потрошња свих типова енергије првенствено за грејање а последњих деценија због пораста средњих температура током летњих месеци и за хлађење зграда. Од укупне потрошене енергије у зградама (што

износи око 41 % укупне потрошње финалне енергије) око 65 % је енергија потрошена за загревање објекта [103].¹⁶

Разлози за велику потрошњу енергије у зградарству су недостаци већег дела грађевинског фонда: слаба изолациона својства термичког омотача већине зграда, дотрајалост прозора, дотрајалост и низак енергетски разред већине кућних апарата и бојлера, а потребно је и нагласити да су ретка домаћинства која користе штедљиве сијалице за осветљење.

Највећи део целокупног грађевинског фонда РС чине индивидуални стамбени објекти, они чине и највећи део грађевинског фонда Војводине [37]. Индивидуални стамбени објекти су веома погодни за унапређивање енергетских перформанси будући да представљају самосталне јединице на којима су интервенције релативно једноставне и брзе. Из тог разлога се и ова дисертација бави анализом енергетских перформанси управо традиционалне троделне војвођанске куће и разматра могућности унапређења њених енергетских перформанси. Појединачним интервенцијама је могуће остварити допринос у уштеди у укупној потрошњи енергије и на тај начин допринети побољшању целокупног енергетског биланса на простору целе покрајине.

4.5 Традиционална архитектура и енергетски аспект

Објекти традиционалне архитектуре чине значајан део грађевинског фонда Војводине, на простору ове покрајине објекти изграђени до 1945 године чине око 26% укупног броја објеката у грађевинском фонду ове покрајине.¹⁷ Имајући у виду колики део грађевинског фонда чини традиционална архитектура постаје јасно колико је значајна тема енергетског аспекта ових објеката.

¹⁶ У Србији се данас 26% укупне површине зграда загрева из система даљинског грејања и локалних котларница са ЦГ (14% из даљинских сис. и 12% из локалних котларница); 14% из електроенергетског система; 10% из система природног гаса; 50% укупних површина користи за загревање чврста горива у локалним пећима (уља, огревно дрво, отпад и др.).

¹⁷ Овде спадају традиционалне војвођанске куће различите по структури, за чију се изградњу као грађевински материјал користила набијене земље, черпић или опека.

Потребно је нагласити да се сваки објекат традиционалне архитектуре са енергетског аспекта понаша на специфичан начин и да свака зграда функционише као јединствен систем, који је у тесној вези са својим непосредним окружењем [102].

Проучавање традиционалне архитектуре пружа и сазнања која у виду препорука (за грађење савремених објеката на овим просторима) представљају потенцијал за уштеду енергије. Овај потенцијал садржан је у богатом градитељском искуству које се преносило кроз генерације мајстора градитеља из народа који су имали на располагању скромна економска средства и локално доступне грађевинске материјале. Многе објекте традиционалне архитектуре можемо сматрати енергетски ефикасним и одрживим, иако у функционалном смислу неадекватним за савремени начин живота. Данас постоје бројна истраживања која проучавају примере традиционалне архитектуре из целог света и могуће начине примене њихових концепата у савременом одрживом пројектовању и на тај начин повећање степена енергетске ефикасности зграда [80]. Поред тога су присутна и истраживања која анализирају примере традиционалне архитектуре са аспекта енергетске ефикасности у вези са примењеним грађевинским материјалима и техникама грађења, примењеним пасивним техникама грејања и хлађења, примењеним вернакуларним принципима које су у корелацији са савременим биоклиматским принципима пројектовања [82].

Енергетски аспект традиционалних објеката претставља недовољно истражено поље архитектуре код нас, коме је потребно посветити посебну пажњу. Поред тога евидентан је и неадекватан третман објеката традиционалне архитектуре у законским актима и правилницима који се баве темом енергетске ефикасности, али и у стручној литератури и у образовним институцијама.¹⁸

4.6 Значај очувања постојећих традиционалних објеката у грађевинском фонду

Када је реч о објектима традиционалне архитектуре на простору РС, чињеница је да се велики број власника пре свега стамбених објеката, одлучује за рушењу постојећих и

¹⁸ Ова тема обрађена је у у поглављу 9 дисертације: Могућности унапређења енергетских перформанси војвођанске куће од набоја .

изградњу нових објеката а не реконструкцију. Очување постојећих објеката традиционалне архитектуре има вишеструки значај, у контексту уштеде енергије али и очувања градитељског наслеђа.

Ресурс који представљају већ изграђени објекти чини кључну компоненту одрживог развоја и уштеде енергије на глобалном нивоу. Количина енергије и ресурса инвестираних у један објекат је огромна. Уколико се узме у обзир целокупна потрошња енергије у животном циклусу једног објекта, постаје јасно колика се уштеда може постићи обновом постојећих објеката традиционалне архитектуре уместо изградње нових. То је енергија која је већ потрошена у животном циклусу објекта приликом извлачење сировина, у процесу производње грађевинског материјала, у транспорту и приликом уградње, приликом одржавања и санирања објекта, као и приликом рушења. Код традиционалне војвођанске куће она је била сведена на минимум, градило се снагом људи и животиња са локално доступним материјалом, али се рушењем постојећег објекта и изградњом новог улази у нови циклус потрошње енергије за производњу, транспорт и уградњу савремених грађевинских материјала. Искоришћавање постојеће инфраструктуре и постојећег грађевинског фонда који је у добром стању, као и материјала затечених на самој локацији представља стратегију *оптимизација локалних ресурса* [16]. Код набијене земље, која је такође грађевински материјал који се узима са лица места, енергија потрошена у процесу производње (енг.: *embodied energy*) процењује се на 0,7 MJ/kg што је значајно мање од енергије употребљене за производњу печене опеке која је процењена на око 2,7 MJ/kg или бетонских блокова 3,6 MJ/kg [51]. Употреба материјала који потичу из непосредног окружења, који су веома мало обрађивани и уграђени на самој локацији или веома близу места где су пронађени осим енергија за транспорт, значајно је редуцирано и загађење које се ослобађа током транспорта грађевинског материјала [83].

Да би се сачували постојећи традиционални објекти у грађевинском фонду Војводине, бројне објекте је потребно обновити. У грађевинском фонду Војводине који чине традиционални објекти постоје објекти намењени становању од набијене земље, опеке и у веома малом броју од других локалних грађевинских материјала (дрво, непечена опека). Приликом обнове постојећих објеката традиционалне архитектуре пожељно је унапредити и енергетске перформансе објекта и потребно је у функционалном смислу објекте прилагодити потребама савременог живота. Обнови и доградњи традиционалне војвођанске куће треба приступити уколико је кућа у

конструктивном смислу без значајних оштећења и уколико се закључи да је њена обнова и санација смислена и економски оправдана. Тема реконструкције и доградње традиционалних троделних војвођанских кућа од набоја и могућности унапређења њихових енергетских перформанси обрађена је у поглављу 9 дисертације.

Поред објеката традиционалне архитектуре чија је намена становање, постоје и бројни објекти традиционалне архитектуре других намена, у укупном грађевинском фонду Републике Србије. Савремени тренд у развијеним земљама подстиче адаптацију и поновну употребу старих руинираних зграда, који представља одличну одрживу меру којом се може уштедети велика количина енергије и смањује се количина отпада [39]. Објекти добијају нове функције у складу са актуелним потребама насеља и његових становника.

Очување постојећих традиционалних објеката у грађевинском фонду, у сваком случају представља велики потенцијал за уштеду енергије на глобалном нивоу. У случају Војводине, потенцијална уштеда енергије може достићи висок ниво с обзиром на велики број традиционалних кућа у укупном грађевинском фонду. Поред тога, потребно је нагласити да је очување постојећих објеката у грађевинском фонду веома значајно и са аспекта очувања културно историјског наслеђа и јединствених амбијенталних целина војвођанских насеља.

АНАЛИЗА АРХИТЕКТОНСКО ГРАЂЕВИНСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ

Бројна савремена истраживања до сада спроведена показала, су да су архитектонско грађевинске карактеристике традиционалне архитектуре резултат доследног поштовања градитељских принципа који су проистекли из интеракције објекта, окружења и начина живота. Овако примењени градитељски принципи резултат су и искуственог знања мајстора градитеља, које се генерацијама преносило и развијало, а њихов основни циљ је била економична изградња комфорног дома са локално доступним материјалима. Овакав приступ, где локална клима и локални природни ресурси представљају полазиште за изградњу сваке куће, омогућава стварање економичне и рационалне архитектуре уз оптимално коришћење енергетских и материјалних ресурса и у том смислу је близак савременим препорукама за постизање енергетске ефикасности у архитектури и одрживој архитектури као ширем појму.

5.1 Анализа архитектонско – грађевинских карактеристика куће

Традиционална троделна војвођанска кућа располаже великим потенцијалом у савременом контексту енергетске ефикасности. Масивни зидови од набоја дебљине и до 60 cm су кључни елемент, који чини да је ова кућа од давнина карактерисана кроз искуства сељака као кућа *која лети чува свежину, а зими топлоту* [33].

Постоји велики број градитељских принципа које примењује народна архитектура, а који су релевантни за савремену одрживу праксу: енергетски промишљено урбано планирање; оптимизирање потенцијала саме локације; прилагођавање објеката према локалним климатским и топографским условима; поновна употреба здравих делова зграде или грађевинског материјала; обезбеђивање задовољавајућег термичког комфора помоћу избора природних материјала [80].

Истраживањем се жели испитати примена ових градитељски принципа код троделне војвођанске куће од набоја. Анализирани су архитектонско грађевинске карактеристике куће које су дефинисане Правилником о ЕЕ зграда РС као технички захтеви за постизање енергетске ефикасности зграда: урбанистички параметри (локација, парцела, положај зграде), оријентација објекта, функционални концепт зграде, облик и компактност зграде, топлотно зонирање зграде, природна вентилација, начин коришћења природног светла и осунчања, отвори, застори и заштита од Сунца.¹⁹

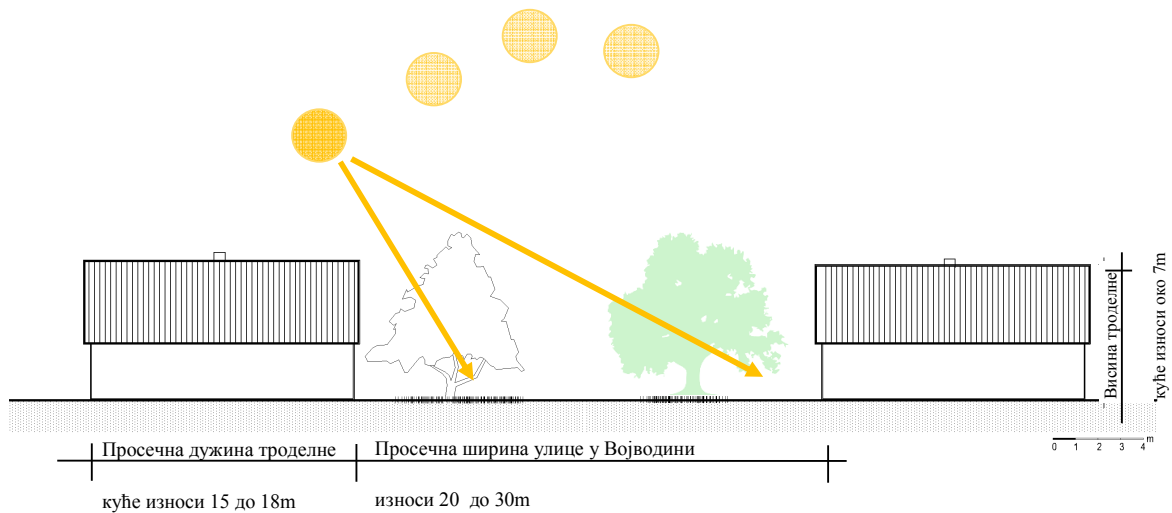
5.1.1 Урбанистички параметри

Правилним позиционирањем зграде у ширем урбанистичком контексту могу се на оптималан начин искористити одређени аспекти окружења као што су: погодан проток ветра кроз улицу, осунчање, позиција у односу на остале елементе изграђеног или природног окружења. Бројна савремена истраживања показала су да адекватно позиционирање зграде у односу на природне и створене параметре окружења може имати значајан утицај на перформансе објекта и животни комфор. Да би се омогућило проветравање на нивоу урбане матрице и избегло непогодно засенчење као последица блиско постављених објеката, потребно је да улични профили буду довољне ширине. Поред тога, пружање улице које омогућава оптимално проветравање и инсолацију је правац исток-запад [69].

Бројна до сада спроведена теоријска истраживања показују да је оптималан облик парцеле правоугаони. Потребно је да парцела буде довољне ширине како би се омогућило проветравање и избегло непогодно засенчење као последица блиско постављених објеката. Другим речима, облик и димензија парцеле и објекта морају бити у добро избалансираном односу. Однос објекта и парцеле дефинисан је савременим урбанистичким параметрима: степен и индекс изграђености. Парцеле мале ширине непогодне су зато што доводе до отежаног струјања ваздуха што је нарочито непогодно у летњим месецима, а услед блиско постављених објеката честа су засенчења.

¹⁹ Правилник дефинише техничке захтеве за постизање енергетске ефикасности зграде: оријентација објекта и функционални концепт зграде, облик зграде, топлотно зонирање, природна вентилација, начин коришћења природног светла и осунчања, оптимизација система природне вентилације, оптимизација структуре зграде [108].

У случају војвођанских насеља, улични профили просечне ширине од 20 до 30m (у изузетним случајевима и до 45m) омогућавају несметану инсолацију и проветравање (слика 5.1). Правац пружања улице није увек оптимално позициониран (исток-запад) и условљен је позиционирањем урбане матрице насеља. Улице широког профила и парцеле великих димензија (ширине и до 40 m, дубина 120-150 m) са малим степеном изграђености омогућавају несметану инсолацију.



Слика 5.1: Попречни пресек улице у Војводини. Улични профили велике ширине омогућавају несметану инсолацију и проветравање

Поједини аутори (Б. Којић) као главни недостатак позиционирања традиционалне троделне војвођанске куће у углу парцеле, а не као слободностојећи објекат у средишњем делу парцеле, види недостатак попречног проветравања објекта [42]. Обиласком стања на терену аутор није уочио недостатак попречног проветравања, у највећем броју случајева парцеле су проветрене и добро осунчане у широким улицама са пуно зеленила.



Слика 5.2: Урбана Матрица у Војводини. Слободностојећи објекти на пространој парцели, несметана инсолација и проветравање

5.1.2 Оријентација

У складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда оријентацију објекта је потребно пројектовати тако да се максимално искористе услови локације (Сунце, ветар, зеленило) [108]. Препорука је поставити зграду тако да просторије у којима се борави преко дана буду оријентисане ка југу у мери у којој то урбанистички услови дозвољавају [64]. Објекат је потребно позиционирати и у складу са условима створеног-изграђеног окружења. У зависности од изграђеног окружења зависиће и осунчаност куће, изложеност ветру итд.

Што се саме оријентације куће тиче у најопштијем смислу, идеална позиција куће је дужом страном постављена у правцу исток-запад, тј. шира страна правоугаоне парцеле у правцу исток-запад, а ужа у правцу север-југ [69]. Идеална локација парцеле је отклон од 12° ка југу (уколико је улица у паду у правцу исток-запад). Тако се

постигне оријентација дуге стране куће ка југу (на северној хемисфери), уколико се том приликом на њој адекватно позиционирају отвори (стаклене површине) могу се остварити значајни соларни добици у току грејне сезоне, са максимално стаклених површина 15-20% укупне површине пода.

У погледу оријентације традиционалне војвођанске куће може се констатовати да не постоји јасно изражено правило.²⁰ У најопштијем смислу се може констатовати да ортогонална улична матрица својом позицијом, половини улица омогућава повољну позицију у правцу приближно исток-запад и на тај начин идеалну оријентацију објекта, док је остатак улица (последично и објеката) са не тако повољном оријентацијом (слика 5.3).



Слика 5.3: Село у Војводини. Ортогонална улична матрица и објекти који су оријентисани под углом од 90°. Оријентација дуге стране куће ка југу док је у попречној улици оријентација краће стране куће ка југу

Може се констатовати да без обзира на микролокацију и оријентацију самог објекта, изграђено окружење традиционалног војвођанског насеља, са правилном ортогоналном матрицом која се без ограничења пружа по пространој равници, омогућава релативно повољне услове осунчаности, проветрености као и изобиље зеленила.

²⁰ Детаљнијим анализама, које су потенцијални предмет будућих истраживања, би се могло установити да ли су насеља била позиционирана тако да се максимално искористе природни услови локације. У плану је и истраживачки рад који би обухватио анализу салаша у Војводини, њихове позиције у односу на природне услове терена. Циљ је испитати у којој мери су традиционални градитељи са ових простора свесно користили природне услове локације, пре свега оријентацију објекта.

5.1.3 Функционални концепт зграде

Функционални концепт зграде је потребно пројектовати тако да се максимално искористе услови локације (сунце, ветар, зеленило) [108]. Када је реч о традиционалној војвођанској кући функционални концепт куће може се тумачити на два нивоа:

1. ниво парцеле - домаћинства (кућа са парцелом као функционална целина),
2. кућа (сам простор куће као засебна функционална целина).

Функционална шема традиционалне војвођанске куће и целог домаћинства проистекла је из потреба и начина живота становника војвођанских села, и прилагођена је одвијању пољопривредних делатности на пространој ортогоналној парцели. Простор куће је компактан, позициониран уз регулационе линије у уличном углу парцеле, како би се максимално искористио дворишни део парцеле који формира пространу окућницу пољопривредног домаћинства (анализа функционалног концепта куће и окућнице традиционалне војвођанске куће извршена је у поглављу 3.4 дисертације).

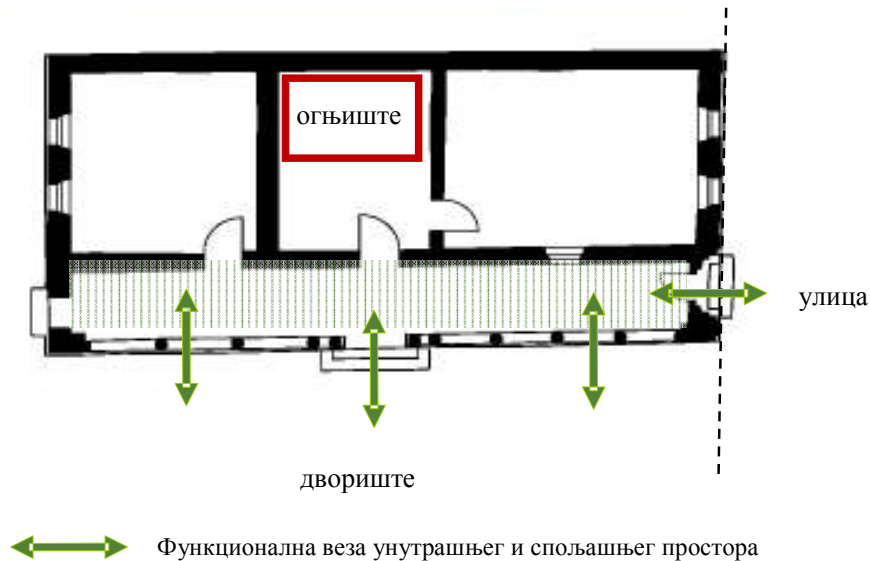
Сви елементи пољопривредног газдинства груписани су на парцели по функционалним целинама. У делу ка улици налазе се репрезентативни садржаји, ка дубини парцеле позиционирани су мање репрезентативни. Распоређивањем помоћних објеката у дубини парцеле и позиционирањем куће као главног слободностојећег објекта у предњем делу парцеле омогућена је и његова несметана инсолација и проветравање.

Битан функционални елемент домаћинства је летња кухиња која је по правилу била издвојена од главне куће. У њој се кувало већи део године (од априла до новембра кад год су то временски услови дозвољавали) и на тај начин избегавано је непотребно прегрејавање куће у летњем периоду.

Трем је значајан функционални елемент традиционалне војвођанске куће. То је простор где се борави у летњем периоду године у засенченом и пријатном амбијенту, а зими штити улаз у кућу од снега, кише и ветра. У летњем периоду године, сунце је већи део дана високо на небу и на југу практично нема директног упада сунчевих зрака на трем, који је надкривен. Током зиме када је упадни угао, под којим сунце пада, низак, сунчеви зраци на југу продиру директно на трем (загревајући притом масивне зидове од набоја или опеке и плочник од опеке). Трем представља функционалну везу

између унутрашњег простора куће и спољашњег простора целог домаћинства (слика 5.4).

Компактна волуметрија традиционалне војвођанске куће у складу је са веома једноставним функционалним концептом. Постоје два главна места дневног боравка у кући: трем лети (као веза између дворишта и куће) и кухиња зими. Просторно и геометријски, и кухиња заузима централно место у кући, јер се у њој се зими кува и борави преко дана. У собама се спава или борави по потреби (у посебним приликама).



Слика 5.4: Троделна војвођанска кућа. Трем као функционална веза између унутрашњег и спољашњег простора. Кухиња као централни загревани простор у кући

5.1.4 Облик и компактност зграде (фактор облика)

Облик зграде треба да буде такав да обезбеди енергетски најефикаснији однос површине омотача и запремине зграде у односу на климатске факторе локације, окружење (природно и створено) и намену зграде. Величина објекта и његов облик у великој мери утиче на регулисање термичког комфора становања. Трансмисиони губици зависе од облика грађевине и односа површина / волумен.

Облик зграде дефинисан је фактором облика зграде $f_o = A/V_e$, [m⁻¹] који представља однос између површине термичког омотача зграде (спољне мере) и њиме обухваћене бруто запремине зграде [108].

Једноставним, компактним обликом објекта постижу се мањи топлотни губици кроз зидове и кров објекта. Простори које су ближе квадратној или кружној основи, односно имају пропорционалан однос зидова 1:1 до 1:2, имају мање топлотне губитке кроз омотач објекта. Компактност просторног плана, као и пропорције просторија и објекта у целини, који теже квадрату (1:1) постижу мањи утрошак енергије за грејање, и на тај начин постиже се енергетски ефикасан облик. Идеалан облик основе зграде је правоугаони, препоручени однос страна куће: $a/b=1/1,5$ до $a/b=1/2$ [54].

Бројна савремена истраживања су показала да компактне зграде са релативно једнаком дужином и ширином (где се однос површине омотача зграде и запремине своди на минимум) могу бити веома ефикасне у погледу грејања и хлађења [53]. Оптималан фактор облика за једнопородичне куће у просеку износи 0,8 до 1,0 m^2/m^3 [53]. За хладније климе препоручени однос површина/запремина зграде је $A/V < 0,7 m^2/m^3$ (енг.: *favorable compactness ratio A/V*).

Код традиционалне троделне војвођанске куће облик основе је увек правоугаон и компактан. Сложенији појавни облици војвођанске куће у каснијим фазама развоја имају сложенији облик зграде који следи једноставну геометријску логику и увек је компактан.

Претходно је поменуто да је традиционална војвођанска кућа увек приземна. Будући да се таван не користи грејани део објекта је компактна призма која има задовољавајући однос површине основе и запремине објекта (слика 5.5). Приликом дефинисања фактора облика зграде $A/V (m^2/m^3)$ код традиционалне војвођанске куће је однос између површине термичког омотача зграде (спољне мере) и њиме обухваћене бруто запремине зграде у просеку $0,45 [m^{-1}]$.²¹

²¹ На основу узорка од шест кућа.



Слика 5.5: Компактан правоугаони облик основе троделне војвођанске куће и компактна волуметрија зграде

Компактан облик основе и форма традиционалне војвођанске куће резултат су потребе за брзом и економичном градњом. Поред тога, форма је била условљена и традиционалном техником зидања набијеном земљом, која није омогућавала зидање високих објеката и премошћавање великих распона, у условима и са средствима и знањем којима је локални мајстор градитељ располагао. **Другим речима, ова компактна једноставна форма настала је пратећи једноставну градитељску логику и логику грађевинског материјала**, за коју можемо рећи да је у складу са савременим препорукама о облику и компактности зграде са аспекта енергетске ефикасности.

5.1.5 Топлотно зонирање зграде

Топлотно зонирање зграде је још један од принципа којим се постиже боља енергетска ефикасност зграде. У складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда, потребно је извршити топлотно зонирање зграде тј. груписње просторија у згради у складу са њиховим топлотним захтевима, како би се максимизирала енергетска ефикасност објекта.

Када посматрамо традиционалну троделну војвођанску кућу и њену структуру, евидентно је присутно топлотно зонирање зграде, које су градитељи, као и сељак, који је управљао кућом и газдинством, још од давнина примењивали. Структура куће је таква да су просторије груписане тако да једно огњиште загрева више просторија. Са друге стране, кућа је од давнина следила елементе топлотног зонирања, те су

постојале собе за боравак, које су се грејале и такозване собе за *славе и сахране* које су имале режим коришћења у складу са којим је био и режим грејања (користиле су се и грејале само у посебним приликама као што су свадбе и сахране).

Централно постављено огњиште у кухињи омогућава да се овај простор, који служи за дневни боравак, и највише загрева. Собе, које се греју индиректно преко дела пећи узиданог у зид, имају мању грејну површину која зрачи топлотом и на тај начин остварују нешто нижу дневну температуру адекватну за простор у коме се спава. Уколико соба има своју пећ на чврсто гориво (не загрева се индиректно) нарочито код вишеделних кућа, просторија се загревала по потреби, када се у просторији боравило (видети поглавље 5.2 у коме је обрађен систем грејања традиционалне војвођанске куће).

Још један елемент топлотног зонирања можемо тумачити на нивоу целог домаћинства. Традиционално војвођанско домаћинство је организовано тако да у унутрашњем делу дворишта (парцеле) има летњу кухињу у којој се борави и припрема храна у летњем периоду године, како би се избегло додатно прегревање унутрашњег простора куће (у топлим летњим месецима у кући се не ложи пећ за кување). Овај вид функционалне организације домаћинства, где се простор кухиње који лети има другачије топлотне захтеве од простора куће, такође представља облик топлотног зонорања објекта на нивоу целог домаћинства.

Данас, у складу са савременим животним потребама много веће површине у троделним војвођанским кућама се загревају и користе за боравак у току зиме. Данас су пећи углавном позициониране тако да загревају само једну просторију, и свака соба има своју мању пећ на чврста горива. Систем грејања са пећима на чврста горива је у потпуности задржан, али је већина зиданих земљаних пећи замењена или *каљевим, тучаним* или тзв. *плеканим* (металним тј. лименим) пећима (или другим пећима на чврста горива која су се на тржишту појавила у другој половини XX века) [18].

Може се констатовати да елементи топлотног зонирања које препознајемо код традиционалне војвођанске куће: компактан облик куће са централно позиционираним извором топлоте, који највише загрева простор куће у коме се и најдуже борави током дана, док собе у којима се спава имају нижу температуру ваздуха у току зиме, проналазимо у виду препорука у савременим смерницама за топлотно зонирање објеката. [10].

5.1.6 Природна вентилација

При регулисању термалног комфора, природна вентилација објекта има веома важну улогу. Правилна вентилација у објекту може обезбедити квалитетан унутрашњи комфор помоћу постизања пријатне унутрашње температуре, адекватног нивоа влажности ваздуха и адекватног протока ваздуха [9]. Овакав вид вентилације у објекту задовољава потребе својих становника на најрационалнији и најисплатљивији начин, који је истовремено и енергетски ефикасан.

У складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда, препоручљиво је, кад год је то могуће, отворе позиционирати тако да се оствари максимално пасивно (природно) ноћно хлађење објекта у летњем периоду године. На овај начин, природном вентилацијом се обезбеђује свеж ваздух и уклања влага из просторија.

Најефикаснији начин вентилације је постављање прозора наспрамне стране објекта тј. просторије тзв. попречно проветравање (eng: *cross ventilation*). Да би овај начин вентилације био ефикасан зграда не сме да буде дужа од 12 до 15 метара, а уколико јесте предлаже се централни атријум (што није случај код кућа од набоја) и на тај начин природна вентилација просторија [8].

Природна вентилација је веома ефикасна са аспекта уштеде потрошње енергије у летњем периоду године, а и са аспекта финансијских трошкова за кориснике зграде. Адекватном природном вентилацијом могу бити смањени трошкови за куповину уређаја за климатизацију, његово одржавање и енергија која се том приликом употреби.

Као што је већ објашњено традиционална троделна војвођанска кућа има отворе релативно малих димензија (видети поглавље 3.4.3.4 дисертације). Њихова позиција је са аспекта коришћења природне вентилације идеална: позиционирани су на супротним странама куће правоугаоне форме просечне дужине од 10 до 12 метара, што омогућава оптималну природну вентилацију.²² Са друге стране, овако мали отвори димензија 60 до 90 см веома често нису довољни за природно осветљење, док је природну вентилацију могуће остварити.

²² Подразумева се да унутрашња врата између просторија морају бити отворена како би постојао природан проток ваздуха.

5.1.7 Коришћење природног светла и осунчања

У савременом контексту енергетске ефикасности препоручљиво је максимизирање употребе природног осветљења уз омогућавање пасивних добитака топлотне енергије у зимском периоду године. У току летњих месеци препоручљиво је обезбедити заштиту од прегревања адекватним засенчењем (форма објекта или системи засенчења). У летњем дану када, осим дифузног, постоји и директно сунчево зрачење, потребно је ограничити количину топлотне енергија која кроз застакљене површине улази просторију.

Код троделне војвођанске куће релативно мале димензије прозорских отвора спречавају прегревања унутрашњег простора куће у току летњих месеци. Са друге стране, због овако мале димензије прозорских отвора, употреба природног осветљења уз омогућавање пасивних добитака топлотне енергије у зимском периоду сведена је на минимум, и потенцијал природног светла и осунчања није у потпуности искоришћен код традиционалне војвођанске куће.

Код традиционалне троделне војвођанске куће кључни елемент за ефикасно коришћење природног осунчања је трем, који има функцију улазног простора и, евентуално, комуникације између просторија. У зимском делу године функција му је била да штити улаз у кућу од кише и снега, а у летњем периоду од директног сунца. Ово је био простор у коме се боравило у току летњих месеци јер је заштићен од директног сунчевог зрачења, а са друге стране, по сунчаном зимском дану такође је био пријатан за боравак (слика 5.6).

Током зиме, када је упадни угао сунчевих зрака низак, они продиру директно и греју плочник од опеке на трему (слика 5.6). У летњем периоду године сунце је већи део дана високо на небу и уколико је трем оријентисан ка југу практично нема директног упада сунчевих зрака. Поред тога двоводни кров куће обухвата и трем, чија је стреха додатно била препуштена 30 до 50 cm у односу на раван трема и на овај начин, лети када је сунце високо, додатно се спречава директан упад сунчевих зрака. Потенцијалном трансформацијом куће која би обухватила адекватно застакљивање трема он постаје стакленик и на тај начин се може постићи ефекат пасивног соларног загревања куће (потенцијал застакљивања трема анализиран у поглављу 9 дисертације).



Слика 5.6: Улична фасада. Троделна кућа са тремом јужне оријентације, директно Сунчево зрачење у зимском периоду године

5.1.8 Отвори, застори и заштита од сунца

Оптимално позиционирање отвора је значајно за постизање адекватних енергетских перформанси зграде. Као што је претходно објашњено, прозорске отворе је потребно позиционирати тако да се обезбеди довољно дневног светла, што доприноси смањеној потреби за вештачким светлом и индиректно смањеној потрошњи електричне енергије. Истовремено, правилно позиционирани отвори пружају могућност за остваривање пасивних соларних добитака. Све наведене предности морају бити добро избалансиране са губицима који су неизбежни преко великих стаклених површина у току зиме.

Кључни елемент отвора су и адекватни застори, који у отвореном положају омогућавају максимално искоришћење сунчеве енергије, а кад се затворе, штите од претераног прегревавања лети и губитка топлоте у току зиме.

Војвођанске куће имају отворе малих димензија (видети поглавље 3.4.3.4 дисертације). Собе су најћешће имале два прозора и углавном су биле тамне и недовољно осветљене и осунчане. Неопходно је додатно вештачко светло у просторијама и додатна потрошња енергије, а соларни добици који се остварују преко овако малих стаклених површина најчешће су занемарљиви. Са друге стране, овакви

прозорски отвори малих димензија у зимском периоду године битно смањују губитак топлоте преко стаклених површина.

Тип прозора и старост, тј. стање у коме се прозор налази се сматрају веома битним фактором енергетске ефикасности. У том смислу потребно је нагласити да су дрвени прозори код традиционалне војвођанске куће стари и дотрајали, веома често не дихтују и у лошем стању. Прозори су најчешће двоструки са широком или уском кутијом и не испуњавају савремене стандарде у погледу енергетских својстава прописане правилником о ЕЕ зграда.

Традиционална војвођанска кућа је веома често имала са спољне стране прозора дрвене засторе, шалоне, као веома ефикасну заштиту од ветра, сунца и хладноће. У првој фази развоја троделне куће квалитет прозора и присуство застора зависило је искључиво од имовинског стања сељака тј. колонисте. Већ почетком XX века овакви дрвени застори на прозорима представљају део опреме код већине војвођанских кућа.

5.2 Системи за грејање и припреме топле воде

У савременом контексту систем грејања, проветравања и климатизације у зградама служи за одржавање услова угодности и хигијене ваздуха за људе који бораве у просторијама.

Систем грејања код традиционалне војвођанске куће од давнина је био решен преко пећи на чврсто гориво, која је била позиционирана у централном делу куће (слика 5.7).²³ Старије куће из прве фазе настанка, мање по структури и скромније у свим елементима, углавном су имале само пећ у кухињи која се истовремено користила и за печење и кување. Куће из каснијег периода најчешће су имале, поред пећи у кухињи, и мале пећи у једној или у свакој од соба (које су се користиле по потреби).

²³ Пећ се ложила увече, целу ноћ је држала топлоту, потом се поново ложила ујутру [18].



Слика 5.7: Зидана пећ у предњој соби у етно кући Ђерам у Мокрину

Већина традиционалних војвођанских кућа је задржала пећи на чврста горива као основни вид грејања до данас.²⁴ Временом је већина зиданих земљаних пећи замењена другим врстама пећи на чврста горива која и данас постоје у традиционалним војвођанским кућама.

Код традиционалне војвођанске куће разликујемо различите врсте пећи:

- зидана земљана пећ (зидана набијеном земљом, данас постоје сачуване у јако малом броју, веома често у напуштеним објектима, неколицина их је евидентирана у објектима под заштитом Покрајинског завода за заштиту споменика културе),
- зидана пећ од опеке или черпића (постоји мали број сачуваних пећи),
- каљева пећ на дрва (коју данас веома често срећемо у традиционалним војвођанским кућама),
- пећ на дрва – *смедеревац* (у извесном броју економски веома угрожених домаћинстава овај тип пећи тј. шпорета се истовремено користи за кување и грејање),

²⁴ Поред наведених видова огревања поједине куће у војвођанским насељима која имају земни гас, грејање и припрему топле воде прерадиле су на земни гас и уградили систем ЦГ. Реч је градским или приградским деловима насеља, економски добростојећим власницима, кућама сложеније структуре и процентуално занемарљивом делу грађевинског фонда који није предмет спроведеног истраживања.

- друге пећи на чврста горива (које су постојале на тржишту у другој половини XX века када је већина војвођанских кућа традиционалну земљану пећ заменила коришћењем металних пећи на чврста горива).

Квадратура загреваног простора код традиционалне војвођанске куће данас варира у великом опсегу. У пракси се могу пронаћи породице са више чланова које загревају целу корисну површину куће, али и домаћинства са по једним чланом која се уопште не греју у зимском периоду године. Ипак највећи број домаћинстава данас греје целу кућу (уколико је реч о троделној кући).

Када је реч о припреми топле воде треба нагласити да је већина троделних војвођанских кућа била изграђена без купатила и мокрог чвора у кухињи. Тоалет је био пољски у дубини дворишта, а домаћинство се водом снабдевало из бунара у дворишту куће. Шездесетих година XX века на великом броју кућа су дограђена купатила или адаптирани делови просторија некадашње кухиње за ту намену. Будући да је реч о једнопородичним објектима питање припреме санитарне воде решено је електричним акумулационим бојлером, ређе проточним бојлером. Потребно је нагласити да данас постоји и одређени проценат кућа најчешће у забаченим сеоским срединама које и даље немају адекватан санитарни чвор, водом се снабдевају из бунара, грејање топле воде врши се на пећи на чврсто гориво, која служи и за грејање. Ови објекти најчешће су у веома лошем стању, осуђени на пропадање, веома често у њима живе старије особе без наследника заинтересованих за живот у кући.

АНАЛИЗА ТОПЛОТНИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИЧКОГ ОМОТАЧА ЗГРАДЕ

Испитивања енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће као неизоставан део обухватају и анализу топлотних карактеристика термичког омотача које ће бити спроведено у овом поглављу.

У оквиру анализа топлотних карактеристика термичког омотача испитани су за појединачне елементе омотача: коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпор провођењу топлоте R , топлотна проводљивост λ и топлотни флуks. Спроведеним истраживањем највећа пажња је посвећена разматрању термичких перформанси спољног зида од набоја традиционалне војвођанске куће.

6.1 Термички омотач зграде

Важећи Правилник о енергетској ефикасности зграда РС дефинише појам термичког омотача зграде, кога чине сви елементи зграде, који раздвајају грејани од негрејаног простора [108]. У највећем броју случајева термички омотач зграде чине: спољни зидови, зидови подрума, под на тлу, кровни покривач и сви други елементи зграде који раздвајају грејани од негрејаног простора (2009 International Energy Conservation Code IECC) [120].

Код традиционалне војвођанске куће термички омотач зграде чине²⁵:

- спољни зидови са отворима (прозори и врата),
- под на тлу,
- међуспратна конструкција ка негрејаном таванском простору.

²⁵ Сви елементи термичког омотача традиционалне војвођанске куће, анализирани су у *Поглављу 3* докторске дисертације.

Омотач зграде је један од најбитнијих елемената зграде у погледу могућности за уштеду енергије. Наиме, расподела енергетских добитака и губитака у згради у највећој мери зависи од термоизолационих карактеристика омотача [87]. Велика потрошња енергије је најчешће последица слабих топлотних перформанса омотача зграде: лошег дихтовања прозора, непостојања адекватне спољне термоизолације, лоших начина решавања проблема кондензације водене паре, избор некавалитетних система причвршћивања и начина извођења спојница и заптивања, некавалитетна хидроизолација, звучна и ватроотпорна изолација објекта итд [46].

Сprovedено истраживање највећу пажњу посвећује разматрању топлотних карактеристика спољног зида од набијене земље традиционалне војвођанске куће, зато што он чини највећи део термичког омотача зграде и у том смислу су и могућности за унапређење енергетских перформанси спољног зида, као дела термичког омотача зграде, највеће. Топлотне карактеристике зида од набоја су у спроведеном истраживању испитане на два начина: рачунски у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда и мерењем *in situ*.

Што се тиче куће као грађевинске целине тј. свих елемената термичког омотача, који чине јединствену целину традиционалне војвођанске куће, извршено је рачунско испитивање енергетских перформанси помоћу одабраног софтвера *КнауфТерм ПРО*. Прорачун је извршен за основни тип троделне војвођанске куће (видети поглавље 8 дисертације).

6.2 Топлотне карактеристике термичког омотача зграде

Појединачни елементи омотача зграде имају своје топлотне карактеристике (eng: *Thermal properties*) које су условљене: коефицијентом пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпором провођењу топлоте R , топлотном проводљивошћу λ , термичком масаом и другим факторима зависно од врсте грађевинског материјала [123]. Основна својства термичког омотача зграде, која се у Правилник о енергетској ефикасности зграда РС користе у методологији која се примењује за одређивање параметара топлотне заштите зграде као целине, и појединачних грађевинских конструкција су [108]:

- **за појединачне грађевинске конструкције:** коефицијенти пролаза топлоте грађевинских елемената, коефицијенти трансмисионог губитка топлоте, дифузија водене паре кроз карактеристичне грађевинске конструкције и летња стабилност грађевинске конструкције;
- **за зграду као целину:** вентилациони губици топлоте, специфични трансмисиони губици топлоте, укупни запремински губици топлоте.

Поред анализе топлотних карактеристика појединачних елемената термичког омотача зграде, анализа енергетских перформанси зграде као грађевинске целине врши се на основу баланса између енергетских губитака и добитака (топлотни добици од људи који бораве у згради, добици од електричних уређаја, као и соларни добици). Важећи Правилник дефинише и методологију одређивања енергетских перформанси зграда, која се врши на основу одређивања годишње потребне топлоте за грејање. Са аспекта грађевинске физике, укупна годишења потрошње енергије за грејање дефинише се преко топлотних губитака који могу бити [40]:

- **трансмисиони губици топлоте.** Пренос топлоте трансмисијом подразумева размену топлоте кроз грађевински омотач зграде и при томе долази до топлотних губитака. Важећи Правилник предвиђа израчунавање: површинских трансмисионих губитака H_{TS} [W/K], линијских трансмисионих губитака H_{TV} [W/K], специфичних трансмисионих губитака и укупних трансмисионих губитака топлоте зграде H_T [W/K].
- **вентилациони губици топлоте.**

За потребе спроведеног истраживања анализирани су топлотне карактеристике за појединачне грађевинске конструкције. Посебна пажња посвећена је анализи коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемената U , поред тога разматран је отпор провођењу топлоте R , топлотна проводљивости λ и топлотни флуks кроз зид од набоја традиционалне војвођанске куће. Осим провере топлотних карактеристика појединачних елемената термичког омотача зграде, извршена је процена енергетских перформанси објекта као целине, на основу годишње потрошње енергије за грејање у поглављу 8 докторске дисертације.

6.2.1 Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U

Топлотна својства грађевинских компонената се исказују преко коефицијента пролаза топлоте U [$W/(m^2 \times K)$]. У складу са важећим Правилником РС коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U , прорачунава се у општем случају за грађевински елемент једноставне хетерогености, сагласно стандарду SRPS EN ISO 6946 на следећи начин (1):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_m \frac{d_m}{\lambda_m} + R_{se}} \quad (1)$$

вредности R_{si} и R_{se} представљају отпоре прелаза топлоте [$m^2 \times K/W$] а λ_m [$W/(m \times K)$] представља топлотну проводљивост m -тог слоја елемента дебљине d [m].

Са аспекта грађевинске физике коефицијент пролаза топлоте U је величина преко које се изражава пренос топлоте трансмисијом кроз грађевински елемент. Важећи Правилник дефинише и највећу дозвољену вредност коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U [$W/(m^2 \times K)$]. За спољни зид постојеће зграде максимална дозвољена вредност износи $U_{max} = 0.40$ $W/(m^2 \times K)$, за новоизграђене објекте $U_{max} = 0.30$ $W/(m^2 \times K)$. Највеће допуштене вредности коефицијента пролаза топлоте U свих осталих елемената термичког омотача зграде, односно елемената између две суседне термичке зоне такође су дефинисане Правилником о ЕЕ зграда РС.

Спроведено истраживање бави се анализом коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U [$W/(m^2 \times K)$] за зид од набијене земље код традиционалне војвођанске куће на два начина: рачунски у складу са важећим Правилником и мерењем *in situ*. Детаљна анализа следи у поглављу 7 дисертације.

6.2.2 Отпор провођењу топлоте

За израчунавање и анализу коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U неопходно је објаснити и појам отпор провођењу топлоте R [$m^2 \times K/W$]. За хомогени изотропни слој материјала (слој константне дебљине са униформним топлотним својствима) кроз који се топлота преноси кондукцијом, топлотна отпорност у стационарним условима се одређује преко израза (2):

$$R_{gk} = d / \lambda \quad (2)$$

при чему је: d – дебелина слоја [m], λ – топлотна проводљивост [$W/(m \times K)$] и R - отпор провођењу топлоте (топлотни отпор) [$m^2 \times K/W$].

Релација са коефицијентом пролаза топлоте грађевинског елемента U је обрнуто пропорционална (3):

$$U = 1 / R_u = (R_{si} + R_{gk} + R_{se}) \quad (3)$$

при чему је R_u укупан отпор пролазу топлоте и представља збир отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} (тј. отпор провођењу топлоте кроз зид) и отпора прелазу топлоте R_{si} и R_{se} (отпор прелазу топлоте са унутрашњег ваздуха на унутрашњу површину зида и отпор прелазу топлоте са спољне површине зида на спољни ваздух) чије вредности је потребно преузети из Правилника. Важећи правилник дефинише отпор прелазу топлоте (прелазне отпорности) за грађевински елемент који се граничи са спољним ваздухом: спољни зид невентилисани $R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2 \times K/W$. Са аспекта грађевинске физике, уколико је неки флуид (ваздух) у контакту са чврстим телом (зид од набијене земље) и постоји разлика у температури површине чврстог тела и флуида, долази до прелазу топлотне енергије са материјала који има вишу температуру на ону са нижом температуром. При томе топлотна енергија савладава отпор који прелазу топлоте пружа контактна површина између две средине а који се у грађевинској физици карактерише преко коефицијента прелазу топлоте.

Спроведеним истраживањем извршена је и анализа отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} [$m^2 \times K/W$] за зид од набијене земље код традиционалне војвођанске куће на два начина: рачунски у складу са важећим стандардима и на основу параметара измерених *in situ*. Извршена је и компарација добијених резултата. Детаљна анализа приказана је у поглављу 7 дисертације.

6.2.3 Топлотна проводљивост λ

Топлотна проводљивост представља термо-физичку особину материјала и разликује се зависно од врсте грађевинског материјала. Топлотна проводљивости λ означава својство неког грађевинског материјала и представља количину топлоте која се пренесе

провођењем у току 1s кроз слој грађевинског материјал чија је дебљина слоја 1m, управно на његову површину од 1m² при разлици температуре од 1 °C [51].

Топлотна проводљивост детерминише отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију $R_{гк}$ последично и коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U. Топлотну проводљивости λ_m могуће је одредити преко израза за отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију $R_{гк}$ и за зид дебљине d а релација је следећа (4):

$$R_{гк} = d / \lambda_m \quad (4)$$

Вредност за топлотну проводљивости је експериментално одређена за све врсте грађевинских материјала и зависи од: врсте и структуре материјала, запреминске масе материјала (порозности) и влажности грађевинског материјала и дефинисана је важећим Правилником о ЕЕ зграда. У важећем Правилнику нису дефинисане вредности за топлотну проводљивост λ за најважније компоненте (грађевинске материјале) код традиционалне војвођанске куће. Наиме, у Правилнику не постоји дефинисана вредност за топлотну проводљивост за набијену земљу, само за насуту земљу (влажну). Поред тога важећи Правилник не дефинише вредност за топлотну проводљивост за блатне малтере који су завршна обрада сваког зида од набијене земље. Са друге стране, инострани прописи дефинишу вредности за топлотну проводљивост за зид од набијене земље (енг.: *rammed earth*) и за блатне малтере (енг.: *mud plaster*) [91].²⁶

Спроведеним истраживањем извршено је одређивање и вредности за топлотну проводљивост λ за зид од набијене земље на основу параметара измерених *in situ*. Детаљна анализа приказана је у поглављу 7 дисертације.

6.2.4 Топлотни флуks

²⁶ Државе у којима се традиционално употребљавају технике зидања земљом (набијеном земљом, печеном и непеченом опеком) као што су на пример Мексико, Аустралија, Велика Британија имају посебне правилнике који третирају ове традиционалне грађевинске материјале.

Топлота се креће од топлије ка хладнијој средини грађевинске конструкције тј. од средине са вишом температуром ваздуха ка средини са нижом температуром ваздуха. Само преношење топлоте се може одвијати на три начина: зрачењем (радијацијом), струјањем (конвекцијом) и провођењем (кондукцијом). Са аспекта грађевинске физике, а у случају када се желе испитати енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће и карактеристике зида од набоја као основног елемента грађевинског омотача објекта кључно је провођење топлоте (кондукција) кроз зид. То је механизам размене топлоте кроз чврсте материје, том приликом је топлотни флуks усмерен од топлије ка хладнијој средини, од унутрашње ка спољашњој страни зида од набијене земље у зимском периоду, када су била вршена мерења *in situ*.

Топлотни флуks представља количину топлоте која у јединици времена прође кроз одређену површину Φ [W], док специфичан топлотни флуks представља количину топлоте Q [W/m²] која се провођењем топлоте пренесе кроз материјал у јединици времена по јединици површине материјала. Формула за рачунско одређивање специфичног топлотног флуksа [W/m²] гласи (5):

$$Q = \Delta T / R_{\text{гk}} \quad (5)$$

при чему је ΔT разлика у контактної температура зида споља и унутра ($T_1 - T_2$), $R_{\text{гk}}$ је отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију.

Спроведеним истраживање извршено је мерење *in situ* топлотног флуksа на зиду од набоја традиционалне војвођанске куће. На основу измерених параметара топлотног флуksа и разлике температуре дефинисана је и вредност отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију $R_{\text{гk}}$ [m²·K/W] измерена *in situ*, последично и вредност за коефицијент пролаза топлоте U (поглавље 7 дисертације).

6.3 Топлотне карактеристике грађевинских материјали термичког омотача зграде традиционалне војвођанске куће

Грађевински материјал омотача зграде код традиционалне војвођанске куће базира се на локалним материјалима и традиционалним техникама грађења.

У традиционалној архитектури материјали за изолацију су били интегрисани у материјале за конструкцију. У случају набијене земље то је слама, плева и други додаци који су у процесу припремања земље интегрисани у смесу за зидање зидова од набијене земље, блатне малтере, подове и сл. Ови додаци су имали циљ да ојачају зид и да спрече појаву пукотина, локални градитељи нису имали свест о чињеници да њиховим додавањем побољшају термоизолациона својства зида. Сви додаци и примесе зависиле су од доступних материјала сељаку градитељу и локално су се разликовали: слама, плева, коњска длака, балега итд. [22]. Реч је о великој разноликости у грађевинском фонду и тачан састав зида је могуће установити једино лабораторијским анализама, што додатно отежава испитивање енергетских перформанси омотача објекта на нивоу целог грађевинског фонда.

У овом поглављу докторске дисертације размотрени су топлотне карактеристике за појединачне конструкције војвођанске куће. Посебна пажња посвећена је зиду од набијене земље који као спољни конструктивни зид традиционалне војвођанске куће представља највећи део њеног термичког омотача, који има и највећи потенцијал за унапређење са енергетског аспекта куће.

6.3.1 Топлотне карактеристике спољашњег зида од набоја

Спољашњи зидови троделне куће од набоја у Војводини су се градили набијањем земље између две даске, које су служиле као калуп [22]. Техничке карактеристике зида и сама техника грађења претходно су обрађени у поглављу 3 дисертације.

Што се тиче топлотних карактеристика спољашњег зида од набијене земље, оне готово да не нису обрађиване у стручној литератури код нас. Ервин Гиндер у својој књизи *Војвођанске сеоске куће од набоја из 1996. године* разматра топлотне карактеристике појединих елемената термичког омотача куће. Он дефинише запреминску масу зида од набоја која износи 1500 kg/m^3 (запреминска маса природно влажне иловаче се креће од 1600 до 2000 kg/m^3) и топлотну проводљивост $\lambda=0,64 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ [22]. За зид од набоја, дебљине 50 cm без блатног малтера, он дефинише и коефицијент пролаза топлоте $k=0,87 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Ова величина представља еквивалент коефицијенту пролаза топлоте U који се у старијим српским стандардима означавао са k . Новија издања, која разматрају војвођанску архитектуру, не баве се темом топлотних

карактеристика спољашњег зида од набијене земље а ни енергетским перформансама куће од набоја као грађевинске целине.

Топлотна својства стандардног зида од набијене земље, дефинисана теоријским истраживањима, не задовољавају савремене захтеве за топлотном изолацијом (за хладне климе). Процењује се да вредност коефицијента пролаза топлоте U за зид од набијене земље дебљине 30 cm износи од 1,9 до 2,0 ($W/(m^2 \times K)$) [59]. Истраживања показују и да је за зид од набијене земље дебљине 33 cm вредност коефицијента пролаза топлоте $U=2,411$ ($W/(m^2 \times K)$), за предпостављена густину $1540 kg/m^3$ [79]. Како би се остварила вредност $U = 0,5$ ($W/(m^2 \times K)$), која и даље не задовољава прописану највећу дозвољену вредност коефицијента пролаза топлоте U спољног зида као елементата термичког омотача зграде, било би потребно да зид од набоја буде дебљине 1,6 до 1,8 m [59], што је са аспекта економичности и оправданости грађевинске конструкције неприхватљиво.

Што се тиче отпора пролазу топлоте R , његова вредност је у директној вези са коефицијентом пролаза топлоте U , што практично значи да за зид од набијене земље дебљине 30 cm, отпор пролазу топлоте R износи око $0,5$ ($m^2 \times K/W$). Набијена земља као грађевински материјал има релативно низак отпор пролазу топлоте R , зависно од дебљине зида, а просечна вредност се креће у опсегу од 0,3 до 0,7 ($m^2 \times K/W$) [88]. Поједина истраживања су показала да је за танке зидове од набијене земље (дебљине до $d=45$ cm) релевантан отпор провођењу топлоте R у стационарним условима (eng: *steady state thermal resistance*) и да је он релативно низак [85]. Са друге стране, код зидова велике дебљине (преко $d=45$ cm) релевантан је отпор провођењу топлоте R у квазистационарним условима (eng: *cyclic state thermal resistance*) који је релативно висок и повећава се експоненцијално у релацији са дебљином зида [85]. Потребно је нагласити да стандарди и правилници дефинисање вредности отпора пролазу топлоте R базирају на стационарним условима, и да би у претходно наведеним тврдњама требало потражити објашњење за значајна одступања у резултатима добијеним на основу параметара измерених *in situ* и прорачуна у складу са Правилником.

Топлотна проводљивост λ се данас за све грађевинске материјале па и за зид од набијене земље експериментално одређује и зависи од: врсте и структуре материјала, запреминске масе материјала (порозности) и влажности грађевинског материјала, и дефинисана је Правилником о ЕЕ зграда. У важећем правилнику РС вредност за

топлотну проводљивост λ дефинисана је само за насуту земљу (влажну) $\lambda=2,1$ W/(mK). За набијену земљу у правилнику не постоји дефинисана вредност за топлотну проводљивост. За потребе спроведеног истраживања вредност је преузета из иностраног прописа ДИН, који дефинише вредност за топлотну проводљивост за набијену земљу $\lambda=1,2$ W/(mK) [92]. Поменути стандард преведен је на српски језик и постоји у облику *Правила прорачуна топлоте потребне за грејање зграда* из 1985. године [110]. Бројни инострани прописи дефинишу и вредности за топлотну проводљивост за све елементе зида од набијене земље (блатни малтер, набијену земљу итд.) као и за различите локалне варијације саме технике зидања зида и додавања примеса, док Правилник РС не дефинише ни вредност за топлотну проводљивост за блатне малтере, који су завршна обрада сваког зида од набијене земље. Инострани прописи дефинишу топлотну проводљивост за блатне малтере (eng.: *mud plaster*) $\lambda = 0,8$ W/(mK) [91]. Потребно је нагласити да вредност за топлотну проводљивост набијене земље и блатног малтера зависи, пре свега, од састава грађевинског материјала који има бројне локалне варијације. Као последица тога, у литератури постоје велики распон вредности за топлотну проводљивост грађевинских материјала, који се базирају на земљи. Вредност за топлотну проводљивост λ за различите облике набијене земље може варирати у распону од 0,6 до 2,5 [81], док се за блатне малтере вредност креће у распону од 0,5 до 0,8.

У програму којим је вршен прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће *КнауфТерм ПРО* (видети поглавље 8 дисертације) у библиотеци са традиционалним материјалим дефинисане су топлотне карактеристике појединачних грађевинских елемената, па и вредност за топлотну проводљивост за набијену земљу $\lambda=1,2$ W/(mK) и блатни малтер $\lambda=0,5$ W/(mK). Ове вредности су и коришћене у прорачуну енергетских перформанси куће као грађевинске целине.

6.3.2 Таваница према негрејаном тавану

Међуспратна конструкција код традиционалне војвођанске куће, која дели грејани простор куће од негрејаног таванског простора такође показује бројне локалне варијације, као и сам зид од набоја. У свом саставу међуспратна конструкција има носећу конструкцију која је углавном иста, а подлога тј. испуна се разликују и може бити у виду: гране врбе или тополе тзв. витлови, слама обично несецкана, трска,

блатни малтер са сецканом сламом и плевом, даске. Све карактеристике међуспратне конструкције тј. таванице ка негрејаном тавану претходно су описане у поглављу 3.6.4 докторске дисертације.

Основни проблеми приликом процене енергетских перформанси таванице ка негрејаном тавану традиционалне војвођанске куће су као и код зида од набоја: 1). чињенице да постоје бројне локалне варијације у техникама извођења међуспратне конструкције и 2). неадекватан третман традиционалних техника грађења важећим правилником о ЕЕ зграда РС.

Енергетске перформансе таванице ка негрејаном тавану као појединачне грађевинске конструкције неће бити посебно испитиване, биће разматране у оквиру рачунског испитивања енергетских перформанси објекта као целине помоћу одабраног софтвера. Прорачун је извршен за основни тип троделне традиционалне војвођанске куће у поглављу 8 докторске дисертације.

6.3.3 Под на тлу

Највећи број традиционалних војвођанских кућа иницијално је имао под од набијене земље. Карактеристике оваквог пода условљене су саставом земље, количином примеса, као што је глина или песак (за под се набијала чиста земља без додатака сламе и плев), дебљином слоја, начином набијања земље као и количином влаге и могу се значајно разликовати. У домаћој стручној литератури не постоје подаци о топлотним карактеристикама подова од набијене земље. Инострана литература дефинише топлотну проводљивост (чисте) набијене земље коришћене за израду подова $\lambda=1,28 \text{ W/(mK)}$ [89]. У програму којим је вршен прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће *КнауфТерм ППО* (видети поглавље 8 дисертације) у библиотеци са традиционалним материјалима, где су и дефинисане топлотне карактеристике појединачних грађевинских елемената, вредност за топлотну проводљивост (чисте) набијене земље коришћене за израду пода је $\lambda=0,8 \text{ W/(mK)}$. Ова вредност је и коришћена у прорачуну енергетских перформанси куће као целине, али је потребно истаћи чињеницу да је разноликост локалних варијација у укупном грађевинском фонду изузетно велика (и да су могућа значајна одступања у зависности од састава земље, влажности, начина набијања и сл).

Енергетске перформансе пода на тлу традиционалне војвођанске куће, као појединачне грађевинске конструкције, неће бити посебно испитиване, биће разматране у оквиру рачунског испитивања енергетских перформанси објекта као целине помоћу одабраног софтвера. Прорачун је извршен за основни тип троделне традиционалне војвођанске куће у поглављу 8 докторске дисертације.

6.3.4 Отвори: прозори и врата

Прозори и врата код традиционалне војвођанске куће су малих димензија, једноставне израде најчешће од чамове или борове грађе [22]. Све карактеристике отвора код традиционалне војвођанске куће претходно су описане у поглављу 3.4.2.4 дисертације.

Рачунска провера енергетских перформанси објекта врши се за све позиције које чине термички омотач зграде (позиције које раздвајају грејани простор од спољашње средине или од негрејаног простора), а могу бити транспарентне и нетранспарентне. Према важећем правилнику о енергетској ефикасности зграда РС, коефицијент пролаза топлоте транспарентног грађевинског елемента U (спољна грађевинска столарија, спољни прозори) прорачунава се сагласно стандарду СРПС ЕН ИСО 10077-1.²⁷

Већина постојећих прозора и врата код традиционалне војвођанске куће ни приближно не задовољава савремене стандарде прописане важећим правилником. Наиме, вредност коефицијента пролаза топлоте U је важећим правилником дефинисана за прозор са раздвојеним крилима $U = 3,50$ ($W/(m^2 \times K)$), за прозор са спојеним крилима $U = 3,50$ ($W/(m^2 \times K)$) док у оба случаја важи прописана максимална дозвољена вредност коефицијента пролаза топлоте за постојеће објекте за транспарентне површине $U = 1,8$ ($W/(m^2 \times K)$). Евидентно је да постојећи прозори код традиционалне војвођанске куће не задовољавају са аспекта енергетске ефикасности.

Код дрвених улазних врата (дрвено крило, испуна од пуног дрвета), какве најчешће има традиционална војвођанска кућа, коефицијент пролаза топлоте, дефинисан у складу са важећим Правилником, износи $U = 3,20$ ($W/(m^2 \times K)$).

Због свега претходно наведеног, отвори код традиционалне војвођанске куће представљају велики потенцијал за унапређење енергетских перформанси целокупног објекта. Наиме, замена прозора и врата на кући представља релативно једноставну грађевинску интервенцију, којом се могу постићи значајне уштеде са енергетског

²⁷ Поглавље 3.4.1 Правилника о ЕЕ зграда РС. [108].

аспекта. Замена дрвеног, двоструког прозора са размакнутиим крилима (широка кутија) и једноструким стаклом, са дрвеним прозором са двослојним изолационим нискоемисионим стакло-пакетом испуњеним интерним гасом, коефицијент пролаза топлоте овог појединачног грађевинског елемента се са $U = 3,50 \text{ (W/(m}^2\text{xK))}$ смањује на $U = 1,50 \text{ (W/(m}^2\text{xK))}$ [37]. Замена дрвених улазних врата дрвеним вратима, чије крило има термоизолациону испуну, коефицијент пролаза топлоте овог појединачног грађевинског елемента би се са $U = 3,50 \text{ (W/(m}^2\text{xK))}$ смањило на $U = 1,60 \text{ (W/(m}^2\text{xK))}$. Истраживања вршена на објектима традиционалне архитектуре (изграђеним у бонрук систему) показала су да се заменом постојећих прозора, са новим прозорима са термоизолационим стаклом у конкретном случају, остварује уштеда енергије око 24,3% [72]. И овај податак такође указује на потенцијал у смислу уштеде енергије која се остварује заменом прозора код објеката традиционалне архитектуре.

Топлотне карактеристике прозора и врата војвођанске куће, као појединачне грађевинске конструкције биће разматране и у оквиру рачунског испитивања енергетских перформанси објекта као целине.

ПРИКАЗ МЕРЕЊА *IN SITU* НА ТРАДИЦИОНАЛНОЈ ВОЈВОЂАНСКОЈ КУЋИ ОД НАБОЈА

Испитивање термичких перформанси омотача традиционалних објеката од набоја на простору Републике Србије није до сада било предмет научних истраживања код нас, мерења *in situ* такође нису била вршена и у том смислу спроведено истраживање представља својеврстан допринос теми енергетске ефикасности и традиционалне архитектуре.

7.1 Мерење *in situ*

Мерење *in situ* спроведено је са циљем да се испита вредност коефицијента пролаза топлоте U кроз спољни зид од набоја традиционалне војвођанске куће. Последично, на основу измерених параметара одређене су и вредности отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотна проводљивост λ_m .

Бројна инострана истраживања на традиционалним објектима показала су да је управо мерење *in situ* најпоузданији начин одређивања коефицијента пролаза топлоте U код традиционалних објеката [11]. У склопу спроведеног истраживања вршена су мерења у грејној сезони 2014/2015 на кућама од набоја, у укупном трајању од 80 дана.

7.1.1 Одабир узорка - кућа на којима је вршено мерење

За мерења вршена на терену у спроведеном истраживању одабране су куће од набоја у којима се живи и које имају константан режим грејања целе грејне сезоне. У току грејне сезоне, породичне куће су грејане преко дана, а у току ноћи не. Време почетка грејања у јутарњим часовима, као и температура ваздуха у просторији су прилагођене потребама корисника.

Као што је претходно објашњено постоји велика разноликост у постојећем грађевинском фонду, како у погледу структуре куће, тако и у погледу коришћеног грађевинског материјала (видети поглавље 3 дисертације). Основни критеријум за одабир узорка био је грађевински материјал спољног зида, и све куће на којима је вршено мерење имају спољни конструктивни зид од набоја обострано малтерисан блатним малтером. Техника зидања зида од набоја је била једнака без обзира на тип куће, из тог разлога тип куће није био кључни критеријум за одабир узорка, већ грађевински материјал. Одабране куће се типолошки разликују и већина је временом претрпела трансформације у виду доградње појединих просторија.²⁸

Куће на којима је вршено мерење имају ознаке од К1 до К6. Мерење по једног зида од набијене земље вршено је на кућама: К1, К2, К3. На кући К4 извршено је мерење на два зида од набијене земље. На кући К5 извршено је мерење контактних температура зида од набоја и температура ваздуха, будући да објекат нема константан режим грејања и циљ је био испитати како се унутрашњи параметри температуре крећу у односу на спољашње, код негрејаног објекта (топлотни флуks није било могуће мерити у овим условима). На кући од набоја К6 вршено је мерење у августу месецу и том приликом су били посматрани параметри у случају када је спољна температура ваздуха виша од унутрашње, супротно у односу на зимски период године и измерени параметри нису релевантни за одређивање коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U . Након завршених мерења на кућама од набијене земље, извршено је и једно контролно мерење на новоизграђеном објекту К7 (зидови од гитер блока, демит фасада), како би се још једном проверила методологија обраде података. На кући је извршено контролно мерење и резултати нису показали значајна одступања од резултата добијених у складу са важећим Правилником.²⁹ Добијени резултати

²⁸ Ауторка је извршила мерења на кућама које се већином налазе на простору Баната. Обзиром на исту технику грађења на простору целе покрајине, и релативно уједначен састав тла, узорак се може сматрати релевантним за војвођанску кућу од набоја. Притом је потребно нагласити да анализирани специфичности које постоје код сваког појединачног зида, у свим деловима покрајине могу бити детаљније анализирана једино свеобухватнијим мерењима са већим узорком, која би могла бити предмет даљих истраживања.

²⁹ Вредност коефицијента пролаза топлоте U за одабрани зид од гитер блока измерена *in situ* износи $U=1,79 \text{ W}/(\text{m}^2\text{xK})$, док је ова вредност добијена прорачуном у складу са важећим правилником $U=1,73 \text{ W}/(\text{m}^2\text{xK})$.

потврдили су релевантност методологије обраде измерених параметара, као и самог процеса мерења.

Основне карактеристике кућа на којима су вршена сва мерења и њихове основне карактеристике приказане су у табели (табела 7.1).

Табела 7.1: Преглед (основних карактеристика) кућа на којима је вршено мерење


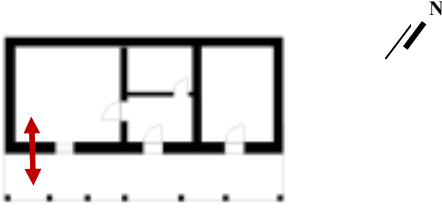

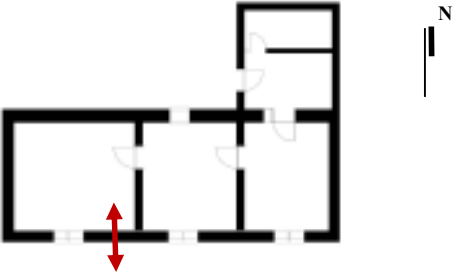

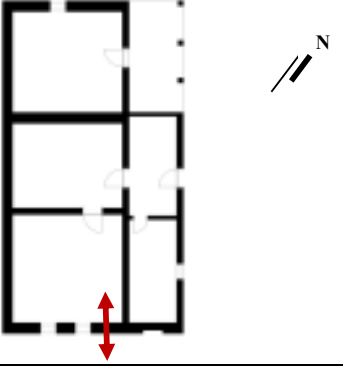

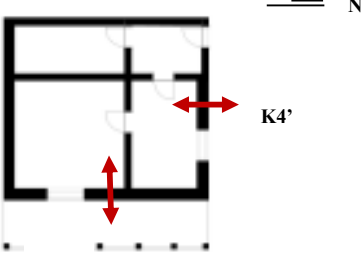
| | | |
|----------------------|--|--|
| K1 | Спољностарчевачка 127, Војловица | |
| година изградње | 1912 | |
| дебљина зида d | 55 cm | |
| оријентација зида | Југоисток (зид ка трему) | |
| састав зида | - Блатни малтер - Набијена земља - Блатни малтер | |
| грејање | Пећ на чврсто гориво | |
| период мерења | 4 дана | |
| | I. од 29.10.2014. до 01.11.2014. II. од 21. 02.2015. до 22. 02.2015. | |
| K2 | Иве Курјачког 71, Панчево | |
| година изградње | 1804 | |
| дебљина зида d | 55- 60 cm | |
| оријентација зида | Југ | |
| састав зида | - Блатни малтер - Набијена земља - Блатни малтер | |
| грејање | Термоакумулациона пећ | |
| период мерења | 10 дана | |
| | I. од 01.11.2014. до 05.11.2014. II. од 08.12.2014. до 15.12.2014. | |
| K3 | Петефи Шандора 129, Војловица | |
| година изградње | ~ 1930 | |
| дебљина зида d | 60 cm | |
| оријентација зида | Југоисток | |
| састав зида | - <i>Шпански зид</i> (накнадна интервенција власника) - Блатни малтер | |

| | |
|-------------------|--|
| | - Набијена земља - Блатни малтер - <i>Шпански зид</i> (накнадна интервенција власника) |
| грејање | Термоакумулациона пећ |
| период мерења | 33 дана |
| | I. од 07.11.2014. до 24.11.2014. II. од 22.02.2015. до 09.03.2015. |
| К4' | Светозара Марковића 48, Панчево – зид 1 |
| година изградње | ~ 1930 |
| дебљина зида d | 60 cm |
| оријентација зида | Исток (зид ка трему) |
| састав зида | - Блатни малтер - Набијена земља - Блатни малтер |
| грејање | Термоакумулациона пећ |
| период мерења | 9 дана |
| | I. од 24.11.2014. до 03.12.2014. |
| К4'' | Светозара Марковића 48, Панчево – зид 2 |
| година изградње | ~ 1930 |
| дебљина зида d | 60 cm |
| оријентација зида | Исток (зид ка трему) |
| састав зида | - Блатни малтер - Набијена земља - Блатни малтер |
| грејање | Термоакумулациона пећ |
| период мерења | 9 дана |
| | I. од 24.11.2014. до 03.12.2014. |
| К5 | Светозара Милетића 113, Мошорин |
| година изградње | 1912 |
| дебљина зида d | 65 cm |
| оријентација зида | Исток (зид ка трему) |
| састав зида | - Набијена земља (малтер је уклоњен са зида) |
| грејање | Кућа се не греје, постоји изидана земљана пећ. |
| период мерења | 1 дан |
| | I. 10.12.2015. (кућа није грејана тако да није било могуће пратити топлотни |

| | | |
|----------------------|---|--|
| | флукс; измерене само контактне Т зида и Т ваздуха) | |
| К6 | Иве Курјачког 68, Панчево | |
| година изградње | 1912 | |
| дебљина зида d | 65 cm | |
| оријентација зида | Север | |
| састав зида | - Блатни малтер - Набијена земља - Блатни малтер | |
| грејање | Пећ на чврсто гориво | |
| период мерења | 3 дана (72 сата) | |
| | I. од 01.08.2014. до 04.08.2014. (мерење за објекат К6 се не може сматрати релевантним због великих дневних осцилација у температури) | |
| К7 | Браће Јовановића 15, Панчево | |
| година изградње | 2001 | |
| дебљина зида d | 25 cm | |
| оријентација зида | Исток | |
| састав зида | - Малтер - Гитер блок 19cm - Малтер | |
| грејање | Централно грејање | |
| период мерења | 11 дана | |
| | I. од 10.02.2015. до 21.02.2015. | |

У табели су приказане основне карактеристике свих објеката на којима су вршена мерења (основна мерења, контролна мерења, пробна мерења). За одређивање вредности коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотне проводљивости λ_m за зид од набијене земље коришћени су параметри измерени на зидовима од набоја: **К1, К2, К3, К4', К4''**. Фотографска документација забележена на терену и основе објеката са означеном позицијом мерења су приказани у табели (табела 7.2).

Табела 7.2: Фотографије и основе објеката са означеним позицијама мерења на којима су постављени сензори на спољашњој и унутрашњој страни зида: К1, К2, К3, К4', К4''

| Фотографија објекта | | Основа куће ←→ означена позиција мерења |
|---------------------|---|--|
| K1 |  |  |
| K2 |  |  |
| K3 |  |  |
| K4' K4' |  |  |

7.1.2 План, програм и методологија мерења *in situ*

Мерење је спроведено у складу са важећим прописом ISO 9869 [106]. Опрема коришћена за мерење је уређај ALMEMO 5690-2 /ahlborn (слика 7.1). Уређај којим су вршена мерења *in situ* прати следеће параметре:

- спољну температуру ваздуха
- спољну контактну температуру зида
- топлотни флуks
- унутрашњу температуру ваздуха
- унутрашњу контактну температуру зида

Уређај се састоји од плоче за мерење топлотног флуksа тј. флуksметра, која је увек постављена на средини зида, како би се избегле зоне око прозора и у угловима зида. Уређај садржи плоче за мерење топлотног флуksа мањих и већих димензија, круте и мекане. Код традиционалне војвођанске куће и зида од набоја, чије површине нису идеално равне, коришћене су мекане плоче за мерење топлотног флуksа како би се постигао што бољи контакт плоче и неравне површине зида (слика 7.2). Са стране плоче ка зиду се наноси посебан лепак, а плочу је потребно са спољне стране причврстити лепљивом траком за зид.

Сензори за мерење контактне површине зида унутар објекта се постављају на исти начин као сензор плоча за мерење топлотног флуksа, на средини зида како би се избегле зоне око прозора и у угловима (слика 7.2). Са спољне стране зида позиционира се тако да се избегне директан утицај кише, снега, ветра и директно сунчево зрачење, уколико је могуће.



Слика 7.1: Уређај *ALMEMO 5690-2 /ahlborn*, подаци на монитору уређаја се могу очитати у реалном времену



Слика 7.2: Постављени сензори за топлотни флуks и унутрашњу контактну температуру зида

Сензор за температуру ваздуха у унутрашњем простору поставља се у средини просторије, на половини раздаљине између зидова просторије и на половини висине између пода и плафона. Спољашњи сензори за температуру ваздуха постављају се исто као сензор за контактну температуру зида (тако да се избегне директан утицај кише, снега, ветра и директно сунчево зрачење, уколико је могуће).

На овај начин мерењем свих наведених параметара током времена, добијене вредности коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотне проводљивости λ_m условљене су реалним параметрима промене температуре, климатским условима као и термичком масом зида [76].

Процес мерења у складу са важећим стандардом подразумева минималан период мерења континуирано у трајању од 72 сата за сваки појединачни зид, што је истраживањем и било учињено. Бројна до сада спроведена међународна истраживања која разматрају термичке перформансе зидова код традиционалних објеката препоручују што дужи период мерења (и до два месеца), како би се добили што релевантнији подаци. Препорука је да се код масивних конструктивних система и

зидова велике дебљине мери временски период 2 до 3 недеље [11]. До сада спроведена истраживања износе процену да је одступање измерене вредности коефицијента пролаза топлоте U , могуће до $\pm 10\%$ за период мерења од 72 сата [76]. Период мерења од недељу дана омогућава стабилизовање свих мерених параметара и одступање смањује на $\pm 5\%$. Вредност која се може сматрати потпуно поузданом добија се након континуалног мерења у трајању 27 дана [12]. Овако дугачак период мерења неопходан је и због спољних временских услова који се мењају током времена и, уколико мерење не траје довољно дуго, подаци могу бити нерелевантни. Препоручено је да постоји одговарајућа температурна разлика од минимално $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ између температуре ваздуха споља и унутра.

У склопу спроведеног истраживања вршена су мерења у грејној сезони 2014/2015. на кућама од набијене земље које се користе за становање. На самом почетку израде плана мерења, на основу увида у доступну инострану литературу, било је предвиђено мерење у трајању од 72 сата за сваки мерени зид, што је и минималан период мерења у складу стандардом. На основу извршених првих мерења у новембру месецу 2014. године и читавања свих измерених параметара и обраде података изведен је закључак да се добијени резултати не могу сматрати релевантним. Примећене су велике осцилације у дневним температурама ваздуха споља и унутра, што је условило осцилације у добијеним резултатима за вредности коефицијента пролаза топлоте U . За добијање релевантних резултата било је потребно обезбедити периоде са стабилнијим уловима (eng.: *steady state conditions*). Велике осцилације у спољним дневним температурама биле су последица неуједначених спољних временских услова: ветар, сунчево зрачење и остали атмосферски утицаји. Осцилације температуре ваздуха у објекту резултат су понашања корисника. Већина кућа имала је неуједначен режим грејања, где већина корисника интензивно греје у току дана у поподневним часовима док је у току ноћи температура ваздуха у кући у осетном паду.

Велике осцилације измерених параметара навеле су дакле на закључак да је за добијање релевантних података потребно променити план мерења. Период мерења продужен је за сваки објект како би се обезбедио временски интервал са стабилним спољним температурама. У договору са корисницима покушало се обезбедити и што стабилнија унутрашња температура ваздуха, а очекује се да би продужени период мерења обезбедио већи узорак из кога би било могуће издвојити периоде без великих осцилација у спољној и унутрашњој температури ваздуха.

Пре почетка мерења за сваку кућу је добијена сагласност власника куће за мерење, евидентирани су основни подаци о кући и подаци о постављању мерног уређаја и фотографисање. Образац сагласности и евиденције података на терену налази су у посебном прилогу (прилог 1) дисертацији.

7.1.3 Проблеми и ограничења у процесу мерења *in situ*

Спроведеним истраживањем и мерењем *in situ* аутор се сусрео са бројним проблемима и ограничењима. Први проблем са којим се аутор сусрео је било придобијање сагласности станара да се мерења изврше. Незаинтересованост, страх и неодлучност власника кућа су били ограничавајући фактор приликом одабира узорка.

У току процеса мерења као велики проблем и ограничење била је немогућност да се обезбеди стабилно стање температура ваздуха споља и унутра. Истраживање је показало да су стабилни услови неопходни како би се добиле релевантне вредности за коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U , отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотну проводљивост λ_m . Велики опсег добијених резултата био је последица великих осцилација у дневним температурама ваздуха споља и унутра, које су биле условљене понашањем корисника унутра (неуједначеним режимом грејања), а са спољне стране ветром, сунчевим зрачењем и осталим атмосферским утицајима. Ово је значајно продужило период мерења за сваки појединачни зид и последично (због недостатка адекватних временских услова у једној грејној сезони) смањило узорак на пет зидова од набијене земље.³⁰

Други проблем је чињеница да је већина кућа временом доживела бројне трансформације. Традиционално изграђен зид од набоја обострано је малтерисан блатним малтером и има конструктивни слој од набијене земље. У бројним каснијим обновама куће су биле малтерисане преко постојећег слоја блатног малтера, некад и по више пута, често цементним малтером, а веома ретко су власници обнављали поновним малтерисањем блатним малтером. Већина власника не зна да објасни ко је и кад интервенисао на кући и какве су интервенције изведене. Када су зидови у добром стању (не постоје огуљени делови малтера и пукотине где се може видети зид у

³⁰ Аутор из техничких разлога није био у могућности да обради већи број кућа по описаној методологији у једној грејној сезони.

пресеку) веома је тешко одредити састав зида и своди се на претпоставку. Састав свих мерених зидова третиран је са претпоставком да је у питању традиционална техника грађења (зид од набоја обострано малтерисан блатним малтером). Поред тога, присутне су и бројне функционалне трансформације у виду доградњи на постојећим објектима које нису релевантне за процес мерења *in situ* будући да се мерењем испитују само карактеристике зида од набоја, већ за анализу архитектонско грађевинских карактеристика традиционалне војвођанске куће.

Још један проблем приликом мерења *in situ* код традиционалних објеката зиданих од локално доступних грађевинских материјала је последица претходно објашњене чињенице да је као грађевински материјал за зидање коришћена земља са локалитета и да сваки зид има своје специфичности у саставу и структури. Наиме, састав зида, па самим тим и термичке перформансе могу се разликовати и на само једном зиду или кући, на нивоу целог грађевинског фонда разлике постају још драматичније. Претходно је описан поступак зидања набојем (видети поглавље 3 дисертације), у поступку зидања додавани су слама, плева, гранчице лозе, често и коњска и свињска длака и практично је немогуће установити тачан састав зида без лабораторијских анализа (слика 7.3).



Слика 7.3: Зид од набоја; Блатним малтером са великом количином додате плеве, кућа у Војловици



Слика 7.4: Зид од набоја у пресеку, напуштена кућа у Иванову

На приложеној фотографији види се разлика у структури једног зида од набоја и јасно се виде разлике у слојевима зида, набијање земље је вршено у слојевима дебљине око 20 cm. Слика показује неуједначеност у саставу земље (слика 7.4) која постоји и на нивоу једне куће, а о разноликости у целокупном грађевинском фонду може се само претпостављати.

Поред свих претходно наведених фактора, на непоуздане резултате мерења *in situ* може утицати и влага у зиду, која је неретко присутна у зидовима од набијене земље. Приликом одређивања позиције за постављање мерног уређаја ауторка је бирала зидове без видљивих трагова влаге. Повећана количина влаге у зиду, која је добар проводник топлоте, практично би значила да ће топлотна проводљивости бити већа тј. да је материјал има слабија изолациона својства [55]. Утицаја влаге у зиду на енергетске перформансе зида од набоја је комплексна тема која ће бити предмет евентуалних даљих истраживања.

7.2 Одређивање параметара на основу мерења за зид од набијене земље

7.2.1 Методологија анализе и обрада измерених параметара

За свако спроведено мерење дефинисан је период са најстабилнијим измереним параметрима температуре ваздуха. У оквиру дефинисаног периода у трајању од 12 сати са најстабилнијим измереним температурама ваздуха уређај је мерио податке у размаку од пет или десет минута, тако да постоји велики број мерних тачака, које дефинишу просечне вредности за коефицијент пролаза топлоте U , отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотну проводљивост λ_m измерену *in situ*. Коришћене су просечне вредности измерених параметара одређене као аритметичка средина свих мерних тачака.

Одређивање вредности U , R_{gk} , λ_m извршено је на основу измерених параметара: контактних температура зида и топлотног флуksа, вршено је мерење и спољне и унутрашње температуре ваздуха, али измерени параметри нису коришћени за одређивање вредности U , R_{gk} , λ_m . Наиме, температуре ваздуха споља и унутра упркос покушајима да се издвоји период са стабилним вредностима, имале су осцилације које

су неминовно утицале на резултат. Отварање врата од просторије температуру ваздуха у просторији може значајно да поремети, са друге стране интензивно сунчево зрачење спољну температуру ваздуха у веома кратком року значајно увећа, док при свим наведеним променама контактне температуре зидова имају далеко константније вредности и не осцилују тако брзо, последично дају и мање осцилације у резултату. Дакле, на основу претходно извршених анализа дефинисани су параметри који ће бити коришћени као релевантни у одређивању вредности U , R_{gk} и λ_m . и то су:

- топлотни флуks (количина топлоте у јединици времена)
- спољне контактне температуре зида
- унутрашње контактне температуре зида

Методологија анализе и обрада измерених параметара дефинисана је на основу формула за рачунско одређивање топлотног флуksа Q , коефицијент пролаза топлоте U и отпор прелазу топлоте R_u коментарисаних у поглављу 6 дисертације (6.2.2, 6.2.3 и 6.2.4).

На основу описане методологије анализе и обрада измерених параметара, биће извршена анализа вредности U , R_{gk} и λ_m за пет зидова од набијене земље на којима су извршена мерења *in situ* у грејној сезони 2014/2015.

7.2.2 Приказ анализе и обраде измерених параметара

Истраживањем је обухваћен узорак од пет зидова од набоја традиционалних војвођанских кућа. Као што је већ објашњено мерење је извршено у укупном трајању од 80 дана (од тога 69 дана на кућама од набоја). Уређај је био подешен да бележи параметре на сваких пет или десет минута што укупно чини преко 10000 мерних тачака са резултатима који су груписани у табелама. Сви резултати мерења приказани су у посебном Прилогу докторској дисертацији (прилог 3).

За свако спроведено мерење дефинисан је период са најстабилнијим измереним параметрима температуре на основу кога су дефинисани параметри: отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} , топлотна проводљивост λ_m и коефицијент пролаза топлоте U . Дакле, за сваки од пет зидова усвојен је временски интервал у трајању од дванаест сати са укупно 145 мерном тачком. Методологија обраде података је била идентична за сваки од зидова на којима су била вршена мерења, а у наставку

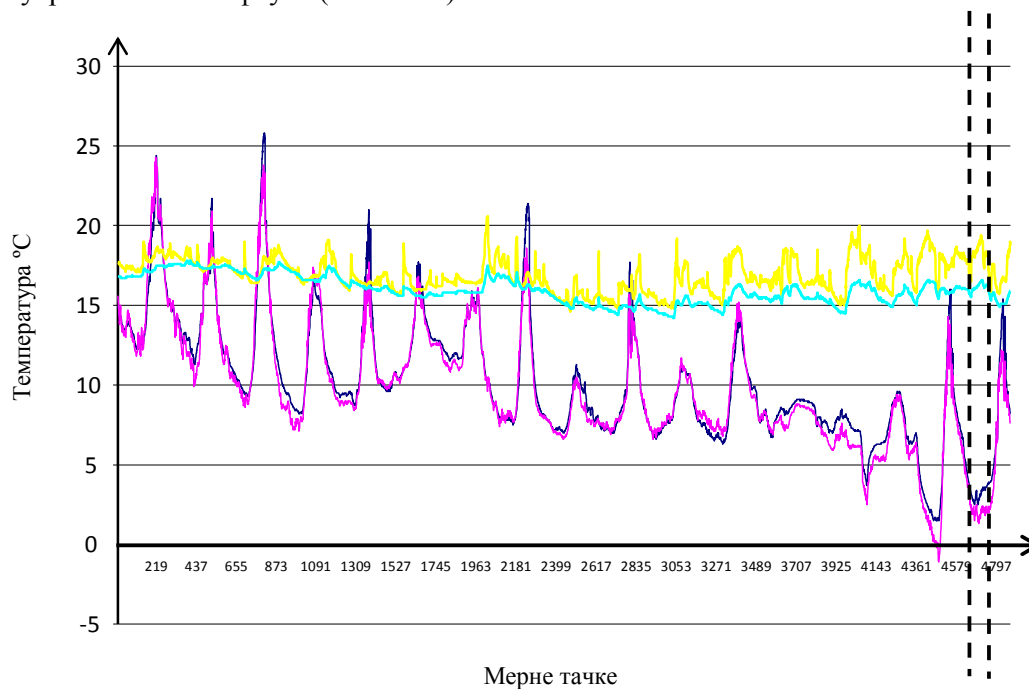
рада ће бити приказано испитивање параметара и процес обраде података за један објекат КЗ, за који је период мерења био најдужи. Подаци за остале објекте биће приказани у виду табела са резултатима, и графички.

Приказ анализе и обраде измерених параметара за објекат КЗ

Мерење на терену извршено је према претходно описаној методологији. Основни подаци о објекту КЗ на коме је вршено мерење претходно су приказани су у табели 7.1.

Анализа и обрада измерених параметара за објекат КЗ извршена је на основу интервала мерења у трајању од 17 дана. У оквиру овог интервала изабран је период са најстабилнијим условима. Сви подаци са мерења вршеног *in situ* прикатани су у посебном Прилогу (прилог 3) дисертацији.

Графички су приказане измерене вредности за цео период мерења у трајању од 17 дана: температура ваздуха споља и унутра, контактна температура зида споља и унутра и топлотни флуks (слика 7.5).

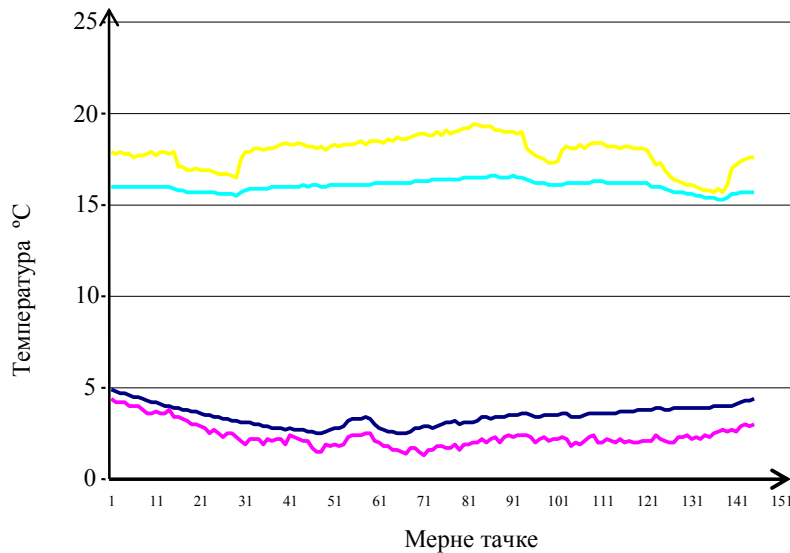


Легенда: ■ спољна температура зида, ■ спољна температура ваздуха, ■ унутрашња температура ваздуха, ■ унутрашња температура зида, ■ одабрани временски интервал.

Слика 7.5: График измерених параметара за објекат КЗ, приказује температуре ваздуха и зида измерене *in situ* за период мерења од 17 дана

Са графика се јасно очитава скок температуре у најтоплијем делу дана и пад у току ноћи. Будући да временски услови нису били адекватни цео период мерења, тј. да није остварена одговарајућа температурна разлика, у складу са претходно описаном методологијом, одабран је адекватан временски интервал у трајању од 12 сати, од мерне тачке 4618 до мерне тачке 4762 (означен на графику).

Код објекта К3 за одређивање просечне вредности коефицијента пролаза топлоте U , као релевантан, усвојен је период мерења са максимално константним временским условима у трајању од дванаест сати са укупно 145 мерном тачком (на сваких пет минута): од 23.11.2014. у 21 h до 24.11.2014. у 09 h. Измерени параметри приказани су на графику (слика 7.6).



Легенда: ■ спољна температура зида, ■ спољна температура ваздуха, ■ унутрашња температура ваздуха, ■ унутрашња температура зида.

Слика 7.6: График измерених параметара за објекат К3, приказује температуре ваздуха и зида измерене *in situ* за изабрани временски интервал у трајању од 12 сати

Измерена спољна дневна температура ваздуха у одабраном временском кретала се у распону од максималних 4,9 °C до минималних 1,3 °C. Спољна контактна температура зида прати вредности спољне температуре ваздуха и креће се у распону $\pm 1,2$ °C од минималних 2,5 °C до максималних 4,9 °C. Унутрашња температура ваздуха креће се у распону од 15,7 °C од 19,4 °C, а контактна температура зида варира за $\pm 0,65$ °C од

минималних 15,3 °C до 16,6 °C. Просечна измерена вредност топлотног флуksа за објекат *кућа бр.3.* је 9,15 W/m².

Према претходно описаној методологији, а на основу измерених параметара топлотног флуksа и температуре површине зида добијена је вредност за коефицијент пролаза топлоте U за зид од набоја: *кућа бр.3* која износи 0,65 W/(m²×K). Сви резултати мерења приказани су у табели (табела 7.3):

Табела 7.3: Резултати мерења *in situ* за објекат К3

| Релевантан период мерења | | Објекат бр. 3 | |
|---|---|-----------------------|--------------------------------------|
| датум | 23.11.2014. | 24.11.2014. | |
| час | 21 h | 09 h | |
| Бр. мерних тачака | 145 (на пет минута у дефинисаном интервалу) | | |
| Измерени параметри | | | |
| | MIN измерена вредност | MAX измерена вредност | AVR. ³¹ измерена вредност |
| Q [W/m²] | 2.3 | 13.9 | 9.15 |
| T₁ [C°] | 15.3 | 16.6 | 16.04 |
| T₂ [C°] | 2.5 | 4.9 | 3.45 |
| Резултат | | | |
| U [W/(m²×K)] | 0.65 | | |
| R_{gk} [m²×K/W] | 1.37 | | |
| λ [W/(m×K)] | 0.44 | | |

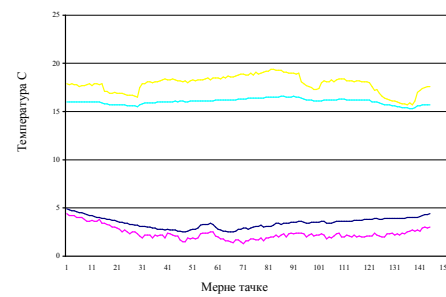
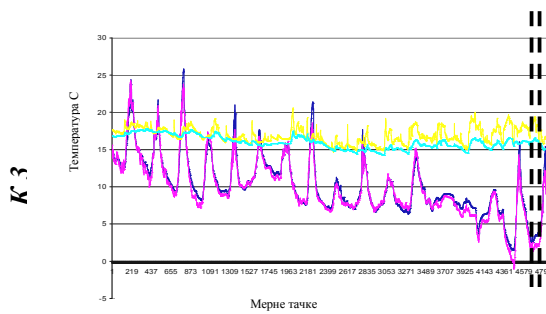
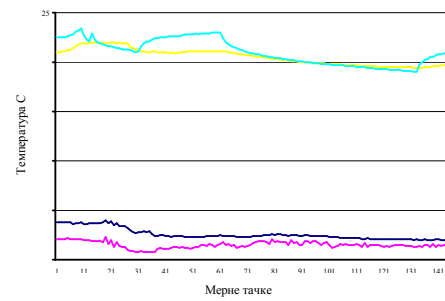
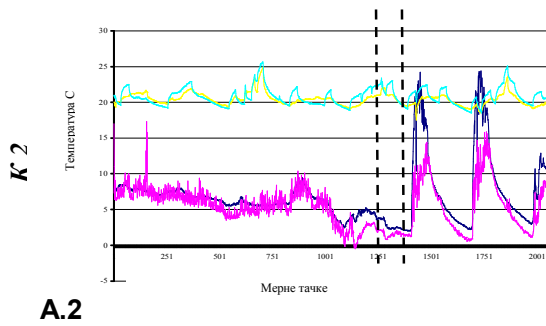
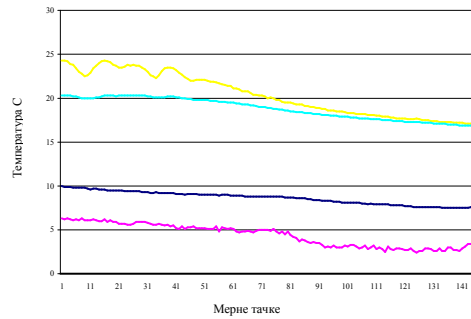
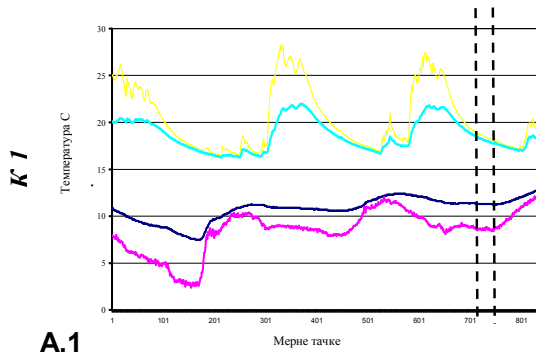
Претходно је приказана анализа и обрада измерених параметара за објекат К3. Поступак је поновљен за укупно пет зидова од набијене земље на којима је извршено мерење. Добијени резултати су приказани графички (слика 7.8) и у табели (табела 7.4). Резултати су приказани графички, за цео временски интервал мерења за појединачне објекте (слика 7.7 А: А1, А2, А3, А4' и А4''). и за одабране временске интервале за појединачне објекте (слика 7.7 В: В1, В2, В3, В4' и В4''). Детаљни подаци мерења доступни су у виду табеле и налазе у прилогу (прилог 3) докторске дисертације.

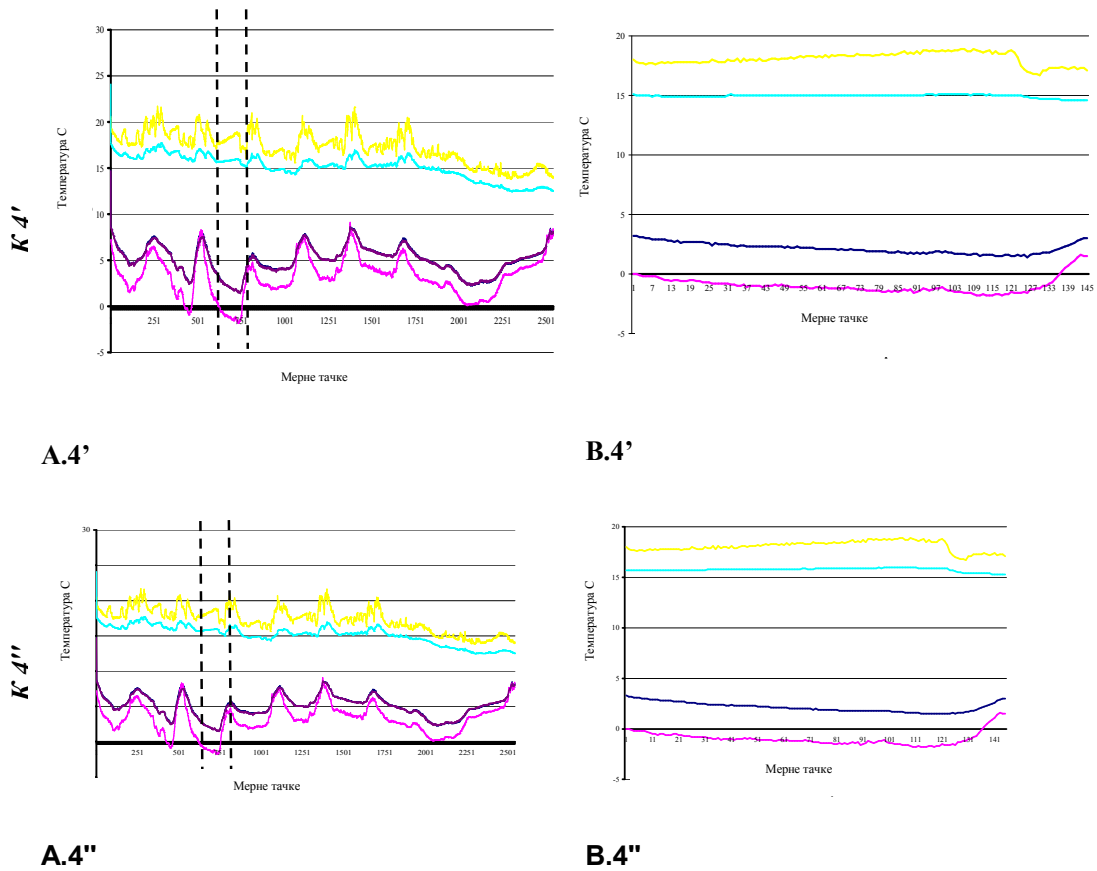
³¹ *AVR WIN-Control* софтвер на коме је вршена обрада параметара измерених на уређају *ALMEMO 5690-2 /ahlborn*.

Легенда: ■ спољна температура зида, ■ спољна температура ваздуха, ■ унутрашња температура ваздуха, ■ унутрашња температура зида, ■ одабрани временски интервал.

График А. Измерена температура ваздуха и површине целокупан период мерења.

График В. Измерена температура ваздуха и површине зида за одабрани временски интервал у трајању од 12 сати.





Слика 7.7: Графички приказ резултата за пет зидова од набијене земље

На основу параметара измерених *in situ*, а према претходно описаној методологији одређене су вредности за U , R , λ_m за пет зидова од набоја и приказан у табели 7.4.

Табела 7.4: Резултати мерења *in situ* за пет зидова од набијене земље

| Кућа | U [W/(m ² ·K)] | R_{gk} [m ² ·K/W] | λ_m [W/(m·K)] |
|------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| K1 | 0,84 | 1,01 | 0,49 |
| K2 | 0,92 | 0,92 | 0,66 |
| K3 | 0,65 | 1,37 | 0,44 |
| K4' | 0,72 | 1,21 | 0,41 |
| K4'' | 0,71 | 1,24 | 0,40 |

Добијени резултати се могу сматрати релевантним за традиционалну троделну војвођанску кућу на простору целе покрајине али и за све остале типове војвођанске куће чији је зид изграђен истом техником набијања земље. Локалне варијације у саставу зида постоје као и њихов утицај на резултат, који је на посматраном узорку (где су све куће са територије Баната) за вредности коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U измерене *in situ* у опсегу $\pm 0,135$. Добијене резултате, у општем смислу, можемо сматрати релевантним за куће од набоја на простору Војводине, иако је за детаљније анализе појединачних кућа потребно спровести адекватна мерења.

Провера методологије мерења

Претходно описана методологија прорачуна вредности (U , R , λ_m) на основу параметара измерених *in situ* подразумевала је усвајање временског интервала од дванаест сати са минималним осцилацијама у измереним температурама ваздуха, што је за последицу имало и стабилне контактне температуре зида. Како би се проверила сама методологија прорачуна, извршена је и анализа измерених параметара за више различитих одабраних интервала на истом зиду. Добијени резултати приказани су у табели (табела 7.5). За пет зидова од набијене земље, на којима је било вршено мерење, одабрана су по два интервала мерења у трајању од по 12 сати. На основу параметара у оквиру изабраних интервала извршена је обрада података и анализа резултата (U , R , λ_m). Извршена је компарација резултата. Нису уочена значајна одступања (изузетак је објекат K1). На основу спроведених анализа утврђена методологија је потврђена као релевантна, будући да су за различите временске интервале добијени резултати без великих одступања. За најрелевантнији резултат код сваке куће одабрана је вредност на основу параметара измерених у временском интервалу са најстабилнијем параметрима температуре.

Табела 7.5: Упоредни приказ резултата

| | Зид (<i>Wall</i>) | U [W/(m ² xK)] | R [m ² xK/W] | λ_m [W/(mxK)] |
|-------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| K1 | W1a | 0,84 | 1,01 | 0,49 |
| | W1c | 0,58 | 1,53 | 0,33 |
| K2 | W2 a | 0,92 | 0,92 | 0,66 |
| | W2 b | 0,94 | 0,89 | 0,67 |
| K3 | W3a | 0,65 | 1,37 | 0,44 |
| | W3b | 0,66 | 1,33 | 0,45 |
| K4' | W4 I a | 0,72 | 1,21 | 0,41 |
| | W4 I b | 0,62 | 1,45 | 0,41 |
| K4'' | W4 II a | 0,71 | 1,24 | 0,40 |
| | W4 II b | 0,63 | 1,42 | 0,42 |

Легенда симбола:

- W** – ознака преузета из програма *AVR WIN-Control*, софтвера на коме је вршена обрада параметара измерених на уређају *ALMEMO 5690-2 /ahlborn*, а упућује на чињеницу да је прорачун коефицијента пролаза на основу контактне температуре зида (eng: *wall temperature*),
- K1** – ознака за кућу K1, K2, K3... у складу са табелом 7.1
- a/b** – ознака за одабрани интервал мерења (параметри измерени у првом временском интервалу имају индекс *a*, у другомг *b*)
- I/II** – ознака за зид I и зид II (на појединим објектима је било вршено мерење на два суседна зида).

7.3 Рачунско испитивање параметара

Поред анализе параметара измерених *in situ*, на основу којих су одређене вредности за коефицијент пролаза топлоте U, отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотну проводљивост λ_m извршено је и рачунско одређивање

наведених вредности, у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС. У овој фази истраживања извршено је рачунско испитивање само наведених параметара за спољни зид од набоја и извршена компарација добијених резултата са резултатима добијеним на основу мерења *in situ*. У завршном делу истраживања (поглавље 8 дисертације) биће извршено и рачунско испитивање енергетских перформанси троделне војвођанске куће од набоја као грађевинске целине, помоћу одговарајућег софтвера. Поред тога, извршен је и прорачун у коме су вредности дефинисане важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда замењене параметрима измереним *in situ* (поглавље 8 дисертације). Извршена је и компарација добијених резултата.

Процес и методологија рачунског испитивања коефицијента пролаза топлоте U

Методологија рачунског испитивања коефицијента пролаза топлоте U дефинисана је према важећем Правилнику о енергетској ефикасности зграда како је објашњено у поглављу 6 дисертације (6.2.1).

За зид од набоја традиционалне војвођанске куће поједине вредности нису дефинисане Правилником. У том смислу, потребно је констатовати да прорачун није могуће извршити у свему према важећем Правилнику РС о ЕЕ зграда, другим речима да прорачун не би било могуће извршити коришћењем само Правилника као документа предвиђеног законом. За прорачун коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U за спољни конструктивни зид од набоја, у спроведеном истраживању коришћене су следеће вредности:

- отпор прелазу топлоте за грађевински елемент који се граничи са спољним ваздухом: спољни зид невентилисан $R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{xK/W}$.
- топлотна проводљивост за зид од набоја $\lambda=1,2 \text{ W}/(\text{mxK})$ [110].
- вредност за топлотну проводљивост за блатне малтере (eng: *mud plaster*), $\lambda = 0,8 \text{ W}/(\text{mxK})$ [91].

Важећи правилник дефинише и највећу дозвољену вредност коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U за постојеће и новоизграђене објекте. За спољни зид код постојеће зграде максимална дозвољена вредност износи $U_{\max} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{xK})$. Спроведеним испитивањем жели се испитати и у којој мери вредности коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U измерене *in situ* одступају од максималне

дозвољене вредности дефинисане важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС.

Рачунско испитивање коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U за објекат КЗ

Као што је већ објашњено за објекте на којима је било вршено мерење биће извршено и рачунско испитивање коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U и прорачун отпора провођењу топлоте R_{gk} , према параметрима дефинисаним важећим правилником. Коришћени параметри и вредност за топлотну проводљивост λ_m преузети су из различитих правилника и иностраних прописа и стандарда уколико вредности нису дефинисане Правилником РС (поглавље 6.3.1 дисертације). Према претходно описаној методологији извршен је прорачун за објекат КЗ, а добијени резултати приказани су у табели (табела 7.6):

Табела 7.6: Резултати прорачуна коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U у складу са важећим Правилником о ЕЕ зграда РС за објекат КЗ

| Зид од набијене земље укупне дебљине $d = 0,6 \text{ m}$ | | | Објекат бр. КЗ |
|---|-------------------|---|---|
| Релевантни параметри преузети из важећег правилника | | | |
| $R_{si} + R_{se}$ | 0,17 | $[\text{m}^2 \times \text{K}/\text{W}]$ | Отпор прелазу топлоте |
| λ | 1,2 | $[\text{W}/(\text{m} \times \text{K})]$ | Топлотна проводљивост за набијену земљу |
| D | 0,5 | $[\text{m}]$ | Дебљина слоја |
| λ | 0,8 ³² | $[\text{W}/(\text{m} \times \text{K})]$ | Топлотна проводљивост за блатни малтер |
| D | 0,1 | $[\text{m}]$ | Дебљина слоја |
| Рачунско одређивање коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента | | | |
| U $[\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})]$ | $U = 1,40$ | | |

³² У иностраној литератури вредност за за топлотну проводљивост за зид од набоја најчешће се креће у распону од $\lambda=0,5$ до $0,8 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$, последично је и рачунска вредност коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента у распону од $U= 1,27$ до $1,40 \text{ (W}/(\text{m}^2 \times \text{K}))$.

7.4 Приказ добијених резултата

Претходно приказана методологија обраде података је на идентичан начин спроведена за сваки од пет зидова на којима су вршена мерења *in situ*. Приказани су резултати за коефицијент пролаза топлоте U , отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотну проводљивост λ_m измерени *in situ*. Извршена је и компарација са вредностима добијеним прорачуном у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС. Сви резултати приказани су у табелама.

7.4.1 Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U

Резултати мерења извршених *in situ* за коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U за пет зидова од набијене земље традиционалне војвођанске куће су показали да се опсег измерених вредности креће у распону од **0,65** до **0,92** $W/(m^2 \times K)$. Извршена је и упоредна анализа резултата добијених на основу мерења *in situ* и прорачуна у складу са Правилником. Сви резултати приказани су у табели (табела 7.7):

Табела 7.7: Коефицијенти пролаза топлоте грађевинског елемента U

Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС

| Коефицијент пролаза топлоте грађевинског елемента U [$W/(m^2 \times K)$] | | | |
|--|---------|----------------|--|
| Објекат: | d [m] | <i>in situ</i> | Прорачунато у складу са важећим Правилником РС |
| K1 | 0.5 | 0,84 | 1,59 |
| K2 | 0.6 | 0,92 | 1,40 |
| K3 | 0.6 | 0,65 | 1,40 |
| K4' | 0.5 | 0,72 | 1,59 |
| K4'' | 0.5 | 0,71 | 1,59 |

Упоредна анализа добијених резултата коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U , за зид од набијене земље одређене дебљине d показала је значајна

одступања. Вредности измерене *in situ* и прорачун у складу са важећим Правилником показале су одступања 34% до 55% за појединачне зидове од набоја.

7.4.2 Отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију

На основу параметара измерених *in situ*, а према претходно описаној методологији извршено је испитивање и отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} на основу измерених параметара контактне температуре зида и топлотног флукса. Резултати су показали да се опсег измерених вредности креће у распону од **0,92** до **1,37** $m^2 \times (K/W)$. Извршена је и упоредна анализа резултата добијених на основу мерења *in situ* и прорачуна у складу са важећим Правилником. Сви резултати приказани су у табели (табела 7.8):

Табела 7.8: Отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} . Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС

| Отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} [$m^2 \times K/W$] | | | |
|---|---------|----------------|--|
| Објекат: | d [m] | <i>in situ</i> | Прорачунато у складу са Правилником РС |
| К1 | 0.5 | 1,01 | 0,46 |
| К2 | 0.6 | 0,92 | 0,54 |
| К3 | 0.6 | 1,37 | 0,54 |
| К4' | 0.5 | 1,21 | 0,46 |
| К4'' | 0.5 | 1,24 | 0,46 |

Упоредна анализа добијених резултата отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} за зид од набијене земље одређене дебљине d показала је значајна одступања. Вредности добијене на основу параметара измерених *in situ* и прорачун у складу са важећим Правилником показале су одступања 40% до 63%.

7.4.3 Топлотна проводљивост λ

На основу параметара измерених *in situ*, а према претходно описаној методологији, извршено је испитивање и топлотне проводљивости λ_m за зид од набоја традиционалне војвођанске куће. На основу измерених параметара контактне температуре зида и топлотног флукса одређена је прво вредност отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} , а потом и топлотна проводљивост λ_m (преко израза $R_{gk} = d / \lambda_m$). Резултати су показали да се опсег измерених вредности креће у распону од **0,41** до **0,65 W/(mK)**.

Топлотна проводљивост λ_m за набијену земљу није дефинисана важећим правилником о енергетској ефикасности зграда РС (видети поглавље 6.3.1 дисертације) па је преузета вредност из немачког стандарда ДИН и износи $\lambda=1,2 W/(mK)$ [83]. Извршена је и упоредна анализа резултата добијених на основу мерења *in situ* и прорачуна у складу са важећим Правилником. Сви резултати приказани су у табели:

Табела 7.9: Топлотна проводљивост λ . Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС

| Топлотна проводљивост λ_m [W/(mK)] | | |
|--|----------------|--|
| Објекат: | <i>in situ</i> | Вредност преузета из ДИН стандарда ³³ |
| K1 | 0,49 | $\lambda=1,2 W/(mK)$ |
| K2 | 0,65 | |
| K3 | 0,44 | |
| K4' | 0,41 | |
| K4'' | 0,40 | |

³³ Као што је већ приказано у поглављу 6.3.1 дисертације, важећим правилником РС о ЕЕ зграда на основу кога се врши прорачун није дефинисана вредност за топлотну проводљивост па је вредност преузета из немачког стандарда ДИН 4701. Иста вредност λ_m за набијену земљу дефинисана је и софтвером *КнауфТерм ПРО* помоћу кога је извршен прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће као грађевинске целине.

Упоредна анализа добијених резултата за вредност топлотне проводљивости λ_m за зид од набијене земље одређене дебљине d показала је значајна одступања. Вредности добијене на основу параметара измерених *in situ* и прорачун у складу са Правилником показале су одступања 45% до 67%.

7.5 Закључци спроведене анализе

Спроведеним истраживањем вршено је испитивање коефицијента пролаза топлоте U , отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотне проводљивости λ_m на основу параметара измерених *in situ*. Компарација добијених резултата, рачунски и мерењем *in situ*, показала је да постоје значајне разлике у добијеним вредностима које указују на комплексно питање термичких перформанси зида од набоја, који чини значајан део омотача традиционалне војвођанске куће.

Истраживање је показало да вредности коефицијента пролаза топлоте U (последично и R_{gk} и λ_m) добијене на основу параметара измерених *in situ* указују на далеко боље енергетске перформансе самог зида од вредности добијених рачунски у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС. Размотрена су и објашњења добијених резултата:

- Код зидова од набоја због изузетно велике дебљине зида и последично велике термичке масе, која практично успорава проток топлоте кроз зид, могу се очекивати изузетно стабилни унутрашњи температурни услови. Свако ко је провео време у кући од набоја у Војводини може да посведочи о предностима оваквих масивних зидова. Поставља се питање како је могуће да су тако пријатни услови комфора у пракси изузетно лоши у теорији тј. прорачуну у складу са важећим стандардом?! Наиме, зид од набоја има велику термичку масу и способност да складишти велику количину топлотне енергије чиме се успорава проток топлоте кроз зид. Проток топлоте кроз овакве зидове има велики фактор пригушења амплитуде осцилације температуре η [-]. Истраживања су показала да је и кашњење осцилације температуре ν [h] између максимума, који достигне спољна температура ваздуха, и максимума, који

достигне унутрашња температура ваздуха, велико.³⁴ За зид од набоја дебљине од 450 до 610 mm време кашњења осцилације температуре се процењује на 12 до 16 сати [88]. На основу претходних тврдњи се може констатовати да је један од кључних фактора у постизању унутрашњег комфора војвођанске куће, нарочито у летњем периоду, управо велика термичка маса зида од набоја. Како би се испитала ова карактеристика зида од набоја извршено је мерење на традиционалној војвођанској кући у летњем периоду године. Унутрашња температура ваздуха била је изузетно стабилна са одступањем $\pm 0,4$ °C, у опсегу 23,4°C до 24,2°C, а унутрашња температура зида кретала се у опсегу $\pm 0,2$ °C од 24,0°C до 24,4°C. Разлика између дневне и ноћне спољне температуре ваздуха износила је преко 20 °C. Анализом графика и измерених параметара спроведеног мерења у трајању од 72 сата показало се да спољашња температура ваздуха има максималну вредност око 14h, а унутрашња температура ваздуха доживљава врхунац око 22h. Што практично значи да време кашњења осцилације температуре износи 8 сати. Прорачун у складу са Правилником не третира на адекватан начин ову специфичност зида од набоја традиционалне војвођанске куће.

- Вредности измерених параметара (U , R_{gk} , λ_m) указују на релативно добра изолациона својства зида од набоја.³⁵ Наиме, зид у свом саставу садржи набијену земљу помешану са коњском длаком и великом количином сламе или плеве и ови елементи свакако побољшавају изолациона својства зида. Наведене специфичности у саставу зида су приликом мерења *in situ* свакако утицале на измерене вредности, док прорачун у складу са Правилником ни ове специфичности у саставу зида заправо не третира. Тачан састав зида и процентуални однос појединачних компоненти је непознаница (мења се од случаја до случаја) и немогуће га је утврдити без лабораторијских анализа.
- Повољан резултат параметара измерених *in situ* последица је и чињенице да је зид од набоја традиционалне војвођанске куће изузетно велике дебљине и до $d=65\text{cm}$, и провођење топлоте кроз зид овакве дебљине има своје

³⁴ Ове особине грађевинског материјала кључне су за топлотну стабилност спољне грађевинске конструкције у летњем периоду.

³⁵ Параметри измерени *in situ* показују да зид ипак не задовољава вредности прописане правилником о ЕЕ зграда РС иако су измерене вредности далеко боље од прорачунских вредности.

специфичности.³⁶ Наиме, значајне разлике у вредностима измереним *in situ* у односу на вредности добијене прорачуном базирају се управо на чињеници да су сви стандардни правилници базирани на стационарним условима и третирају отпор провођењу топлоте R у стационарним условима. Међутим код зида од набијене земље дебљине $d > 50$ cm и реалним атмосферским условима у којима су вршена мерења, измерена вредност R заправо не представља отпор провођењу топлоте R у стационарним условима (видети поглавље 6.3.1 дисертације). Као последица јављају се значајне разлике у добијеном резултату на основу мерења *in situ* и прорачуна у складу са Правилником.

На основу спроведене анализе може се констатовати да је питање енергетских перформанси традиционалних објеката комплексна тема којој је потребно посветити посебну пажњу. Поред тога, **рачунско испитивање коефицијента пролаза топлоте U , вршено на основу важећег Правилника РС, показало је евидентне недостатке када је у питању третман традиционалних грађевинских материјала и не може се сматрати релевантним у случају традиционалне војвођанске куће од набоја.** За адекватан прорачун неопходно је да важећи Правилник садржи потпуније податке о традиционалним грађевинским материјалима, пре свега за вредност топлотне проводљивости λ .

Упоредна анализа резултата добијених на основу мерења *in situ* и прорачуна у складу са Правилником показала је значајна одступања у добијеним вредностима за појединачне објекте. Вредности измерене *in situ* и до три пута се разликују од вредности добијених рачунским путем у складу са правилником о енергетској ефикасности зграда РС. У оба случаја вредност коефицијента пролаза топлоте U [$W/(m^2 \times K)$] за спољни зид не задовољава важећи стандард и превазилазе максималну дозвољену вредност коефицијента пролаза топлоте предвиђену за постојеће објекте, што указује на потребу за разматрањем могућности побољшања енергетских перформанси објеката. У завршном делу истраживања су испитане и енергетске перформансе традиционалне троделне војвођанске куће од набоја коришћењем софтвера *КнауфТерм ПРО* у складу са важећим прописима и стандардима у Републици Србији. Поред тога извршен је и прорачун у коме су вредности дефинисане важећим

³⁶ Све традиционалне војвођанске куће на којима је вршено мерење имају дебљину зида преко $d = 50$ cm.

Правилником о енергетској ефикасности зграда замењене параметрима измереним *in situ*. Извршена је и компарација добијених резултата (поглавље 8 дисертације).

РАЧУНСКО ИСПИТИВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ

Рачунско испитивање енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће извршено је у складу са важећем Правилником о енергетској ефикасности Републике Србије.³⁷ Поред тога, извршен је и прорачун у коме су вредности дефинисане правилником, замењене параметрима измереним *in situ*. Извршена је и компарација добијених резултата.

8.1 Методологија прорачуна енергетских перформанси куће

Дефинисаном методологијом прорачуна извршена је процена енергетских перформанси троделне војвођанске куће. Прорачун енергетских перформанси куће од набоја у спроведеном истраживању извршен је на основу годишње потребне енергије за грејање. Правилник о енергетској ефикасности зграда РС представља полазни документ за рачунско испитивање енергетских перформанси и предвиђа испитивање испуњености услова енергетске ефикасности зграде помоћу израде елабората енергетске ефикасности, чија је обавезна садржина такође прописана Правилником. Поред тога, посебним Правилником прописују се и услови, садржина и начин издавања сертификата о енергетским својствима зграде. Спроведено истраживање

³⁷ Прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће није у потпуности могуће извршити у складу са важећим Правилником, будући да правилник није дефинисао све потребне елементе за прорачун термичких перформанси куће од набијене земље, из тог разлога ће поједини параметри потребни за прорачун бити преузете су из иностраних правилника (видети поглавље 6.3.1 дисертације).

има за циљ процену енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће од набоја, сама израда сертификата није предмет спроведеног истраживања.

На основу обрачунатих вредности годишње потрошње енергије за грејање, у оквиру одређене категорије, а сведено на јединицу корисне површине, предвиђено је и сврставање зграде у одговарајући енергетски разред. Породичне куће се сврставају у осам енергетских разреда од најповољнијег А+ ($\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) до најнеповољнијег Г ($> 250 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) и троделна војвођанска кућа за коју је извршен прорачун биће сврстана у одговарајући енергетски разред.

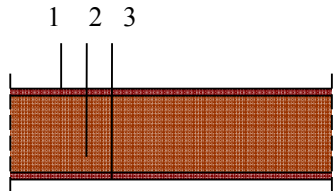
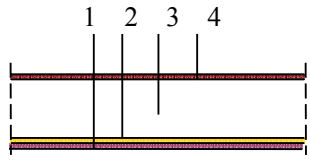
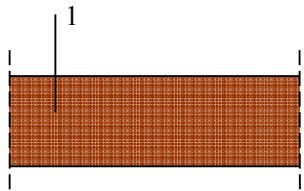
Спроведеним истраживањем извршен је прорачун годишње потрошње енергије за грејање помоћу одговарајућег софтвера за типичног представника традиционалне троделне војвођанске куће.³⁸ Прорачун је извршен у два сегмента:

- 1.) у складу са важећим Правилником где су сви потребни елементи за прорачун преузети из Правилника РС уколико постоје дефинисани или из иностраних правилника, уколико нису обухваћени правилником РС (видети поглавље 6.3.1 дисертације). Прорачун се налази у посебном прилогу докторској дисертацији (прилог 4).
- 2.) Прорачуном, који уместо вредности преузетих из Правилника користи вредности измерене *in situ* за коефицијент пролаза топлоте U , и топлотну проводљивост λ_m за зид од набијене земље (видети поглавље 7 дисертације). Остали елементи грађевинског омотача нису били предмет мерења па су за њих и у другом сегменту прорачуна коришћене вредности из Правилника. Прорачун је поновљен са потпуно истом методологијом, за исти објекат.

Улазни параметар који се разликује у два спроведена прорачуна је коефицијенти пролаза топлоте U за позицију спољни зид од набоја. Разлика је последица усвојених вредности за топлотну проводљивост λ_m која је 1.) усвојена у складу са Правилником и 2.) измерена *in situ*. У табели су приказани основне карактеристике термичког омотача усвојене за прорачун енергетских перформанси куће (табела 8.1).

³⁸ Будући да предвиђена примена Националног софтвера за израчунавање енергетске ефикасности није још увек почела одабран је софтверски програм *КнауфТерм ПРО*.

Табела 8.1: Основне карактеристикама термичког омотача усвојене за прорачун енергетских перформанси куће

| Карактеристике термичког омотача усвојене за прорачун | | |
|--|--|--|
| | 1.) Прорачун извршен у складу са правилником* | 2.) Прорачун извршен на основу параметара измерених <i>in situ</i> |
| Спољни зид СЗ: | U=1,499 W/(m²xK) (λ =1,2 W/(mxK)) | U=0,65 W/(m²xK) (λ =0,44 W/(mxK)) |
| <ol style="list-style-type: none"> Блатни малтер + креч d=2cm Набој d=56cm Блатни малтер + креч d=2cm |  | |
| Међуспратна конструкција испод негрејаног простора МК: | U=0.760 | |
| <ol style="list-style-type: none"> Креч+Блатни малтер d=2cm Плоче од трске d=3cm Бор/смрека+ваз.слој d=14cm Бор/смрека d=3cm |  | |
| Под на тлу П: | U=1,499 | |
| <ol style="list-style-type: none"> Набијена земља d=50cm |  | |
| Прозори и балконска врата: | U=3,5 | |
| Дрвени рам, двоструки прозор крило на крило. Стакло d=3mm | | |

8.1.1. Одабир програма (софтвера) за израчунавање

У протеклих тридесет година, паралелно са развојем теме енергетске ефикасности у зградарству, на светском тржишту развиле су се бројне софтверске платформе које прате ову тему. Бројни су програми за симулацију и израчунавање енергетских перформанси објеката: *DeST*, *EE4 CODE*, *EnergyPlus*, *EnergySavvy*, *ESP-r*, *SolArch*, *VisualDOE*, *ENERGY STAR* и многи други. Ови програми омогућавају сагледавање и анализу енергетских перформанси објеката, како у фази планирања и пројектовања, тако и за постојеће изграђене објекте.

За прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће је одабран софтвер *КнауфТерм ППО*, верзија 23 [118]. Овај софтвер има веома широку примену код нас и доступан је корисницима у Србији без новчане накнаде. Софтвер је намењен стручној јавности, за проверу енергетских својства зграда у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности и правилником о сертификацији зграда.

8.1.2 Проблеми и ограничења

Проблеми и ограничења у процесу рачунског испитивања енергетских перформанси троделне војвођанске куће од набоја, у складу са важећом регулативом, пре свега се односе на неадекватан третман традиционалних објеката и техника грађења у важећим законским актима РС. Наиме, Правилник о енергетској ефикасности зграда РС, на основу кога је потребно извршити прорачун, нуди веома ограничене податке за традиционалне технике грађења (видети поглавље 6.3.1 дисертације). **Како је претходно констатовано у спроведеном истраживању, прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће не би био могућ коришћењем само Правилника о ЕЕ зграда РС као документа предвиђеног законом.**

Инострана пракса показује и посебне стандарде, законске акте, прописе у државама које имају традицију зидања земљом као што су: Мексико, Аустралија, Нови Зеланд, САД итд. где објекти од набијене земље не подлежу једнаком третману као објекти изграђени од савремених грађевинских материјала. Ови стандарди баве се свим аспектима изградње објеката од набијене земље: естетским, конструктивним, енергетским аспектом и сл. [54].

Софтвер одабран за прорачун у спроведеном истраживању је *КнауфТерм ПРО* верзија 23. Потребно је нагласити да ова верзија програма поседује новину у односу на све претходне верзије, а то је секција *традиционални материјали* у библиотеци са материјалима, што је кључно за спроведено истраживање.³⁹ Овом библиотеком обухваћени су грађевински материјали: черпић, блатни малтер, набој, земља (под), иловача и слама на прућу. Наведени традиционални материјали нису третирани Правилником РС о енергетској ефикасности зграда.

8.2 Анализе студије случаја

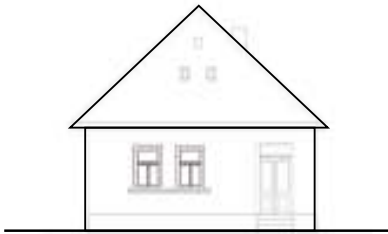
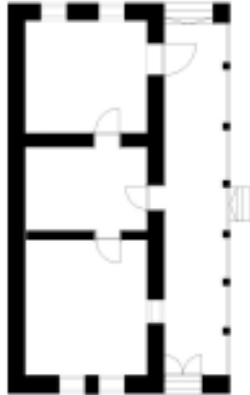
Изабран је један објекат као типичан представник троделне куће од набоја за који је извршено рачунско испитивање енергетских перформанси. Све карактеристике куће, пратећа графичка документација као и прорачун њених енергетских перформанси приказан је у прилогу (прилог 4) дисертације.

Рачунско испитивање енергетских перформанси извршено је на одабраној кући на којој су била извршена и мерења на терену, кућа *К3*. Услед недостатка информација, поједине карактеристике куће су претпостављене. Трансформације, које је кућа претрпела у погледу структуре, занемарене су и усвојена је форма куће најближа првобитном изведеном стању. Сама структура и димензије куће одабране су тако да репрезентују типичног представника троделне куће од набоја у Војводини. Основне карактеристике куће приказане су у табели (табела 8.2).

Табела 8.2: Основни подаци о кући за коју је извршен прорачун енергетских перформанси

| Основни подаци о кући | |
|------------------------------|----------------------------|
| Тип зграде и категорија | Постојећи стамбени објекат |
| Година изградње | ≈1930 |
| Структура куће | соба + кухиња + соба |

³⁹ Најновија верзија програма *КнауфТерм ПРО* је верзија 26. у којој секција традиционални материјали није активна (фебруара 2016, програм преузет са интернет странице <http://www.knaufinsulation.rs>)

| | |
|--------------------|---|
| Нето површина куће | 63m ² |
| Улична фасада |  |
| Основа објекта |  |

Како је већ објашњено, разноликост свих појавних облика троделне куће од набоја на простору целе покрајне је изузетно велика и њихове енергетске перформансе би могле бити предмет евентуалних даљих истраживања на ову тему.

8.3 Приказ добијених резултата

Прорачун у складу са важећим Правилником РС је показао да одабраног представника троделне војвођанске куће са годишњом потрошњом енергије за грејање која износи 266 kWh/m² можемо сврстати у Г енергетски разред.

У другој етапи прорачуна, рачунски поступак је поновљен за исти објекат при чему је коришћена иста методологија, али је уместо вредности преузетих из Правилника, коришћена вредност измерена *in situ* за коефицијент пролаза топлоте U [W/(m²×K)] за зид од набијене земље. Усвојена је вредност $U=0,65$ W/(m²×K) из Поглавља 7. докторске дисертације. Прорачун је показао да у том случају одабраног представник традиционалне троделне војвођанске куће, са годишњом

потрошњом енергије за грејање 178 kWh/m², можемо сврстати у Ф енергетски разред.

На основу извршене компарације добијених резултата јасно је да се процењена годишњ потрeбна енергије за грејање значајно разликује за два анализирана случаја, као и сам енергетски разред куће (табела 8.3).

Табела 8.3: Компарација добијених резултата, прорачун енергетских перформанси за традиционалну војвођанску кућу

| | Прорачун извршен у складу са <i>правилником*</i> | Прорачун извршен на основу параметара измерених <i>in situ</i> |
|---|--|--|
| Коефицијент пролаза топлоте U [W/(m ² ×K)] | 1,499 | 0,65 |
| q _{H,nd} [kWh/m ² a] | 266 | 170 |
| Енергетски разред | Г | Ф |

8.4 Закључци спроведене анализе

Спроведеним истраживањем извршен је прорачун годишње потрошње енергије за грејање по јединици површине код типичног представника трoделне традиционалне војвођанске куће и њено сврставање у одређени енергетски разред.

Компарација добијених резултата за два прорачуна показала је одступања у годишњој потрошњи енергије за грејање и разлику за цео енергетски разред. Разлог за то је значајно одступање у вредности за коефицијент пролаза топлоте U за зид од набијене земље одређен у складу са Правилником РС и на основу измерених параметара, који је и улазни податак који се разликовао за оба прорачуна.

Зид од набијене земље представља само један део термичког омотача традиционалне војвођанске куће и поставља се питање колико би се резултати разликовали уколико би се у прорачун уврстиле и реалне измерене вредности за све остале елементе термичког омотача!? Спроведеним истраживањем вршена су мерења на зидовима од набијене земље, будући да они чине и најзначајнији део термичког омотача традиционалне војвођанске куће.

Мерења *in situ* осталих елемената грађевинског омотача (пода на тлу и међуспратне конструкције испод негрејаног таванског простора) нису била предмет спроведеног истраживања.

Резултати спроведеног истраживања упућују на сложеност теме енергетских перформанси традиционалних објеката и чињеницу да прорачун у складу са важећим Правилником, осим што има бројне недостатке, потцењује енергетске перформансе традиционалне троделне војвођанске куће.

Спроведеним истраживањем даље ће бити размотрене и могућности унапређења енергетских перформанси традиционалне троделне куће (видети поглавље 9 дисертације).

МОГУЋНОСТИ УНАПРЕЂЕЊА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ ОД НАБОЈА

Сprovedено истраживање показало је да појединачни елементи грађевинског омотача куће од набоја и куће као грађевинске целине не задовољавају савремене стандарде о енергетској ефикасности кућа дефинисане важећим Правилником о ЕЕ зграда РС и унапређење енергетских перформанси куће је неопходна интервенција да би кућа испунила савремене стандарде у погледу енергетске ефикасности.

Породичне куће су, као мање грађевинске целине, објекти које је могуће релативно једноставним методама унапредити и учинити енергетски ефикаснијим и далеко комфорнијим за живот. Традиционалну војвођанску кућу је могуће ефикасно унапредити уз различите степене интервенције, које зависе од потреба становника, финансијских могућности и сл. а само извођење интервенција је могуће поступно, у сегментима.

Како би се на правилан начин приступило унапређењу енергетских перформанси објекта потребно је пре свега дијагностиковати стање у коме се објекат налази, разумети начин, на који грађевинска конструкција и коришћени грађевински материјали функционишу, и сагледати како објекат функционише у свом природном окружењу. Дакле, унапређењу енергетских перформанси објекта је потребно приступити као комплексној интервенцији, која обухвата прво санацију објекта, уколико је потребна, и потом његово унапређење. Из тог разлога спроведеним истраживањем размотрени су и постојећи проблеми и опште смернице за санацију, могућности функционалне трансформације, побољшања енергетских перформанси омотача објекта и могућности употребе елемената за пасивну уштеду енергије.

9.1 Постојећи проблеми - опште смернице за санацију

Иако је земља један од најраспрострањенијих грађевинских материјала на планети, чини се да чувању и конзервацији објеката од земље није било посвећено довољно пажње у прошлости. Ова тема у свету постаје актуелна последње три деценија у оквиру савремене парадигме одрживости и одрживе архитектуре, када земљом као грађевинским материјалом, интензивно почињу да се баве државе које имају традицију зидања овим грађевинским материјалом: Мексико, Аустралија, САД итд.

На простору Србије тема конзервације, санације и обнове традиционалних објеката од земље готово и да не постоји, што је резултирало бројним проблемима у њиховом очувању, због чега бројни објекти пропадају и у лошем су стању данас. Последњих неколико година је и на простору Србије присутно интересовање стручне јавности за ову тему и тенденције које прате светске трендове у очувању традиционалних објеката. Ширење интересовања за објекте од набоја представља скромни почетак процеса њихове популаризације и подизања свести људи о потенцијалу традиционалних техника зидања карактеристичних за ово поднебље.

Када је реч о обнови традиционалне војвођанске куће потребно је приступити квалитетној и целовитој санацији и обнови куће са свих аспеката уз поштовање традиционалних техника грађења, форме објекта и свих квалитета које кућа има, али истовремено и уз уважавање савремених стандарда у XXI веку.

Унапређење енергетских перформанси куће је неопходна интервенција да би кућа испунила савремене стандарде у погледу енергетске ефикасности. Да би се уопште могло размишљати о унапређењу енергетских перформанси куће потребно је прво уочити и отклонити проблеме у самој грађевинској конструкцији, материјалима и отклонити узроке њиховог настајања. Унапређивање енергетских перформанси додавањем термоизолације на објекат који пропада није дуготрајно и квалитетно решење. Питање санације и обнове традиционалне војвођанске куће, данас се сусреће са две групе проблема: 1.) општи проблеми и 2.) конкретни проблеми у обнови кућа [43]:

1.) Општи проблем у санацији и обнови кућа од набијене земље

Поред бројних техничких проблема у одржавању објеката од набијене земље на простору Војводине постоји и читава група *општих* проблема који доприносе

пропадању драгоценог архитектонског наслеђа које чини и велики део грађевинског фонда.

- **Негативна репутација и предрасуде о објектима од набоја**

Чињеница је да многи људи (нестручна јавност, али и архитекте) имају предрасуде и негативно мишљење о објектима од земље, предрасуде да су то објекти лошег квалитета и кратког века [27]. Често се доводе у везу и са: влагом, непријатним мирисима, инсектима и глодарима. Такође, распрострањено је и мишљење да су то непостојани, трошни објекти у којима живи сиромашнији слој људи.

- **Недостатак адекватне историјске грађе и литературе која разматра технику зидања набојем**

У стручној литератури на простору Србије, традиционална војвођанска кућа третирана је као део целокупне југословенске народне архитектуре (у делима аутора Којић, Дероко). Са друге стране, тема традиционалне земљане архитектуре је чини се више била предмет интересовања етнолога него архитеката. Питање њене обнове и анализе још мање је био предмет интересовања на овим просторима и своди се на напоре појединаца да дају допринос овој теми. Тема топлотних карактеристике појединих елемената термичког омотача куће обрађена је у делу Ервина Гиндера.

Велики проблем је и чињеница да се земља као грађевински материјал није изучавала на адекватан начин ни у једној техничкој школи нити факултету на простору Војводине и Србије уопште. Последично је присутан можда и највећи проблем, недостатак обучених мајстора који познају ову традиционалну технику грађења. Будући да се ова техника зидања на нашим просторима не користи више од пола века мајстора из народа готово да више нема или су веома стари. Данас их евентуално има у војвођанским селима са претежно мађарским или словачким становништвом, где се традиција ипак мало боље сачувала и преноси се на млађе генерације, за разлику од српских села. Не постоји ни забележени писани трагови о искуствима старих мајстора у прошлости.

- **Законска регулатива**

Тема традиционалних објеката од набијене земље нема адекватну законску потпору код нас, видети поглавље 4.3 дисертације.

Поред свих наведених проблема у вези са третманом постојећих објеката у важећим законским актима, постоје и бројни проблеми у вези са евентуалном изградњом савремених објеката од набијене земље. Поставља се питање третмана

објекта уколико би се обратили на локалном нивоу са захтевом за грађевинску дозволу за изградњу новог објекта од набијене земље!? Јасно је да не постоји адекватан законски акт који третира изградњу нових објекта од набијене земље и да је тема занемарена.

- **Проблеми са грађевинским материјалом**

Велики проблем је чињеница да савремени грађевински материјали који се деценијама налазе на тржишту веома често нису компатибилни са традиционалном техником зидања набојем. Поједини материјали који се користе приликом санације и обнове могу бити веома деградирајући за постојеће објекте од набоја и додатно поспешити њихово пропадање. Са друге стране веома је парадоксално да смо у Војводини у изобилју окружени традиционалним грађевинским материјалима као што су земља, слама и трска, али они више нису једнако доступни мајстору градитељу као што су били у прошлости. Наиме, старе пољопривредне машине које су сакупљале плеву (битан састојак блатног малтера) данас се више не користе већ се плева распршава по пољу [43].

- **Напуштање села и кућа**

Последњих деценија сведоци смо све бржег пропадања села на простору Војводине. Бројне куће па и цела села су напуштена и пропадају. Млади нису заинтересовани за обнову кућа и живот на селу. Малобројни заинтересовани појединци, који желе да обнове своје куће, веома често немају коме да се обрате за информације и препоруке како то учинити. Пракса је показала да уколико се и обрате мајстору за савет, најчешће добију информацију да је немогуће санирати и доградити постојећу кућу и да је најбоље решење изградња *модерне* куће. Велики проблем је и недостатак архитеката и грађевинаца, пре свега статичара који желе да се баве традиционалном техником зидања набијеном земљом. На овај проблем указао је 1986 године Божидар Петровић, који каже да су промене које су се одигравале на селу довеле до тога да се напушта стара сеоска кућа и култура а прихвата *новоградска* која најчешће на селу води у извештаченост и кич. Он такође каже да највећу одговорност, пре свих других треба на себе да прихвате стручњаци из области грађења и архитекти [68].

2.) Конкретни проблеми у санацији и обнови кућа од набијене земље

Поред читаве групе општих проблема претходно наведених, постоје и конкретни проблеми који се односе на сам технички процес санације и обнове традиционалних војвођанских кућа од набијене земље.

Пре започињања било какве интервенције на објекту од набијене земље потребно је дијагностиковати његово стање. Потребно је разумети начин на који грађевинска конструкција и коришћени грађевински материјали функционишу и сагледати како објекат функционише у свом природном окружењу. Пре санације и отклањања било каквих проблема потребно је уклонити узрок њиховог настанка, будући да санирање последица без откривања и уклањања узрока пропадања није дуготрајно решење. Након санације објекта и отклањања узрока настајања евентуалних проблема (влаге, пукотина и сл.) може се приступити унапређењу енергетских перформанси објекта. Поред претходно описаних *општих*, размотрени су и конкретни проблеми у санацији и обнови војвођанске куће.

- **Влага у зидовима**

Традиционална војвођанска кућа грађена је набијањем земље иловаче, која како је познато јако добро упија воду, па су последично и зидови од набоја осетљиви на влагу. Додатни проблем представља чињеница да уколико је зид од набоја влажан он није отпоран на мраз, носивост таквог зида је знатно смањена а и такав зид је слабији термички изолатор [22].

Узроци за појаву влаге су бројни. Веома често је првобитна топографија терена у окружењу промењена што може изазвати стагнацију воде и структуралне поремећаје. Овај проблем веома је чест у Војводини, где је протеклих деценија затрпан велики број канала који су одводили воду из насељених места. Последично је дошло до подизања нивоа подземних вода и потом појаве влаге у зидовима, а већина људи овај проблем тумачи као последицу непостојаности зида од набијене земље. Овај проблем који се манифестује као појава капиларне влаге тј. стагнирање воде у доњем делу зида има велике последице код кућа које имају темеље од набијене земље или черпића који брзо пропадају под утицајем воде (код темеља од опеке овај проблем није присутан у толикој мери). Са друге стране влага у зидовима јавља се и услед лошег кровног покривача, лоше изведене стрехе или пропадања завршног слоја зида.

Методe које се примењују за санацију влаге у доњој зони зида је пресецање зидова. О пресецању зидова од набоја постоје подељени ставови у стручној јавности, поједини стручњаци сматрају да то може нарушити статички систем објекта. У

појединим земљама (Француска) као мера заштите примењује се само дренажа и сматра се да је постављање дренаже која спречава улазак воде у доњи део зида довољна мера заштите [43]. Неопходно је омогућити излагање спољне стране зида директној сунчевој светлости и на тај начин омогућити природно исушивање зида

Биљке у дну зида задржавају влагу, чак и по сувом времену. Са друге стране корење дрвећа упија влагу и од велике је користи за објекте од земље. Међутим потребно је да буде засађено на удаљености пет метара од куће како би се омогућило природно исушивање зида од набијене земље директним зрачењем Сунца. Истовремено ова раздаљина спречава да корење оштети темеље куће. Постоји легенда о којој се приповеда по војвођанским селима да је Марија Терезија у време своје владавине издала уредбу која је обавезивала власнике кућа да уз сваку кућу засаде дуд чије је корење било веома дубоко и има способност да упије велику количину влаге [43]. Било да је реч о легенди или не чињеница је да у великом броју војвођанских села постоје дудови посађени испред кућа.

Постоје и докази који сведоче о томе на који начин је било вршено природно *пресецање* влаге у зидовима. Наиме, код традиционалне војвођанске куће након завршетка зидања темеља од набијене земље посипале су се љуске од ораха и коштице од вишања које су формирале природан дренажни слој, на који се наставља зидање зида од набијене земље на уобичајени начин [43]. Писани докази у литератури о овоме не постоје.

Проблем влаге чешће се јавља када су темељи од набијене земље, темељи који су од опеке су постојанији и мање порозни тако да куће са оваквим темељима ређе имају проблем влаге у зидовима (слика 9.1). Анализом стања на терену, потврђене су претпоставке установљене на теоријској основи. Куће које су издигнуте од терена (што је углавном случај са троделним кућама) најчешће за висину од три степеника ређе имају проблем влаге и у поду и у зидовима од кућа које су постављене на тло, без издизања. Поред тога кључно у регулисању влаге у зидовима је оријентација и инсолација зида. Зидови са јужном, западном и источном оријентацијом најчешће немају проблем влаге, уколико постоји неометано проветравање зида. Код појединих кућа у организацији дворишта штала и амбар су били наслоњене на задњи (забатни) зид куће што је без обзира на оријентацију зида најчешће резултирало повећаном влагом у зиду. Северно оријентисани зидови су веома често пропадали и у бројним реконструкцијама и поправкама кућа били замењени најчешће зидовима од опеке или

черпића. Уколико код северно оријентисаног зида од набоја не постоји адекватан пад терена и вода се задржава или је спречена инсолација, зид веома брзо може да пропадне (слика 9.1) . Капиларна влага у зидовима присутна је као проблем у многим војвођанским кућама, неретко до висине 1,5 m од коте пода, последично зидови су потклубучени и склони су крњењу и отпадању делова блатног малтера и земље [48].



Слика 9.1: Влага у доњем делу зида код куће од набоја

Уколико је узрок појаве влаге у зидовима лош кровни покривач који прокишњава и зид се влажи (кваси) са горње стране, потребно је пре свега извршити санацију крова и отклонити узрок појаве влаге, добро исушити зид па потом приступити евентуалном унапређењу енергетских перформанси омотача објекта.

Поједини аутори који се баве историјским аспектом изградње објеката од земље али и савременим објектима изграђеним од набоја, тврде да уколико је објекат изграђен на адекватан начин, влага апсолутно није присутна, будући да зид има способност природне регулације влаге. Исти аутор тврди и да купатила изграђена од набијене земље имају заправо далеко више хигијенске стандарде од савремених купатила обложених керамичким плочицама, такође из разлога што земља на природан начин регулише влагу у купатилу и не дозвољава задржавање гљивица и бактерија, као што је то случај са керамичким плочицама [21].

- **Пукотине у зидовима**

Веома често се на традиционалним војвођанским кућама могу видети пукотине и до неколико сантиметара широке (слика 9.2 и слика 9.3). Узрок треба потражити у слегању куће, до кога најчешће долази због неадекватних темеља, велики број кућа их или нема или су од набијене земље. Тек у каснијем периоду развоја куће појављују се темељи од опеке на кућама од набоја. Поред слабих темеља, пукотине на објекту могу бити последица и слегања куће због високих подземних вода које последично утичу и на темеље. У том случају, да би се спречило даље настајање пукотина, потребно је, пре свега, исушити околину зграде.



Слика 9.2: Пукотине на зиду од набоја у ентеријеру куће



Слика 9.3: Пукотина на спољашњем делу зида од набоја

Код нас је најчешће пракса да се пукотине само попуне цементним малтером без претходног утврђивања да ли је пукотина *жива* (појам означава пукотину која се временом мења, мења облик и величину). Уколико јесте неопходно је прво отклонити узрок слегања зида па потом санирати пукотине [43]. Када се утврди да су пукотина није *жива* прво је потребно ојачати целу структуру користећи затеге, серклаже или подупираче, а велике пукотине заштитити дрвеним клиновима уграђеним у зид. Санирани зид је потребно конзервирати земљом, тј. материјалом који је компатибилан

са структуром зида и исто се понаша при промени влажности и промени температуре зида.

Спољашњи зидови изложени атмосферским утицајима најчешће су били премазивани слојем блатног малтера и финим слојем креча. Ова завршна обрада омогућава да зид *дише*, под условом да није превише стабилизована и може се употребљавати приликом санације зидова. Уколико се зид покрије кречним малтером у сувише дебелом слоју или ако је малтер сувише крут, може доћи до појаве истих проблема као и код употребе цементног малтер.

Малтери на бази цемента и других производа нису адекватни за зид од набијене земље који природно има способност да дише тј. има способност регулације влаге, по потреби он упија вишак влаге из ваздуха и исто тако га по потреби и ослобађа. Уколико зид од набоја омалтеришемо са обе стране цементним малтером или обложимо неким другим паронепропусним материјалом влага остаје заробљена у зиду тј. зид не дише. Зид који не дише почеће временом да сакупља влагу чиме може доћи до угрожавања стабилности зида и појаве нових пукотина. Уколико цементни малтер испуца, влага ће наћи пут да изађе из зида, а најгоре је уколико зид споља изгледа сув и здрав, а изнутра пун влаге. Боље је користити материјале попут креча или оставити бар једну страну зида слободну тј неомалтерисану цементним малтером!

У грађевинском фонду Војводине лежи велики потенцијал како са аспекта културно-историјског наслеђа тако и са савременог аспекта енергетске ефикасности. Са друге стране, од када се последњи пут градило земљом на овим просторима прошло је више од пола века и процесу санације, обнове и унапређења енергетских перформанси објеката треба приступити комплексно и систематично.

9.2 Могућности функционалне трансформације војвођанске куће

Начин живота пољопривредног сеоског домаћинства у Војводини, данас се у многоме променио, и старе традиционалне куће нису функционално прилагођене модерном начину живота и потребама савременог човека. У том смислу, уколико се врши унапређење енергетских перформанси куће, потребно је кућу и функционално унапредити, уколико за то постоје захтеви корисника.

У процесу еволуције, традиционална војвођанска кућа од набоја се у свом развоју зауставила негде на почетку XX века тј. постепено је изградњу кућа од набоја заменила изградња кућа од опеке, сложеније структуре. Из тог разлога, кућу од набоја постоје као троделне, евентуално четвороделне. Вишеделне и тзв. *преке* или *шванске* куће сложенијих структура су биле зидане од опеке.

Када је реч о могућностима унапређења троделне куће од набоја са функционалног аспекта, спроведеним истраживањем су размотрене могућности повећања просторног капацитета додавањем просторија у дужину парцеле. На овај начин, аутентичност уличне фасаде је задржана. Кућа оваквим видом трансформације остаје и даље приземна. Могућност адаптације некоришћеног таванског простора у стамбени није разматрана будући да у највећем броју случајева корисна висина таванског простора није довољно велика.

Потребно је нагласити да је велики број кућа већ претрпео функционалне трансформације у другој половини XX века у виду додавања купатила (тј. прилагођавања постојећег простора у средишњем делу куће).

9.2.1 Недостаци са функционалног аспекта

За успешну трансформацију куће традиционалне архитектуре неопходно је добро разумевање начина на који кућа функционише и начина на који је повезана са окружењем. Чињеница да је традиционална војвођанска кућа била намењена животу породице којој је примарна делатност привређивања била пољопривреда условила је развој куће и окућнице, које су у функционалном смислу биле прилагођене пољопривредним активностима. Кућа се увек развијала као приземна како би се лакше функционисало на релацији кућа-окућница и ефикасно обављале пољопривредне активности.

Становништво, које данас живи у овим кућама, најчешће се и даље бави пољопривредом у мањем или већем обиму. Проблем прилагођавања потребама савременог живота налазимо код саме куће. Постоје два основна проблема која функционални аспект традиционалне куће има у савременом контексту:

- недовољни просторни капацитети,
- функционални недостатци: из спољног простора се улази директно у стамбене просторије.

9.2.2 Могућности трансформације и проширења постојећих кућа

На основу дефинисаних недостатака традиционалне троделне војвођанске куће са функционалног аспекта приступило се и анализи могућности адаптације кућа које постоје у грађевинском фонду. Може се закључити да трем представља погодан функционални елемент за трансформацију куће, отклањање функционалних недостатака и усложњавање функционалне шеме куће и њене адаптације у складу са променама услова и начина живота.

Затварање трема омогућава обједињавање функционалних целина и доградњу стамбених просторија. На овај начин отклоњен је кључни функционални недостатак. У стамбене просторије се више не улази директно из спољног простора, а истовремено је могуће задржати постојећу просторну организацију куће и дограђивати капацитете. Простор за дневни боравак је могуће проширити и објединити са простором трема. Собе остају великих димензија (распона и до 6 метара). Уколико се јави потреба за отварање нових прозора, то је могуће учинити ка дворишту или ка суседу са високим парапетом. Овим интервенцијама улични изглед објекта остаје непромењен.

Гrafички је приказана функционална шема основе куће и могућности њене трансформације (слика 9.4). Приказане су могућности трансформације троделне куће, али је функционалне шеме могуће применити и приликом трансформације вишеделних објеката, који увек имају трем. Размотрене су могућности:

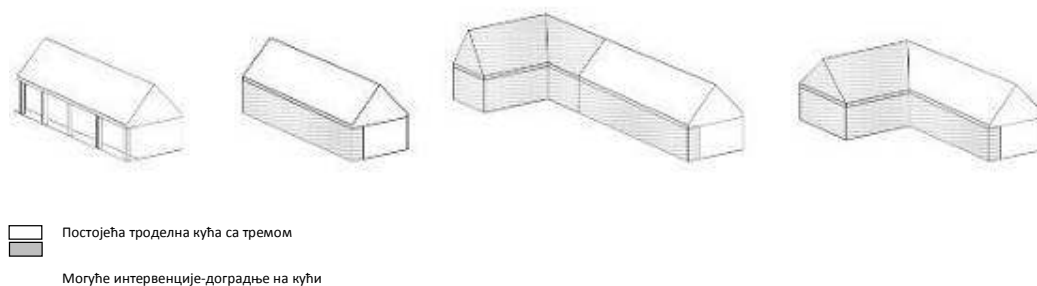
- I.** интервенција: застакљивање трема на троделној кући,
- II.** интервенција: доградња собе и простора за рад/дневни боравак + застакљивање трема на троделној кући,
- III.** интервенција: доградња собе у дворишном делу куће и простора за рад/дневни боравак + застакљивање трема на троделној кући.



Слика 9.4: Модели функционалне трансформације традиционалне троделне војвођанске куће, шематски приказ основе I. / II. / III.

Приказан модел функционалне трансформације традиционалне војвођанске куће може бити спроведен у сегментима, у потпуности или делимично, зависно од економских прилика и потреба сеоског домаћинства. Приказане интервенције на кући поштују конструктивну логику, волуметрију и пропорције објекта. Приказана је и волуметријска шема могућности функционалне трансформације објекта (слика 9.5).

Постоје бројне могућности трансформације троделне војвођанске куће са тремом. Основни принципи функционалне трансформације куће су размотрени овим истраживањем за случај троделне војвођанске куће, али је њихова примена могућа и на свим осталим типовима војвођанских кућа, како од набоја, тако и од опеке. Питање функционалне трансформације куће би могло бити предмет даљих истраживања, а и питање економске оправданости оваквих интервенција је потребно преиспитати зависно од стања у коме се налази свака појединачна кућа.



Слика 9.5: Модели функционалне трансформације традиционалне троделне војвођанске куће, шематски приказ волуметрије објекта I. / II. / III.

9.3 Могућности побољшања енергетских перформанси куће

Уколико је објекат традиционалне војвођанске куће стабилан, и у добром стању, могуће је приступити интервенцијама које побољшавају енергетске перформансе објекта.

Куће се могу ефикасно унапредити уз различите степене интервенције, које свакако зависе од потреба становника, финансијских могућности и сл. и њихово извођење је могуће поступно у сегментима. Евентуалне мере унапређења у погледу енергетске ефикасности и термичке заштите не би смеле да компромитују аутентичност објекта [37].

9.3.1 Зидови

Истраживање извршено мерењем *in situ* (видети поглавље 7 дисертације) је показало да зид од набијене земље код традиционалне војвођанске куће, просечне дебљине $d=50$ cm има вредност коефицијента пролаза топлоте око $U=0,70$ W/(m²·K). Измерена просечна вредност за топлотну проводљивост износи $\lambda=0,5$ W/(m·K). Истраживање је показало и да измерене вредности показују далеко боље резултате од вредности добијених на основу прорачуна у складу са Правилником о енергетској ефикасности зграда РС, истовремено оне превазилазе максималне дозвољене вредности за постојеће објекте дефинисане Правилником.

Да би се унапредиле енергетске перформансе зида од набијене земље могуће је извршити постављање термоизолационих материјала на зид, који ће омогућити да зид

дише, у супротном би могла бити проузроковани додатни проблеми као што је појава конденза, развој плесни, појава влаге у зидовима, а последично може бити угрожена чак и носивост зида и убрзано његово пропадање. Додавање термоизолације у ентеријеру није пожељно, будући да би се корисна површина у ентеријеру, и тако не довољно велика, значајно смањила.

Прва могућност је наношења дебљег слоја блатног малтера са доста влакана. Традиционално је зид од набијене земље малтерисан слојем малтера са додатком плевне и претпоставка је да овакав малтер са додатком влакана доприноси позитивним термоизолационим карактеристикама зида. Данас је унапређење енергетских перформанси изграђеног зида од набоја могуће коришћењем савремених грађевинских материјала и то наношењем слоја малтера са додатком влакана као што су: конопља, целулоза или пиљевина. Овакве примере срећемо у иностраној грађевноској пракси, на простору Војводине, нажалост, нису присутни.

Друга могућност је постављање дрвене структуре која носи изолацију или дрвена структура интегрисана у двоструки зид од земље (што је технички захтевније код већ постојећих објеката). У сваком случају изолација треба да буде наслоњена на зид са спољне стране и да има исте карактеристике за *дисање* зида (изолације од стиропора, стиродура па чак и вуне нису адекватни за зид од набијене земље) [25]. Посебан вид термоизолације погодне за изоловање зида од набијене земље је трска. Трска се на овим просторима интензивно користила у грађевинарству. Она је била најприступачнији материјал за покривање крова. Данас постоје произвођачи трске на простору Војводине (Бело блато), материјал је лако доступан по приступачној цени са одличним термичким перформансама, потпуно природан и еколошки. Будући да је реч о локалном произвођачу грађевинског материјала, релативно прихватљивој цени и материјалу са поменутиим позитивним перформансама, постављање слоја трске са спољне стране зида од набијене земље свакако представља најпрактичнији начин да се унапреде термичке перформансе зида од набоја код традиционалне војвођанске куће.

9.3.2 Под

Код традиционалне војвођанске куће од набијене земље подови су најчешће израђени такође од набијене земље. У појединим кућама су подашчани преко слоја набијене

земље. Искуствено се показало да су они једна од слабијих тачака у погледу термичких својстава омотача традиционалне војвођанске куће од набоја. Наиме, према сведочењу староседелца у зимском периоду године показали су се као веома хладни чак и непријатни за боравак у хладним месецима. Из тог разлога је потребно размотрити могућности унапређења термичких перформанси пода од набијене земље код традиционалне војвођанске куће.

Набијена земља је природан грађевински материјал и да би под изграђен од овог материјала могао несметано да функционише као део грађевинске целине, коју чини кућа од набоја, мора да има могућност да *дише*. У супротном долази до појаве влаге у поду. То практично искључује могућност бетонирања пода преко постојећег слоја набијене земље, што је у прошлости била веома честа интервенција власника кућа. Наиме, то спречава природно исушивање слоја набијене земље и влага која том приликом настаје неиспарива већ се сакупља у доњој зони зида. Данас постоје бројни објекти који су годинама били без влаге и постали влажни описаном неадекватном интервенцијом!

Због претходно наведених разлога пажљиво је потребно размотрити могућности унапређења термичких перформанси пода у традиционалној војвођанској кући. Могуће је постављање адекватне термоизолације и потом подашчавање, што би у знатној мери побољшало термичка својства пода. Ограничење приликом подизања пода може бити изузетно мала спратна висина која би се овом интервенцијом додатно смањила. Дакле најједноставнији начин унапређења енергетских перформанси пода традиционалне војвођанске куће је постављање дашчаног пода преко потконструкције. Постављање дасака директно на под од набијене земље није адекватно решење будући да дрво веома лако може да повуче влагу из пода од набијене земље који је влажан.

Код већ подашчаних подова ситуација је нешто боља, искуство каже да нису толико *хладни*. Ипак, уколико се код кућа са већ изграђеним подашчаним подом желе унапредити енергетске перформансе овог дела конструкције постоји могућност подизања дасака и постављање термоизолације у слоју летвица потконструкције пливајућег пода.

Могућности унапређења и термичких и естетских перформанси пода од набијене земље код традиционалне војвођанске куће могуће је извести и заменом пода. Потребно је уклонити постојећи слоја набијене земље, потом се поставља слој дебљине 20-30cm добро набијеног шљунка, који има функцију природног дренажног

слоја. Преко слоја шљунка поставља се изолациони слој од сламе и глине, добро набијен, минималне дебљине 10 cm. Потом слој дебљине 5 до 6 cm мешавине земље и сламе (eng: *cob* је техника која се код нас није примењивала, а ради се од мешавине земље и сламе и ова техника се најчешће користила за зидање зидова) и поставити последњи слој од добро просејане глине, песка и сецкане сламе. Завршна обрада пода је ланено уље и наноси се четком, а восак крпом [21]. Под овакве израде примењује се у иностраној пракси и погодан је за хладне климе и влажно тло. Код оваквих подова могуће је чак и постављање подног грејања.

Постоје бројне савремене технике израде пода од набијене земље које се данас широм света користе приликом изградње нових објеката од земље, а такође могу бити примењиве и на реконструкције традиционалне војвођанске куће. Једино ограничење би могла бити цена, која може бити и веома висока за поједине варијанте подова од набијене земље који данас постоје. Поставља се питање економске оправданости оваквих интервенција на традиционалним војвођанским кућама од набоја. Наиме, реч је о сеоским домаћинствима са релативно ограниченим економским средствима и пожељно је разматрати мере унапређења које захтевају што мање инвестиције и прилагођене су жељама и економским могућностима станара.

9.3.3 Кров

Традиционална војвођанска кућа од набијене земље има стрми двоводни кров са негрејаним таванским простором који се не користи (постоје куће у којима се користио за одлагање). То практично значи да се целокупан тавански простор понаша као термичка тампон зона између спољног негрејаног простора и унутрашњег грејаног. Сам кровни покривач и међуспратна конструкција нису термички изоловани, али тампон зона целог таванског простора практично представља изолацију.

Већина традиционалних војвођанских кућа данас као кровни покривач има бибер цреп постављен на дрвеној потконструкцији. Оригинални кровни покривач традиционалне војвођанске куће је трска која је одличан топлотни изолатор, али данас постоји само мали број сачуваних кућа са овим кровним покривачем.

Међуспратна конструкција која дели грејани од негрејаног простора је најчешће каратаван. Она у свом саставу има трску или гране врбе (код витловане таванице), и премазују се смесом блата и плевe. Ови природни материјали од којих је

изграђена међуспратна конструкција представљају добар термички изолатор и са додатком негрејаног таванског простора као термичке тампон зоне, целокупан кровни простор традиционалне војвођанске куће задовољава енергетске захтеве.

9.3.4 Отвори – прозори и врата

Традиционална војвођанска кућа најчешће има двоструке прозоре са размакнутим крилом (широка кутија). Дрвени рам од чамове или борове грађе и једноструко стакло. Дрвени капци са спољне стране постоје код кућа чији су власници били економски боље ситуирани као и код кућа развијене структуре из новијег периода.

Већина традиционалних војвођанских кућа стара је преко стотину година и дрвени прозори су углавном дотрајали и не дихтују добро.⁴⁰ Поред тога, стакло код прозора традиционалне војвођанске куће није термоизолационо и у случају двоструких и једноструких прозора нису испуњени савремени стандарди у погледу енергетске ефикасности. Заменом стакла тј. целог отвора могуће је извршити унапређење са енергетског аспекта и могле би се значајно побољшати енергетске перформансе.

Замена столарије код оваквих објеката требало би да буде усклађена са оригиналним архитектонским решењем. Из тог разлога пожељно је задржати постојећи дрвени рам прозора уколико је у добром стању или заменити новим дрвеним рамом. Стакло је потребно заменити термоизолационим стаклом. Приликом замене столарије, осим материјала, потребно је водити рачуна и о подели, као и о фасадним детаљима. Замена фасадне столарије са прозорима који одговарају савременим стандардима дефинисаним Правилником о енергетској ефикасности зграда може дати значајан допринос у смањењу топлотних губитака код традиционалне војвођанске куће [37].

9.3.5 Грејање

Стамбени простор традиционалне троделне војвођанске куће у зимском периоду године ефикасно се загрева преко пећи на чврсто гориво (видети поглавље 5.2

⁴⁰ Приликом обиласка кућа на терену свака кућа има у кутији између два крила прозора ћебад и тканине зато што прозори не дихтују добро.

дисертације). Традиционално је то земљана пећ, каљеве пећи или друге пећи на чврсто гориво.

Приликом сагледавања стања на терену констатовано је да у многим војвођанским селима данас народ живи веома скромно и да су бројна домаћинства, у којима се део кућа током зиме уопште не греје. Неретко се загрева само једна просторија, у којој се борави у зимском периоду године, остатак куће је негрејан. Мерењем на терену у негрејаној кући при дневној температури 0 °С температура у затвореној, негрејаној просторији износила је 3,8 °С. Мерење је извршено 10. фебруара 2015. године у Мошорину, зидови куће су у добром стању, столарија на кући је дотрајала и слабо дихтује.⁴¹

Искуства људи у вези са грејањем куће од набоја преко пећи на чврста горива су углавном позитивна. Већина анкетираних који живе у традиционалним војвођанским кућама, на којима је било вршено мерење, кажу: *'лети је у кући свеже и пријатно, преко зиме се у кући греје и није хладно, зидови чувају топлоту, једино се хладноћа шири од земљаног пода'*. Поједина савремена истраживања су показала и да је за објекте од набијене земље потребно мање енергије за грејање и хлађење објекта у поређењу са примерљивим објектима у скелетном конструктивном систему (енг.: *lightweight*), мерења су спроведена у зимском и летњем периоду године у северозападној Аргентини и Шпанији [67].

Унапређења са енергетског аспекта, код традиционалне војвођанске куће, могуће је заменом постојеће пећи централним системом грејања на дрва или пелет, са пиролитичким котлом са акумулатором воде за грејање [44]. Унапређење је могуће и употребом централног система грејања са топлотном пумпом, соларним панелима или другим алтернативним изворима енергије. Поставља се питање економске оправданости овако захтевних инвестиција у релативно скромним домаћинствима!?

9.3.6 Топла вода

За припрему топле воде у индивидуалним стамбеним објектима троши се значајна количина електричне енергије. Припрема топле воде код традиционалне војвођанске

⁴¹ Кућа у Мошорину није била у процесу мерења *in situ* зато што не испуњава основни услов за мерење параметара, нема константан режим грејања.

куће данас је искључиво локална преко електричног акумулационог или проточног бојлера.

Евентуално унапређење са аспекта енергетске ефикасности може бити у виду употребе енергије за загревање топле воде из обновљивих извора енергије као што су: соларни грејачи, соларни колектори или евентуално топлотне пумпе. Будући да је реч о скромним домаћинствима овако захтевне инвестиције најчешће нису економски оправдане, могле би бити прихватљиве у случају великих пољопривредних домаћинстава код којих се користи значајнија количина санитарне топле воде.

Минималне мере унапређења, које не захтевају велика средства могуће су приликом замене постојећих бојлера. Потребно је да приликом замене бојлера, нови изабрани бојлер има додатну изолацију како би се смањили губици топлоте (нпр. полиуретанска топлотна изолација дебљине $d=10$ cm).

9.4 Елементи пасивног дизајна код традиционалне војвођанске куће и њихов потенцијал

Претходно разматране могућности функционалне трансформације традиционалне војвођанске куће пружају и могућност за значајно унапређење енергетских перформанси објекта (поглавље 9.3). Приказано је да се затварањем трема може постићи функционална шема објекта која задовољава потребе савременог живота. Уколико том приликом затварање трема прати и примена одговарајућих материјала, трансформација постаје значајна и са аспекта енергетске ефикасности.

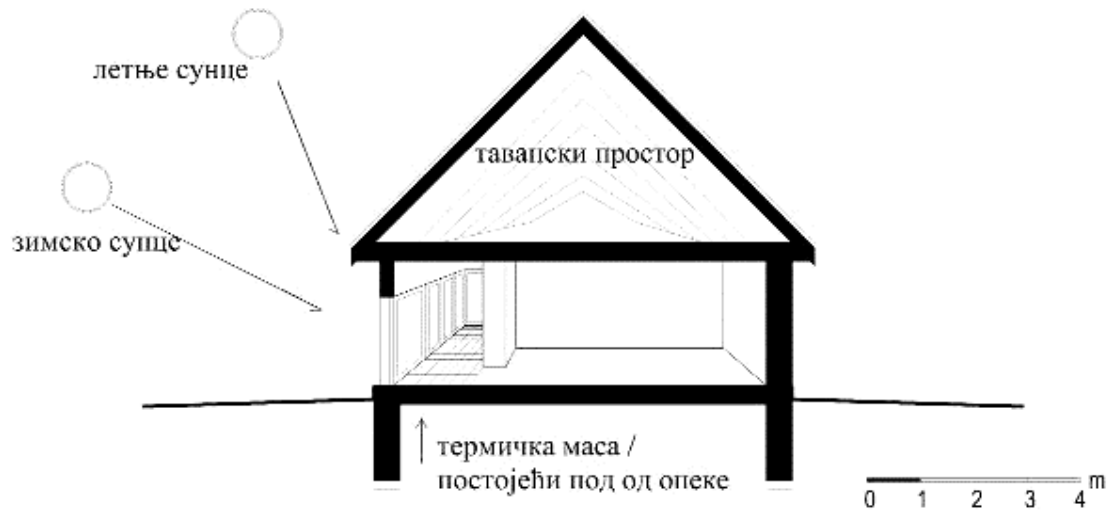
Како је трем увек постављен целом дужином традиционалне војвођанске куће, његовим застакљивањем он постаје стакленик и на тај начин се може постићи ефекат пасивног соларног загревања куће (слика 9.3). Поред значајних енергетских добитака, на овај начин формиран унутрашњи заједнички простор трема постаје изузетно пријатан за боравак. Применом оваквог пасивног соларног система омогућава се комфор у дужем временском периоду у зони трема куће без примене класичних система грејања и хлађења [36].

Како би се постигли максимални енергетски добици, кључна је повољна оријентација објекта [69]. Уколико посматрамо традиционалну војвођанску кућу, постоји неколико могућности њене оријентације. С обзиром на то каква је

конфигурација трема и на то да су застакљене површине трема практично са три стране, највећи број кућа има бар делимично јужну оријентацију застакљеног дела трема. Предложени модел трансформације није ефикасан у значајној мери једино када је објекат дужом страном трема постављен ка северу мада и тада стакленик има функцију изолационог простора, бафера. Дакле, уколико је кућа постављена тако да је трем постављен ка југу (до 45° одклона ка западу или истоку) застакљивањем трема постиже се ефекат пасивног соларног загревања куће.

Током зиме када је упадни угао, под којим сунце пада, низак, сунчеви зраци продиру директно кроз стакло и греју унутрашњи простор. Ефекат је већи уколико постоји термална маса зида или пода која додатно апсорбује топлоту током дана, што је случај код традиционалне војвођанске куће. Подови су на трему готово увек од опеке, а зидови куће су масивни од набоја или опеке. Ноћу када температура ваздуха падне ова загрејана површина емитује топлоту и на тај начин доприноси одржавању температуре унутрашњег простора и чини га пријатним за боравак. Овај ефекат се побољшава методама које се и иначе користе код модерних стаклених башти као што су примена елемената Тромбеовог зида.

У летњем периоду године Сунце је већи део дана високо на небу и на југу практично нема директног упада сунчевих зрака (слика 9.6). Двоводни кров куће обухвата и трем који има препуштenu стреху од 30 до 50 cm и на овај начин, лети када је Сунце високо, спречава директан упад сунчевих зрака. Потребно је предвидети и адекватну заштиту од Сунца на стакленим површинама трема, како би делове трема до којих дође високо летње Сунце заштитили од прегрејавања. Правилна оријентација објекта у комбинацији са дневним светлом и термалном масом зида представља основ пасивне соларне филозофије која пружа могућност за уштеду енергије. У савременом свету, са повећањем трошкова и растом цена енергената, енергија Сунца која се обезбеђује правилним постављањем објекта постаје веома значајна и потребно је искористити постојећи потенцијал грађевинског фонда Војводине у том смислу.



Слика 9.6: Енергетски аспект трансформације куће (застакљивањем трема), шематски приказ пресека А-А

Бројна савремена истраживања до сада спроведена показала су да су градитељи традиционалне архитектуре настојали да примене мере за унапређење енергетских перформанси објекта које нису само техничке апликације већ су проистекле из интеракције објекта, окружења и начина живота. Масивни зидови од набоја или опеке (дебљине и до 60 cm), вентилисан кровни покривач од трске, двострука прозорска окна само су неки од елемената који чине да је ова кућа од давнина карактерисана кроз искуства сељака као кућа која лети чува свежину, а зими топлоту [33].

Може се закључити да традиционална војвођанска кућа располаже великим потенцијалом и да се уз предложен начин трансформације куће и претходно размотрене мере унапређења енергетских перформанси омотача објекта може обезбедити значајно унапређење објекта са енергетског, али и са функционалног аспекта, тако да се испуне сви савремени захтеви и стандарди.

ЗАКЉУЧАК

Истраживање спроведено у овој докторској дисертацији је документовано и научно аргументовано испитало и анализирано енергетске перформансе традиционалне троделне војвођанске куће од набоја. Тема представља један нови аспект анализе војвођанске куће који до сада није био предмет научних истраживања код нас.

Научно испитивање и анализа енергетских перформанси основног типа троделне традиционалне војвођанске куће извршено је у три сегмента :

- анализа архитектонско-грађевинских карактеристика куће и топлотних карактеристика грађевинског омотача (поглавље 5 и поглавље 6 дисертације),
- мерења *in situ* (поглавље 7),
- рачунско испитивање енергетских перформанси куће (поглавље 8).

С обзиром на то да је чињеница да постоји велики број објеката изграђен овом традиционалном техником грађења, ауторка је желео да историјску, традиционалну тему обради у савременом контексту енергетске ефикасности и на тај начин допринесе интегрисању традиционалне куће у савремене токове, како са аспекта енергетске ефикасности, тако и у функционално просторном смислу.

10.1 Основни закључци истраживања

Основни закључци спроведеног истраживања су у складу са постављеним хипотезама на почетку докторске дисертације.

Први закључак истраживања односи се на постављену хипотезу да су **енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја боље од индикованих вредности које су дефинисане у складу са важећим правилником о енергетској ефикасности зграда РС**. Изнесена хипотеза је испитана и доказана мерењем *in situ* и провером енергетских перформанси куће рачунски у складу са

важећим Правилником. Наиме, вредности коефицијента пролаза топлоте U , отпора провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} и топлотне проводљивости λ_m добијене на основу параметара измерених *in situ* показују значајна одступања у односу на вредности дефинисане у складу са важећим правилником о енергетској ефикасности зграда РС. Последишно и прорачун енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће у складу са важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда РС показује бољи енергетски разред куће уколико се за прорачун користи вредност (U , λ_m) измерена *in situ*.

Други закључак истраживања односи се на постављену хипотезу да **енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја задовољавају савремене стандарде о енергетској ефикасности кућа** дефинисаних важећим Правилником о енергетској ефикасности зграда Републике Србије. Важећи правилник дефинише максималну дозвољену вредност **коефицијента пролаза топлоте U** за све елементе грађевинског омотача за постојеће и новопројектоване објекте. Мерење *in situ* спроведено је на спољним конструктивним зидовима од набоја, који су најзначајнији део грађевинског омотача куће. Мерење је показало да зид од набоја има знатно нижу измерену вредност коефицијента пролаза топлоте од прорачунате вредности у складу са важећим Правилником, али **не задовољава** и превазилази максималну дозвољену вредност коефицијента пролаза топлоте U , дефинисану важећим Правилником. Прорачун је показао да и остали елементи грађевинског омотача традиционалне војвођанске куће не задовољавају савремене стандарде у погледу енергетске ефикасности. **Добијеним резултатима је оповргнута хипотеза постављена на почетку истраживања.**

Рачунско испитивање енергетских перформанси показало је да на основу годишње потрошње енергије за грејање изражене по јединици површине, типичну троделну традиционалну војвођанску кућу можемо сврстати у Г енергетски разред. Рачунско испитивање енергетских перформанси у коме су уместо вредности преузетих из правилника коришћене вредности измерене *in situ* за коефицијент пролаза топлоте U за зид од набијене земље је показало да се у том случају одабрани представник традиционалне троделне војвођанске куће може сврстати у Ф енергетски разред, што представља цео енергетски разред разлике. Овакви резултати прорачуна додатно говоре у прилог чињеници да прорачун у складу са важећим Правилником не третира традиционалне објекте на адекватан начин. Поред тога, важећи правилник о

Енергетској ефикасности зграда РС предвиђа да енергетски разред за постојеће зграде након извођења реконструкције, доградње, обнове, адаптације, санације и енергетске санације мора бити побољшан за најмање један енергетски разред. То практично значи да предвиђеним мерама унапређења енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће у поглављу 9. докторске дисертације треба остварити унапређење за минимално један енергетски разред у односу на постојеће стање. Претпоставка је да се предложеним мерама унапређења то може и остварити али би конкретан прорачун био предмет евентуалних даљих истраживања.

На основу спроведеног истраживања може се констатовати да је питање енергетских перформанси традиционалних објеката комплексна тема којој је потребно посветити посебну пажњу. Поред тога, рачунско испитивање коефицијента пролаза топлоте U вршено на основу важећег Правилника РС показало је евидентне недостатке када је у питању третман традиционалних грађевинских материјала и не може се сматрати релевантним у случају традиционалне војвођанске куће од набоја.

10.2 Значај добијених резултата са теоријског и практичног становишта

Спроведено истраживање се може окарактерисати као прва студија о енергетским перформансама троделне војвођанске куће на простору Републике Србије.

Велики број традиционалних војвођанских кућа од набоја се данас налази у релативно лошем стању, неодржаване и запуштене, при чему се власници најчешће одлучују за изградњу нових *модерних* кућа на истој парцели, а не за реконструкцију и доградњу постојећих. Управо из тог разлога је ауторка спроведеног истраживања сматрао да је од великог значаја испитати карактеристике куће и њен потенцијал (енергетски и функционални) приближити, како стручној, тако и нестручној јавности.

Традиционална војвођанска кућа чини значајан део грађевинског фонда Војводине. Уколико поред тога нагласимо чињеницу да Србија спада у једну од енергетски неефикаснијих земаља Европе при чему је потрошња енергије у зградарству изузетно висока, јасно је да је значај спроведеног истраживања велики у контексту енергетске ефикасности. У том смислу је од изузетног значаја и

испитивање енергетских перформанси традиционалне војвођанске извршено спроведеним истраживањем.

Спроведеним истраживањем практично је у широком контексту обрађена тема енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће од набоја, а добијени резултати имају значај и са практичног и са теоријског становишта.

Значај добијених резултата са практичног становишта

(Практична примена резултата)

- спроведено истраживање **указује на недостатке у важећим Правилнику о енергетској ефикасности зграда РС** који се односе на неадекватан третман традиционалних грађевинских материјала;
- истраживањем спроведеним у оквиру докторске дисертације извршена је **процена енергетских перформанси традиционалне војвођанске троделне куће** која представља значајан део грађевинског фонда Војводине. Са практичног становишта извршена процена енергетских перформанси **може наћи примену у сагледавању целокупног енергетског биланса на нивоу покрајине;**
- истраживање спроведено у оквиру докторске дисертације пружа опште **смернице за санацију кућа од набоја и унапређење енергетских перформанси** (поглавље 9 дисертације);
- резултати спроведеног истраживања потенцијално могу наћи **практичну примену у виду смерница и препорука приликом пројектовања нових објеката** на равном терену и приликом употребе набијене земље у савременој градитељској пракси.

Значај добијених резултата са теоријског становишта

(Теоријски допринос истраживања)

- теоријско истраживање којим је спроведена **анализа традиционалне војвођанске куће од набоја**, процеса настанка и развоја куће и њених основних карактеристика представља теоријски допринос веома скромној стручној литератури која се бави традиционалном војвођанском кућом;

- **теоријско истраживање у области традиционалне архитектуре и њених енергетских перформанси** у Србији представља потпуно неистражено поље и спроведено истраживање у том смислу представља својеврстан теоријски допринос науци;
- теоријски допринос истраживања представљају и **резултати мерења *in situ*** која до сада нису била вршена на традиционалној војвођанској кући од набоја. Мерења су била спроведена у процесу испитивања енергетских перформанси традиционалне војвођанске куће и представљају оригиналан допринос науци и чине дисертацију јединственом;
- анализа и процена **енергетских перформанси традиционалне војвођанске троделне куће од набоја** представљају теоријски допринос сагледавању **целокупне енергетске ситуације на простору Србије-Војводине.**

Извесно је да обрађена тема отвара нова поља истраживања и покреће бројна истраживачка питања, нарочито у вези са енергетском ефикасношћу кућа традиционалне архитектуре на подручју Србије, што такође представља значајан допринос ове докторске дисертације.

10.3 Могућности и правци даљих истраживања

На основу спроведеног истраживања енергетских перформанси традиционалне троделне војвођанске куће од набоја може се закључити да правци даљег научног истраживања у оквиру ове области треба да буду усмерени на:

- даље разматрање **могућности унапређења енергетских перформанси куће**, са конкретним смерницама и препорукама;
- даље разматрање **могућности функционалног унапређења** традиционалне војвођанске куће, као и **могућности реконструкције и доградње** тако да се кућа прилагоди потребама савременог живота;
- даљи **развој домаће регулативе на пољу ЕЕ у домену архитектуре-зградарства** треба да буде усмерен ка унапређењу третмана традиционалних материјала у важећим законским актима (пре свега у правилнику о Енергетској ефикасности РС);
- **подстицање очувања традиционалног грађевинског фонда Војводине;**

- развој и подстицање употребе традиционалних материјала и техника грађења на овим просторима;
- развијање и осавремењавање техника зидања набијеном земљом на простору Војводине;
- унапређење енергетских перформанси свих традиционалних техника грађења на простору Републике Србије;
- даља мерења *in situ* спроведена на већем броју узорака. Такође мерења која би била вршена паралелно на постојећој кући и кући са извршеним интервенцијама за унапређење енергетских перформанси, и компарација добијених резултата.

Традиционалне војвођанске куће, као појединачни објекти, представљају само један сегмент комплексне проблематике одрживог развоја села у Војводини чија перспектива мора да се базира на општој стратегији развоја целе регије. Спроведеним истраживањем показано је да у грађевинском фонду Војводине лежи велики потенцијал. Са друге стране, од када се последњи пут на овим просторима градило земљом, као грађевинским материјалом, прошло је више од пола века и ова традиционална техника грађења полако пада у заборав, куће пропадају, а стручна јавност је незаинтересована за ову проблематику.

Спроведено истраживање представља скромни допринос комплексној теми традиционалне војвођанске куће и њених енергетских перформанси и покреће бројна истраживачка питања. Могућности и правци даљих истраживања треба да буду усмерена тако да помогну разумевању прошлости и традиције ових простора како бисмо креирали будућност.

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

ПРИМАРНИ ИЗВОРИ, АРХИВСКА ГРАЃА

- [1] Историјски архив, Град Панчево. *Архивски фонд МАГИСТРАТ*: година:1929., необрађена архивска грађа.
- [2] Историјски архив, Град Панчево. *Архивски фонд МАГИСТРАТ*: I 4149/X бр.332.P. Магистрат, грађевинско-комунални послови. Кутија бр.1. необрађена архивска грађа (грађа на немачком језику).
- [3] Историјски архив, Град Панчево. *Архивски фонд МАГИСТРАТ*: I 427/X бр.24., Магистрат, грађевинско-комунални послови. Кутија бр.1. необрађена архивска грађа (грађа на немачком језику).
- [4] Историјски архив, Град Панчево. Архивска грађа: I 681/X бр.156.
- [5] Историјски архив, Град Панчево. Архивска грађа: I 2573/X бр.232/P.
- [6] Историјски архив, Град Панчево. Архивска грађа: I 5523/X бр.478/P.
- [7] Историјски архив, Град Панчево. Архивска грађа: I 3084/X бр.194/EK.

КЊИГЕ, НАУЧНИ РАДОВИ И МОНОГРАФИЈЕ

- [8] Allard, F. (1998). *Natural ventilation in buildings, A Design Handbook*. London: Published by James & James (Science Publishers).
- [9] Achenza, M., Cannas, L.G.F., Picone, A. (2014). Natural air conditioning design. In Correia, M., Dipasquale, L., Mecca, S. (Ed.), *VERSUS: HERITAGE FOR TOMORROW: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture* (pp. 200-209). Firenze: Firenze University Press.
- [10] Athienitis, A.K., Santamouris, M. (2013). *Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings*. Earthscan <https://books.google.si/books?hl=sl&lr=&id=2SaMAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=20c+room+temperature+bioclimatic+design&ots=RINmts20>

[3Y&sig=KVeQFQ6GRq22D0mMzrGv0-sjrCM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](#)
[22.08.2017.]

- [11] Baker, P. (2011). *Reasrech into the Thermal Performance of Traditional Brick Walls, English Heritage Resreach* (Report 1, Report 2). Glasgow: Glasgow Caledonian University. <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/research-thermal-performance-traditional-brick-walls/> [12.03.2013.]
- [12] Baker, P. (2011). *U-values and traditional buildings. In situ measurements and their comparations to calculated values* (Historic Scotland Tehnical Paper 10). Edinburg: Historic Scotland. <file:///C:/Users/User/Downloads/techpaper10-u-value-measurements.pdf> [12.03.2013.]
- [13] Berge, B. (2009). *The Ecology of Building Materials* (Second edition). http://ecobooks.greenharmonyhome.com/wpcontent/uploads/ecobooks/Ecology_of_Building_Materials_Second_Edition.pdf [15.01.2013.]
- [14] Borković, H.Ž., Kolega, V., Krstulović, V., Petrić, H. (2005). *Vodič kroz energetska efikasnu gradnju, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva*. Zagreb: Energetski Institut Hrvoje Požar.
- [15] Bukosa, B. (2013). *Analiza prostorne distribucije padavina u Vojvodini (2011-2012)* (Mastre rad). Prirodno-matematički fakultet, departman za fiziku, Univerzitet u Novom Sadu.
- [16] Vegas, F., Mileto C., Guimaraens G., Navalon V. (2014). DEFINING SUSTAINABLE CONTEMPORARY ARCHITECTURE. In Correia, M., Dipasquale, L., Mecca, S. (Ed.), *VERSUS: HERITAGE FOR TOMORROW: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture* (pp. 34-40). Firenze: Firenze University Press.
- [17] Вишекруна, Д. (2010). Одржавање и чување војвођанске куће. *Гласник друштва конзерватора Србије*, 34, 254 - 257.
- [18] Вишекруна, Д. (2011). Сељачке пећи у прошлости Новог Сада. *ГРАЂА за проучавање споменика културе, Војводине, XXIV-XXV*, 207-218.
- [19] Вујовић, Ј., Савичић, Г. (2010). Могућност ревитализације народног градитељства у селима јужног Баната. *Гласник друштва конзерватора Србије*, 34, 235 - 238.
- [20] Vuksanović, D. (1998). *Tradicionalna arhitektura Crne Gore i bioklimatizam*. Beograd: Zadužbina Andrejević.
- [21] Вулетић, Н. (1978-1979). Народна градитељство у Војводини. *ГРАЂА за проучавање споменика културе, Војводине, VIII-IX*, 351- 357.

- [22] Ginder, E. (1996). *Vojvođanske seoske kuće od naboja – materijal, konstrukcija i izvođenje*. Novi Sad: PČESA.
- [23] Grizelini, F. (2008). *Pokušaj proučavanja političke i istorijske prirode temišvarskog Banata u pismima upućenim nekim viđenijim osobama i naučnicima*. Pančevo: Istorijski arhiv.
- [24] Дероко, А. (1968) *Народно Неумарство II*. Београд: Српска академија наука и уметности, Одељење друштвених наука.
- [25] Ђекић, М. (1994). *Народно градитељство Војводине, Кућа као споменик културе*. Нови Сад: Покрајински завод за заштиту споменика културе.
- [26] Ђивулјскиј, А. (2007). *Zašto vas savremen zgrade ubijaju leti* (Intervju prof. dr Milana Kekanovića).
<https://www.arhitektura.rs/rubrike/konstrukcije/konstrukcije/448-zasto-vas-savremene-zgrade-ubijaju-leti> [22.03.2016.]
- [27] Djordjević, Z. (2014). Sustainability lessons from the past: Rammed earth architecture in Vojvodina (Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V. Eds.). *Proceedings of the 1th International Conference on Rammed Earth Conservation*. Valencia, Spain.
<https://books.google.si/books?id=22jwXgepN28C&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q&f=false> [02.09.2017.]
- [28] Energetska efikasnost u zgradarstvu. (2011). Austrotherm magazine 14.
https://www.austrotherm.rs/fileadmin/user_upload/RS/Download/Austrotimes/austrotimes_14.pdf [08.01.2017.]
- [29] Energetski efikasne zgrade u Evropi-trenutno stanje, definicije i najbolji primeri. (2010).
http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/988/820/energetski_efikasne_zgrade_u_evropi_-_trenutno_stanje_definicije_i_najbolji_primeri [12.02.2017.]
- [30] Ерлер, Ј. Ј. (2003). *Банат*. Панчево: Историјски архив.
- [31] Živković, Z. (2011). *Predlog mera za finansiranje energetske efikasnosti u zgradarstvu u Srbiji*. Beograd: Gradjevinska knjiga.
- [32] Živković, Z. (2013). *Hrvatsko tradicijsko graditeljstvo*. Zagreb: Ministarstvo kulture, Uprava za zaštitu kulturne baštine.
http://www.min-kulture.hr/userdocsimages/Bastina/HTG_web.pdf [01.02.2018.]
- [33] Јанкулов, Б. (2005). *Преглед колонизације Војводине у XVIII и XIX веку*. Панчево: Историјски архив.
- [34] Јањетовић, З. (2008). Непролазна свакодневица: Немачки допринос народној култури Војводине. *Институт за новију историју Србије: Токови историје*, 34, 214-224.

- [35] Jovanović, J. Vršac-da malko zavirim! *Vojvođanski magazin*. <http://www.vm.rs/vrsac-da-malko-zavirim/> [12.02.2018.]
- [36] Jovanović Popovoć, M. (1991). *Pasivni solarni sistemi* (Doktorska disertacija). Arhitektonski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [37] Jovanović-Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, Lj., Ćuković - Ignjatović, N., Nedić, M. (2012). *Atlas porodičnih kuća Srbije*. Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu i GIZ-Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- [38] Jovanović-Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, Lj., Ćuković - Ignjatović, N., Nedić, M. (2012). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije*. Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu i GIZ-Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- [39] Jong-Jin, K., Righton, B. (1998). *Introduction to Sustainable Design*. Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education, College of Architecture and Urban Planning, The University of Michigan.
- [40] Knezević, A., Bijedić Dz. (2009). *Postojeća regulativa/standardi za toplotne gubitke-toplotnu zaštitu u zgradarstvu i stanovanja u BiH (Bivsoj Jugoslaviji): nastanak i razvoj regulative*. Sarajevo: REGIONALNI CENTAR ZA OBRAZOVANJE I INFORMISANJE IZ ODRZIVOG RAZVOJA ZA JUGOISTOCNU EVROPU. http://www.energetska-efikasnost.ba/Projekt/sem3/PKSA&REIC_seminar3.1.2-Dzenana%20Bijedic.pdf [16.012.2016.]
- [41] Којић, Б. (1949). *Стара градска и сеоска архитектура у Србији*. Београд: Просвета.
- [42] Којић, Б. (1973). *Сеоска архитектура и туризам*. Београд: Грађевинска књига.
- [43] Кojičić, D. (2015). Problemi u konzervaciji objekata od zemlje u Vojvodini. <http://zemljanarhitektura.com/wp-content/uploads/2015/01/Dragana-Kojicic-PROBLEMI-U-KONZERVACIJI-OBJEKATA-OD-ZEMLJE-U-VOJVODIN.pdf> [09.05.2016.]
- [44] *Комплекс етнолошких објеката у улици Краљевића Марка, идеална реконструкција, могућности ревитализације* (Материјал са истоимене изложбе). Нови Сад: Општински завод за заштиту споменика културе.
- [45] Корше Kaljun, K. *Idejna zasnova preнове prekmurske tradicionalne kmečke hiše* (Diplomski rad). Fakultet za gradbeništvo, Univerza v Mariboru.
- [46] Kosorić, V. (2008). *EKOloška KUĆA*. Beograd: Građevinska Knjiga.
- [47] Kurtović-Folić, N. (2002). Preispitivanje pojma "održivi razvoj" u planiranju, projektovanju i građenju. Beograd: Arhitektonski fakultet.

- [48] *КУЋЕ ТРИЧАРЕ У УЛИЦИ КРАЉЕВИЋА МАРКА У НОВОМ САДУ, Просторно културно-историјска целина, ИЗВЕШТАЈ О ЗАТЕЧЕНОМ СТАЊУ. Број 85/15-2003.* (2006). Нови Сад: Завод за заштиту споменика културе Града Новог Сада.
- [49] Лазић, Л., Павић, Д. (2003). *Клима Баната*. Нови Сад: Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство.
- [50] Lalić, B., Mihailović, D., Malinović S. Ekstremne temperature vazduha u Vojvodini u periodu od 1948-2003. <https://meteoplaneta.rs/wp-content/uploads/2012/04/EKSTREMNE-TEMPERATURE-VAZDUHA-U-VOJVODINI-U-PERIODU-1948-2003.pdf>
- [51] Lawson, B. (1996). *Building Materials Energy and The Environment: Towards Ecologically Sustainable Development*. Canberra: Royal Australian Institute of Architecture.
- [52] Lončar - Vicković S., Stober D. (2011). *Tradicijska kuća Slavonije i Baranje, priručnik za obnovu*. Osijek: Građevinski fakultet.
- [53] Lylykangas, K. (2009). Shape Factor as an Indicator of Heating Energy Demand. *15th Internationales Holzbau-Forum*. Germany. http://www.forum-holzbau.ch/pdf/ihf09_Lylykangas.pdf [19.08.2016.]
- [54] Maniatidis, V., Walker, P. (2003). *A Review of Rammed Earth Constructions for DTi Partners in Innovation Project 'Developing Rammed Earth for UK Housing'*. Natural Building Technology Group, Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath. <https://www.scribd.com/doc/282301761/33/Properties-of-Stabilised-Rammed-Earth> [11.04.2016.]
- [55] Mendes, N., Winkelmann, F.C., Lamberts, R., Philippi, P.C. (2003). Moisture Effects on Conduction Load. *Energy and Buildings*, 35, 7, 631-644.
- [56] Milić, B. (1999). *Elementi i konstrukcije zgrada, II deo*. Podgorica: Univerzitet Crne Gore. <https://www.scribd.com/doc/66997704/Elementi-i-Konstrukcije-Zgrada-II-Deo> [09.11.2015.]
- [57] Milić, B. (2010). *Традиционална кућа војвођанско-панонског типа*. Zrenjanin: Zavod za zaštitu spomenika kulture. <http://www.zrenjaninheritage.com/delatnost-zavoda/etnologija/tradicionalna-kuca-vojvodjansko-panonskog-tipa> [08.01.2014.]
- [58] Milić, B. (2010). *Švapska kuća - uticaj Nemaca na graditeljsko nasleđe sela Srednjobanatskog region* (Materijal sa istoimene izložbe). Zrenjanin: Zavod za zaštitu spomenika kulture.
- [59] Minke, G. (2009). *Building with Earth: Designe and Tehnology with Sustainable Architecture*. Berlin: Birkhäuser Arhitekture.

- [60] Mitchell, P. (2009). Bricks in the central part of Austria-Hungary. Key artefacts of historical archeology. *Online journal: Historische Archäologie*. <http://www.histarch.org> [25.09.2012.]
- [61] Mockbee, S. (1998). The Rural Studio. *Architectural Design Everyday and Architecture*. <http://samuelmockbee.net/work/writings/the-rural-studio/> [24.05.2016.]
- [62] Norberg-Shulz, C. (1990). *Stanovanje: stanište, urbani prostor, kuća*. Beograd: Građevinska knjiga.
- [63] Norton, J. (1999). Sustainable Architecture: A Definition. *Habitat Debate - Construction and Architecture, Vol. 5, No. 2*. 247-257. <http://www.nzdl.org> [15.09.2012.]
- [64] Olgyay, V., Olgyay, A. (1992). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [65] Oliver, P. (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [66] Oliver, P. (2003) *Dwellings: the Vernacular House Worldwide*. London: Phaidon Press Limited.
- [67] Orosa, J.A., Oliveira, A. C. (2012). A field study on building inertia and its effects on indoor thermal environment. *Renewable Energy, 37*, 89-96.
- [68] Петровић, Б. (1986). Село и његова архитектура. *Зборник матице српске, 81*, 131-133.
- [69] Pucar, M. (2006). *Bioklimatska arhitektura, Zastakljeni prostori i pasivni solarni sistemi*. Beograd: Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije.
- [70] Pucar, M., Pajević, M., Jovanović-Popović, M. (1994). *Bioklimatsko planiranje i projektovanje: Urbanistički parametri*. Beograd: Zavet.
- [71] Радивојевић, А. (2011). *Грађење земљом-куће од набоја*. Монографија: Урбана регенерација заштићених амбијенталних целина у контексту одрживог развоја-Подграђе тврђаве Бач (pp. 208-229). Београд: Универзитет у Београду-Архитектонски факултет.
- [72] Radivojević A., Roter-Blagojević M., Rajčić A. (2014). The Issue of Thermal Performance and Protection and Modernization of Traditional Half-Timbered (bondruk) Style Houses in Serbia. *Journal of Architectural Conservation, Volume 20, 3*, 209-235.
- [73] Radović, D. (1989). *Arhitektura i podneblje: Uloga klime u formiranju regionalnosti urbanog i arhitektonskog izraza* (Doktorska disertacija). Архитектонски Факултет, Универзитет у Београду.

- [74] Radović, R. (1990). Podsticajno, zagonetno i varljivo mesto tradicije u arhitekturi. *Arhitektura i istorija, De re Aedificatoria, br.1*. Beograd: Arhitektonski fakultet i Građevinska knjiga.
- [75] Rudolphsky, B. (1987). *Architecture Without Architects: A Short Story to Non-Pedigreed Architecture* (Original work published 1964). Albuquerque: University of New Mexico Press.
- [76] Rye, C. (2012). *THE SPAB REASRECH REPORT, U- VALUE REPORT*. London, UK: Society for the Protection Ancient Buildings.
- [77] Serrano S., Rincón L., Belen G., Navarro A., Bosch M., Cabeza L. (2017). Rammed earth walls in Mediterranean climate: material characterization and thermal behaviour. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 12, 3, 281–288.
- [78] Siladji, M., Tufegdžic, A. (2012). German Heritage in Banat Villages-The Origin, Development, and Modalities of the Country House with Yard. *Proceedings of the 1th International Conference on Architecture and Urban Design*. Albanija. http://www.academia.edu/1905374/German_Heritage_in_Banat_Villages-The_Origin_Development_and_Modalities_of_the_Country_House_with_Yard [15.01.2018.]
- [79] Soerbato, V. (2009). Analysis of Indoor Performance of Houses Using Rammed Earth Walls. *Eleventh International IBPSA Conference*. Glasgow, Scotland. http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_1530_1537.pdf [15.09.2015.]
- [80] Song, Y., Wang, J. (2012). A Comparative Investigation on Sustainable Strategies of Vernacular Buildings and Modern Buildings in Southwest China. *Proceedings of the 28th PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Lima, Perú.
- [81] Thermal Conductivity of some common Materials and Gases. (2011). http://www.agriculturedefensecoalition.org/sites/default/files/file/aluminum_6/6Y_2_2011_Thermal_Conductivity_of_Some_Common_Materials_and_Gases_Aluminum_Engineering_Toolbox_Website_October_26_2011.pdf
- [82] Fathy, H. (1986). *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climate* (Walter Shearer and Abd-el-rahman Ahmed Sultan Eds.). Chicago: The University of Chicago Press.
- [83] Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L. (2014). *The potential of vernacular materials to the sustainable building design* (M. Correia, G. D. Carlos, S. Rocha, Taylor & Francis Group Eds.). *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. London.

- [84] Forsstrom, J., Lahti, P., Pursiheimo, E., Rama, M., Shemeikka, J., Sipila, K., Tuominen, P., Waglgren, I. (2011). Measuring Energy Efficiency, Indicators and potentials in buildings, communities and energy systems (Reasrech notes 2581). VTT Tehnical resreach Center of Finland. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2581.pdf> [19.07.2013.]
- [85] Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcion*, Vol. 63, 523, 117–126.
- [86] Hellwig, F. (1946). *Građenje ilovačom, priručnik za pripadnike malih naselja i posjednike vrtova, koji žele sami graditi male kućice*. Zagreb: NAKLAD RAD D.S.O.J.
- [87] Çelebi, G. (2003). Environmental Discourse and Conceptual Framework for Sustainable Architecture. *Journal of Science*, 16 (1), 207 - 214.
- [88] Ciancio, D., Beckett, C. (2013). Rammed earth: an overview of a sustainable construction material. *Third International Conference on Sustainable Materials and Technologies*. Kyoto, Japan. <http://www.claisse.info/2013%20papers/data/e053.pdf>
- [89] Clarke, JA. Yaneske PP., Pinney AA. (1990). *The Harmonisation of Thermal Properties of Building Materials* (BEPAC Research Report). BRE Publication. <https://pdfs.semanticscholar.org/4356/607bd4822d5514d002e5081cc3dcc285afe3.pdf>
- [90] Černý, R., Drchalova, J., Kunca, A., Tydlitát, V. (2003). Thermal and hygric properties of lime plasters with pozzolonic admixtures for historical buildings. (Carmeliet, J., Hens, H., Vermeir G. Eds). *Reserch in Building Physics, Proceeing of the 2nd International Conference on Building Physics*, Belgium. <https://books.google.si/books?id=DEYIhwoqrwC&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q&f=false> [13.01.2017.]

ПРОПИСИ, ПРЕПОРУКЕ, ПРИРУЧНИЦИ И ДРУГИ ИЗВОРИ

- [91] British standars. (2000) *Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values* (BS EN 12524). Standard by British-Adopted European Standard, 07/15/2000
- [92] Deutsches Institut für Normung e. V. (1983). *DIN 4701 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden - Grundlagen der Berechnung*
- [93] *Declaration of Interdependence for a Sustainable Future*. (1993). Chicago: International Union of Architects. <http://www.uiaarchitectes.org/texte/england/2aaf1.html> [09.06.2013.]

- [94] *Directive 89/106/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products, of 21 December 1988*
- [95] *Directive 93/76/EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emissions by improving energy efficiency (SAVE)*
- [96] *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 of the energy performance of the buildings (EPBD Directive)*
- [97] *Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC*
- [98] *Directive 2009/28/EEC on the promotion of the use of energy from renewable sources of 23 April 2009*
- [99] *Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 14 April 2010 on the energy performance of the buildings (EPBD2)*
- [100] *Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 of the energy performance of the buildings (EPBD)*
- [101] Earth Building Association of Australia. *NEW MEXICO EARTHEN BUILDING MATERIALS CODE*. <http://164.64.110.239/nmac/parts/title14/14.007.0004.htm> [07.12.2016.]
- [102] ENGLISH HERITAGE. (2012). *Energy Efficiency and Historic Buildings. Application of part L of a Building regulations to historic and traditionally constructed buildings* (Revision note). <http://www.englishheritage.org.uk/publications/energy-efficiency-historic-buildings-ptl/ehb-partl.pdf> [08.09.2015.]
- [103] EUBuild. (2012). *Medjusektorska saradnja u oblasti finansiranja i unapredjenja energetske efikasnosti u zgradarstvu u okviru EU propisa i pravnih sporazuma. Izveštaj sa projekta EUBuild ENERGY EFICIENCY*. <http://www.kombeg.org.rs> [28.01.2016.]
- [104] *Закон о енергетици*. "Службени гласник РС", бр.84/04
- [105] *Закон о планирању и изградњи*. "Службени гласник РС", бр.72/2009, 81/2011 – испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 – одлука УС, 50/2013 – одлука УС, 98/2013 – одлука УС, 132/2014 и 145/2014.
- [106] International organization for Standardization. (2014). *Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance* (ISO 9869:1994)
- [107] *Национална стратегија одрживог развоја*. "Службени гласник РС", бр.57/2008

- [108] *Правилник о енергетској ефикасности зграда*. "Службени гласник РС", бр.61/2011
- [109] *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграде*. "Службени гласник РС", бр.61/2011 и 3/2012
- [110] Savez masinskih i elektrotehnickih inženjera i tehničara Srbije. (1985). *Pravila proračuna toplote potrebne za grejanje zgrada, Prevod DIN 4701 sa komentarima*. Beograd: SMEITS.
- [111] Сајт <https://agroplus.rs> [06.02.2018.]
- [112] Сајт Војислава Симоновића
<http://www.xn--b1alboffbt5v.xn--90a3ac/crepaja.htm> [18.09.2016.]
- [113] Сајт <http://www.vojvodina.com/html/geografija.htm> [02.02.2018.]
- [114] Сајт <http://www.eartharchitecture.org/> [29.02.2015.]
- [115] Сајт Завода за заштиту споменика културе Зрењанин
<http://www.zrenjaninheritage.com/etnologija/tradicionalna-kuca-vojvodjansko-panonskog-tipa> [12.03.2016.]
- [116] Сајт Завода за културу војвођанских Словака
<http://www.slovackizavod.org.rs/sr/kulturno-nasledje/1372> [12.03.2016.]
- [117] Сајт <https://zemljanarhitektura.com> [01.04.2017.]
- [118] Сајт <http://www.knaufinsulation.rs/> [08.12.2016.]
- [119] Сајт Моја Војводина
<https://www.facebook.com/#!/Moja-Vojvodina-moj-dom-107404402638681/>
[18.03.2014.]
- [120] Сајт <http://www.peci.org/> [02.01.2015.]
- [121] Сајт Пољопривредног факултета, Универзитет у Новом Саду. <http://polj.uns.ac.rs>
[08.02.2015.]
- [122] Сајт Рударско-геолошког факултета, Универзитет у Београду . <http://rgf.bg.ac.rs>
[04.02.2018.]
- [123] Сајт <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/thermal-properties-materials> [03.02.2018.]
- [124] Трећи акциони план за енергетску ефикасност Републике Србије за период до 2018. године. „Службени гласник РС“, број 1/17 од 06. јануара 2017. године.
- [125] United Nations General Assembly. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>
[18.03.2015.]

ПОМОЋНА ЛИТЕРАТУРА

- [126] Ando, T., Lloyd Jones, D. (1998). *Architecture and the Environment: Bioclimatic Building Design*. New York: The Overlook Press, Peter Mayer Pub.
- [127] Andrew, S.J. (1992). *Sourcebook of sustainable design*. New York: Wiley.
- [128] Baden-Powell, C. (2008). *Architect's Pocket Book* (Third edition). London: Architectural Press.
- [129] Bergen, S.D., Bolton, S.M., Fridley, J.L. (1997). *Ecological engineering: design based on ecological principles*. USA: ASAE Annual International Meeting.
- [130] Borong, L. (2004). Study on the thermal performance of the Chinese traditional vernacular dwellings. *Energy and Buildings*, 36, 73–79.
- [131] Bougdah, H., Sharples, S. (2009). *Environment, Technology and Sustainability*. http://books.google.rs/books?id=Fu54AgAAQBAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Bougdah+h+%26+Sharples+Environment,+Technology+and+Sustainability+2010&source=bl&ots=os53oapRG_&sig=pyh1zbPwxg865aACm35cs_SCJg&hl=sr&sa=X&ei=KJFPV_Iz6OIXcarGYgagO&ved=0CCIQ6AEwAA#v=onepage&q=Bougdah%20%26%20Sharples%20Environment%2C%20Technology%20and%20Sustainability%202010&f=false [11.06.2012.]
- [132] Van der Ryn, S., Cowen, S. (1996). *Ecological Design*. Washington: Island Press.
- [133] Градски музеј Суботица, Етно кућа у Бачкој Тополи, фотографије.
- [134] Guy, S. Farmer, G. (2001). Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology. *Journal of Architectural Education*, 54(3), 140 - 148.
- [135] Дероко, А. (1950). *Средњевековни градови у Србији, Црној Гори и Македонији*, Београд: Просвета.
- [136] Дероко, А. (1964). *Народна архитектура II: Фолклорна Архитектура у Југославији*. Београд: Научна књига.
- [137] Dili, A.S., Naseer, M.A., Zacharia Varghese, T. (2010). Passive control methods of Kerala traditional architecture for a comfortable indoor environment: a comparative investigation during winter and summer. *Building and Environment*, 45, 1134–1143.
- [138] Dimson B. (1996). Objectiveness and challenges of sustainable design and construction. *Industry and Environment*, 19, 24 -27.
- [139] Đokić, V. (2009). *Urbana tipologija: gradski trg u Srbiji*. Београд: Архитектонски Факултет.
- [140] Đukanović, Lj. (2005). Primena опекарских елемената у енергетској реконструкцији постојећих фасада. *Izgradnja*, 59, 135-142

- [141] Elis-Ozkan, S., Summers F., Surmeli, N., Yannas, S. (2006). A Comparative Study of the Thermal Performance of Building Materials. *Proceedings of the 23th PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Geneva, Switzerland.
- [142] Jong-Jin K, Righton, B. (1998). *Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials* (J. Graves Ed.). Michigan: Nacional Pollution Prevention Center for Higher Education, College of Architecture and Urban Planing, The University of Michigan.
- [143] Kosanović, S. (2009). *Ekološki ispravne zgrade. Uvod u planiranje i projektovanje*. Beograd: Zadužbina Andrejević.
- [144] Lee, K.H., Han, D-W., Lim, H-J. (1996). Passive design principles and techniques for folk houses in Cheju Island and Ull ng Island of Korea. *Energy and Buildings* 23, 207–216.
- [145] Liang, R., Hota, G., Lei, Y., Li, Y., Stanislawski, D., Jiang, Y. (2013). Nondestructive Evaluation of Historic Hakka Rammed Earth Structures. *Sustainability* 5, 298-315.
- [146] Марић, И. (2010). *Развој народне архитектуре централне Србије у процесу урбанизације*. Београд: Институт за архитектуру и урбанизам.
- [147] Martin Evans, J. (2001). Passive and Low Energy Architecture Education for Change in South America. *Proceedings of the 18th PLEA International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Florianopolis, Brazil.
- [148] Medved, S. (2014). *Грађевинска физика, топлота, влажење, светлост, акустика, пожар, клима у градovima*. Novi Pazar : Drzavni univerzitet u Novom Pazaru.
- [149] Мijuca, D. (2007). *О рачunској симулацији потрошње енергије у стамбеном сектору у Србији*. Katedra za mehaniku, Matematički fakulteta, Univerzitet u Beogradu. http://simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings/132007/papers/sessions/7_Automatizacija_i_kontrola_procesa/7-6/Mijuca2007_13simterim.pdf [19.08.2014.]
- [150] Milenković, B. (2009). *Graditeljska tradicija*. Beograd: Eparhijska radionica.
- [151] Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V. (2012). *Rammed Earth Conservation*. http://books.google.rs/books?id=A41rcHptt38C&pg=PA167&lpg=PA167&dq=therm+ovision+camera+and+rammed+earth+buildings&source=bl&ots=bGSv7kmAos&sig=Ezkqwz1sL_rb5o8Pe4WFova_RY&hl=sr&sa=X&ei=bep2VJPBLIPfaKuFgcAD&ved=0CC8Q6AEwAQ#v=onepage&q=therm+ovision%20camera%20and%20rammed%20earth%20buildings&f=false [01.11.2014.]
- [152] Miloradović, N. (2009). *Terminski aspekti građenja kuća: Istorijat i perspektive (Prilog o održivom razvoju)*. Beograd: Građevinska knjiga.
- [153] Народни музеј Зрењанин, Етнолошко одељење, стална поставка.

- [154] Norberg-Šulc, C. (1999). *Egzistencija, prostor i arhitektura*. Beograd: Građevinska knjiga.
- [155] Ooka, R. (2002). Field study on sustainable indoor climate design of a Japanese traditional folk house in cold climate area. *Building and Environment* 37, 319–329.
- [156] Osso, A., Walsh, T., Gottfried A., Simon, N. L. (1996). *Sustainable building technical manual*. New York: Public Technology, Inc.
- [157] Павловић, Д., Ангелова, Р., Муцопулос, Н. К., Стојка, Ж., Сезгин, Х. (1987). *Народно градитељство на Балкану*. Београд: Републички завод за заштиту споменика културе СР Србије, Балканолошки институт Српске академије наука и уметности, Друштво конзерватора Србије.
- [158] Pavlović, T. (2007). *Fizika i tehnika solarne energetike*. Beograd: Građevinska Knjiga.
- [159] Palmer, F. (1903). *The Austro-Hungarian life in Town and Country*. <http://mek.niif.hu/> [15.09.2012.]
- [160] Palazon Juncos, L. (2017). *RAMMED EARTH CONSTRUCTION: EFFECT OF THE RELATIVE HUMIDITY ON THE STABILITY AND RESISTANCE OF EARTH WALL*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politecnica de Madrid. http://oa.upm.es/43365/1/TFG_LUCIA_PALAZON_JUNCOS.pdf [19.09.2017.]
- [161] Pašić, A. (2010). *Historija arhitekture*. Sarajevo: Infiniti architecture.
- [162] Peris Mora, E. (2007). Life Cycle, Sustainability and the Transcendent Quality of Building Materials. *Building and Environment* 42, 1329-1334.
- [163] Radović, R. (2005). Zamagljivanje narodne graditeljske tradicije. U Vuksanović D. (Ed.), *Tradicionalna arhitektura Crne Gore*. Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet.
- [164] Radojević, A., Stojanović, G., Gordić, D. (2011). Energetski sertifikat kao instrument racionalne potrošnje energije. *List saveza energetičara: Energetika, 1* (XIII), 80-86.
- [165] Rakočević, M. (1989). *Arhitektonska fizika, dnevni osvetljaj*. Beograd: Naučna knjiga.
- [166] Сајт Агенције за енергетску ефикасност Републике Србије. <https://www.aers.rs/> [22.11.2016.]
- [167] Сајт Агенције за заштиту животне средине Републике Србије, Министарства животне средине и просторног планирања. <http://www.sepa.gov.rs/> [07.12.2016.]
- [168] Сајт Завода за заштиту споменика културе Зрењанин. <http://www.zrenjaninheritage.com/> [09.04.2017.]

- [169] Сајт Завода за заштиту споменика културе Суботица. <http://www.heritage-su.org.rs/>
- [170] Сајт Министарства грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре. <http://www.mgsi.gov.rs/> [26.08.2017.]
- [171] Сајт Министарства заштите животне средине Републике Србије. <http://www.ekologija.gov.rs/> [13.09.2017.]
- [172] Сајт Покрајинског секретаријата за урбанизам, градитељство и заштиту животне средине, Аутономна Покрајина Војводина. <http://www.ekourb.vojvodina.gov.rs/> [28.02.2013.]
- [173] Сајт Републичког хидрометеоролошког завода Србиј. <http://www.hidmet.gov.rs/> [20.04.2012.]
- [174] Сајт US Department of Energy. <http://www.energy.gov/> [08.07.2013.]
- [175] Сајт <http://www.eko.vojvodina.gov.rs/> [13.08.2012.]
- [176] Сајт <http://www.zavicajnakuca.com> [02.04.2013.]
- [177] Сајт <http://www.english-heritage.org.uk> [18.01.2012.]
- [178] Сајт <http://www.energetska-efikasnost.me/> [29.06.2013.]
- [179] Сајт <http://www.gradjevinarstvo.rs/> [29.08.2014.]
- [180] Sozen, M.S., Gedik, G.Z. (2007). Evaluation of traditional architecture in terms of building physics: old Diyarbakır houses. *Building and Environment*, 42, 1810–1816.
- [181] *Fasadni zidovi od opekarskih proizvoda* (Зборник радова на конференцији). (1997). Beograd: Institut za ispitivanje materijala.
- [182] Flašar, A. (1993). Ugodno stanovanje u zgradama zidanim opekom. *Izgradnja*, 47, 7-8, 25-32
- [183] Фолић-Куртовић, Н. Медовић П., Кулић Б., Ђекић, М. (2008). *Културно наслеђе Војводине*. Нови Сад: Завод за културу Војводине, Покрајински завод за заштиту споменика културе.
- [184] Frampton, K. (1987). Ten points on an architecture of regionalism: a provisional polemic. *A Journal for Architecture in America*, 3, 20–27.
- [185] Cantin, R., Burgholzer, J., Guarracino, G., Moujalled, B., Tamelikecht, S., Royet, B.G. (2010). Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France. *Building and Environment*, 45, 473–484.
- [186] CITB construction skills, Sustainable Traditional Building Alliance, English Heritage. (2012). *Performance and Energy Efficiency of Traditional Buildings, Gap Analysis Study*. [http://www.sdfoundation.org.uk/downloads/STBA-Gap-Analysis-Study-Performance-and-Energy-Efficiency-of-Traditional-Buildings-Final-Version-\(2\).pdf](http://www.sdfoundation.org.uk/downloads/STBA-Gap-Analysis-Study-Performance-and-Energy-Efficiency-of-Traditional-Buildings-Final-Version-(2).pdf)
- [187] Curran, M. A. (1996). *Environmental life cycle assessment*, New York: McGraw-Hill.

- [188] Wilson, A. (1979). *Thermal Storage Wall Design Manual*. New Mexico Solar Energy Association. <http://en.calameo.com/read/001510336946c1812ed43> [01.08.2014.]
- [189] Yastikli, N., Guler, E. (2013). Performance Evaluation of Thermographic Cameras for Photogrammetric Documentation on Historical Buildings. *BCG-Boletim de Ciencias Geodesicas* (On-Line Version). <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v19n4/a12v19n4.pdf> [29.08.2014.]
- [190] Yeang, K. (1995). *Designing with Nature: The Ecological Basis for Architectural Design*. New York: McGraw-Hill.

ПОПИС СЛИКА И ТАБЕЛА

СЛИКЕ

- Слика 2.1** Село Банатски Брестовац: типичан амбијент улице војвођанског насеља. [119]
- Слика 2.2** Распрострањеност кућа од набоја на простору панонске низије. [22]
- Слика 2.3** Долазак колониста на територију Баната. [58]
- Слика 2.4** План насеља Сечањ, строга геометријска шема уличне матрице. [58]
- Слика 3.1** Околина Вршца, полуземуница, XVII века. [24]
- Слика 3.2** Тител, земунска, XVII века, прозор и улазна врата. [19]
- Слика 3.3** Бачки Петровац, словачка кућа из 1799 године, данас се у кући налази словачки спомен-музеј. [116].
- Слика 3.4** План дводелне колонијичке куће, Историјски Архив Зрењанин. [57]
- Слика 3.5** Цртеж првобитне колонијичке куће у селу Лазарево, Историјски Архив Зрењанин. Очигледна сличност са кућом народног градитеља. [57]
- Слика 3.6** Хронолошки развој структуре куће народне и колонијичке архитектуре. [Аутор]
- Слика 3.7** Троделна војвођанска кућа без трема, улични изглед [119], шематски приказ основе [Аутор].
- Слика 3.8** Троделна војвођанска кућа са отвореним тремом, улични изглед [119], шематски приказ основе [Аутор].
- Слика 3.9** Троделна војвођанска кућа са делимично затвореним тремом [119], улични изглед, шематски приказ основе [Аутор].
- Слика 3.10:** Четвороделна кућа, дворишни изглед, основа, Руски крстур, половина XVII века. [24]
- Слика 3.11:** Петоделна кућа, дворишни изглед, основа, Зрењанин, 1798. година. [24]
- Слика 3.12:** Вишеделна кућа, улични изглед, Зрењанин, 1798. година. [24]
- Слика 3.13:** Прека кућа без ајнфорта, улични изглед, Ечка, почетак XX века. [115]
- Слика 3.14:** Прека кућа са ајнфортом, улични изглед, Јаша Томић, почетак XX

века. [115]

- Слика 3.15:** Прека кућа без ајнфорта, основа, Карловичић, 1912. година. [24]
- Слика 3.16:** Попречни пресек улице у Војводина. [Аутор]
- Слика 3.17** Насеље Црепаја, типично војвођанско насеље. [112]
- Слика 3.18** Пример потпуно правилног планског насеља у Војводини (Мали Торак). [43]
- Слика 3.19** Новије кућиште из Банатске Паланке (1850). [Прилагођено према [43]]
- Слика 3.20:** Троделна војвођанска кућа, Војка, крај XIX века. [Прилагођено према [25]]
- Слика 3.21:** Троделна војвођанска кућа, пресек кроз огњиште, Руски Крстур, половина XVIII века. [25]
- Слика 3.22:** Једноструки прозори од дрвета, Дупљаја. [119]
- Слика 3.23:** Двоструки прозор од дрвета, Вршац. [35]
- Слика 3.24:** Улични прозори са дрвеним капцима, Међа. [119]
- Слика 3.25:** Вишеделна кућа са тремом, дворишни изглед, стубови од дрвета. [119]
- Слика 3.26:** Троделна кућа са тремом, ул. изглед, стубови од опеке. [119]
- Слика 3.27:** Троделна кућа са отвореним тремом, Книћанин. [119]
- Слика 3.28:** Троделна кућа са полузатвореним тремом, Жабал. [119]
- Слика 3.29:** Троделна кућа са тремом, улични изглед, Бачка брестовац. [119]
- Слика 3.30** Зид од набоја на напуштеној војвођанској кући. Сокла на кућ и темељи изграђени од опеке. У зиду од набоја се виде примесе плеве, гранчица и сл. Кућа препуштена пропадању у веома лошем стању.
[Фотографија аутора]
- Слика 3.31** Део зида од ћерпића на напуштеној војвођанској кући. На зиду се јасно види слој блатног малтера са додатком плеве преко кога је у каснијој фази додат слој цементног малтера што је убрзало пропадање зида.
[Фотографија аутора]
- Слика 3.32** Напуштена војвођанска кућа, улични зид од опеке, остатак куће од набијене земље. [Фотографија аутора]
- Слика 3.33** Тршчара у Новом Саду. [48]
- Слика 3.34** Међуспратна конструкција у процесу реконструкције, викле. [117]
- Слика 3.35** Међуспратна конструкција у процесу реконструкције, викле. [Аутор]

- Слика 5.1** Попречни пресек улице у Војводини. Улични профили велике ширине омогућавају несметану инсолацију и проветравање. [Аутор]
- Слика 5.2** Урбана Матрица у Војводини. Слободностојећи објекти на пространој парцели, несметана инсолација и проветравање. [Прилагођено према [44]]
- Слика 5.3** Село у Војводини. Ортогонална улична матрица и објекти који су оријентисани под углом од 90°. Оријентација дуже стране куће ка југу док је у попречној улици оријентација краће стране куће ка југу. [119]
- Слика 5.4** Троделна војвођанска кућа. Трем као функционална веза између унутрашњег и спољашњег простора. Кухиња као централни загревани простор у кући. [Прилагођено према [25]]
- Слика 5.5** Компактан правоугаони облик основе троделне војвођанске куће и компактна волуметрија зграде. [Аутор]
- Слика 5.6** Улична фасада. Троделна кућа са тремом јужне оријентације, директно Сунчево зрачење у зимском периоду године. [119]
- Слика 5.7** Зидана пећ у предњој соби у етно кући Ђерам у Мокрину. [111]
-
- Слика 7.1** Уређај ALMEMO 5690-2 /ahlborn, подаци на монитору уређаја се могу очитати у реалном времену. [Фотографија аутора]
- Слика 7.2** Постављени сензори за топлотни флуks и унутрашњу контактну температуру зида. [Фотографија аутора]
- Слика 7.3** Зид од набоја; Блатним малтером са великом количином додате плевеве; кућа у Војловици. [Фотографија аутора]
- Слика 7.4** Зид од набоја у пресеку, напуштена кућа у Иванову. [Фотографија аутора]
- Слика 7.5** График измерених параметара за објекат К3, приказује температуре ваздуха и зида измерене *in situ* за период мерења од 17 дана. [Аутор]
- Слика 7.6** График измерених параметара за објекат К3, приказује температуре ваздуха и зида измерене *in situ* за изабрани временски интервал у трајању од 12 сати. [Аутор]
- Слика 7.7** Графички приказ резултата за пет зидова од набијене земље. [Аутор]

- Слика 9.1** Влага у доњем делу зида код куће од набоја. [Аутор]
- Слика 9.2** Пукотине на зиду од набоја у ентеријеру куће [Аутор]
- Слика 9.3** Пукотине на спољашњем делу зида од набоја [Аутор]
- Слика 9.4** Модели функционалне трансформације традиционалне троделне војвођанске куће, шематски приказ основе I. / II. / III. [Аутор]
- Слика 9.5** Модели функционалне трансформације традиционалне троделне војвођанске куће, шематски приказ волуметрије објекта I. / II. / III. [Аутор]
- Слика 9.6** Енергетски аспект трансформације куће (застакљивањем трема), шематски приказ пресека А-А. [Аутор]

ТАБЕЛЕ

- Табела 7.1** Преглед (основних карактеристика) кућа на којима је вршено мерење
- Табела 7.2** Фотографије и основе објеката са означеним позицијама мерења на којима су постављени сензори на спољашњој и унутрашњој страни зида: K1, K2, K3, K4', K4"
- Табела 7.3** Резултати мерења *in situ* за објекат K3
- Табела 7.4** Резултати мерења *in situ* за пет зидова од набијене земље
- Табела 7.5** Упоредни приказ резултата
- Табела 7.6** Резултати прорачуна коефицијента пролаза топлоте грађевинског елемента U у складу са важећим Правилником о ЕЕ зграда РС за објекат K3
- Табела 7.7** Коефицијенти пролаза топлоте грађевинског елемента U. Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС
- Табела 7.8** Отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију R_{gk} . Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС.
- Табела 7.9** Топлотна проводљивост λ . Компарација добијених резултата измерених *in situ* и резултата добијених рачунски у складу са важећим прописима РС
- Табела 8.1** Основне карактеристикама термичког омотача усвојене за прорачун енергетских перформанси куће
- Табела 8.2** Основни подаци о кући за коју је извршен прорачун енергетских перформанси
- Табела 8.3** Компарација добијених резултата, прорачун енергетских перформанси са традиционалну војвођанску кућу

ФИЗИЧКЕ ВЕЛИЧИНЕ, ОЗНАКЕ, ЈЕДИНИЦЕ И ИНДЕКСИ

| Физичка величина | Ознака | Јединица |
|---|--------------------------|-----------------------|
| Ширина | b | m |
| Дужина | l | m |
| Дебљина слоја | d | m |
| Површина | A | m ² |
| Нето површина грејаног дела зграде | A_f | m ² |
| Запремина (нето) грејаног дела зграде | V_e | m ³ |
| Фактор облика | f_0 | m ⁻¹ |
| Маса | M | kg |
| Густина | ρ | kg/m ³ |
| Специфична топлота | c | J/(kgxK) |
| Топлотна проводљивост | λ_m | W/(mxK) |
| Релативни коефицијент дифузије водене паре | μ | - |
| Специфични топлотни капацитет | C | J/(kg•K) |
| Температура | T | °C |
| Температура, унутра (ваздух) | θ_i | °C |
| Температура, унутрашња површина (зида) | θ_{si} | °C |
| Температура, споља (ваздух) | θ_e | °C |
| Температура, спољна површина (зида) | θ_{se} | °C |
| Разлика температуре | $\Delta\theta, \Delta T$ | K |
| Проток топлоте, топлотни флуks | Φ | W |
| Специфични топлотни флуks | q | W/m ² |
| Број измена ваздуха | n | h ⁻¹ |
| Коефицијент пролаза топлоте | U | W/(m ² xK) |
| Коефицијент пролаза топлоте, максимални дозвољени | U_{max} | W/(m ² xK) |
| Коефицијент прелаза топлоте (унутра) | α_u | W/(m ² xK) |
| Коефицијент прелаза топлоте (споља) | α_s | W/(m ² xK) |
| Коефицијент прелаза топлоте | α | W/(m ² xK) |
| Коефицијент пролаза топлоте, прозор | U_w | W/(m ² xK) |
| Коефицијент пролаза топлоте, оквир прозора | U_f | W/(m ² xK) |
| Коефицијент пролаза топлоте, застакљење | U_g | W/(m ² xK) |
| Отпор пролазу топлоте (укупан) | R_u | m ² xK/W |

| | | |
|--|-------------------|------------------|
| Отпор прелазу топлоте, унутрашњи (са ваздуха у унутрашњости објекта на зид) | R_{si} | $m^2 \times K/W$ |
| Отпор провођењу топлоте кроз грађевинску конструкцију | R_{gk} | $m^2 \times K/W$ |
| Отпор прелазу топлоте, спољашњи (са зида на спољашњи ваздух) | $R_{se(AS)}$ | $m^2 \times K/W$ |
| Број степен дана грејања | HDD | - |
| Број дана грејне сезоне | HD | - |
| Средња температура грејног периода | $\theta_{H,nn}$ | $^{\circ}C$ |
| Унутрашња пројектна температура за зимски период | $\theta_{H,i}$ | $^{\circ}C$ |
| Фактор пригушења амплитуде осцилације температуре | ν | - |
| Фактор кашњења осцилације температуре | η | h |
| Трансмисиони губици топлоте зграде | H_T | W/K |
| Специфични трансмисиони губитак топлоте зграде | H°_T | $W/(m^2K)$ |
| Површински трансмисиони губици | H_{TS} | W/K |
| Линијски трансмисиони губици | H_{TB} | W/K |
| Вентилациони губици топлоте зграде | H_v | W/K |
| Годишњи топлотни губици система за грејање | $Q_{H,ht}$ | kWh/a |
| Годишњи топлотни губици система за припрему санитарне топлоте воде | $Q_{W,ls}$ | kWh/a |
| Годишња потребна финална енергија за грејање | $Q_{H,nd}$ | kWh/a |
| Специфична годишња потребна енергија за грејање | $Q_{H,an}$ | kWh/m^2a |
| Укупна потребна енергија у објекту на годишњем нивоу | $Q_{an,PR}$ | kWh/a |
| Годишња потребна енергија за грејање за системе који раде са прекидом | $Q_{H,nd,interm}$ | kWh/a |
| Годишња потребна топлота за припрему санитарне топле воде | Q_w | kWh/a |
| Годишња потребна енергија за хлађење | Q_C | kWh/a |
| Годишња потребна енергија за климатизацију и вентилацију | Q_{Ve} | kWh/a |
| Годишња потребна енергија за осветљење | E_l | kWh/a |
| Годишња потребна енергија за надокнаду губитка топлоте | $Q_{H,ht}$ | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од добитака услед Сунчевог зрачења (соларни добици) | Q_{sol} | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од добитака услед Сунчевог зрачења за транспарентне површине омотача | $Q_{sol,gl}$ | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од добитака услед Сунчевог | $Q_{sol,c}$ | kWh/a |

зрачења за нетранспарентне површине омотача

| | | |
|--|------------|-------|
| Годишња количина енергија која потиче од топлоте људи (добиси од топлоте људи) | Q_p | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од добитака од електричних уређаја | Q_{E^m} | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од унутрашњих добитака топлоте (добиси од унутрашњих извора) | Q_{int} | kWh/a |
| Годишња количина енергија која потиче од суме соларних и интерних добитака | $Q_{H,gn}$ | kWh/a |

ПОПИСИ ОЗНАКА, СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА

| | |
|------|---|
| ЕЕ | Енергетска ефикасност |
| ЕУ | Европска унија |
| РС | Република Србија |
| САД | Сједињене Америчке Државе |
| СФРЈ | Социјалистичка Федеративана Република Југославија |
| N | Север |

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Весна Ловец (рођена Шуњић) рођена је 7. октобра 1981. године у Зрењанину. Основну школу, потом и гимназију, завршила је Панчеву. Године 2000. уписала је Архитектонски факултет, Универзитета у Београду где је и дипломирала 2006. године са просечном оценом 8.15 (осампетнаест) током студирања и оценом 10 (десет) на дипломском раду.

Године 2009. је уписала је докторске академске студије на Архитектонском факултету у Београду, департман за архитектонске технологије, менаџмент, биоклиматску и еколошку архитектуру, где је положила све испите и остварила укупан просек 9.44. У мају 2015. године аутор је на истом факултету одобрен рад на теми и пријава докторске дисертације: "Енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја".

Учествовала је на бројним архитектонским конкурсима и колективним изложбама. Аутор је већег броја научних и стручних радова објављених у међународним и домаћим часописима и зборницима радова са међународних научно-стручних скупова.

По стицању стручног звања дипломираног инжењера архитектуре практичан рад у струци започиње 2006. године у предузећу за архитектонско пројектовање и инжењеринг "Архетип" у Београду. У оквиру рада у архитектонском бироу била је пројектант сарадник при изради бројних идејних и главних архитектонских и извођачких пројеката за различите типове објеката (стамбених и пословних, идејних решења рекреативних простора, паркова итд.). Године 2008. стиче лиценцу одговорног пројектанта архитектуре. Године 2010. запошљава се у градској управи града Панчева, Секретаријат за урбанизам и стамбено комуналне послове као сарадник при прегледу техничке документације. Године 2013. сели се у Републику Словенију, где и данас живи.

Следи библиографија објављених радова:

Lovec, V., Jovanović–Popović, M., Živković, B (2016). Analysis of heat transfer coefficient of rammed earth wall in traditional houses in Vojvodina. *Thermal Science*, Vol. 21. pp.2919-2930. <https://doi.org/10.2298/TSCI160714027L>

Tomovska, R., **Lovec, V.**, Jovanovic-Popovic, M., Radivojevic, A. (2015). The Environmental Aesthetics of THE BALCAN VERNACULAR Architecture. *International Journal of Recent Research in Arts and Science*, 4, pp. 24–37. Skopje: MIT Univerzitet. <http://www.journal.mit.edu.mk/files/Celosen%20zbornik.pdf>

Tomovska, R., **Lovec, V.**, Pulejkova Radeska, N. (2015). *Environmental Aesthetics of the Balkan Vernacular Architecture*. Book of Abstracts, First International Conference of Applied Science, 8-9 May, Tetovo, R. Macedonia, pp. 31.

Lovec, V., Jovanovic-Popovic, M. (2014). Adapting the Traditional House in Vojvodina to Contemporary Needs, The Porch as the Basic Element of Transformation. *International Journal of Contemporary Architecture: The New ARCH*, 1 (2), pp. 119-126. (DOI: 10.14621/tna 20140207, ISSN 2198-7688)

Tomovska, R., Radivojevic, A., **Lovec, V.**, Daniloska, M. (2014). Relevance of Passive Systems for Heating and Coolin for Energy Performance of Ohrid’s Traditional Houses. *International journal: Scientific & Applicative papers*, Skopje, 4, pp. 565-570. (ISBN 978-608-65653-8-1)

Jovanovic Popovic, M., **Lovec, V.**, Tomovska, R. (2014). Aesthetics in Vernacular Architecture - A Comparative Analysis of the form of *Vernacular Architecture in the Balkans – an Aesthetic Approach*. SGEM Scientific Papers DataBase - 14th GeoConference on NANO, BIO AND GREEN – TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE – Conference proceedings - Volume 2 - Green building technologies and materials, Green design and sustainable architecture, Albena, Bulgaria, June 17-26 2014. (pp. 441-448) DOI: 10.5593/SGEM2014/B62/S27.057

Lovec, V., Jovanovic-Popovic, M. (2014). *Adapting the Traditional House in Vojvodina to Contemporary Needs, The Porch as the Basic Element of Transformation*. International Conference with Exhibition S.ARCH “Sustainable Architecture. Conference Proceedings of the S.ARCH Conference: Sustainable Architecture, Belgrade, Serbia, May 14-15 2014.

Jovanovic-Popovic, M., **Šunjkic, V.,** Tomovska, R. (2012). Aesthetics Of Vernacular Architecture: Comparative Analyses of Context Aesthetics in Balkan Region. PLEA2012, 28th Conference: Oportunities, Limits and Needs Towards an Environmentally Responcible Architecture. Conference proceedings (online proceedings: <http://www.plea2012.pe/pdfs/T11-20120130-0071.pdf>). Lima, Peru, November 7-9 2012.

Tomovska, R., **Šunjkic, V.** (2011). *Contemporary Aesthetics of Traditional Architecture: Environmental Aesthetics of Regional Bioclimatic Architecture*. Proceedings/ III International Symposium for Students of Doctoral Studies in the field of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection, PhIDAC 2011. Novi Sad, Faculty of Technical Sciences. pp. 204-2012.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а: **Весна Б. Ловец**

број индекса:

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ
ОД НАБОЈА**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 10.04.2018.године

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: **Весна Б. Ловец**

Број уписа:

Студијски програм:

Наслов рада: Енергетске перформансе традиционалне војвођанске куће од набоја

Ментор: Проф. др Милица Јовановић – Поповић

Потписани/а _____

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 10.04.2018.године

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ ТРАДИЦИОНАЛНЕ ВОЈВОЂАНСКЕ КУЋЕ ОД НАБОЈА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прераде**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 10.04.2018.године

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.